

**HUNAJAPERUSTEISEN URHEILUJUOMAN
SIEDETTÄVYYS, KÄYTTÄJÄKOKEMUKSET JA
FYSIOLOGISET VAIKUTUKSET JUOKSU- JA
POLKUPYÖRÄERGOMETRIKUORMITUKSISSA**

Pasi Ikonen

Liikuntafysiologia
Kandidaatintutkielma
LFY.A005
Liikuntabiologian laitos
Jyväskylän yliopisto
2010
Työn ohjaajat: Antti Mero
ja Eino Havas

TIIVISTELMÄ

Ikonen, Pasi Päiviö 2010. Hunajaperusteisen urheilujuoman siedettävyyden, käyttäjäkokemukset ja fysiologiset vaikutukset juoksu- ja polkupyöräergometrikuormituksissa. Liikuntafysiologian kandidaatin tutkielma. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto. 57s.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää fruktoosia ja glukoosia sisältävän hunajaperusteisen urheilujuoman siedettävyyttä, käyttäjäkokemuksia ja fysiologisia vaikutuksia juoksu- ja polkupyöräergometrikuormituksissa suhteessa kaupalliseen, pelkästään glukoosia sisältävään urheilujuomaan ja veteen.

Koehenkilöinä juoksuryhmässä oli juoksun harrastajia (n=8), joista naisia oli kuusi ja miehiä kaksi. Pyöräilyryhmässä koehenkilöinä oli pyöräilyn harrastajia (n=10), joista miehiä oli kahdeksan ja naisia kaksi. Molemmista ryhmistä koehenkilöt suorittivat kolme kestävyyskuormitusta (juoksu 90 min ja pyöräily 75 min) kahden viikon aikana ja jokaisella kerralla juotiin satunnaistetusti eri juomaa. Siedettävyyttä (ei ongelmia – paljon ongelmia) ja käyttäjäkokemuksia (huono – hyvä) selvitettiin kyselylomakkeella jokaisen kuormituskerran jälkeen asteikolla 0-10. Myös koettu rasituksen tunne (RPE) selvitettiin molemmista ryhmistä. Juoksukuormituksissa mitattiin fysiologisista muuttujista sykkeen, veren glukoosi- ja insuliinipitoisuuksien sekä plasmatilavuuden muutokset kuormituksen aikana. Pyöräilykuormituksissa mitattiin syke ja hengityskaasujen perusteella arvioitiin energiankulutus sekä energianlähteiden käyttö. Mittaustulosten analysointi suoritettiin käyttäen SPSS- ja Excel-ohjelmistoja käyttäen. Varianssianalyysien (ANOVA) ja t-testien kautta tarkasteltiin muuttujien merkitsevyyksiä ryhmien välillä.

Hunajaperusteinen urheilujuoma aiheutti juoksukuormituksissa vähemmän pahoinvointitunteita kuin kaupallinen urheilujuoma (0.82 ± 1.76 vs. 2.07 ± 2.86 , $p = 0.05$) ja vesi aiheutti merkitsevästi vähemmän pahoinvointitunteita kuin urheilujuomat (0.43 ± 1.12 , $p = 0.036$ ja $p = 0.003$). Käyttäjäkokemuksissa vesi koettiin tilastollisesti merkitsevästi miellyttävimmäksi nauttia (9.05 ± 1.87 vs. 7.30 ± 1.68 ja 6.88 ± 2.44). Pyöräilykuormituksissa ei havaittu eroja eri juomien välillä pahoinvointitunteuksissa eikä käyttäjäkokemuksissa. Juoksukuormitusten glukoosipitoisuuden mittaustuloksissa urheilujuomat nostivat glukoosipitoisuutta veteen nähden merkitsevästi. Vettä juotaessa energianlähteiden käyttö pyöräilykuormituksessa erosi urheilujuomista ja viimeisen 30 min aikana hiilihydraattien käyttö energiaksi laski merkitsevästi (82.2 % vs. 77.1 %).

Tutkimuksen johtopäätöksenä on että fruktoosia ja glukoosia sisältävä urheilujuoma oli siedettävyydeltään parempi kuin pelkkää glukoosia sisältävä urheilujuoma ja fysiologisilta vaikutuksiltaan urheilujuomat eivät eronneet toisistaan. Vesi koettiin miellyttävämmäksi nauttia kuin urheilujuomat, mutta fysiologisesti vesi ei takaa veren glukoosipitoisuuden ylläpitoa eikä hiilihydraattien oksidaatiota yhtä hyvin kuin urheilujuomat. Näin ollen, erityisesti juoksusuorituksen onnistumisen kannalta olisi oleellista löytää juoma, joka tarjoaa sekä lisäenergiaa että aiheuttaa vähän pahoinvointitunteita.

Avainsanat: hunaja, fruktoosi, glukoosi, siedettävyyden, fysiologiset vaikutukset.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	1
SISÄLTÖ	2
1 JOHDANTO	3
2 ENERGIANTUOTANTO JA ENERGIANLÄHTEET PITKÄKESTOISESSA KUORMITUKSESSA	4
2.1 Energiantuotanto lihaksissa kuormituksen aikana	4
2.2 Ravinnon ja elimistön energianlähteet.....	6
2.2.1 Hiilihydraatit ja niiden imeytyminen	6
2.2.2 Rasvat ja niiden imeytyminen.....	9
2.2.3 Proteiinit ja niiden imeytyminen.....	10
2.2.4 Lihaksien ja maksan glykogeenivarastot	10
3 URHEILUJUOMIEN NAUTTIMISEN FYSIOLOGISET VAIKUTUKSET PITKÄKESTOISESSA KUORMITUKSESSA	13
3.1 Nestetasapainon ylläpito kuormituksessa	14
3.2 Veren glukoosipitoisuuden ylläpito	16
3.3 Hiilihydraattien oksidaatio	17
3.4 Elimistön glykogeenivarastojen säästäminen	18
3.5 Syketaso ja veren laktaattipitoisuudet urheilujuomia nauttiessa.....	19
4 URHEILUJUOMIEN SIEDETTÄVYYS JA KÄYTTÄJÄKOKEMUKSET PITKÄKESTOISESSA KUORMITUKSESSA	20
4.1 Urheilujuomien sisältämien hiilihydraattien imeytyminen.....	21
4.2 Urheilujuomien aiheuttamat pahoinvointitunteukset ja niiden selvittäminen....	22
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT	25
6 MENETELMÄT	28
6.1 Koehenkilöt.....	28
6.2 Koeasetelma	28
6.3 Aineiston keräys ja analysointi	30
6.4 Tilastolliset analyysit	31
7 TULOKSET	32
7.1 Fysiologisten mittausten tulokset.....	32
7.2 Energianlähteiden käyttö polkupyöraergometrikuormituksessa	34
7.3 Siedettävyyden ja käyttäjäkokemuksien tulokset.....	36
8 POHDINTA	38
9 LÄHTEET.....	45
10 LIITTEET	51

1 JOHDANTO

Kaikki ihmisen suorittamat fyysiset liikkeet ovat riippuvaisia lihaksien toimintakyvystä, olipa kyse sitten silmän iskemisestä tai maratonin juoksemisesta (Wilmore & Costill 2004, 33). Mitä pidempi suoritus, sitä olennaisempaa on optimaalisen onnistumisen kannalta, että lihassolun energiantuotantokoneisto saa riittävästi energiaa. Tässä kandidaatintutkielmassa selvitetään, mikä on hunajaperusteisen urheilujuoman siedettävyyttä, käyttäjäkokemukset ja fysiologiset vaikutukset pitkäkestoisessa kuormituksessa suhteessa kaupalliseen urheilujuomaan ja veteen.

Tutkielman alussa esitellään energiantuotannon peruseriaatteet, energianlähteet ja niiden siirtyminen lihaksen käyttöön. Energiantuotannon suhteen käydään läpi peruseriaatteet ja siirrytään tutkimuksen kannalta oleellisten energianlähteiden läpikäyntiin. Huomattavan suuri määrä energiaa on ihmiskehossa rasvoina, joita käytetään energianlähteenä pitkäkestoisissa ja intensiteetiltään alhaisissa kuormituksissa. Kovempitehoisissa kuormituksissa tarvitaan nopeampaa energiantuottoa. Tällöin energiaa muodostetaan yhä enemmän hiilihydraateista, joiden varastot ihmiskehossa ovat rajalliset. Säilyttääkseen suorituskykynsä on urheilijan edullista nauttia hiilihydraattilisiä kuormituksen pitkittyessä. Näillä hiilihydraattilisillä tarkoitetaan yleensä urheilujuomia, jotka auttavat myös kuormituksen aikaisen nestetasapainon ylläpidossa.

Urheilujuoman koostumus on tärkeä sekä edullisten fysiologisten vaikutusten että hyvän siedettävyyden ylläpitämiseksi. Urheilujuoman on mahdollistettava nestetasapainon ylläpito, turvattava energiansaanti ja lisäksi imeytyttävä elimistöön. Pohjautuen aihealueen aiempaan tutkimustietoon tutkimuksen oletuksena on, että sekä fruktoosia että glukoosia sisältävällä hunajaperusteisella urheilujuomalla on koostumuksensa myötä hyvä siedettävyyttä ja samankaltaiset fysiologiset vaikutukset suhteessa pelkästään glukoosia sisältävään urheilujuomaan nähden (Jentjens ym. 2004; Rehrer 1992b).

2 ENERGIANTUOTANTO JA ENERGIANLÄHTEET PITKÄKESTOISESSA KUORMITUKSESSA

Lihassupistus on riippuvainen ATP:n tarjoamasta energiasta. Koska ATP-varastot kuluvat loppuun 1–2 sekunnin kuluessa, sitä muodostetaan lisää ensin kreatiinifosfaatista. Suorituksen kestäessä pidempään (< 2min) energiaa tuotetaan erityisesti glykolyysin kautta. (Guyton & Hall 2000, 74.) Kolmas tapa tuottaa energiaa tapahtuu hapen avulla, ja kaikesta tuotetusta energiasta oksidatiivisen metabolian osuus on 95 %. Tällöin ATP:tä muodostetaan hapen kanssa reagoivista hiilihydraateista, rasvoista ja proteiineista. (Guyton & Hall 2000, 19–21, 74.)

Monia tunteja kestävässä kuormituksessa energia tuotetaan suurelta osin elimistön rasvavarastoista. Kun kovatehoinen kuormitus kestää 2–4 tuntia, puolet energiasta saadaan glykokeenistä varastojen tyhjenemiseen saakka. (Guyton & Hall 2000, 74.) Hiilihydraateista saatava energia ei tule pelkästään lihaksen glykokeenistä, vaan myös maksan glykokeenivarastoista. Lisäksi suorituksen aikana nautitut sokeriliuokset voivat kattaa 30–40 % kokonaisenergiantarpeesta pitkäkestoisessa kuormituksessa, kuten maratonjuoksussa (Guyton & Hall 2000, 972).

Seuraavassa kappaleessa (2.1) käsitellään energiantuottoa lihaksissa ja erityisesti lihassolun sisällä. Kappaleessa 2.2 käsitellään energianlähteitä ja niiden kulkeutumista solun käyttöön.

2.1 Energiantuotanto lihaksissa kuormituksen aikana

*Adenosinotriposfaatti (ATP) on solun energiavalmuutta, jota solu käyttää kaikkeen biologiseen työhön. ATP:a käytetään solussa solukalvon läpi tapahtuvaan kuljetukseen, kemiallisten sidosten muodostamiseen ja mekaaniseen työhön (Guyton & Hall 2000, 20–21). ATP muodostuu adosinimolekyylistä ja kolmesta fosfaatista, ja sitä kutsutaan korkeaenergisiksi fosfaattiyhdisteiksi. ATP:a on solussa kuitenkin vain rajallinen määrä ja siksi sitä on kuormituksen aikana jatkuvasti muodostettava uudelleen. (McArdle ym. 2001, 133–134.) Solut sisältävät myös toista korkeaenergistä fosfaattimolekyylä, *kreatiinifosfaattia*. Kreatiinifosfaatin tehtävänä on ATP:n*

uudelleenmuodostus ja sitä ei käytetä suoraan biologiseen työhön. Myös kreatiinifosfaattia on soluissa vähän ja näin ollen ATP- ja kreatiinifosfaattivarastot riittävät vain 3 – 15 sekunnin maksimitehoisiin suorituksiin. Energiantuotto ATP:sta ja kreatiinifosfaatista ei vaadi hapen läsnäoloa. (Wilmore & Costill 2004, 123–124.)

Glykolyysi on prosessi, jossa solu muodostaa energiaa pilkkomalla glukoosia. Edellä mainittujen kreatiinifosfaattivarastojen rajallisen koon vuoksi lihassolujen on luotettava muihin tapoihin muodostaa ATP:a. Glykolyysissä energiaa muodostetaan glukoosista ja glykokeenistä anaerobisesti ja se on noin kaksi ja puoli kertaa nopeampi tapa tuottaa ATP:ta kuin hapen avulla tapahtuva energianmuodostus. (Guyton & Hall 2000, 775.) Glykolyysin ensimmäisenä rajoitteena on pieni tuotetun ATP:n määrä. Tämän energiasysteemin toiminta yhdessä ATP-KP –systeemin kanssa onkin vallitseva korkeatehoisen suorituksen ensimmäisten minuuttien aikana. Myöskään glykolyysi ei vaadi hapen käyttöä, vaikkakin happi määrittelee glykolyysin lopputuotteena syntyvän pyruvaatin kohtalon. Siten, kun happea ei ole saatavilla, muuttuu pyruvaatti maitohapoksi. Tämä on glykolyysin toinen rajoite, sillä maitohapon ohella syntyvät vety-ionit aiheuttavat happamuutta, joka heikentää glykokeenin pilkkomiseen vaadittavien entsyymien toimintaa sekä lisäksi häiritsee lihassolujen supistumista. (Wilmore & Costill 2004, 124–125.)

Oksidatiivinen energiantuotto tarkoittaa energian tuottamista hapen avulla. Selkeästi suurin osa solun käyttämästä ATP:sta muodostetaan mitokondrioissa hapen läsnä ollessa (Guyton & Hall 2000, 74). Edellisessä kappaleessa kuvattiin kuinka glykolyysin tuloksena syntyvä pyruvaatti muunnetaan laktaatiksi. Vaihtoehtona tälle muuntamiselle on pyruvaatin käyttö oksidatiivisesti mitokondrioissa, jolloin lopputuotteena syntyy asetyyli-koentsyymi-A:ta (Gleeson, M. teoksessa Nutrition in Sport 2005, 26). Asetyyli-koentsyymi-A siirtyy muodostumisensa jälkeen *Krebsin sykliin*. Krebsin sykli on monimutkainen kemiallisten reaktioiden sarja, missä asetyyli-koentsyymi-A:sta vapautuu jälleen ATP:a ja hiilidioksidia sekä vetyä. Glykolyysissä ja Krebsin syklissä vapautuu vetyä, joka soluun kertyessään happamoittaisi sitä. Tämän vuoksi Krebsin syklin ohella tarvitaan myös toinen sarja kemiallisia reaktioita. *Elektroninsiirtoketjussa* vetyatomit kyetään hapen avulla muuntamaan vedeksi ja näin ATP:n tehokkaan muodostuksen ohella estetään happamoitumista. Ilmiötä kutsutaan oksidatiiviseksi fosforylisaatioksi. (Wilmore & Costill 2004, 126–127.)

Energiantuotto rasvoista tapahtuu soluissa samalla tavoin kuin hiilihydraattien oksidaatiossa. Elimistön käyttämistä rasvoista tärkeimpiä ovat triglyseridit, jotka pilkotaan glyseroliksi ja vapaiksi rasvahapoiksi lipolyysin avulla. Vapaat rasvahapot ovat pääasiallinen energianlähde. (Wilmore & Costill 2004, 129.) Mitokondrioissa tapahtuvassa beta-oksidaatiossa vapaista rasvahapoista muodostetaan asetyyli-koentsyymi-A:ta, joka siirtyy Krebsin sykliin. Rasvahappojen hapettaminen energiaksi tapahtuu beta-oksidaation jälkeen täsmälleen samalla tavoin kuin hiilihydraattien oksidatiivisessa metaboliassa. Lopputuloksena syntyy erittäin suuria määriä ATP:a. (Guyton & Hall 2000, 783–784.) Energiantuotto rasvoista on hidasta, koska ne on ensin muunnettava triglyseridi-muodosta glyseroliksi ja vapaiksi rasvahapoiksi. (Wilmore & Costill 2004, 121.)

Energiantuotto proteiineista tai paremminkin aminohapoista tapahtuu soluissa joko muuntamalla niitä glukoosiksi tai oksidatiivisen metabolian välimuodoiksi, kuten pyruvaatiksi tai asetyyli-koentsyymi-A:ksi. Koska aminohapot sisältävät tyypeä, osa niiden metaboliassa vapautuneesta tyypestä käytetään uusien aminohappojen muodostamiseen. Jäljelle jääviä aminohappoja ei pystytä hapettamaan ja ne poistuvat energiaa kuluttavassa prosessissa virtsan mukana. Koska proteiineista tuotettavan energian osuus ei ylitä normaalisti 5 % kokonaisenergiankulutuksesta, on proteiinien arviointi energiantuoton kannalta yleensä sivuutettu. (Wilmore & Costill 2004, 131.)

2.2 Ravinnon ja elimistön energianlähteet

Kehon energiaksi käyttämät ravintoaineet ovat hiilihydraatit, rasvat ja proteiinit. Näistä tärkeimpiä ovat hiilihydraatit ja rasvat. Keho ei voi käyttää pääosaa ravintoaineista sellaisenaan, vaan ne on ensin pilkottava pienemmiksi yhdisteiksi. Tämä tapahtuu ruoansulatuskanavassa. (Guyton & Hall 2000, 754.) Seuraavissa kappaleissa kuvataan eri ravintoaineita ja niiden imeytymistä ruoansulatuskanavasta.

2.2.1 Hiilihydraatit ja niiden imeytyminen

Hiilihydraattien pääasiallinen tehtävä on tarjota energiaa solujen käyttöön.

Hiilihydraateista saadaan energiaa 4.1 kcal yhtä grammaa kohden (Wilmore & Costill 2004, 121). Erityisesti kovatehoisissa kuormituksissa hiilihydraattien rooli energianlähteenä korostuu ja urheilijan ravinnosta vähintään 50 % tulisi koostua hiilihydraateista. Lisäksi hiilihydraatit säätelevät rasva- ja proteiinimetaboliaa, toimivat keskushermoston ainoana energianlähteenä ja lisäksi ne varastoidaan glykokeeniksi lihakseen ja maksaan. Hiilihydraatit jaotellaan rakenteensa mukaan monosakkarideihin, disakkarideihin ja polysakkarideihin, joista kaksi jälkimmäistä ryhmää pitää pilkkoa monosakkarideiksi ennen kuin keho voi käyttää niitä energiaksi. (Wilmore & Costill 2004, 407-408.)

Eri entsyymien vaikutuksesta tapahtuva hiilihydraattien pilkkominen alkaa suussa ja mahalaukussa, ja loppuu ohutsuolessa. Normaalin ruokavalion sisältämät kolme hiilihydraattilähdettä (ruokosokeri, laktoosi ja tärkkelys) pilkkoutuvat monosakkarideiksi eri tavoin. (Guyton & Hall 2000, 754.) Määrällisesti tärkein hiilihydraattien lähde on tärkkelys, jota saadaan erityisesti viljoista, palkokasveista sekä vihanneksista ja hedelmistä. (Burke 2005, teoksessa *Nutrition in Sport*, 73.) Tärkkelyksen pilkkominen tapahtuu kolmessa vaiheessa. Ensimmäinen jo suussa ja mahalaukussa sylkirauhasten erittämä syljen amylaasi pilkkoo tärkkelystä maltoosiksi ja muiksi pienemmiksi glukoosipolymeereiksi, kunnes syljen vaikutus inhiboituu mahalaukun happamuuden vuoksi. Toisessa vaiheessa syljen kaltainen, mutta useita kertoja tehokkaampi haimanesteen amylaasi pilkkoo loput tärkkelyksestä (50–80 %) maltoosiksi ja pienemmiksi glukoosipolymeereiksi ohutsuolessa. Viimeisessä vaiheessa ohutsuolen maltaasi ja alfa-dekstrinaasi pilkkovat maltoosin glukoosiksi. Laktoosin ja ruokosokerin pilkkominen tapahtuu vain ohutsuolessa, jolloin laktoosista muodostuu laktaasin vaikutuksesta galaktoosia ja glukoosia. Ruokosokerin pilkkomisesta vastaa sakkaraasi ja lopputuloksena on fruktoosia ja glukoosia. Näin hiilihydraatit on pilkottu monosakkarideiksi, josta ne imeytyvät nopeasti verenkiertoon. (Guyton & Hall 2000, 754–755.)

Kaikesta ohutsuoesta imeytyneestä hiilihydraatista yli 80 % on glukoosia, lopun koostuessa galaktoosista ja fruktoosista. Glukoosin imeytyminen ohutsuoesta tapahtuu natriumin avulla aktiivisen kuljetuksen myötä. Myös galaktoosin imeytyminen tapahtuu samoin, mutta fruktoosi ei kulkeudu epiteelin läpi natriumin kanssa yhdessä. Sen imeytyminen on siten noin puolet hitaampaa. (Guyton & Hall 2000, 762.) Paljon

hiilihydraatteja sisältäviä ravintoaineita on pyritty jaottelemaan yksinkertaisella mallilla ravinnon tärkeimmän hiilihydraatin mukaan. Tässä jaottelussa hiilihydraatteja sisältävä ravinto nimetään joko ”lyhyisiin” (yksinkertaisiin) tai ”pitkiin” (monimutkaisiin) hiilihydraatteihin molekyyliarakenteen mukaan. Jaottelun mukaan lyhyet hiilihydraatit aiheuttavat nopean veren glukoosipitoisuuden nousun, ja myös laskun. Pitkät hiilihydraatit taas pilkkoutuvat ja imeytyvät hitaammin ja johtavat pienempiin veren glukoosipitoisuuden nousuun ja insuliiniresponssiin. (Burke 2005, teoksessa *Nutrition in Sport*, 75.)

Jaottelu on kuitenkin liian yksinkertaistettu, sillä ravinto sisältää usein sekä lyhyitä että pitkiä hiilihydraatteja. Lisäksi esimerkiksi paljon pitkiä hiilihydraatteja sisältävä ravinto saattaa olla energiatihedeltään alhainen ja sisältää paljon rasvaa, jolloin sitä ei voida pitää ravitsevana. Kun hiilihydraatteja sisältävä ravinto jaetaan kahteen ryhmään, ovat korrelaatiot hiilihydraatin rakenteen ja sen aiheuttaman veren glukoosipitoisuuden tai insuliinitasojen nousun välillä olleet lisäksi pieniä. Koska arviointimenetelmien yhdenmukaisuus ja kyky mitata hiilihydraattipitoisen ravinnon vaikutusta veren glukoosipitoisuuteen oli puutteellinen, Jenkins ym. (1981) esittelivät ravintoaineiden jaottelun *glykeemisen indeksin* mukaan. Glykeeminen indeksi määrittelee ravintoaineet niiden aiheuttaman todellisen veren glukoosipitoisuuden muutoksen mukaan. Tutkimukset ovat osoittaneet että määrittely on käyttökelpoinen yksilöiden välillä sekä myös eri hiilihydraatteja sisältävien ruokien suhteen. (Burke 2005, teoksessa *Nutrition in Sport*, 75–77.)

Glykeemisellä indeksillä on sovellutuksia myös urheiluravitsemuksen parissa. Korkean glykeemisen indeksin ravinto parantaa glykogeenivarastojen täyttämistä pitkän kuormituksen jälkeen suhteessa matalan glykeemisen indeksin ravintoon, vaikka ravinnon kokonaisenergiamäärä onkin sama (Burke ym. 1993). Paljon hiilihydraatteja sisältävät juomat ja ravinto, joiden glykeeminen indeksi on korkea tai kohtuullinen ovat parhaita energianlähteitä pitkäkestoisen kuormituksen aikana (Coyle 1991). On myös esitetty paljon hiilihydraatteja sisältävän, mutta matalan glykeemisen indeksin omaavan ravinnon nauttimista ennen suoritusta, sillä se saattaa parantaa kestävyyttä tai suorituskykyä kestävyysuorituksessa (Thomas ym. 1991).

2.2.2 Rasvat ja niiden imeytyminen

Elimistön rasvavarastojen sisältämä energiamäärä on huomattavasti suurempi kuin hiilihydraattivarastojen energiamäärä ja rasvaa käytetään tärkeimpänä energianlähteenä pitkäkestoisissa ja vähemmän intensiivisissä kuormituksissa. Rasvoista saadaan energiaa 9.4 kcal grammaa kohden, mutta energiantuotanto rasvoista on hidasta, koska se on ensin muunnettava triglyserideistä glyseroliksi ja vapaiksi rasvahapoiksi. Tämän vuoksi energiansaanti rasvoista on liian hidasta, kun tehdään intensiivistä lihastyötä. (Wilmore & Costill 2004, 121.) Lisäksi on syytä muistaa että hyvän terveyden ja urheiluun edullisen solakan ruumiinrakenteen kannalta on edullista nauttia rasvoja alle 30 % kokonaisenergiatarpeesta. (Wilmore & Costill 2004, 61.)

Rasvojen pilkkominen ja imeytyminen tapahtuvat ohutsuolessa. Rasvat emulgoidaan ensin sapella ja syntyneen emulsion pilkkoo haimanesteen lipaasi. Sitten sapsen suolat muodostavat pilkkoutuneiden rasvojen kanssa pieniä rasvapalloja. Nämä rasvapallot eli misellit mahdollistavat vapaiden rasvahappojen ja monoglyseridien imeytymisen limakalvonsoluihin ja edelleen verenkiertoon. (Guyton & Hall 2000, 756–757.)

Suurin osa kehon rasvasta sijaitsee valkoisessa rasvakudoksessa ja sitä voidaan käyttää kun se ensin pilkotaan vapaiksi rasvahapoiksi lipaasi-entsyymien vaikutuksesta. Myös lihaksissa on rasvaa triglyseridien muodossa. Lihasten sisäisiä rasvavarastoja voidaan käyttää energiaksi kuormituksen aikana. Näiden ns. intramuskulaarirasvojen merkitys energianlähteenä voi kasvaa kestävyysharjoittelussa. (Gleeson, M. 2005, teoksessa *Nutrition in Sport*, 29.) Useat tutkimukset ovat osoittaneet että pitkäkestoisessa kuormituksessa veren mukana soluun kulkeutuneiden vapaiden rasvahappojen osuus rasvojen kokonaisoksidaatiosta on noin 50 %. Näiden havaintojen perusteella lihaksen sisäisten rasvojen osuus rasvojen kokonaisoksidaatiosta on merkittävä pitkissä kuormituksissa. Rasvaa on lihassolussa keskimäärin 12 g/kg, kun glykogeneeniä on varastoituneena 13–18 g/kg. (Jeukendrup & Gleeson 2004, 45.)

2.2.3 Proteiinit ja niiden imeytyminen

Vaikka kehon proteiinien sisältämä energiamäärä on suuri, proteiinit eivät ole olennainen energianlähde. 70 kiloa painavan miehen kehon proteiinimassa (12 kg) sisältää keskimäärin n. 50 000 kcal energiaa, mutta proteiinien osuus kokonaisenergiatuotannosta on kuormituksessa useimmiten alle 5 % (Gleeson 2005, teoksessa *Nutrition in Sport*, 29). Ennen kuin proteiineja käytetään energiaksi, on ne muutettava joko glukoosiksi tai vakavassa energianpuutteessa vapaiksi rasvahapoiksi (Wilmore & Costill 2004, 121). Proteiineja käytetään energianlähteenä kun nautittu proteiini ei osallistu proteiinisynteesiin, kun proteiineja syödään paljon tai kun hiilihydraatteja on erittäin vähän saatavilla. (McArdle ym. 2001, 36.)

Proteiineja saadaan kananmunista, maidosta, lihasta, kalasta ja siipikarjan lihasta, joista paras lähde ovat kananmunat (McArdle ym. 2001, 33). Yhdestä grammasta proteiinia saadaan 4.1 kcal energiaa (Wilmore & Costill 2004, 121). Proteiinien pilkkominen alkaa mahalaukussa pepsiinin vaikutuksesta. Ohutsuolessa haimanesteen trypsiini ja kemotrypsiini jatkavat pilkkomistyötä ja viimeinen vaihe tapahtuu ohutsuolen epiteelisolujen sisällä peptidaasien toimesta. Epiteelisoluissa syntyneet vapaat aminohapot imeytyvät verenkiertoon. (Guyton & Hall 2000, 756.) Vapaiden aminohappojen käyttö energianlähteenä on huomattavasti pienimuotoisempaa kuin hiilihydraattien ja rasvojen (Guyton & Hall 2000, 972). Proteiinien lisäämistä urheilujuomiin on ehdotettu, sillä se mahdollisesti lisäisi urheilujuoman imeytymistä (Wilmore & Costill 2004, 440). Tieto on kuitenkin vahvistamaton, ja lisäksi on havaittu että proteiinien lisääminen hiilihydraattiseksi ei paranna kuormituksen jälkeistä glykokeenin uudelleen muodostusta (Van Hall ym. 2000; Jentjens ym. 2001).

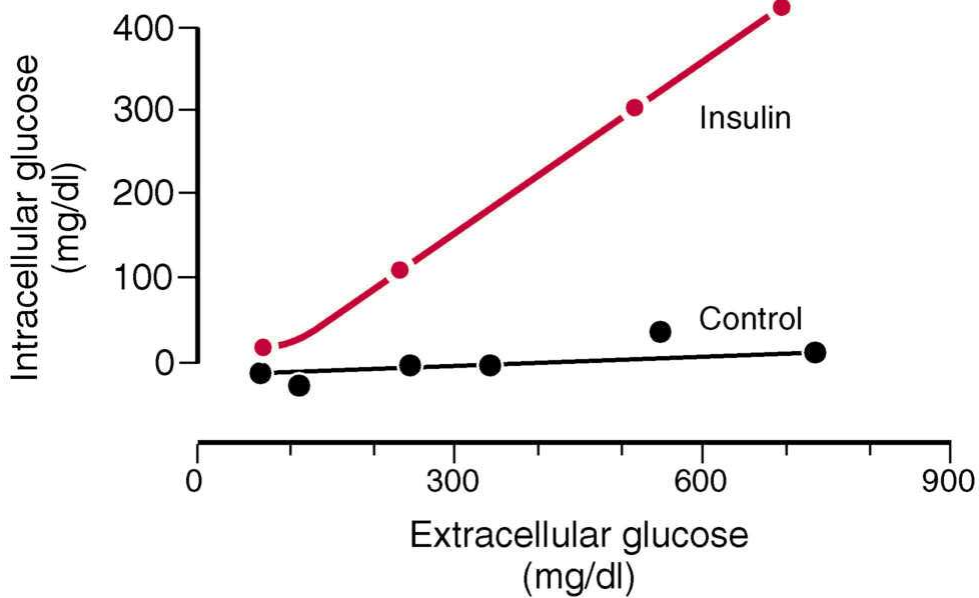
2.2.4 Lihaksien ja maksan glykokeenivarastot

Kun lihastyötä ei tehdä ruokailun jälkeen, varastoituu suurin osa glukoosista lihakseen ja maksaan glykokeeniksi. Tätä prosessia kutsutaan *glykogeneesiksi*. (Guyton & Hall 2000, 886.) Lihakseen varastoituneen glykokeenin määrä on solakalla (rasvaa 12 %) 65 kg painavalla henkilöllä keskimäärin 500 g (2050 kcal) ja maksaan varastoituneen 110 g (451 kcal). Keskimäärin ihmisten rasvavarastot ovat tuplaten suuremmat, mutta vaikka

rasvan osuus kasvaa eli kehon massa lisääntyy lihomisen kautta, glykogeenivarastot pysyvät yhtä suurina. (Wilmore & Costill 2004, 121.)

Glukoosi on ravinnosta saatujen hiilihydraattien viimeinen toimitusmuoto kudossoluille. Glukoosin kulkeutuminen soluihin tapahtuu fasilitoidun diffuusion avulla. Soluseinän läpi ylettyvät proteiinimolekyylit pystyvät kiinnittymään glukoosiin ja näin glukoosi kykenee siirtymään sisälle soluun. Kun toisella puolella solukalvoa on vähemmän glukoosia kuin toisella puolella, siirtyy glukoosia suuremmasta pitoisuudesta pienempään. (Guyton & Hall 2000, 761.) Glukoosin siirtymisestä lihassoluun vastaa GLUT 4 –kuljettajaproteiini. Se voi aktivoitua fyysisestä aktiivisuudesta tai insuliinin vaikutuksesta (McArdle ym. 2001, 143).

Haiman beetasolujen erittämä insuliini aiheuttaa glukoosin nopean siirtymisen verestä soluihin. Paljon hiilihydraatteja sisältävän ravinnon nauttimisen jälkeen veren glukoosipitoisuus kohoaa, jolloin haima alkaa nopeasti erittää insuliinia verenkiertoon. Tämä johtaa glukoosin siirtymiseen verenkierrosta soluihin, erityisesti lihassoluihin, rasvakudokseen ja maksaan. Insuliinin vaikutuksesta glukoosin siirtyminen lepotilassa olevaan lihakseen voi 15 –kertaistua (kuva 1). (Guyton & Hall 2000, 886.) Tämän vuoksi insuliinineritys kontrolloi myös hiilihydraattien käyttöä energianlähteenä useimmissa elimistön soluissa (Guyton & Hall 2000, 774). Aterioiden välillä lepotilassa olevaan lihakseen siirtyneestä glukoosista suurin osa varastoidaan glykokeeniksi myöhempää käyttöä varten. Myös glukoosin varastoituminen maksaan on tärkeä prosessi, koska aterioiden välillä maksan glykokeenistä vapautettu glukoosi säilyttää veren glukoosipitoisuuden riittävällä tasolla. Glukoosin varastointi maksaan tapahtuu insuliinin vaikutuksesta estämällä maksan fosforylaasin toiminta, lisäämällä glukoosinottoa verestä maksaan sekä nostamalla glykokeenin varastoinnista vastaavien entsyymien aktiivitasoa maksassa. (Guyton & Hall 2000, 887.) Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa (kuva 1) on kuvattu insuliinin vaikutusta glukoosipitoisuuden nousuun lihassolussa.



KUVA 1. Insuliinin vaikutus lihassolun glukoosipitoisuuden nousuun (Guyton & Hall 2000, 78–4).

Haiman alfasolujen erittämä glukagoni ja lisämunuaisytimen adrenaliini toimivat insuliinin vastavaikuttajina. Soluihin varastoidun glykokeenin pilkkomista glukoosiksi kutsutaan glykogenolyysiksi. Adrenaliinia erittyy lisämunuaisytimestä sympaattisen hermoston stimulaation tuloksena ja adrenaliini aloittaa sekä maksan että lihaksen glykokeenivarastojen mobilisoinnin. Tarjolla olevan glukoosin määrä lisääntyy ja keho valmistautuu näin nopeaa energiantuottoa vaativaan toimintaan. Haiman glukagonin erittyminen verenkiertoon johtaa puolestaan maksan glykokeenin pilkkomiseen ja vapautumiseen verenkiertoon. Sekä glukagoni että adrenaliini lisäävät soluissa syklistä AMP:n muodostumista. Syklinen AMP aktivoi puolestaan fosforylaasin, jonka tuloksena on nopea glykogenolyysi. (Guyton & Hall 2000, 774.)

3 URHEILUJUOMIEN NAUTTIMISEN FYSIOLOGISET VAIKUTUKSET PITKÄKESTOISESSA KUORMITUKSESSA

Kuormituksen aikana nautitut urheilujuomat voivat parantaa suoritusta takaamalla riittävästi energiaa energiantuotantoon sekä varmistamalla nestetasapainon ylläpitämisen kuormituksen aikana. Pelkän veden nauttaminen vähentää elimistön kuivumisen eli *dehydration* riskiä. (Wilmore & Costill 2004, 438–440.) Aerobinen suorituskyky alkaa heiketä kun 2 % kehon painosta on menetetty nesteenä. Tämä on ongelmallista urheilussa, koska urheilija ei koe janontunnetta vasta kun 2 % kehon painosta on jo menetetty. Ainoa keino säilyttää nestetasapaino on juoda yhtä paljon nestettä kuin menettää hien mukana. (Jeukendrup & Gleeson 2004, 176, 181.)

Lisäksi useissa tutkimuksissa osoitetaan toteen, että hiilihydraattien lisääminen suorituksen aikana nautittuihin juomiin viivästyttää väsymystä ja parantaa suoritusta 45 minuuttia tai pidempään kestävässä suorituksissa (Coyle ym. 1986; Wright ym. 1991; Below ym. 1995; Balmer ym. 1997; Jeukendrup ym. 1997). Kuormituksen aikana tapahtuva hiilihydraattien nauttaminen parantaa suoritusta, koska tällöin plasman glukoosipitoisuutta ja hiilihydraattien oksidaatiota voidaan ylläpitää korkeilla tasoilla huolimatta lihasten ja maksan glykokeenivarastojen vähenemisestä (Coyle ym. 1986). Lisäksi kuormituksen aikana nautitut hiilihydraatit eivät aiheuta yhtä voimakasta insuliinivastetta kuin levossa. Tämä johtuu sympaattisen hermoston vaikutuksesta, joka vähentää insuliinineritystä, mutta toisaalta parantaa lihassolun kykyä ottaa glukoosia vastaan insuliinipitoisuuden ollessa alhainen. Siksi hiilihydraattilisten nauttaminen kuormituksen aikana ei aiheuta yhtä haitallista glukoosipitoisuuden laskua kuin lepotilassa tapahtuu insuliinin vaikutuksesta. (Wilmore & Costill 2004, 75.) Jeukendrup & Gleeson (2004, 113) esittävät urheilujuomien sisältämien hiilihydraattien suoritusta parantavat tekijät teoksessaan ”Sport Nutrition” seuraavasti:

- Veren glukoosipitoisuus pysyy korkeana
- Hiilihydraattien oksidaatiotasot pysyvät ylhäällä
- Glykokeenivarastot säästyvät ja glykokeenisynteesi paranee
- Motoriset kyvyt ja keskushermoston toiminta paranevat

3.1 Nestetasapainon ylläpito kuormituksessa

Väsymys pitkäkestoisen kuormituksen loppuvaiheissa voi johtua joko dehydraatiosta tai energiavarastojen tyhjenemisestä. Aerobinen suorituskyky alkaa heiketä kun elimistö on menettänyt 2 % massastaan nesteensä. Dehydraation ollessa 5 %, työn kapasiteetti on laskenut jo 30 %. (Jeukendrup & Gleeson 2004, 176.) Dehydraation aiheuttama suorituskyvyn lasku kasvaa lisäksi ilman lämpötilan ja kosteusprosentin mukaan. Mitä kuumempaa ja kosteampaa on, sitä enemmän suorituskyky laskee, vaikka dehydraation aste on sama. Nestetasapainon ylläpito on tärkeää siksi myös lämmönsäätelyn kannalta. (Wilmore & Costill 2004, 427.)

Dehydraation negatiiviset fysiologiset vaikutukset johtuvat pitkälti veren alentuneesta plasmatilavuudesta. Koska suuri osa kuormituksen aikana hikoillusta nesteestä menetetään veren plasmasta, verenkiertoelimistön kapasiteetti laskee hikoilun lisääntyessä (McArdle ym. 2001, 638). Plasmatilavuuden laskiessa myös verenpaine laskee ja se johtaa pienempään verenvirtaukseen lihaksille ja iholle. Vähentynyttä verenvirtausta elimistö pyrkii kompensoimaan nostamalla sykettä. (Wilmore & Costill 2004, 427.) Lisäksi hikoilu vähenee, lämmön haihtuminen heikkenee, kehon lämpötila nousee ja glykogeenin käyttö energianlähteenä kasvaa. Dehydraation tärkein fysiologinen suorituskykyä heikentävä mekanismi on sydämen minuuttitulavuuden pienentyminen plasmatilavuuden laskun tuloksena. Minuuttitulavuuden pienentyessä maksimaalinen hapenotto- ja työkapasiteetti laskevat. (Jeukendrup & Gleeson 2004, 178.) Dehydraation on havaittu vaikuttavan negatiivisesti myös lihasvoimaan, lihaskestävyyteen ja anaerobiseen suorituskykyyn, mutta tutkimustulokset ovat ristiriitaisia (Wilmore & Costill 2004, 427).

Kuormituksen aikana nautittu neste auttaa säilyttämään nestetasapainon ja estää siten dehydraation negatiiviset vaikutukset suorituskykyyn. Koska suorituskyky laskee jo vähäisessäkin dehydraatiossa, tulisi urheilijoiden nauttia nestettä kuormituksen aikana. (Jeukendrup & Gleeson 2004, 182.) Kuormituksen aikaisen veden nauttimisen on osoitettu sekä pidentävän uupumukseen asti tehtävän kuormituksen kestoja juoksussa että parantavan aikaa tietyllä vastuksella tehtävässä polkupyöräkuormituksessa (Fallowfield ym. 1996; Below ym. 1995).

Murrayn (1996) mukaan suurin osa urheilijoista ei nauti nestettä tarpeeksi suhteessa menetettyyn määrään (Murray 1996). Kuumissa oloissa nesteen menetys voi olla 2–3 litraa tunnissa ja tämä asettaa haasteen nestetasapainon säilyttämiselle, sillä suurimmalle osalle ihmisistä yli litran juominen tunnissa tuntuu epämiellyttävälle. Myös yksilöiden väliset erot hikoilussa eri olosuhteissa hankaloittavat nautittavan nesteen määrän arviointia. Lisäksi janon tunne on huono elimistön kuivumisen ennustaja. (Jeukendrup & Gleeson 2004, 181.) Merkkinä dehydraatiosta voidaan pitää tumman keltaista ja vahvan hajuista virtsaa, kun taas hyvän nestetasapainon omaavan urheilijan virtsa on vaaleaa ja vähemmän tuoksuva. Lisäksi ensin mainitussa virtsan määrä on pieni kun taas jälkimmäisessä virtsaa erittyy suurempia määriä. (McArdle ym. 2001, 639.)

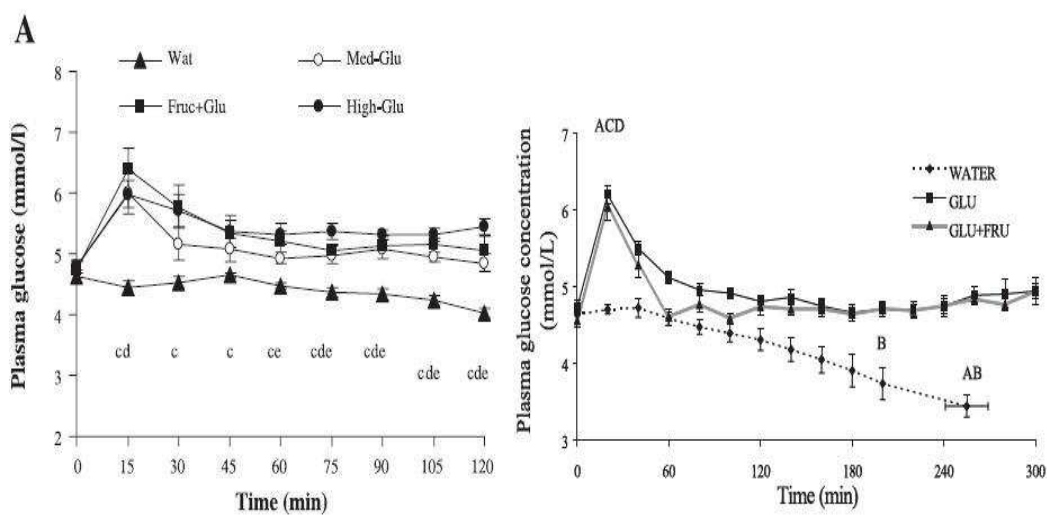
Mahalaukun tyhjenemisnopeus on ensimmäinen tekijä, joka määrittelee nesteiden kulkeutumista kehon käyttöön. Tyhjenemisnopeutta ohjaavat nesteen määrä ja sen koostumus, vaikka suuria vaihteluja yksilöiden välillä ilmeneekin. Kun hiilihydraatin osuutta juomassa lisätään, mahalaukun tyhjeneminen hidastuu. (Maughan 2005, teoksessa *Nutrition in Sport*, 229–230.)

Tulisiko elektrolyyttejä nauttia kuormituksen aikana? Koska hiki on hypotonista suhteessa veren plasmaan, on menetetyn nesteen korvaaminen kuormituksen aikana tärkeämmän huomion kohteena (McArdle ym. 2001, 640). Siten hien mukana menetettyjen elektrolyyttien korvaaminen voidaan normaalioloissa toteuttaa harjoituksen jälkeen (Jeukendrup & Gleeson 2004, 183). On kuitenkin todettu että natriumin lisääminen glukoosia sisältävään urheilujuomaan parantaa rehydraatiota suhteessa pelkän veden nauttimiseen (Rehrer 1996; Shi ym. 1995; Bar-Or & Wilk 1996). Toisaalta Noakes (2002) havaitsi, että pelkkää vettä nauttimallakin seerumin natriumpitoisuus pysyy ylhäällä, vaikka akuutti natriumin hävikki oli suurimpia mitattuja aihealueen kestävyysurheilututkimuksissa (Noakes 2002). Syyt elektrolyyttien lisäämiseen juomaan voidaan listata seuraavasti: juoman nautittavuuden parantaminen, janon tunteen ylläpitäminen, veren natriumpitoisuuden säilyttäminen ja osittain myös menetettyjen suolojen korvaaminen sekä lisääntynyt veden imeytyminen ohutsuoilesta (Jeukendrup & Gleeson 2004, 182–183).

3.2 Veren glukoosipitoisuuden ylläpito

Veren glukoosipitoisuus on normaalioloissa hyvin vakaa ja vaihtelee 4.0–4.5 mmol/l välillä. Fyysinen suorituskyky alkaa laskea glukoosipitoisuuden laskiessa kuormituksen aikana alle 3 mmol/l. Hypoglykemia eli veren glukoosipitoisuuden lasku on yleinen ongelma urheilussa ja sitä voidaan hoitaa nauttimalla hiilihydraatteja kuormituksen aikana. (Jeukendrup & Gleeson 2004, 105.)

Hiilihydraattien nauttiminen pitkäkestoisen kuormituksen aikana johtaa korkeampiin veren glukoosipitoisuuksiin eritoten kuormituksen loppupuolella (kuva 2). Tämä on havaittu tutkimuksissa, joissa käytettiin makeutettua vettä lume-urheilujuomana. Makeutettua vettä nautittaessa veren glukoosipitoisuus alkaa laskea tunnin kuormituksen jälkeen ja laskee erittäin alas (< 2.5 mmol/l) kolmen tunnin jälkeen. Kun vain vettä nauttineille annettiin glukoosia tai laskettiin infusoimalla suoraan verenkiertoon, he pystyivät taas jatkamaan suoritustaan. (Coyle ym. 1986; Coggan & Coyle 1987.)



KUVA 2. Plasman glukoosipitoisuuden ylläpito eri juomilla kuormituksen aikana (Jentjens ym. 2004 ja Jeukendrup ym. 2006).

Veren glukoosipitoisuuden ylläpito liittyy myös lisääntyneeseen kykyyn käyttää kuormituksen aikana nautittuja hiilihydraatteja energiaksi, jolloin hiilihydraattien

oksidaatio säilyy korkealla tasolla. Tällöin myös elimistön omia glykogeenivarastoja säästyy (Jeukendrup & Gleeson 2004, 113.) Sekä fruktoosia että glukoosia sisältävän urheilujuoman kyky ylläpitää veren glukoosipitoisuutta ei poikkea pelkästään glukoosia sisältävän urheilujuoman vaikutuksesta (kuva 2) (Jentjens ym. 2004; Jeukendrup ym. 2006; Jentjens ym. 2006). Vähän glukoosia sisältävän urheilujuoman vaikutus glukoosipitoisuuden ylläpitoon alkaa laskea kuormituksen edetessä yli 90 min suhteessa paljon glukoosia sisältävään urheilujuomaan ja sekä fruktoosia että glukoosia sisältävään juomaan nähden (Jentjens ym. 2004). Kuormituksen aikana nautittujen hiilihydraattien vaikutus rasva-aineenvaihduntaan ei ole niin suuri kuin juuri ennen suoritusta nautittujen hiilihydraattien, koska veren insuliinipitoisuus ei kasva kuormituksen aikana yhtä korkeaksi (Horowitz ym. 1998).

3.3 Hiilihydraattien oksidaatio

Toinen tärkeä syy hiilihydraattien nauttimisen positiivisiin vaikutuksiin pitkässä kuormituksessa on hiilihydraattien oksidaation ylläpito kuormituksen loppupuolella (Coyle ym. 1986; Coggan & Coyle 1987). Kuormituksen aikana nautittujen glukoosin, ruokosokerin ja maltodekstriinien vaikutuksissa metaboliaan ja suoritukseen on vain vähän eroja. Fruktoosi on ainoana poikkeus, sen hitaamman imeytymisen vuoksi. (Hargreaves 2005, teoksessa *Nutrition in Sport*, 114.) Fruktoosi nautittuna yhdessä glukoosin kanssa johtaa kuitenkin suurempaan kuormituksen aikana nautittujen hiilihydraattien oksidaatioon, johtuen mahdollisesti sokerien kahdesta erilaisesta imeytymismekanismista ohutsuolesta (Adopo ym. 1994).

Urheilujuomien imeytymisnopeuksia selvittäessä on havaittu, että suuriakin määriä yhtä hiilihydraattia sisältävää urheilujuomaa nautittaessa ei oksidaatio ylitä ~1.1 g/min (Rehrer ym. 1992b; Wagenmakers ym. 1993; Jentjens ym. 2004). Myöskään maltodekstriinin kohdalla ei oksidaatio kasva määrää nostamalla yli 1.0–1.1 g/min. Kun nautittiin fruktoosia ja glukoosia sisältävää urheilujuomaa, oksidaationopeus oli 1.26 g/min. (Jentjens ym. 2004.) Koska glukoosin imeytymisestä vastaava kuljettajaproteiini SGLT1 saturoituu 1.0–1.2 g/min imeytymisnopeudella, fruktoosin vastaava kuljettajaproteiini GLUT-5 yhdessä glukoosin imeytymisen kanssa mahdollistaa omaa imeytymistietään käyttäen suuremman kuormituksen aikana nautittujen hiilihydraattien

oksidation (kuva 3). (Jentjens 2004 ym.)

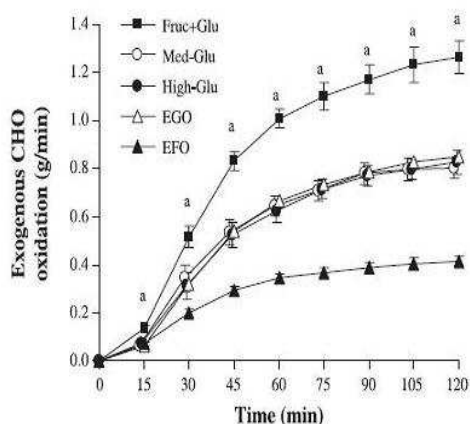


Fig. 2. Exogenous CHO oxidation during exercise with ingestion of Med-Glu, High-Glu, or Fruc+Glu. EGO, exogenous glucose oxidation in Fruc+Glu; EFO, exogenous fructose oxidation in Fruc+Glu. Values are means \pm SE; $n = 8$. ^aSignificantly different from Med-Glu and High-Glu, $P < 0.01$.

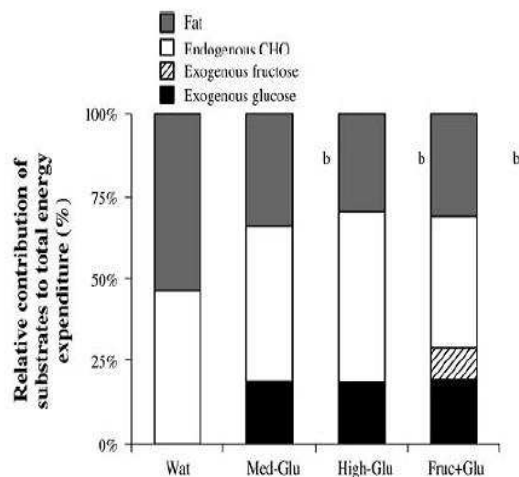


Fig. 3. Relative contributions of substrates to total energy expenditure calculated for the 60- to 120-min period of exercise with ingestion of Wat, Med-Glu, High-Glu, or Fruc+Glu. Values are means \pm SE; $n = 8$. ^aSignificantly different from Wat, $P < 0.01$.

KUVA 3. Kuormituksen aikana nautittujen hiilihydraattien oksidatio (Jentjens 2004 ym.).

3.4 Elimistön glykokeenivarastojen säästäminen

Kolmas kuormituksen aikaisen hiilihydraattien nauttimisen suoritusta parantava tekijä on glykokeenivarastojen säästäminen (Jeukendrup & Gleeson 2004, 113). Lihaksen glykokeenivarastojen ehtyminen on yhteydessä väsymiseen pitkässä kuormituksessa (Hermansen ym. 1967; Coyle ym. 1986). Kovatehoisen kuormituksen aikana nautittu glukoosi voi glukoositasapainon ylläpitämisen lisäksi säästää glykokeenivarastoja, koska nautittua glukoosia käytetään energianlähteenä (Wilmore & Costill 2004, 72). Matalatehoisessa kuormituksessa urheilujuomien hyöty energiavarastojen säästämisen kannalta on pieni, sillä suurin osa energiasta tuotetaan rasvoja hapettamalla (Ahlborg, G. & Felig, P. 1976). Maksan luovuttama glukoosimäärä vähenee, kun kuormituksen aikana nautitaan hiilihydraatteja ja maksan glykokeenivarastoja säästyy myöhempää käyttöä varten. (Jeukendrup ym. 1999.) Urheilujuomien aiheuttamaa lihaksen glykokeenin säästämistä on havaittu vain juoksussa (Tsintzas ym. 1995). Pyöräilykuormituksissa vastaavaa ei ole havaittu (Coyle ym. 1986; Jeukendrup 1999).

3.5 Syketaso ja veren laktaattipitoisuudet urheilujuomia nauttiessa

Urheilujuomien nauttiminen kuormituksen aikana nostaa sekä sykettä että veren laktaattipitoisuutta suhteessa pelkän veden nauttimiseen. Kuormituksen alkupuolella fruktoosia ja glukoosia sisältävä urheilujuoma nostaa laktaattipitoisuutta suhteessa muihin kohonneen glykolyysin vuoksi, sillä hiilihydraattien oksidaatio on kahta eri hiilihydraattia sisältävällä juomalla korkeinta. (Jentjens ym. 2004.) Syketaso nousee siis hiilihydraattien korkeamman oksidaation vuoksi. Toisaalta syketaso pysyttelee kuitenkin lähes samalla tasolla pelkän veden kanssa kuormituksen edetessä pidemmälle (Arkinstall ym. 2001).

4 URHEILUJUOMIEN SIEDETTÄVYYS JA KÄYTTÄJÄKOKEMUKSET PITKÄKESTOISESSA KUORMITUKSESSA

Kappaleessa 3.1 käsiteltiin mahalaukun tyhjenemisnopeutta ja sen vaikutusta kuormituksen aikana nautittujen hiilihydraattien imeytymiseen. Tyhjenemisnopeus on merkittävä tekijä myös urheilujuomien siedettävyyden kannalta. Mahalaukkuun tulleiden nesteiden etenemistä ohutsuoleen kasvattaa nesteen määrä, ja sitä laskevat nesteen sisältämä kaloripitoisuus, korkea osmolaliteetti, korkeaintensiteettinen kuormitus ja elimistön kuivuminen. Lisäksi varsinaista ohutsuolesta tapahtuvaa imeytymistä parantavat nesteen sisältämät glukoosi (kohtuullisissa määrissä) ja natrium. Osmolaliteetin eli liuenneiden ainesosasten määrän tulisi olla hypotoninen tai isotoninen, sisältäen natriumia ja glukoosia, jotta nesteen imeytyminen olisi tehokkaampaa. Tämä koostumus aiheuttaa vähemmän pahoinvointituntemuksia. (Wilmore & Costill 2004, 75.)

Pelkästään glukoosia sisältävän urheilujuoman imeytyminen ohutsuolesta on hitaampaa kuin fruktoosia ja glukoosia sisältävän urheilujuoman. Suuren määrän glukoosia sisältävän urheilujuoman huono imeytyminen aiheuttaa enemmän pahoinvointikokemuksia kuin sekä fruktoosia että glukoosia sisältävän urheilujuoman. (Jentjens ym. 2004.) Myös maltodekstriiniä ja maltodekstriiniä sekä fruktoosia sisältäneiden urheilujuomien välillä havaittiin vähemmän pahoinvointituntemuksia jälkimmäisen yhdistelmän kohdalla (Wallis ym. 2005). Jeukendrupin (2006) tutkimuksessa havaittiin niin ikään mahalaukun täyttymisnopeudessa tilastollisesti merkitsevä ero glukoosia ja sekä fruktoosia että glukoosia sisältäneiden urheilujuomien välillä. Ero fruktoosia ja glukoosia sisältäneen urheilujuoman hyväksi kasvoi kuormituksen edetessä. (Jeukendrup ym. 2006.)

Urheilujuomien nauttiminen juoksun aikana aiheuttaa enemmän pahoinvointituntemuksia kuin pyöräilykuormituksen aikana. Tästä johtuen urheilujuomien koostumus ei välttämättä tulisi olla sama eri lajeissa. Juoksussa tapahtuva ylös–alas -suuntainen liike ja pyöräilyn suhteen maksimia lähempänä oleva

suoritusaste johtavat mahdollisesti pienempään verenvirtaukseen suoliston alueella. Pienempi verenvirtaus johtaa siten pienempään nesteeseen ja hiilihydraattien imeytymiseen ja aiheuttaa mahdollisesti korkeammat pahoinvointitunteet. (van Nieuwenhoven ym. 2004.)

4.1 Urheilujuomien sisältämien hiilihydraattien imeytyminen

Murray ym. (1989) havaitsivat pelkkää fruktoosia sisältävän urheilujuoman imeytymisen olevan hitaampaa ja aiheuttavan enemmän pahoinvointitunteita kuin muita yksittäisiä sokereita sisältävät urheilujuomat. Tästä huolimatta fruktoosia ja glukoosia sisältävän urheilujuoman on todettu olevan hiilihydraattien oksidaation kannalta paras tutkituista. (Adopo ym. 1994; Jentjens ym. 2004.) Glukoosi imeytyy ohutsuolesta SGLT1 -kuljettajaproteiinin avulla, mutta tämä kuljettajaproteiini saturoituu n. 1 g/min imeytymisnopeudella. Fruktoosi taas imeytyy GLUT-5 -kuljettajaproteiinin avulla. Tästä johtuen kahta sokeria sisältävällä urheilujuomalla on mahdollisesti myös paremmat edellytykset imeytyä. (Jentjens ym. 2004.) Samassa tutkimuksessa havaittiin pelkkää glukoosia sisältävän urheilujuoman aiheuttavan enemmän pahoinvointitunteita suhteessa sekä glukoosia että fruktoosia sisältävään juomaan (Jentjens ym. 2004).

Glukoosia ja fruktoosia sisältävän urheilujuoman on todettu lisäävän sekä hiilihydraattien että veden imeytymistä ohutsuolesta suhteessa pelkästään glukoosia sisältävään urheilujuomaan. Kahta sokeria sisältävän urheilujuoman ero yhtä sokeria sisältävän urheilujuoman imeytymiseen oli 65 % (Shi ym. 1995). Tämä johtuu fruktoosin ja glukoosin eri imeytymisreiteistä ohutsuolesta ja pelkän fruktoosin hidasta imeytymistä nopeuttaa urheilujuoman sisältämä glukoosi (Holdsworth & Dawson 1964; Rumessen & Gudmand-Hoyer 1986).

4.2 Urheilujuomien aiheuttamat pahoinvointituntemukset ja niiden selvittäminen

Pahoinvointituntemuksia ja muita käyttäjäkokemuksia voidaan selvittää kyselylomakkeita käyttämällä. Kestävyyssurheilijoilla esiintyy suuressa määrin suolistoon liittyviä epämiellyttäviä kokemuksia (Brouns ym. 1987; Brouns 1991). Keeffen ym. (1984) kyselytutkimukseen osallistui 1700 juoksijaa maratonkilpailun jälkeen, joista 36 % oli kokenut tarvetta ulostaa matkan aikana, 35 % koki tunteita suoliston liikkumisesta ja 19 % ripulin oireita. Tutkimukseen osallistuneista 18 % oli pitänyt pysähtyä ulostamaan kisan aikana ja 10 % oli joutunut keskeyttämään ripulin vuoksi. (Keeffe ym. 1984.) Jeukendrup ym. (2000) totesivat pitkän matkan triathlonkilpailun osallistujista 93 %:n kokeneen ainakin yhtä epämiellyttävistä tuntemuksista, ja 29 % tuntemuksista oli luokiteltu vakaviksi (Jeukendrup ym. 2000). Suolistoon liittyviä ongelmia näyttää esiintyvän enemmän juostessa kuin esimerkiksi pyöräillessä tai uimassa, johtuen mahdollisesti suoliston vertikaalisesta liikkeestä juoksun aikana (van Nieuwenhoven 1999; Jeukendrup & Gleeson 2004). Seuraavassa taulukossa (taulukko 1) on kuvattu ruoansulatuskanavan suhteen koetut häiriöt kahden tunnin pyöräilykuormituksen aikana.

TAULUKKO 1. Pahoinvointituntemukset ruoansulatuskanavassa pyöräilyssä (Jentjens ym. 2004).

Table 2. *Gastrointestinal and related complaints during 120 min of exercise*

Complaint	Wat	Med-Glu	High-Glu	Fruc + Glu
<i>Nonsevere</i>				
Stomach problems	1	2	2	1
Nausea	0	3	2	1
Dizziness	0	0	0	0
Headache	0	1	0	0
Flatulence	0	2	2	2
Urge to urinate	0	3	1	4
Urge to defecate	0	1	2	1
Urge to vomit	0	3	2	1
Belching	1	5	3	2
Stomach burn	0	0	1	1
Bloated feeling	0	2	2	2
Stomach cramps	0	0	1	0
Intestinal cramps	0	0	1	0
Side aches left	0	0	1	0
Side aches right	0	0	0	0
Reflux	0	1	1	1
<i>Severe</i>				
Stomach problems	0	0	1	0
Nausea	0	0	1	0
Urge to vomit	0	0	2	0
Bloated feeling	0	1	4	1
Stomach cramps	0	0	0	1

n = 8 Subjects. Stomach cramps, urge to vomit, nausea, bloated feeling, and stomach problems were registered as severe when a score of 5 or higher (out of 10) was given.

Kappaleessa 3.3 todettiin jo, että yhtä hiilihydraattia sisältävää urheilujuomaa nauttiessa imeytymisnopeus ohutsuolesta on 0.6–1.0 g/min. Urheilujuomien rakenne perustuu optimaaliseen yhdistelmään hiilihydraattisän energiasisällön ja riittävän rehydraation takaamisen välillä. Urheilujuomat suunnitellaan poistumaan mahalaukusta mahdollisimman nopeasti rehydraation vuoksi, ja lisäksi tarjoamaan riittävä määrä energiaa kehon käyttöön. Imeytymisongelmien kannalta olennaista on urheilujuomien poistuminen mahalaukusta ja imeytyminen ohutsuolesta. Eri lajien välillä on mahdollisesti eroja optimaalisessa rakenteessa, sillä juoksussa ilmenee enemmän ongelmia kuin pyöräilyssä. Erot johtuvat mahdollisesti juoksun suuremman vertikaalisen liikkeen lisäksi myös juoksun aiheuttamasta suuremmasta suoliston verenvirtauksen laskusta. (van Nieuwenhoven ym. 2004.)

Taulukossa 1 kuvattiin eroja eri juomien välillä koetuissa pahoinvointituntemuksissa. Jentjens ym. (2004) havaitsivat että runsaasti pelkkää glukoosia sisältävän urheilujuoman (1.8 g/min) nauttiminen aiheuttaa enemmän vakavia ruoansulatuskanavan ongelmia kuin keskimääräisesti glukoosia (1.2 g/min) tai sekä glukoosia (1.2 g/min) että fruktoosia (0.6 g/min) sisältävien urheilujuomien nauttiminen kuormituksen aikana. Tämä johtuu mahdollisesti hiilihydraattien kertymisestä joko mahalaukkuun tai suoleen. (Jentjens ym. 2004.) Imeytymättömän hiilihydraatin kertyminen ruoansulatuskanavaan johtaa suurempiin ja useammin koettuihin ongelmiin ruoansulatuskanavassa (Rehrer ym. 1992a). Jentjens ym. (2004) toteavat että enemmän ongelmia ilmenee pelkkää glukoosia nauttiessa, koska vähemmän hiilihydraattia poistuu ruoansulatuskanavasta verrattuna glukoosia ja fruktoosia sisältävään juomaan (Jentjens ym. 2004). Myös Wallisin ym. (2005) selvittäessä maltodekstriiniä ja sekä maltodekstriiniä että fruktoosia sisältävien urheilujuomien pahoinvointituntemuksia havaittiin vähemmän pahoinvointituntemuksia jälkimmäisen kohdalla (Wallis ym. 2005).

Käyttäjäkokemuksien ja fyysisten tuntemuksien mittaaminen urheilujuomia nautittaessa on harvinaista aihealueen tutkimuksissa. Juoma joka maistuu hyvälle, johtaa vapaaehtoiseen nesteen nauttimiseen kuormituksen aikana ja siitä palautuessa (Rivera-Brown ym. 1999; Wilmore ym. 1998). Aiemmissa aihealueen tutkimuksissa on käytetty RPE -kyselyitä, jotka kuitenkin liittyvät vain koettuun fyysiseen tuntemukseen.

Arkininstallin ym. (2001) tutkimuksessa selvitettiin veden ja hiilihydraattia sisältävän juoman eroja sekä juoksu- että polkupyöräkuormituksissa aerobisen kynnyksen teholla. RPE -kyselyissä ei havaittu eroja juomien suhteen missään vaiheessa tunnin kestäneessä kuormituksessa. (Arkininstall ym. 2001.) Jeukendrupin ym. (2006) tutkimuksessa kuormitusmallina oli pitkäkestoinen polkupyöräergometrikuormitus (5 tuntia), jonka aikana ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja tuntemuksissa kuormituksen edetessä. Viimeisen tunnin aikana glukoosia ja fruktoosia sisältävän urheilujuoman RPE -arvo oli kuitenkin alhaisempi (13.1 ± 0.7), suhteessa veteen (14.2 ± 0.7) tai pelkästään glukoosia sisältävään urheilujuomaan (14.2 ± 0.8). Lisäksi samassa tutkimuksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero mahalaukun koetussa täyttymisessä eri urheilujuomien välillä ensimmäisen tunnin jälkeen tehdyn mittauksen ja loppumittauksen välisenä aikana. Pelkkää glukoosia sisältävä urheilujuoma aiheutti enemmän täyttymisen tunnetta kuin vesi tai sekä fruktoosia että glukoosia sisältävä urheilujuoma (Jentjens ym. 2005.) Pelkkää glukoosia sisältävän urheilujuoman nauttiminen näyttää siis aiheuttavan huonompia käyttäjäkokemuksia kahta eri hiilihydraattia sisältävään urheilujuomaan ja veteen nähden.

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT

Tutkimuksessa selvitettiin sekä fruktoosia että glukoosia sisältävän hunajaperusteisen urheilujuoman siedettävyyttä, käyttäjäkokemuksia sekä fysiologisia vaikutuksia 90 min juoksukuormituksen ja 75 min polkupyöraergometrikuormituksen aikana suhteessa pelkästään glukoosia sisältävään urheilujuomaan ja veteen.

Tutkimus on tarpeellinen ensinnäkin siksi, että pitkäkestoisissa kuormituksissa on edullista nauttia energiaa sisältäviä juomia ja toisekseen näiden juomien on myös oltava sisällöltään sellaisia, jotka imeytyvät elimistön käyttöön aiheuttamatta ongelmia. Nämä seikat korostuvat erityisesti pitkäkestoisissa kuormituksissa. Nyt haluttiin selvittää, täyttääkö fruktoosia ja glukoosia sisältävä hunajaperusteinen urheilujuoma vaatimukset.

Ongelma 1: Onko sekä fruktoosia että glukoosia sisältävän hunajaperusteisen urheilujuoman siedettävyys pitkäkestoisessa juoksukuormituksessa korkeampi kuin kontrollijuoman, ainoastaan glukoosia sisältävän urheilujuoman?

Hypoteesi 1: Hunajaperusteisen urheilujuoman siedettävyys juoksukuormituksessa on korkeampi tai sama kuin kaupallisen urheilujuoman.

Perustelu 1: Paljon hiilihydraatteja sisältävän juoman nauttiminen juoksukuormituksen aikana korreloi vahvasti vakaviksi koettujen pahoinvointituntemusten kanssa (Rehrer ym. 1992a; van Nieuwenhoven ym. 2004). Lisäksi urheilujuoman sisältämien hiilihydraattien nauttimisen positiivinen vaikutus suoritukseen voi kumoutua pahoinvointituntemuksien vuoksi (van Nieuwenhoven ym. 2004). Kyselytutkimuksella selvitetty ruoansulatuskanavan pahoinvointituntemukset ovat suurempia, kun nautitaan pelkästään glukoosia sisältävää urheilujuomaa (Jentjens ym. 2004). Myös Wallis ym. (2005) havaitsivat saman eron pelkästään glukoosia sisältävän urheilujuoman ja sekä fruktoosia että glukoosia sisältävän urheilujuoman välillä (Wallis ym. 2005). Hunajaperusteinen urheilujuoma sisältää sekä fruktoosia että glukoosia ja käytössä ollut

kaupallinen urheilujuoma pelkästään glukoosia.

Ongelma 2: Mitkä ovat hunajaperusteisen urheilujuoman aiheuttamat fyysiset tunteukset ja käyttäjäkokemukset suhteessa veteen ja kaupalliseen urheilujuomaan juoksu- ja polkupyöräergometrikuormituksessa?

Hypoteesi 2: Kaupallisen urheilujuoman ja hunajaperusteisen urheilujuoman aiheuttamat fyysiset tunteukset ja käyttäjäkokemukset eivät eroa merkittävästi. Vesi koetaan helpoimmaksi nauttia juoksukuormituksessa.

Perustelu 2: Urheilijat eivät juo nesteitä, jotka maistuvat pahalle. Suurin osa valitsee juomakseen kevyen makuisen juoman, jolla ei ole vahvaa jälkimakua. Lähes kaikki kaupalliset urheilujuomat eivät kuitenkaan täytä näitä kriteerejä. Palautumisjakson aikana urheilijat kuitenkin juovat enemmän urheilujuomia kuin vettä. (Wilmore & Costill 2004, 440.)

Ongelma 3: Mitkä ovat hunajaperusteisen urheilujuoman fysiologiset vaikutukset (erityisesti energialähteiden käyttö ja veren glukoosipitoisuuden ylläpito) suhteessa veteen ja kaupalliseen urheilujuomaan juoksu- ja polkupyöräergometrikuormituksessa?

Hypoteesi 3: Kaupallisen urheilujuoman ja hunajaperusteisen urheilujuoman fysiologiset vaikutukset eivät eroa merkittävästi käytössä olevalla kuormitusmallilla. Vesi eroaa urheilujuomista fysiologisilta vaikutuksiltaan merkittävästi.

Perustelu 3: Urheilujuoman nauttimisen aiheuttama parantunut suorituskyky liittyy veren glukoosipitoisuuden ylläpitoon ja korkeampaan hiilihydraattien oksidaatioon pitkäkestoisen kuormituksen loppupuolella (Bosch ym. 1994; Coyle ym. 1986). Kuormituksen aikana nautittujen hiilihydraattien oksidaatio on korkeampi, kun nautitaan sekä glukoosia että fruktoosia sisältävää urheilujuomaa. Tämä johtuu glukoosin ja fruktoosin eri imeytymisreiteistä ohutsuolessa. Glukoosin imeytymistä fasilitoiva SGLT -kuljettajaproteiini saturoituu 1–1,1g/min oksidoitumistahdissa. Fruktoosin imeytymistä fasilitoiva GLUT-5 -kuljettajaproteiinin mahdollistama fruktoosin glukoosista riippumaton imeytyminen lisää kokonaisimeytymistä. Tämä johtaa korkeampaan nautittujen hiilihydraattien oksidaatioon. Sekä fruktoosia että

glukoosia sisältävän urheilujuoman oksidaatiota lisäävä vaikutus kasvaa suorituksen pidentyessä suhteessa muihin juomiin. (Jentjens ym. 2004.)

6 MENETELMÄT

6.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöiksi haettiin aktiivisia kuntoilijoita sähköposti-ilmoituksilla. Juoksukuormituksia suorittavaan ryhmään haettiin koehenkilöiksi 12:ta juoksua harrastavaa henkilöä, joille on tehty tasotesti aerobisen ja anaerobisen kynnyksen määrittämiseksi. Polkupyöräergometrikuormituksia suorittavaan ryhmään haettiin 12:ta pyöräilyyn tottunutta koehenkilöä.

Juoksukuormitusten koehenkilöryhmä (n=8) muodostui kuudesta naisesta ja kahdesta miehestä, joille kaikille oli tasotestillä määritetty aerobinen kynnyksen sekä vauhtina että sykkeenä. Polkupyöräergometrikuormituksia tehneiden ryhmässä (n=10), koehenkilöistä kahdeksan oli miehiä ja kaksi naisia. Koehenkilöjoukot kuvataan taulukossa 2:

TAULUKKO 2. Koehenkilöt juoksu- ja polkupyöräergometrikuormituksissa.

Ryhmä	Naiset/Miehet	Ikä	Massa (kg)
Juoksu (n=8)	6/2	45 ± 9.17	65.41 ± 12.41
Pyöräily (n=10)	2/8	40 ± 8.99	74.19 ± 6.32

Ennen kuormituksia koehenkilöt allekirjoittivat kirjallisen suostumuslomakkeen (LIITE 1), jonka lisäksi selvitettiin koehenkilöille tutkimuksen tarkoitus ja menetelmät sekä tutkimuksen hyödyt että mahdolliset haitat. Koehenkilöt olivat vapaaehtoisia ja sitoutuivat allekirjoituksellaan osallistumaan mittauksiin terveinä ja hyvävointisina.

6.2 Koeasetelma

Juoksukuormitukset suoritettiin Jyväskylässä Hippoksen alueella ja Vivecan tiloissa 9.7 – 23.7.2008. Pyöräilykuormitukset suoritettiin Liikuntabiologian laitoksen tiloilla

Vivecassa 28.6 – 15.7.2008. Juoksukuormitus toteutettiin 90 minuutin vakiotehoisella juoksulla viikon välein. Juoksijat kiersivät Jyväskylän Hippoksen alueella omaa vakioitua 15 min kestäväää lenkkiä aerobisen kynnyksen syketasolla. Kyseessä olevaa menetelmää etenemisnopeuden määrittäjänä on suositeltu aihealueen tutkimuksessa (Arkinstall ym. 2001).

Juoksukuormituksen kulku on havainnollistettu taulukossa 3. Pyöräilykuormitukset toteutettiin samoin periaattein 75 min kestoisina polkupyöräergometrillä. Erona juoksukuormitukseen oli, että pyöräkuormituksissa käytettiin hengityskaasu-analysointia ja pyöräilykuormituksissa ei tehty verikokeita. Pyöräilykuormitusten päätarkoituksena oli selvittää eri energialähteiden osuutta energia-aineenvaihdunnasta kuormituksen aikana sekä toisekseen urheilujuomien siedettävyyttä pyöräilyssä.

Kaikilla kolmella mittauskerralla koehenkilöt molemmissa koehenkilöryhmissä nauttivat satunnaistetussa järjestyksessä eri urheilujuomaa samanlaisista juomamukeista. Käytetyt urheilujuomat olivat: 1) koejuoma (hunajaperusteinen urheilujuoma) 2) vesi ja 3) kontrollijuoma (kaupallinen urheilujuoma). Hunajaperusteisen urheilujuoman ja kaupallisen urheilujuoman koostumukset löytyvät liitteestä 2. Juomaa nautittiin ennen juoksukuormituksen alkua 1,5 dl ja sen jälkeen 1,5 dl 15 min välein kuormituksen loppuun saakka. Urheilujuomien koostumukset löytyvät liitteistä (LIITE 2).

TAULUKKO 3. Yksittäisen juoksukuormituskerran kulku.

Yksittäisen juoksukuormituskerran kulku	
Kokoontuminen Vivecan ala-aulaan (Rautpohjankatu 8a) klo 17.30 mennessä	
Aika	
- 0:30	1. Tiedotustilaisuus ja alkuvalmistelut ja -mittaukset
	- mittauksen kulku kertauksena (1.kerta)
	- eettinen sopimus ja koehenkilöiden perustiedot (ikä, sukupuoli)
	- sykemittarien ym. tekniikan toiminnan varmistaminen
	- punnitukset ja lepoverinäytteet
	2. Kuormituksen kulku ja mittaukset
0:00	- nautitaan urheilujuoma ennen kuormitusta
0:15	- juostaan 15min vakiolenkki neljä kertaa
	- nautitaan urheilujuoma 15min välein
1:00	- neljännen lenkin päätteeksi Vivecassa verinäytteet

1:00	- nautitaan urheilujuoma
	- juostaan 15min vakiolenkki kaksi kertaa
	- nautitaan urheilujuoma 15min välein
1:30	- päätteeksi Vivecassa verinäytteet ja sykemittarin purku
	- punnitukset ja virtsan määrän mittaukset
	3. Mittauskerran päättäminen
	- koehenkilö täyttää palautekaavakkeen, johon kirjataan:
	- pahoinvointituntemukset ja käyttäjäkokemukset
	- annetaan koehenkilölle välitön palaute
	- koehenkilöä kiitetään mittaukseen osallistumisesta
+ 0:30	- annetaan jatko-ohjeet mittauksien suhteen

6.3 Aineiston keräys ja analysointi

Energiansaanti ja edeltävä harjoittelu selvitettiin ennen ensimmäistä mittauskertaa täytetyllä ravintopäiväkirjalla. Ravinto- ja harjoituspäiväkirjojen perusteella koehenkilöt ohjeistettiin toimimaan mittauksia edeltävä aika samalla tavoin kahdessa viimeisessäkin kuormituksessa. Ennen mittauksia koehenkilöiltä selvitettiin ikä ja kehon massa.

Kuormituksen kesto ja sykkeen vaihtelu kuormitusten aikana taltioitiin sykemittareilla (Polar RS400, Polar Electro Oy, Suomi) ja analysoitiin tietokoneohjelmistolla (Polar ProTrainer 5, Polar Electro Oy, Suomi). Syketiedoista analysoitiin keskisykkeet verinäytteiden ottamisen välillä juoksussa ja pyöräilyssä viiden minuutin jaksoissa 15 minuutin, 45 minuutin ja 75 minuutin kohdissa.

Juoksukuormitusten mittauksissa selvitettiin fysiologisina muuttujina sydämen lyöntitaajuus ja verinäytteistä glukoosi-, insuliini-, hemoglobiini- ja hematokriittitasot. Hemoglobiinin ja hematokriitin perusteella määritettiin plasmatilavuuden muutokset 60 min ja 90 min kohdilla. Juoksukuormitusten verinäytteet otettiin käsivarren laskimosta ennen kuormitusta, 60 min kohdalla ja 90 min jälkeen. Hemoglobiini- ja hematokriittipitoisuuksia varten otettiin EDTA –putkeen 2 ml näytteet ja pitoisuudet määritettiin Sysmex KX 21N -laitteella (Sysmex, Japani). Näistä tuloksista määritettiin laskennallisesti plasmatilavuus käyttäen kaavaa:

$$\%PV = 100 \cdot (Hb_{pre} \cdot Hb_{post}^{-1} \cdot (1 - Hct_{post} \cdot 10^{-2}) \cdot (1 - Hct_{pre} \cdot 10^{-2})^{-1}) - 100$$

Veren glukoosipitoisuuden määrittämistä varten otettiin 2 ml verta, joka määritettiin

Konelab 20 XTi –laitteistolla (Thermo Electron Oy, Suomi). Edelleen veren insuliinipitoisuutta varten otettiin 4 ml näyte, joka määritettiin Immulite 1000 – analyysointilaitteella (DPC, Los Angeles, USA). Laitteen valmistajan insuliinille määrittämä variaatiokerroin on ajon sisällä keskimäärin 5.7 % ja päivittäisvaihtelu 6.7 %. Pyöräilykuormitukset tehtiin polkupyöräergometrillä (Ergoline 800, SensorMedics, USA) käyttäen hengityskaasuanalysointilaitetta (Vmax Encore 29 System (VIASYS Healthcare Inc, USA)). Energianlähteiden osuus energiantuotosta laskettiin kaavalla $(1 - RQ) / 0.293$, CHO = 100 %, proteiinit 0%

Jokaisen mittauskerran päätteeksi koehenkilöt täyttivät kyselylomakkeen (LIITE 3), jolla selvitettiin tuntemuksia ruoansulatuskanavan mahdollisten imeytymishäiriöiden, fyysisten tuntemuksien ja käyttäjäkokemusten suhteen. Kyselylomakkeen pahoinvointituntemuksia koskevat kysymykset perustuivat aiempaan tutkimukseen (Jentjens ym. 2004). Tutkimuksessa käytetty kyselylomake löytyy liitteestä 3.

6.4 Tilastolliset analyysit

Tilastolliset analyysit suoritettiin Microsoft Excel 2007- ja SPSS 13.0 -ohjelmilla. Excelin avulla suoritettiin kaksisuuntainen t-testi sekä keskiarvojen ja keskihajontojen laskeminen. T-testeistä tarkasteltiin muuttujien merkitsevyyksiä ryhmien välillä ja verrattuna alkutilanteeseen. SPSS -ohjelmaa käytettiin varianssianalyysin ja Pearsonin korrelaatiokertoimien laskemiseksi.

7 TULOKSET

7.1 Fysiologisten mittausten tulokset

Seuraavissa taulukoissa esitellään tutkimuksen fysiologiset mittaustulokset taulukoin ja kuvaajin. Alla olevissa taulukoissa (taulukot 4 ja 5) on esitelty sydämen keskimääräinen lyöntitaajuus, painon muutos ja eritetyn virtsan määrä eri juomilla sekä juoksukuormituksessa että polkupyöräergometrikuormituksessa. Tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu kummassakaan kuormituksessa.

TAULUKKO 4. Sydämen lyöntitaajuus, painon muutokset ja eritetyn virtsan määrät 90 min juoksukuormituksissa.

Juoksu	Keskisyke	Painon muutos (kg)	Virtsan määrä (dl)
Hunajajuoma	145 ± 8.37	- 0.18 ± 0.43	1.88 ± 1.42
Kontrollijuoma	142 ± 5.78	- 0.19 ± 0.40	2.15 ± 1.64
Vesi	141 ± 4.75	- 0.12 ± 0.45	1.92 ± 0.84

TAULUKKO 5. Sydämen lyöntitaajuus, painon muutokset ja eritetyn virtsan määrät 75 min polkupyöräergometrikuormituksissa.

Pyöräily	Keskisyke	Painon muutos (kg)	Virtsan määrä (dl)
Hunajajuoma	115 ± 8.95	0.36 ± 0.24	3.10 ± 1.37
Kontrollijuoma	116 ± 10.23	0.27 ± 0.22	3.43 ± 2.26
Vesi	113 ± 9.11	0.27 ± 0.23	3.00 ± 1.56

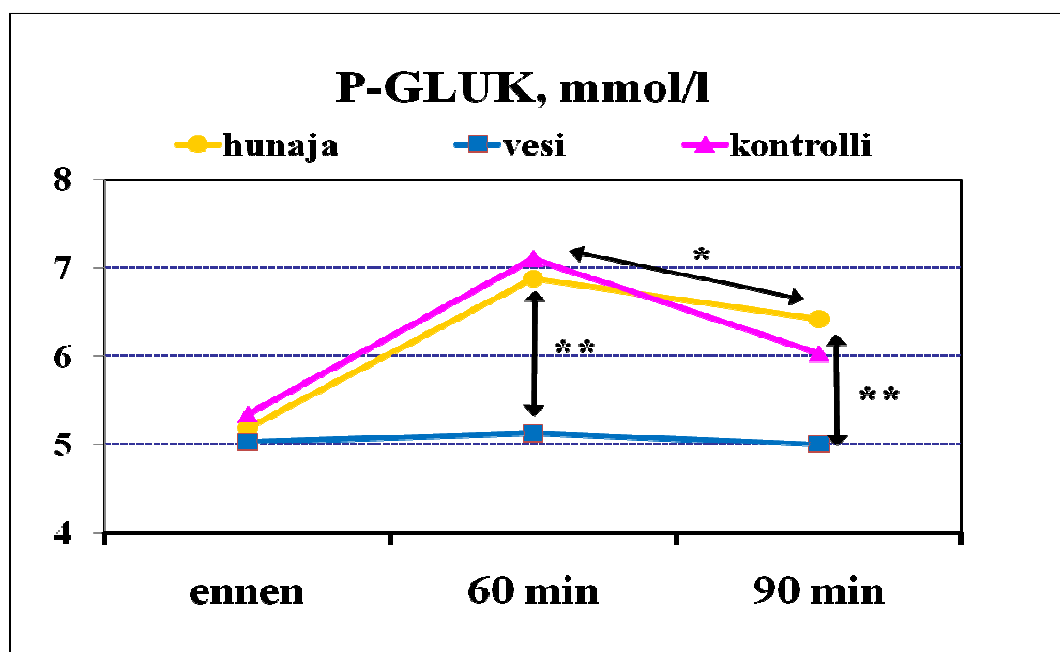
Veren glukoosipitoisuuden suhteen hunajajuoma ja kontrollijuoma erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($p = 0.002$) vedestä 60 min kohdalla kuormitusta. Kontrollijuomaa nauttiessa glukoosipitoisuus putosi merkitsevästi ($p < 0.05$) viimeisen 30 min aikana suhteessa hunajajuomaan. Tulokset glukoosi- ja insuliinipitoisuuksien sekä plasmatilavuuden muutoksista on kuvattu taulukossa 6. Glukoosipitoisuuden muutokset on havainnollistettu kuvassa 4. Insuliinipitoisuuksissa ja veren plasmatilavuuden muutoksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja juomien välillä.

TAULUKKO 6. Veren glukoosi- ja insuliinipitoisuudet sekä plasmatilavuuden muutokset 90 min juoksukuormituksissa. ** $p < 0.01$ (urheilujuomat suhteessa veteen) ja * $p < 0.05$ (muutos hunajajuoman ja kontrollijuoman välillä 60 min:sta 90 min:iin).

P-Gluk (mmol/l)	Ennen	60min	90min
Hunajajuoma	5.19 mmol/l \pm 0.3	6.88 mmol/l \pm 1.6**	6.42 mmol/l \pm 0.9**
Kontrollijuoma	5.35 mmol/l \pm 1.0	7.10 mmol/l \pm 0.3**	6.03 mmol/l \pm 0.6*
Vesi	5.04 mmol/l \pm 0.6	5.13 mmol/l \pm 0.4	5.01 mmol/l \pm 0.4

S-Insul (uIU/ml)	Ennen	60min	90min
Hunajajuoma	8.06 uIU/ml \pm 4.1	9.74 uIU/ml \pm 4.0	7.40 uIU/ml \pm 3.9
Kontrollijuoma	(14.54 uIU/ml \pm 7.0)	11.88 uIU/ml \pm 5.9	8.58 uIU/ml \pm 6.8
Vesi	8.21 uIU/ml \pm 5.4	3.11 uIU/ml \pm 3.0	2.01 uIU/ml \pm 2.9

% Δ PV	Ennen	-> 60min	-> 90min
Hunajajuoma	100 %	96.6 % \pm 2.1	97.3 % \pm 3.5
Kontrollijuoma	100 %	97.6 % \pm 1.0	97.6 % \pm 2.4
Vesi	100 %	98.8 % \pm 3.9	98.5 % \pm 3.9



KUVA 4. Veren glukoosipitoisuuden muutokset eri juomilla 90 min juoksukuormituksen

aikana. ** $p < 0.01$ ja * $p < 0.05$.

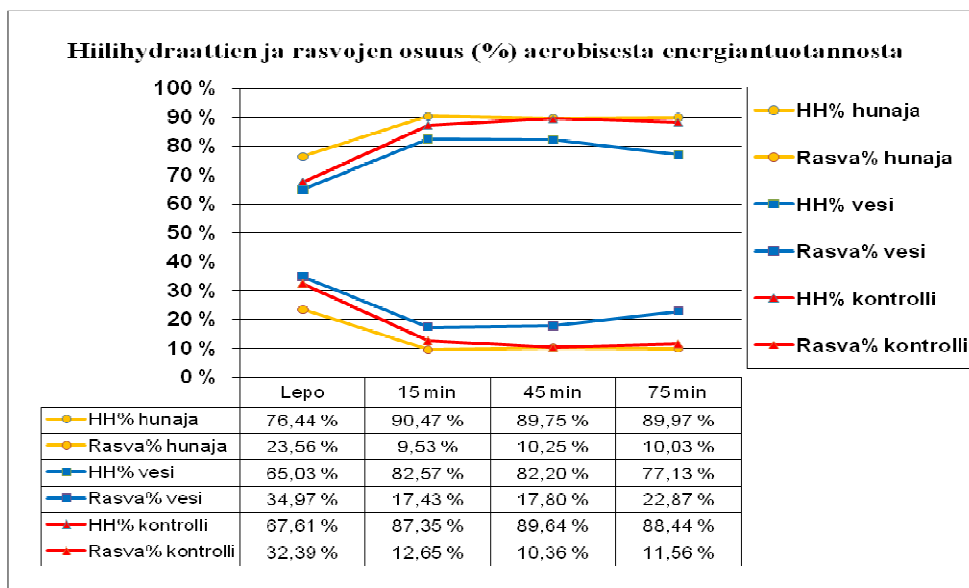
7.2 Energianlähteiden käyttö polkupyöräergometrikuormituksessa

Aerobinen energiantuotto hiilihydraateista ja rasvoista ei poikennut kontrollijuoman ja hunajajuoman välillä kuormituksen aikana. Vettä käytettäessä hiilihydraattien osuus aerobisesta energiantuotosta laski merkitsevästi viimeisen 30 min aikana (82.2 % vs. 77.1 %, $p = 0.008$). Energiankulutusta ja energianlähteiden käyttöä koskevat mittaustulokset on esitetty taulukossa 7 ja kuvassa 5.

TAULUKKO 7. Energiankulutus ja energialähteiden käyttö 75 min polkupyöräkuormituksissa.
** $p < 0.01$.

Energiankulutus (kcal/min)	10–15min	40–45min	65–75min	0–75min
Hunajajuoma	8.85 ± 1.39	8.61 ± 1.00	8.80 ± 0.93	8.76 ± 1.09
Kontrollijuoma	9.08 ± 1.14	8.83 ± 1.13	8.97 ± 1.11	8.96 ± 1.09
Vesi	8.62 ± 1.52	8.59 ± 1.05	8.87 ± 1.15	8.70 ± 1.22

Hiilihydraatit (%)	10–15min	40–45min	65–75min	0–75min
Hunajajuoma	90.5 % ± 9.54	89.8 % ± 8.62	90.0 % ± 7.67	90.1 % ± 8.34
Kontrollijuoma	87.4 % ± 10.21	89.6 % ± 13.36	88.4 % ± 10.77	88.5 % ± 11.17
Vesi	82.6 % ± 26.72	82.2 % ± 10.11	77.1 % ± 10.75**	80.6 % ± 17.19



KUVA 5. Hiilihydraattien ja rasvojen osuus energiantuotannosta pyöräilyssä.

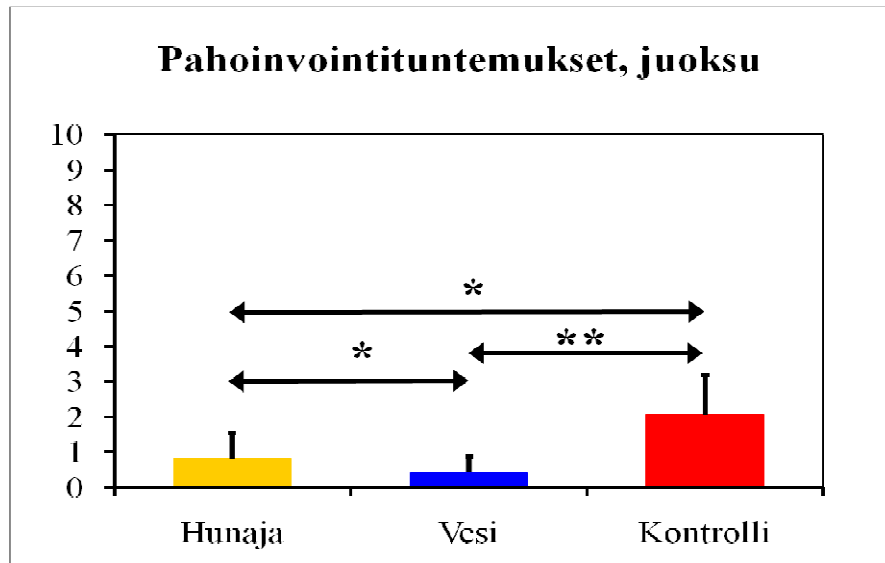
7.3 Siedettävyyden ja käyttäjäkokemusten tulokset

Alla olevassa taulukossa (taulukko 8) on kuvattu juoksukuormituksessa koetut pahoinvointi- ja fyysiset tuntemukset sekä käyttäjäkokemukset. Pahoinvointituntemuksissa (asteikolla 0 – 10) kymmenen tarkoittaa erittäin paljon tuntemuksia ja 0 ei ollenkaan tuntemuksia. Pahoinvointituntemuksissa vesi aiheutti tilastollisesti merkitsevästi vähemmän pahoinvointituntemuksia kuin urheilujuomat (vesi 0.43 ± 1.12 vs. hunajajuoma 0.82 ± 1.76 , $p = 0.036$ ja kontrollijuoma 2.07 ± 2.86 , $p = 0.003$). Myös hunajajuoma aiheutti tilastollisesti merkitsevästi vähemmän pahoinvointituntemuksia kuin kontrollijuoma (0.82 ± 1.76 vs. 2.07 ± 2.86 , $p < 0.05$). Pahoinvointituntemuksien tilastollisesti merkitsevät erot löytyvät havainnollistettuna kuvasta 6.

Fyysisten tuntemuksien osalta juomat eivät eronneet toisistaan. Käyttäjäkokemusten suhteen (asteikolla 1 – 10 kymmenen tarkoittaa erittäin hyvää) vesi koettiin parhaimmaksi tilastollisesti merkitsevästi (vesi 9.05 ± 1.87 vs. hunajajuoma 7.30 ± 1.68 ja kontrollijuoma 6.88 ± 2.44 , $p = 0.03$). Koetun rasituksen tunteessa (RPE) ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja juomien välillä.

TAULUKKO 8. Siedettävyyden ja käyttäjäkokemusten tulokset 90 min juoksukuormituksissa. ** $p < 0.01$ ja * $p < 0.05$.

Juoksu	Pahoinvointi-tuntemukset	Fyysiset tuntemukset	Käyttäjäkokemukset	RPE
Hunajajuoma	$0.82 \pm 1.76^*$	9.19 ± 0.98	7.30 ± 1.68	12.38 ± 1.68
Kontrollijuoma	2.07 ± 2.86	8.94 ± 1.48	6.88 ± 2.44	12.71 ± 0.76
Vesi	$0.43 \pm 1.12^{**}$	9.03 ± 1.69	$9.05 \pm 1.87^*$	12.63 ± 2.26



KUVA 6. Juoksukuormituksen kyselyjen tulokset pahoinvointituntemuksien suhteen ja tilastollisesti merkitsevät erot eri juomien välillä. ** $p < 0.01$ ja * $p < 0.05$.

Pyöräilykuormituksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja juomien välillä pahoinvointituntemuksissa, fyysisissä tuntemuksissa, käyttäjäkokemuksissa tai koetun rasituksen tunteessa (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Siedettävyyden ja käyttäjäkokemusten tulokset 75 min pyöräilykuormituksissa.

Pyöräily	Pahoinvointituntemukset	Fyysiset tuntemukset	Käyttäjäkokeemukset	RPE
Hunajajuoma	0.40 ± 1.65	7.40 ± 2.33	7.70 ± 1.56	13.30 ± 0.82
Kontrollijuoma	0.42 ± 1.22	7.75 ± 1.55	7.48 ± 2.06	13.9 ± 0.99
Vesi	0.34 ± 1.51	7.30 ± 1.53	6.72 ± 2.42	13.2 ± 0.92

8 POHDINTA

Tutkimuksen päätulos oli että fruktoosia ja glukoosia sisältävä urheilujuoma oli glukoosia sisältävää urheilujuomaa siedettävämpi 90 min juoksukuormituksessa. Toinen tärkeä löydös oli se, että hunajaurheilujuoman fysiologiset vaikutukset olivat samankaltaiset kuin kaupallisella urheilujuomalla sekä juoksu- että pyöräilykuormituksissa. Lisäksi fyysiset tuntemukset eivät eronneet eri juomilla, mutta käyttäjäkokemuskyselyissä vesi koettiin urheilujuomia miellyttävämmäksi nauttia juoksukuormituksessa.

Tutkimuksen ensimmäisen ongelman hypoteesina oli että hunajaurheilujuoma aiheuttaa vähemmän pahoinvointituntemuksia kuin kaupallinen urheilujuoma. Tässä tutkimuksessa satunnaistettu kaupallinen urheilujuoma sisälsi vain yhtä hiilihydraattia eli glukoosia. Hunajaurheilujuoman hiilihydraateista hiukan yli puolet koostuu glukoosista ja hiukan alle puolet fruktoosista. Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu että pelkästään glukoosia sisältävä urheilujuoma aiheuttaa enemmän pahoinvointituntemuksia suolistossa suhteessa kahta hiilihydraattia sisältävään urheilujuomaan nähden (Jentjens ym. 2004; Nieuwenhoven ym. 2004). Aiemmin on esitetty että edellä mainitut pahoinvointituntemukset johtuisivat pelkkää glukoosia sisältävää urheilujuomaa nauttiessa sekä hitaammasta mahalaukun tyhjenemisnopeudesta että hiilihydraatin hitaammasta imeytymisestä ohutsuoletta (Jentjens ym. 2005). Vaikka fruktoosi onkin hidas imeytymään ohutsuoletta, kahta eri imeytymisreittiä käyttävä urheilujuoma omaa paremmat mahdollisuudet kokonaisimeytymiseen. Kuten aiemmin (kappale 3.3) on jo mainittu, glukoosin imeytymisestä vastaavaa kuljettajaproteiini SGLT1 saturoituu 1.0–1.2 g/min imeytymisnopeudella ja fruktoosin imeytymistä fasilitoiva GLUT-5 -proteiini toimii kahta hiilihydraattia nautittaessa riippumattomana, omana komponenttinaan. Näin varmistetaan paitsi suurempi nautittujen hiilihydraattien siirtyminen verenkiertoon ja käyttö energiaksi, myös suurempi hiilihydraattien nettosiirtyminen pois ohutsuoletta. Tällöin pahoinvointituntemuksia ilmenee harvemmin. Mielenkiintoista tuloksissa oli myös että pyöräilykuormituksessa pahoinvointituntemuksissa ei ollut eroja juomien välillä. Tämä voi johtua pyöräilykuormituksen matalasta intensiteetistä ja lyhyestä kestosta. Todennäköisemmin ero juoksukuormitukseen johtuu kuitenkin juoksun ylös-

alas –liikkeestä ja vähentyneestä verenkierrosta suoliston alueella (van Niuewenhoven ym. 2004). Vähentynyt verenkierto hidastaa imeytymistä ja kuormituksen aikana nautittua hiilihydraattia alkaa kertyä ruoansulatuskanavaan.

Koehenkilöjoukot jakautuivat juoksu- ja pyöräilykuormituksissa eri tavoin. Juoksukuormituksissa suurin osa oli naisia ja pyöräilykuormituksissa päinvastoin. Sukupuolten välistä eroa ei ole aiemminkaan selvitetty pahoinvointituntemuksien osalta, mutta tässä tutkimuksessa on mahdollista että juuri naiset kärsivät enemmän pahoinvointituntemuksista urheilujuomia nauttiessaan. Mitään johtopäätöstä tästä ei voida tehdä, koska pyöräily on niin erilainen kuormitusmalli juoksuun verrattuna.

Tutkimuksen toisena ongelmana oli selvittää eroavatko koejuomat fyysisten tuntemuksien ja käyttäjäkokemusten suhteen. Fyysisiä tuntemuksia kartoittaneissa kyselyissä ei havaittu eroja juomien välillä. Kuormituksen jälkeen tapahtuneiden RPE -kyselyiden tulokset ovat linjassa aiemman menetelmältään samankaltaisen tutkimuksen tulosten kanssa (Jentjens ym. 2006). Lisäksi fyysisiä tuntemuksia kartoitettiin kyselylomakkeen kysymyksillä ja niissä ei havaittu eroja juomien välillä. Toisaalta kirjallisuudessa on hyvin näytetty toteen että urheilujuomien nauttiminen on edullista kestävyyssuorituksen onnistumisen kannalta. Kuitenkin tutkimuksessamme käytetty kuormitusmalli oli paitsi verrattain lyhytkestoinen, myös intensiteetiltään matala. Jeukendrupin ym. (2006) tutkimuksen pitkäkestoisessa kuormituksessa havaittiin viimeisen tunnin aikana RPE -arvojen matalampi taso glukoosia ja fruktoosia sisältävän urheilujuoman kohdalla suhteessa veteen ja pelkästään glukoosia sisältävään urheilujuomaan (Jeukendrup ym. 2006). On mahdollista että jatkettaessa kuormitusta useita tunteja, urheilujuomien sisältämä energia voi kohottaa suorituskykyisyyden tunnetta. Urheilujuomien sisältämä energia säästää elimistön omien hiilihydraattien käyttöä energiaksi ja näin viivästyttää uupumusta. Tässä tutkimuksessa kuormitus oli matalatehoinen ja kuten aiemmin on havaittu; urheilujuomien nauttimisen hyöty energiavarastojen säästämisen kannalta on pieni, sillä suurin osa energiasta tuotettiin rasvoja hapettamalla (Ahlborg, G. & Felig, P. 1976). Fyysisiä tuntemuksia selvitetessä tulisi jatkotutkimuksissa huomioida koeasetelmaa rakentaessa kuormituksen riittävä kesto (>3h), koska paitsi pahoinvointituntemuksien myös fyysisten tuntemuksien suhteen erot juomien välillä syntyvät todennäköisesti vasta kuormituksen edetessä pidemmälle.

Käyttäjäkokeuksia selvittäneessä kyselyssä vesi koettiin helpoimmaksi nauttia. Urheilijat eivät juo nesteitä, jotka maistuvat pahalle. Lisäksi yleensä valitaan kevyen makuinen juoma, jolla ei ole vahvaa jälkimakua (Wilmore & Costill 2004, 440). Koska vesi on mautonta ja jälkimautonta, se koetaan yleensä helpoksi nauttia. Näin oli myös tässä tutkimuksessa juoksukuormituksessa. Mielenkiintoisesti pyöräilykuormituksessa vesi koettiin huonoimmaksi käyttäjäkokeuskyselyissä. Tilastollisesti merkitseviä eroja juomien välillä ei kuitenkaan havaittu. Tämän tendenssin voidaan kuitenkin ajatella olevan yhteydessä pahoinvointitunteisiin. Koska urheilujuoma ei aiheuta pahoinvointia pyöräilykuormituksessa, sen nauttiminenkin koetaan helpommaksi kuin juoksussa. Molemmissa kuormituksissa hunajajuoma koettiin helpommaksi nauttia kuin kontrollijuoma, mutta tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu urheilujuomien välillä.

Tutkimuksen kolmantena ongelmana haluttiin selvittää eroaako hunajaperusteinen urheilujuoma kaupallisesta urheilujuomasta fysiologisilta vaikutuksiltaan. Hypoteesina oli, että hunajaperusteinen urheilujuoman fysiologiset vaikutukset ovat samankaltaiset kuin kaupallisen urheilujuoman. Koska koejuomaksi valikoitui pelkästään glukoosia sisältävä urheilujuoma, hypoteesina voisi olla aivan yhtä hyvin ”onko hunajaperusteinen urheilujuoma fysiologisilta vaikutuksiltaan parempi kuin kaupallinen urheilujuoma”? Kuten kirjallisuuskatsauksessa on käynyt ilmi, kahta hiilihydraattia sisältävän urheilujuoman fysiologiset vaikutukset ovat todennäköisesti edullisemmat kuin pelkkää glukoosia sisältävän urheilujuoman.

Sydämen lyöntitaajuutta, painon muutosta kuormituksessa ja eritetyn virtsan määrää koskevilla mittauksilla ei havaittu eroja juomien välillä. Sykkeessä on kuitenkin havaittavissa vettä nautittaessa matalampi keskisyke molemmissa kuormituksissa kuin urheilujuomia nauttiessa, mutta ero ei ole tilastollisesti merkitsevä. Kuormituksen edetessä ei myöskään tapahtunut muutoksia juomien välillä, eli syke käyttäytyi eri juomilla samalla tavalla. Vettä nautittaessa hieman matalampi syketaso on luonnollinen reaktio, sillä urheilujuomia nautittaessa hiilihydraattien käyttö energianlähteenä korostuu ja nostaa sykettä. Lisäksi urheilujuomia nautittaessa enemmän verta vaaditaan ruoansulatukseen ja tämä lihaksien käytöstä poistuva verimäärä täytyy kompensoida nostamalla sykettä. Olisi mielenkiintoista tietää, kuinka syke käyttäytyy intensiteetiltään korkeammassa kuormituksessa ja kestoaltaan pidemmässä kuormituksessa eri juomilla.

Jeukendrupin ym. (2006) tutkimuksessa viimeisen tunnin keskiarvosykykkeissä havaittiin matalin keskisyke vettä nautittaessa, toiseksi matalin glukoosia ja fruktoosia sisältävää urheilujuomaa nautittaessa ja korkein pelkkää glukoosia sisältävää urheilujuomaa nautittaessa (Jeukendrup ym. 2006). On mahdollista että kahta eri hiilihydraattia sisältävän urheilujuoman nauttiminen erittäin pitkäkestoisissa kestävyysuorituksissa olisi taloudellisuuden eli matalamman sykkeen suhteen edullista.

Juoksukuormitusten veren glukoosipitoisuuksia selvittäneissä mittauksissa havaittiin ero veden ja urheilujuomien välillä kuormituksen aikana ja sen jälkeen. Veren glukoosipitoisuus oli merkitsevästi ($p = 0.002$) korkeampi hunajajuomalla ($6.88 \text{ mmol/l} \pm 1.6$) ja kaupallisella urheilujuomalla ($7.10 \text{ mmol/l} \pm 0.3$) kuin vedellä ($5.13 \text{ mmol/l} \pm 0.4$) 60 min kuormituksen jälkeen. Tulos on hyvin samankaltainen kuin aiemmissa tutkimuksissa, vaikkakin tutkimuksessamme saavutetut glukoosikonsentraatiot olivat huomattavasti korkeampia ($\sim 7 \text{ mmol/l}$ vs. $\sim 5.5 \text{ mmol/l}$) kuin aiemmassa samankaltaisessa tutkimuksessa (Jentjens ym. 2004). Kuormituksen lopussa (90 min) hunajajuoman glukoosipitoisuus oli mielenkiintoisesti korkeampi kuin kaupallista urheilujuomaa nauttiessa. Aiemmista tutkimuksista ei löydy paljon samankaltaisia tuloksia, mutta yksi mahdollinen selittävä tekijä on hunajajuoman sisältämän fruktoosin suuri osuus (40–45 %) kokonaismäärästä. Aiemmissä kokeellisissa tutkimuksissa (Jentjens ym. 2004; Jentjens ym. 2006; Jeukendrup ym. 2006) on pyritty saavuttamaan mahdollisimman korkea hiilihydraattien kokonaisoksidointi. Tällöin urheilujuoman koostumuksesta n. 30 % on fruktoosia, koska suurempi määrä hitaasti imeytyvää fruktoosia imeytyy liian hitaasti maksimaalisen oksidoinnin kannalta. Mahdollisesti juuri suuren fruktoosin osuuden vuoksi glukoosipitoisuus ei nouse yhtä korkealle vielä 60 min kohdalla, mutta on korkeampi 90 min kohdalla ($6.42 \text{ mmol/l} \pm 0.9$ vs. $6.03 \text{ mmol/l} \pm 0.6$). Tämä glukoosipitoisuuden parempi ylläpito mahdollistaa paremman suorituskyvyn kuormituksen edistyessä. Aiemmat tutkimustulokset antavat kuitenkin olettaa, että suuria eroja glukoosipitoisuuden ylläpidossa ei ole glukoosia ja fruktoosia sisältävän urheilujuoman ja pelkkää glukoosia sisältävän urheilujuoman välillä. Näin ollen tämän tutkimuksen tulokset kertovat lähinnä glukoosipitoisuuden ylläpidon olevan käytössä olleilla urheilujuomilla samankaltaista ja eroavan merkitsevästi vedestä kuormituksessa.

Juoksukuormituksissa selvitettiin lisäksi insuliinipitoisuuksien muutoksia eri juomilla

kuormituksen eri vaiheissa ja havaittiin että samalla juomalla ei tapahdu muutoksia viimeisen 30 min aikana. Tuloksia tarkasteltaessa havaitaan kaupallisen urheilujuoman kohdalla erittäin korkeat insuliinipitoisuudet ennen kuormitusta ($14.54 \text{ uIU/ml} \pm 7.0$ vs. $8.06 \text{ uIU/ml} \pm 4.1$ ja $8.21 \text{ uIU/ml} \pm 5.4$). Selkeää syytä tähän on vaikea löytää, mutta yksi mahdollisuus on koehenkilöiden yksilölliset erot. Yksilöitä tarkastellessa havaitaan että kolmella koehenkilöllä insuliinipitoisuus kaupallista urheilujuomaa nauttiessa oli ennen testiä alemmalla tasolla (5.5 , 6.6 ja 8.27 uIU/ml), kun taas viidellä insuliinin määrä oli huomattavasti korkeampi kuin muissa kuormituksissa (yli 16.0 uIU/ml). Insuliinin määrä vaihtelee suuresti, joten kyse voi olla vain sattumasta. Enemmänkin vaikuttava tekijä voi olla koehenkilöiden erilainen valmistautuminen mittauksiin. Vaikka koehenkilöt valmistautuivatkin mittauksiin pääosin sääntillisesti ja ohjeiden mukaan, yksi koehenkilö ilmoitti kuitenkin nauttineensa jäätelöä ennen kyseistä mittauskertaa. Tällaiset tapaukset, joita mahdollisesti on enemmänkin, vaikuttavat luonnollisesti insuliinin eritykseen. Kaiken ravinnon nauttiminen edeltävinä tunteina vaikuttaa lepotilassa tapahtuvaan alkumittaukseen. Tämä tulee ottaa huomioon jatkotutkimuksissa, sillä edeltävällä ravinnon nauttimisella on vaikutusta myös kuormituksen aikaisiin glukoosi- ja insuliinipitoisuuksiin. Kuormituksen aikana insuliinipitoisuudet käyttäytyivät tässä tutkimuksessa kuitenkin normaalisti ja näin ollen vesi poikkesi urheilujuomista merkittävästi, kuten oletettavaa on. Huomattavaa on, että hunajajuomaa nauttiessa insuliinipitoisuus on kaupallista urheilujuomaa korkeammalla tasolla kuormituksen lopussa. Tämä on luonnollista, sillä myös glukoosipitoisuus oli hunajajuomalla korkeampi kuormituksen lopussa. Suurempi veren glukoosipitoisuus lisää insuliinineritystä.

Kolmanneksi juoksukuormituksissa haluttiin selvittää veren plasmatilavuuden ylläpitoa eri juomilla. Veren plasmatilavuus selvitettiin hemoglobiini- ja hematokriittimittausten perusteella ja juomien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Koska plasmatilavuus ja nestetasapaino ovat yhteydessä toisiinsa, voidaan todeta kaikkien tutkimuksessa käytettyjen juomien pitävän nestetasapainoa yllä samalla tavoin. On kuitenkin syytä muistaa, että hyvin pienetkin muutokset nestetasapainossa näkyvät suorituskyvyssä. Tässä tutkimuksessa koehenkilöt joivat riittävästi, sillä kukaan ei menettänyt kuormituksen aikana 2 % kehon massasta hikoiluna. 2 % menetystä voidaan pitää raja-arvona, jonka jälkeen suorituskyky alkaa heikentyä (Jeukendrup & Gleeson 2004, 176). Nyt koehenkilöt menettivät vain 2–3 % *plasmatilavuudestaan*, joten koko

kehon nestetasapaino pysyi hyvin yllä kaikilla juomilla.

Viimeiseksi tarkastellaan pyöräilykuormituksissa energianlähteiden käyttöä kuormituksen aikana. Energiankulutus ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi juomien välillä kuormituksen aikana. Vedellä energiankulutus nousi viimeisen puolen tunnin aikana suhteessa urheilujuomiin. Matalatehoisissa ja lyhytkestoisissa kestävyyskuormituksissa energiankulutus ei vaihtelee eri juomia nauttiessa juurikaan, mutta pidempikestoisessa kuormituksessa tällaisia eroja voitaisiin mahdollisesti havaita. Hengityskaasuista epäsuorasti mitattujen energianlähteiden käyttö vettä nautittaessa erosi merkitsevästi urheilujuomista ja viimeisen 30 min aikana hiilihydraattien osuus kokonaisenergiantuotannosta tippui merkitsevästi urheilujuomiin nähden. Elimistön omien hiilihydraattien hupenemisen vuoksi tällainen muutos on luonnollinen, kun taas hiilihydraattilisiä nautittaessa hiilihydraattien osuus kokonaisenergiantuotannosta säilyy korkealla tasolla. Aiemmissa tutkimuksissa energianlähteiden osuutta energiantuotannosta on selvitetty yleisesti käyttämällä leimaamalla juoma isotoopilla, jolloin pystytään selvittämään myös ulkoisten hiilihydraattien käytön osuus. Tämä ei ole mahdollista käyttämällämme epäsuoralla menetelmällä. Kuitenkin, myös epäsuoraa menetelmää käyttämällä pystytään havaitsemaan muutos energiametaboliassa. Tässä tutkimuksessa kuormituksen kesto pyöräilykuormituksessa oli kuitenkin vain 75 min ja koska urheilujuomien nauttimisen edullisuus on useissa aiemmissa tutkimuksissa todistettu alkavan vasta 45–60 min kohdalla suoritusta, olisi ollut hyödyllistä nähdä energianlähteiden käytön muutoksia pidemmässä kuormituksessa. Lisäksi tämä olisi hyödyllistä tutkia myös juokskuormituksessa, sillä juoksussa hiilihydraattivarastojen tyhjeneminen on suurempi haaste kestävyysuorituksen kannalta kuin pyöräilykuormituksessa.

Tutkimuksessa oli vahvoja ja heikkoja puolia. Vahvoina voidaan pitää erityisesti koehenkilöryhmän sitoutuneisuutta ja olosuhteita kuormituksia tehtäessä. Kehitettävää on kuitenkin paljon. Esimerkiksi koehenkilöiden valmistautuminen kuormitukseen tulisi vakioida mahdollisimman hyvin. Ruokapäiväkirjoja käyttäen ja edeltävää harjoittelua vakioiden valmistautuminen mittauksiin onnistui tällä koehenkilöjoukolla hyvin, mutta siltikin riittämättömästi ajatellen tieteellistä totuutta. Tässä on toisaalta hyväkin puoli, koska tämän tutkimuksen tulokset edustivat lähes vakioitua, siis kohtuullisen normaalia valmistautumista esimerkiksi maratonjuoksukilpailuun.

Varsinaisina virhelähteinä tutkimuksessa voidaan pitää ensinnäkin kuormituksen intensiteettiä juoksussa, joka oli juoksijoiden omassa hallinnassa sykemittaria seuraten. Samoin kuormituksia edeltävät ruokailut ja nesteen nauttiminen eivät olleet vakioituja kuin yksilöittäin. Lisäksi koehenkilöryhmät rakentuivat sukupuolittain epätasapainoisesti, koska juoksukuormituksissa enemmistö oli naisia ja pyöräilykuormituksissa taas miehiä oli enemmän koehenkilöinä. Juoksukuormituksissa mitattiin myös eri muuttujia kuin pyöräkuormituksissa. Olisikin mielenkiintoista tutkia, miten urheilujuomien siedettävyyden vaihtelee pyörä- ja juoksukuormitusten välillä samoja koehenkilöjä käyttäen.

Johtopäätöksenä tästä tutkimuksesta on, että sekä fruktoosia että glukoosia sisältävä hunajaperusteinen urheilujuoma on siedettävyydeltään ja fysiologisilta vaikutuksiltaan kaupallisen urheilujuoman veroinen – ja itse asiassa kyseessä olluutta kaupallista urheilujuomaa parempi siedettävyydeltään. Fysiologiset vaikutukset eivät aiemman tutkimustiedon valossa antaneet olettaa suuria eroja kyseisellä kuormitusmallilla urheilujuomien välillä. Tutkimuksen vahvuutena oli toimiva koasetelma, jonka pohjalta saimme järkeviä ja luotettavia mittaustuloksia. Koasetelmaan tulee kuitenkin tulevaisuudessa aihealueen tutkimuksissa kiinnittää huomiota erityisesti kuormituksen keston ja koehenkilöiden ravinnon nauttimisen kontrolloinnin suhteen. Lisäksi olisi suotavaa tutkia energianlähteiden käyttöä hengityskaasuista myös pitkäkestoisessa juoksukuormituksessa, jossa energiavarastojen ehtyminen on todellinen haaste.

Kiitokset

Haluan osoittaa kiitokset tutkimuksen mahdollistaneille Liikuntabiologian laitokselle, Suomen Mehiläishoitajien liitolle, Liikunnan ja kansanterveyden edistämisyksityölle Likesille sekä tietenkin mittauksiin osallistuneille koehenkilöille ja tutkijoille!

9 LÄHTEET

Adopo, E., Péronnet, F., Massicotte D., Brisson G.R., ja Hillaire-Marcel, C. (1994) Respective oxidation of exogenous glucose and fructose given in the same drink during exercise. *Journal of Applied Physiology* 76: 1014–1019.

Ahlborg, G. ja Felig, P. (1976) Influence of glucose ingestion on fuel hormone response during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology* 41: 683–688.

Arkinstall, M.J., Clinton, R.B., Nikolopoulos, V., Garnham, A.P. ja Hawley, J.A. (2001) Effect of carbohydrate ingestion on metabolism during running and cycling. *Journal of Applied Physiology* 91: 2125–34.

Balmer, J., el-Sayed, M.S ja Rattu, A.J. (1997) Carbohydrate ingestion improves endurance performance during a 1 h simulated cycling time trial. *International Journal of Sports Nutrition* (3): 215–224.

Bar-Or, O. & Wilk, B. (1996) Effect of drink flavor and NaCl on voluntary drinking and hydration in boys exercising in the heat. *Journal of Applied Physiology* 80: 1112.

Below, P.R., Mora-Rodríguez, R., Gonzalez-Alonso, J., ja Coyle E.F. (1995) Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Medicine of Science of Sports and Exercise* 27: 200–210.

Bosch, A.N., Dennis, S.C. ja Noakes, T.D. (1994) Influence of carbohydrate ingestion on fuel substrate turnover and oxidation during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology* 76: 2364–2372.

Burke, L.M., Collier, G.R. ja Hargreaves, M. (1993) Muscle glycogen storage after prolonged exercise: effect of the glycemic index of carbohydrate feedings. *Journal of Applied Physiology* 75, 1019–1023.

Coyle, E.F., Coggan, A.R., Hemmert, M.K. ja Ivy, J.L. (1986) Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *Journal of Applied Physiology* 61: 165–172.

Coyle E.F. (1991) Timing and method of increased carbohydrate intake to cope with heavy training, competition and recovery. *Journal of Sports Science* 9, 29–52.

Fallowfield, J.L., Williams, C., Booth, J., Choo, B.H. ja Grouns, S. (1996) Effect of water ingestion on endurance capacity during prolonged running. *Journal of Sports Science* 14: 497–502.

Guyton, A. C. & Hall J. E. (2000) *Textbook of medical physiology*. 10th edition. Philadelphia: W. B. Saunders Company.

Hermansen, L., Hultman, E. ja Saltin B. (1967) Muscle glycogen during prolonged severe exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 71: 129–139.

Holdsworth, C.D ja Dawson, A.M. (1964) The absorption of monosaccharides in man. *Clinical Science* 27: 371–379.

Horowitz, J.Z., Mora-Rodríguez, R., Byerley, L.O. ja Coyle E.F. (1998) Carbohydrate ingestion during exercise reduces fat oxidation when glucose uptake increases, *FASEB Journal* 10, A 143.

Jenkins, D.J.A, Wolever, T.M.S ja Taylor, R.H. (1981) Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *American Journal of Clinical Nutrition* 34, 362–366.

Jentjens, R.L., Van Loon, L.J., Mann, C.H., Wagenmakers, A.J. ja Jeukendrup, A.E. (2001) Addition of protein and amino acids to carbohydrates does not enhance postexercise muscle glycogen synthesis. *Journal of Applied Physiology*, 91: 839–846.

Jentjens, R.L., Moseley, L., Rosemary, H., Waring, L., Harding, K. ja Jeukendrup, A.E. (2004) Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise. *Journal of Applied Physiology* 96: 1277–84.

Jentjens, R.L. & Jeukendrup, A.E. (2005) High rates of exogenous carbohydrate oxidation from a mixture of glucose and fructose ingested during prolonged cycling exercise. *British Journal of Nutrition* 93: 485–492.

Jentjens, R.L., Underwood K., Achten, J., Currell, K., Mann, C.H. ja Jeukendrup, A.E. (2006) Exogenous carbohydrate oxidation rates are elevated after combined ingestion of glucose and fructose during exercise in the heat.

Jeukendrup, A.E., Brouns, F., Wagenmakers, A.J. ja Saris W.H. (1997) Carbohydrate feedings improve 1 H trial cycling performance. *International Journal of Sports Medicine* 18: 125–129.

Jeukendrup, A.E., Raben, A., Gijsen, A., Stegen, J.H., Brouns, F., Saris, W.H.M ja Wagenmakers, A.J.M. (1999) Glucose kinetics during prolonged exercise in highly trained subjects: effect of glucose ingestion. *Journal of Physiology* 515: 579–589.

Jeukendrup, A.E., Raben, A., Gijsen, A., Stegen, J.H., Brouns, F., Saris, W.H.M ja Wagenmakers, A.J.M. (2000) Relationships between gastro-intestinal complaints and endotoxaemia, cytokine release and acute-phase reaction during and after a long-distance triathlon in highly trained men. *Clinical Journal of Science* 98: 47–55.

Jeukendrup, A.E. & Gleeson, M. (2004) *Sport Nutrition. An introduction to Energy Production and Performance.* Human Kinetics Publishers, Inc, Yhdysvallat.

Jeukendrup, A.E., Moseley, L., Mainwaring, G.I., Samuels, S., Perry, S. ja Mann, C.H. (2006) Exogenous carbohydrate oxidation during ultraendurance exercise. *Journal of Applied Physiology* 100: 1134–1141, 2006.

Keeffe, E.B., Lowe, D.K., Gross, J.R ja Wayne, R. (1984) Gastrointestinal symptoms of marathon runners. *Western Journal of Medicine* 141: 481–484.

McArdle, W.D., Katch, F.I. ja Katch, V.L. (2001) Exercise physiology, energy, nutrition and human performance. 5th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Murray, R., Paul, G.L., Seifert, J.G., Eddy, D.E. ja Halaby, G.A. (1989) The effects of glucose, fructose and sucrose ingestion during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21: 275-282.

Murray, R. (1996) Guidelines for fluid replacement during exercise. *Australian Journal of Nutrition and Diet* 53 (S): S17–S21).

Maughan, R.J. (2005) *Nutrition in Sport*. Yhdysvallat: Blackwell Science, Inc.

Noakes, T.D. (2002) Interactions among dietary fat, mineral status, and performance of endurance athletes: a case study. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 12: 381-382.

Rehrer, N.J., Brouns, F., Beckers, E.J., Frey W.O., Villiger, B., Riddoch, C.J., Menheere P.P. ja Saris W.H. (1992a) Physiological changes and gastro-intestinal complaints as a result of ultra endurance running. *European Journal of Applied Physiology* 64: 1–8.

Rehrer, N.J., Wagenmakers, A.J.M., Beckers, E.J., Halliday D, Leiper, J.B., Brouns, F., Maughan R.J., Westerterp, K. ja Saris, W.H.M. (1992b) Gastric emptying, absorption and carbohydrate oxidation during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology* 72: 468–475.

Rehrer, N.J. (1996) The maintenance of fluid balance during exercise. *International Journal of Sports Nutrition* 15: 122.

Rivera-Brown, A.M. (1999) Drink composition, voluntary drinking and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *Journal of Applied Physiology* 96: 78.

Rumessen, J.J. & Gudmand-Hoyer, E. (1986) Absorption capacity of fructose in healthy

adults. Comparison with sucrose and its constituent monosaccharides. *Gut* 27: 1161–1168.

Shi, X., Summers, R.W., Schedl, H.P., Flanagan, S.W., Chang, R. ja Gisolfi, C.V. (1995) Effects of carbohydrate type and concentration and solution osmolality to water absorption. *Medical Science of Sports and Exercise* 27: 1607–1615.

Thomas, D.E., Brotherhood, J.R. ja Brand, J.C. (1991) Carbohydrate feeding before exercise: effect of glycemic index. *International Journal of Sports Medicine* 12, 180–186.

Tsintzas, O.K., Williams, C., Boobis, L. ja Greenhaff, P. (1995) Carbohydrate ingestion and glycogen utilization in different muscle types in man. *Journal of Physiology* 489: 242–250.

Wallis, G.A., Rowlands, D.S., Shaw, C., Jentjens, R.L. ja Jeukendrup, A.E. (2005) Oxidation of combined ingestion of maltodextrins and fructose during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37: 426–432.

Wagenmakers, A.J., Brouns, W.H., Saris, W.H ja Halliday, D. (1993) Oxidation rates of orally ingested carbohydrates during prolonged exercise in men. *Journal of Applied Physiology* 75: 2774–2780.

Van Hall, G., Shiffers, S.M. ja Calbet, J.A. (2000) Muscle glycogen resynthesis during recovery from exercise: No effect of additional protein ingestion. *Journal of Applied Physiology* 88: 1631–1636.

van Nieuwenhoven, M.A. (1999) Gastrointestinal function during physical exercise. Doctor of philosophy thesis, Maastricht University.

van Nieuwenhoven, M.A., Brouns, F. ja Kovacs, E.M.R. (2004) The effect of two sports drinks and water on GI complaints and performance during an 18–km run. *International Journal of Sports Medicine* 26: 281–285.

Wilmore, J.H. (1998) Role of taste preference on fluid intake during and after 90 min of running at 60% of VO_{2max} in the heat. *Medical Science of Sports and Exercise* 30: 587.

Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (2004) *Physiology of sport and exercise*. 3rd edition. Yhdysvallat: Human Kinetics, Inc.

Wright, D.A., Sherman, W.M., ja Dernbach, A.R. (1991) Carbohydrate feedings before, during, or in combination improve cycling endurance performance. *Journal of Applied Physiology* 71: 1082–1088.

10 LIITTEET

LIITE 1. Koehenkilön suostumuslomakepohja.

LIKES-tutkimuskeskus Koehenkilötiedote ja suostumuslomake

Hunajaperusteisen urheilujuoman aiheuttamat vasteet energia-aineenvaihduntaan vakioitehoisessa polkupyöraergometrikuormituksessa sekä hunajaperusteisen urheilujuoman siedettävyys ja käyttäjäkokemukset vakioitehoisessa juoksukuormituksessa

TIEDOTE TUTKITTAVILLE JA SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN OSALLISTUMISESTA

Tutkijoiden yhteystiedot

Tutkimuksen toteutuksesta vastaa Liikunnan ja kansanterveyden edistämissäätiö LIKES. Kuormitusten ja mittausten suunnittelusta sekä toteutuksesta vastaavat liikuntafysiologi Jarmo Heiskanen ja liikuntatieteiden ylioppilas Pasi Ikonen.

Tutkimuksen taustatiedot

Tutkimuksen toteuttaa LIKES-tutkimuskeskus. Tutkimuksessa on tarkoitus selvittää hunajaperusteisen urheilujuoman aineenvaihdunnallisia vasteita suhteessa kontrollijuomiin. Tutkimuksen mittaukset suoritetaan viikoilla 27 - 30 2008 Jyväskylässä Liikuntabiologian laitoksen tiloissa Vivecassa.

Tutkimusaineiston säilyttäminen

Tutkimuksen vastuullinen tutkija vastaa tutkimusaineiston turvallisesta säilyttämisestä. Tutkimusaineiston tiedot ovat vain tutkittavan ja tutkijan käytettävissä.

Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja merkitys

Tutkimuksen tarkoitus on selvittää hunajaperusteisen urheilujuoman vaikutuksia energia-aineenvaihduntaan suhteessa kontrollijuomiin. Tutkimuksella on merkitystä hunajaperusteisen urheilujuoman kaupalliseen hyödyntämiseen ja koehenkilöiden valmentautumiseen.

Menettelyt, joiden kohteeksi tutkittavat joutuvat

Koehenkilöiden kolmen edeltävän sekä tutkimuspäivän ruokailu- ja liikuntatottumukset tulee vakioida erillisen ohjeistuksen mukaisesti.

Polkupyörakuormitusten tutkimuksissa koehenkilöiden aerobinen ja anaerobinen kynnys määritetään ensimmäisellä mittauskerralla. Tämän jälkeen tutkittavat tekevät

kolme vakioehtoista kuormitusta pp-ergometrillä viikon välein aerobisella kynnyksellä. Kuormituksen aikana nautittava neste on satunnaistettu ja koehenkilöt eivät täten tiedä, mitä nestettä nauttivat.

Juoksukuormituksissa koehenkilöt juoksevat kolmen viikon jakson aikana kolme vakioehtoista harjoitusta. Jokaisella kuormituskerralla tutkittavat tekevät saman lenkin aerobisen kynnyksensä tuntumassa (vauhti sykeohjattu). Kuormituksen aikana nautittava neste on satunnaistettu ja koehenkilöt eivät täten tiedä, mitä nestettä nauttivat.

Tutkimuksessa mitataan sykettä ja aikaa sykemittareilla. Ennen ja jälkeen kuormitusten mitataan paino, nautitun nesteen määrä sekä erittyneen virtsan tilavuus. Laskimoverinäytteet otetaan ennen kuormitusta, kuormituksen aikana 60 min kohdalla, kuormituksen päätteeksi ja 60min kuormituksen päättymisestä. Verinäytteistä analysoidaan glukoosi-, insuliini-, hemoglobiini- ja hematokriittitasot. Hemoglobiinin ja hematokriitin perusteella määritellään plasmatilavuuden muutokset.

Pyöräilykuormituksessa mitataan sykettä, hapenkulutusta, hiilidioksidin tuottoa sekä näiden tekijöiden perusteella laskettua kokonaisenergiankulutusta. Ennen ja jälkeen kuormitusten mitataan paino, nautitun nesteen määrä sekä erittyneen virtsan tilavuus.

Jokaisen mittauskerran päätteeksi koehenkilöiltä kysytään tuntemuksia ruoansulatuskanavan mahdollisista imeytymishäiriöistä sekä tuntemus rasituksesta (RPE).

Tutkimuksen hyödyt ja haitat tutkittaville

Mitä tutkittavat hyötyvät osallistumisestaan tutkimukseen.

Tutkittava saa osallistumisestaan tietoa omasta suorituskyvystään vakioehtoisessa juoksussa tai pyöräilyssä, hyödyllistä tietoa energia-aineenvaihdunnastaan sekä luonnollisesti kuormitukseen kuuluvat urheilujuomat. Lisäksi koehenkilöt saavat halutessaan tietyn määrän hunajaurheilujuomaa palkkioksi palautetilaisuudessa. Tutkimus palvelee tutkittavaa myös harjoitustasojen määrittämisessä pyöräilyyn sekä kolmena erinomaisena harjoituksena asiantuntijoiden ohjauksessa.

Tutkimukseen liittyvät riskit ja mahdolliset haitat.

Tutkimuksen menetelmät ovat turvallisia ja kokeita suorittavat henkilöt ovat ammattilaisia. Kokeissa ei tehdä ihon alle meneviä mittauksia. Tutkimuksen lääketieteellisestä valvonnasta vastaa erikoistuva lääkäri LL Elisa Ventilä. Tutkimusyksikkö on varautunut tapaturmiin ja sairauskohtauksiin. Näytteidenotolla ei ole haittavaikutuksia elimistöön.

Miten ja mihin tutkimustuloksia aiotaan käyttää

Tutkimusta tullaan ensisijaisesti käyttämään hunajapohjaisen urheilujuoman jatkokehittelyyn. Tutkimus julkaistaan tilaajan niin suostuessa kansallisissa ja kansainvälisissä tiedelehdissä sekä -kongresseissa.

Tutkittavien oikeudet

Osallistuminen tutkimukseen on täysin vapaaehtoista. Tutkittavilla on tutkimuksen aikana oikeus kieltäytyä mittauksista ja keskeyttää testit ilman, että siitä aiheutuu mitään seuraamuksia. Tutkimuksen järjestelyt ja tulosten raportointi ovat luottamuksellisia. Tutkimuksesta saatavat tiedot tulevat ainoastaan tutkittavan ja tutkijaryhmän käyttöön ja tulokset julkaistaan tutkimusraporteissa siten, ettei yksittäistä tutkittavaa voi tunnistaa. Tutkittavilla on oikeus saada lisätietoa tutkimuksesta tutkijaryhmän jäseniltä missä vaiheessa tahansa.

Tutkittavan suostumus

Olen perehtynyt tämän tutkimuksen tarkoitukseen ja sisältöön, tutkittaville aiheutuviin mahdollisiin haittoihin sekä tutkittavien oikeuksiin ja vakuutusturvaan. Suostun osallistumaan mittauksiin ja toimenpiteisiin annettujen ohjeiden mukaisesti. En osallistu mittauksiin flunssaisena, kuumeisena, toipilaana tai muuten huonovointisena. Voin halutessani peruuttaa tai keskeyttää osallistumiseni tai kieltäytyä mittauksista missä vaiheessa tahansa. Tutkimustuloksiani saa käyttää tieteelliseen raportointiin (esim. julkaisuihin) sellaisessa muodossa, jossa yksittäistä tutkittavaa ei voi tunnistaa.

_____.2008_____
Päiväys Tutkittavan allekirjoitus

_____.
.2008_____
Päiväys Tutkijan allekirjoitus

LIITE 2. Liitteessä esitellään tutkimuksessa käytettyjen urheilujuomien koostumukset sekä hunajaperusteisen urheilujuoman valmistusohjeet.

”Hunajainen urheilujuoma”:

450 g kotimaista hunajaa
1,5 tl suolaa
1,8 dl sitruunamehua tai
sitruunamehutiivistettä
5,5 l vettä

Sekoita hunaja ja sitruunamehu, lisää vesi ja suola.

Sekoita ja jäähdytä kylmäksi.

Voit käyttää haaleaa vettä nopeuttaaksesi hunajan liukenemistä.

Ravintosisältö / 1 dl valmista juomaa:

Energiaa 24 kcal
Hiilihydraatteja (glukoosi, fruktoosi, muut) 6,5 g
Natriumia 27 mg
Kaliumia 32 mg

Hunajan hiilihydraateista n. 40 – 45 % on fruktoosia, 45 – 50 % glukoosia ja loput muita sokereita. Koostumus vaihtelee sen mukaan, mistä kasvista hunaja on peräisin.

Kaupallinen urheilujuoma:

Ravintosisältö / 1 dl valmista juomaa:

Energiaa 24 kcal
Hiilihydraatteja (glukoosi ja maltodekstriini) 5,6 g
Natrium 50 mg

Tarkka koostumus:

Vesi, glukoosi, maltodekstriini, happamuudensäätöaineet (sitruunahappo E330, natriumsitraatti E331 ja kaliumsitraatti E332), aromit, stabilointiaineet (arabikumi E414 ja puuhartsien glyseroliesterit E445), makeutusaineet (aspartaami E951 ja asesulfaami K E950), väri (briljanttisininen E133). Sisältää makeutusaineita ja fenyylialaniinin lähteen.

LIITE 3. Pahoinvointituntemuksia, fyysisiä tuntemuksia ja käyttäjäkokemuksia kartoittava kyselylomake.

Urheilujuomatutkimus 7/2008:

Koehenkilön kyselylomake täytettäväksi testin jälkeen

Testin päivämäärä ja kellonaika: ____ .7.2008, klo _____

Tämän kyselylomakkeen tarkoitus on selvittää koehenkilön kokemuksia mahdollisten ruoansulatusongelmien ja käyttäjäkokemuksien suhteen kuormituksen aikana ja sen jälkeen.

1. Tuntemukset mahassa ja suolistossa kuormituksen aikana:

Tunsitko kuormituksen aikana (1= ei tuntemuksia, 10= erittäin paljon tuntemuksia):

1) pahoinvointia

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2) mahakipu

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3) tarvetta oksentaa

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4) turvonnutta oloa

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5) krampeja mahassa (tai suolistossa)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6) huimausta, pyörrytystä

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

7) pääkipu

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

8) ilmavaivoja

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

9) tarvetta röyhtäistä

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

10) tarvetta virtsata

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2. Tunteet suorituskykyisyyden suhteen kuormituksen aikana ja sen jälkeen:

1) Mikä oli fyysinen tuntemuksesi kuormituksen aikana (1 = erittäin huono, 10 = erittäin hyvä)?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2) Mikä oli fyysinen tuntemuksesi kuormituksen jälkeen (= 60min) (1 = erittäin huono, 10 = erittäin hyvä)?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3. Käyttäjäkokeemukset urheilujuoman suhteen kuormituksen aikana ja sen jälkeen:

1) Urheilujuoman maku oli (1 = erittäin huono, 10 = erittäin hyvä):

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2) Urheilujuoman vahvuus maistui (1 = erittäin huonolta, 10 = erittäin hyvältä):

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3) Urheilujuoma vaikutti suoritukseeni sitä nautittuani (1 = erittäin negatiivisesti, 10 = erittäin positiivisesti):

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4) Urheilujuoman vaikutus kuormituksen jälkeiseen tunteeseeni oli:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5) Juomaa oli helppo nauttia (1 = ei ollenkaan helppoa, 10 = erittäin helppoa):

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ja lopuksi vapaat kommentit kuormituksesta, urheilujuomasta, testajan toiminnasta ja muista koetilanteeseen liittyvistä asioista:

Käy vielä läpi vastauksesi, jotta kaikkiin kohtiin tuli vastattua harkitusti ja rehellisesti. Kiitoksia erittäin paljon sinulle vaivannäöstäsi!