

HIILIHYDRAATTIVALMISTEET JA
KESTÄVYYSSURHEILUSUORITUKSEN
AIKAISET
RUOANSULATUSKANAVAN OIREET

Hiekka Maiju
Kandidaatintyö
Ravitsemustiede
Lääketieteen laitos
Itä-Suomen yliopisto
Maaliskuu 2018

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO, terveystieteiden tiedekunta
Ravitsemustiede
HIEKKA, MAIJU H.: Hiilihydraatit ja kestävyysurheilusuorituksen aikaiset
ruoansulatuskanavan oireet
Kandidaatintutkielma, 34 s.
Ohjaaja: FT, dosentti, laillistettu ravitsemusterapeutti Jaakko Mursu
Maaliskuu 2018

Avainsanat: Hiilihydraatit, kestävyyslajit, ruoansulatus, oireet

HIILIHYDRAATIT JA KESTÄVYYSURHEILUSUORITUKSEN AIKAISET RUOANSULATUSKANAVAN OIREET

Ruoansulatuskanavan oireita esiintyy kestävyysurheilusuorituksen aikana noin 30–50 %:lla urheilijoista. Oireiden muodostumiseen vaikuttavat ruoansulatuselimistön toiminnan muutokset harjoittelun aikana. Harjoittelun aikana muutoksia tapahtuu ruoansulatuselimistön verenkierrossa ja hormonaalisessa sekä hermostollisessa toiminnassa. Oireiden esiintymiseen voivat vaikuttaa myös mekaaniset tekijät, kuten urheilun aiheuttamat iskut, ja ravitsemukselliset tekijät.

Hiilihydraatteja käytetään urheilusuorituksen aikana energianlähteenä. Hiilihydraattien tehtävänä on myös ylläpitää verensokeritasoa, parantaa suorituskykyä ja harjoituksen tehoa sekä kasvattaa harjoituskapasiteettia suorituksen aikana. Hiilihydraateista voidaan tuottaa energiaa sekä anaerobisesti että aerobisesti.

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli selvittää urheilusuorituksen aikana nautittujen hiilihydraattivalmisteiden merkitystä ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiselle ja voimakkuudelle. Tarkasteltavia ominaisuuksia olivat hiilihydraattivalmisteiden kokonaismäärä, tyyppi, suhde, väkevyys ja osmolaliteetti. Kirjallisuuskatsauksessa käytettiin sekä havainnoivia että kokeellisia tutkimuksia.

Tutkimusta hiilihydraattien vaikutuksista oireisiin urheilusuorituksen aikana on tehty toistaiseksi vähän. Erityisesti juomien osmolaliteettia ja väkevyyttä sekä urheilugeelejä käsittelevien tutkimusten määrä on vähäinen. Eniten hiilihydraateista on tutkittu glukoosia, maltodekstriiniä ja fruktoosia tai pelkkää glukoosia tai maltodekstriiniä sisältäviä valmisteita ja niiden erilaisten käyttömäärien vaikutusta oireisiin. Tutkimukset eroavat toisistaan tutkimusmenetelmiltään, olosuhteiltaan, lajiltaan, suoritusteholtaan, kestoaltaan ja käytetyiltä hiilihydraattivalmisteiltaan.

Osmolaliteettia ja väkevyyttä käsittelevistä tutkimuksista on saatu ristiriitaisia tuloksia. Hiilihydraattien käyttömäärän ollessa yli 70 grammaa on riski ruoansulatuskanavan oireille vähäisempi käytettäessä glukoosia tai maltodekstriiniä ja fruktoosia sisältävää valmistetta suhteessa 0,5–1,25:1 verrattuna pelkkää glukoosia tai maltodekstriiniä sisältäviin valmisteisiin. Oireiden ilmenemiseen vaikuttavat useat urheilusuoritukseen ja yksilöön liittyvät tekijät. Hiilihydraattien roolista oireiden esiintymiseen tarvitaan lisää tutkimustietoa. Erityisesti tarvitaan tutkimusmenetelmiltään samankaltaisia tutkimuksia, joissa verrataan ainoastaan yhden ominaisuuden osalta eroavia valmisteita toisiinsa, jotta suosituksia ruoansulatuskanavan oireiden riskin vähentämiseksi voitaisiin tehdä.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	4
2 RUOANSULATUSELIMISTÖ	5
2.2 Ruoansulatuksen säätely	5
2.3 Liikunnan vaikutus ruoansulatuselimistön toimintaan ja oireisiin	6
2.4 Ruoansulatuskanavan ongelmat kestävyysurheilusuorituksen aikana.....	8
3 HIILIHYDRAATIT URHEILIJAN RAVITSEMUKSESSA	8
3.2 Hiilihydraattien tehtävät	9
3.3 Hiilihydraattien käyttö urheilusuorituksen aikana	10
4 HIILIHYDRAATIT JA RUOANSULATUSKANAVAN OIREET KESTÄVYYSURHEILUSUORITUKSEN AIKANA	11
4.1 Juoman osmolaliteetin ja väkevyyden vaikutus ruoansulatuskanavan oireisiin.....	11
4.2 Hiilihydraattigeelien vaikutus oireisiin.....	15
4.3 Hiilihydraattien kokonaismäärän ja tyyppin vaikutus oireiden esiintymiseen	15
4.3.1 Havainnoivat tutkimukset	16
4.3.2 Kokeelliset tutkimukset.....	17
4.3.3 Glukoosi-fruktoosi- tai maltodekstriini-fruktoosisuhteen merkitys oireiden esiintyvyydelle ja vakavuudelle.....	19
4.3.4 Hitaammin imeytyvät hiilihydraatit	22
5 POHDINTA.....	23
5.1 Otoskoon ja tutkittavien arviointi	23
5.2 Tutkimusasetelmien ja -menetelmien arviointi.....	24
5.3 Tulosten arviointi	26
5.3.1 Osmolaliteetti ja väkevyys	26
5.3.2 Hiilihydraattien käyttömäärä, tyyppi ja suhde	27
6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	29
LÄHTEET	31

1 JOHDANTO

Kestävyysurheilijoista noin 30–50 % kärsii vatsaoireista urheilusuorituksen aikana (de Oliveira ym. 2014). Oireiden taustalla on yleensä fysiologisia, mekaanisia tai ravitsemuksellisia syitä. Oireista kärsiminen voi vaikuttaa suorituskyykyyn, urheilusuorituksesta palautumiseen ja saattaa johtaa kilpailun keskeyttämiseen. Urheilusuorituksen aikana ruoansulatuselimistön, eli maha-suolikanavan ja siihen liittyneiden elinten, toiminta muuttuu (Bjälje ym. 2009, Farrell ym. 2012). Urheilusuoritus voi vaikuttaa esimerkiksi ruoansulatuselimistön verenkiertoon, ravintoaineiden imeytymiseen ruoansulatuskanavasta ja suoliston läpäisevyyteen (de Oliveira ym. 2014). Muutokset ruoansulatuselimistön toiminnassa voivat vaikuttaa vatsaoireiden esiintymiseen. Myös esimerkiksi suorituksen teho, elimistön nestetasapaino ja ympäristön lämpötila vaikuttavat ruoansulatuskanavan toiminnan muutoksiin (Farrell ym. 2012).

Pitkäkestoisten kestävyysurheilusuoritusten aikana nestetasapainosta ja energiavarastoista huolehtiminen on tärkeää suorituskyykyyn ylläpitämiseksi (Borg ja Ilander 2006). Usein urheilusuorituksen aikana käytetään hiilihydraattipitoisia urheilugeelejä tai -juomia turvaamaan nestetasapaino ja energiansaanti. Hiilihydraateista urheiluvalmisteissa käytetään muun muassa glukoosia, fruktoosia ja maltodekstriiniä sekä niiden erilaisia yhdistelmiä (Ilander ym. 2014). Hiilihydraattien tehtävä on toimia urheilusuorituksessa energianlähteenä. Onkin tärkeää turvata hiilihydraattien riittävä imeytyminen ja hyväksikäyttö urheilusuorituksen aikana. Ilman ruoansulatuselimistön tarkoituksenmukaista toimintaa ravintoaineiden imeytyminen urheilusuorituksen aikana voi häiriintyä, ja tätä kautta suorituskyyky kärsii (Costa ym. 2017).

Urheilusuorituksen aikana muodostuvat ruoansulatuskanavan oireet ovat monen tekijän yhteisvaikutuksen seurausta (de Oliveira ym. 2014). Suorituksen aikana käytettävien hiilihydraattien rooli on tärkeää tuntea, jotta oireisin voitaisiin vaikuttaa. Tämän kandidaatintutkielman tavoitteena on tarkastella kirjallisuuskatsaukseen pohjautuen hiilihydraattien vaikutuksia ruoansulatuskanavan ongelmien esiintymiseen ja voimakkuuteen kestävyysurheilusuorituksen aikana. Työssä tarkasteltavia valmisteiden ominaisuuksia ovat osmolaliteetti, väkevyys ja hiilihydraattien kokonaismäärä sekä hiilihydraattityyppi. Lisäksi tarkastellaan hiilihydraattigeelejä. Tavoitteena on selvittää, mitä aiheesta tällä hetkellä tiedetään tutkimustiedon pohjalta.

2 RUOANSULATUSELIMISTÖ

Ruoansulatuselimistöön kuuluvat maha-suolikanava ja siihen liittyneet elimet (Bjälle ym. 2009). Maha-suolikanava alkaa suuontelosta, ja sitä seuraavat nielu, ruokatorvi ja mahalaukku. Mahalaukun jälkeen kanavassa sijaitsee ohutsuoli, joka muodostuu pohjukais-suolesta, tyhjäsuolesta ja sykkyräsuolesta. Maha-suolikanavan päättää paksusuoli, johon kuuluvat umpisuoli, koolon, peräsuoli ja peräaukkokanava (Mañas ym. 2011). Lisäksi ruoansulatuselimistöön kuuluu hermosto, joka säätelee ruoansulatuselinten toimintaa (Aro ym. 2012). Ruoansulatuselimistöön kuuluvia sisäelimiä ovat sylkirauhaset, haima, maksa ja sappirakko (Bjälle ym. 2009). Yhteispituudeltaan ruoansulatuskanava on noin 7 metriä. Veri tulee ruoansulatuskanavaan vatsa-aortan haarojen kautta. Sisusvaltimorunko huolehtii mahalaukun verenkierrosta, ja ylempi ja alempi suolilievevaltimo vastaavat ohutsuolen, paksusuolen ja peräsuolen verenkierrosta.

Maha-suolikanavan toimintaan kuuluvia prosesseja ovat motiliteetti, erityis, ruoansulatus ja imeytyminen (Mañas ym. 2011). Motiliteetti sisältää koko maha-suolikanavan alueella sileän lihaksiston supistukset, jotka liikuttavat suolen sisältöä. Motiliteettiin kuuluvia toimintoja ovat pureskelu, nieleminen, mahalaukun liikkeet ja tyhjeneminen, ohutsuolen ja paksusuolen liikkeet, sappirakon supistukset ja ulostaminen. Erityistoiminta tarkoittaa maha-suolikanavan seinämän ja maha-suolikanavaan yhteydessä olevien elinten tuottamien erilaisten eritteiden, kuten haimanesteen, toimintaa maha-suolikanavassa. Erityistoiminnan seurauksena ruoka pilkotaan pienemmiksi molekyyleiksi. Ruoansulatus sisältää nieltyjen ruoka-aineiden hajottamisen ja sulamisen imeytyvään muotoon. Ruoansulatuksessa muodostuneet molekyylit imeytyvät maha-suolikanavan ontelosta epiteelisolujen muodostaman suolen seinämän läpi ja päätyvät verenkiertoon.

2.2 Ruoansulatuksen säätely

Ruoansulatus säädelään endokriinisesti, parakriinisesti ja neurokriinisesti (Aro ym. 2012). Endokriinisessä säätelyssä säätelijöinä toimivat hormonit, joista yleisimpiä ovat kolekystokiniini, gastriini, sekretiini ja somatostatiini. Hormoneja tuottavat ruoansulatuskanavan seinämän endokriiniset eli hormoneja tuottavat solut, joita voi olla joko

ruoansulatuskanavan epiteelissä tai sen painanteissa (Bjålie ym. 2009). Endokriininen säätely osallistuu muun muassa haiman ja maksan eritystoimintaan ja ruoansulatuskanavan lihaksiston toiminnan säätelyyn (Aro ym. 2012). Endokriiniset solut vapauttavat hormoneja paikallisen tai keskushermostollisen refleksin vaikutuksesta (Bjålie ym. 2009). Hormonien eritystä stimuloivat myös ruoansulatuskanavan sisällön aiheuttamat kemialliset ärsykkeet. Hormonit kulkevat verenkierron mukana kohdesoluihinsa. Säätely on parakriinista, kun eritetty viestiaine säätelee viereisen solun toimintaa (Nienstedt ym. 2009). Säätelyssä säätelijöinä toimivat parakriiniset yhdisteet, jotka osallistuvat ruoansulatuskanavan erityksen ja motoriikan säätelyyn vaikuttaen lähellä erityspaikkaansa (Aro ym. 2012). Esimerkiksi histamiini ja ruoansulatushormonit toimivat parakriinisina yhdisteinä.

Maha-suolikanavan toiminnan hermostollisesta säätelystä vastaa pääosin myenteerisestä hermopunoksesta ja limakalvonalaispunoksesta koostuva enteerinen hermosto (Farrell ym. 2012). Punosten toimintaan vaikuttaa parasympaattisen ja sympaattisen hermoston aktivaatio. Parasympaattinen hermosto on ääreishermoston ja autonomisen hermoston osa, joka aktivoituu levossa (Bjålie ym. 2009). Parasympaattisen hermoston aktivaatio aiheuttaa asetyylikoliinin vapautumisen kiertäjähermon parasympaattisten hermosyiden kautta. Tämä stimuloi suoliston eritystoimintaa ja liikkeitä. Sympaattinen hermosto on myös osa ääreishermostoon kuuluvaa autonomista hermostoa. Se aktivoituu stressissä ja fyysisyyttä vaativissa tilanteissa parantaen elimistön fyysistä suorituskykyä. Sympaattisten hermopäiden aktivaatio ehkäisee suoliston eritystä ja liikkeitä noradrenaliinin vapautumisen kautta.

2.3 Liikunnan vaikutus ruoansulatuselimistön toimintaan ja oireisiin

Liikunnan harrastaminen voi olla sekä hyödyllistä että haitallista ruoansulatuskanavalle (de Oliveira ja Burini 2009). Kevyellä tai kohtuullisella teholla suoritettu liikunta voi suojata ruoansulatuskanavan läpikulkuun liittyviltä häiriöiltä, kuten ummetukselta ja sappikivitaudilta. Kovalla teholla tehdyt liikuntasuoritukset voivat kuitenkin johtaa ruoansulatuskanavan alueen ongelmiin.

Fyysinen rasituksen vaikutuksesta sympaattisen hermoston aktivaatio kasvaa ja parasympaattisen hermoston aktivaatio laskee, mikä vaikuttaa ruoansulatuskanavan hajottamis- ja imeytymistoimintoihin (Brouns ja Beckers 1993). Kohtuullisesti kuormittavalla

liikuntasuorituksella on vain pieni vaikutus ruoansulatuskanavan liikkeisiin (de Oliveira ym. 2014). Kovatehoisen harjoittelun aikana on kuitenkin mahdollista, että esimerkiksi mahalaukun tyhjenemisnopeus hidastuu. Liikunta voi myös vähentää ruokatorven peristalttisia liikkeitä, vähentää ruokatorven alemman sulkijalihaksen jännitystä ja lisätä sen lyhytaikaista rentoutumista.

Harjoittelun aiheuttama ruoansulatuskanavan syndrooma (exercise-induced gastrointestinal syndrome) tarkoittaa normaaleja, harjoittelun aiheuttamia fysiologisia reaktioita, jotka häiritsevät ja vaarantavat ruoansulatuskanavan eheyttä ja toimintaa (Costa ym. 2017). Ruoansulatuskanavan reaktioihin vaikuttaa kaksi reittiä, joista ensimmäinen liittyy verenkierron muutoksiin harjoittelun aikana. Toinen reitti puolestaan viittaa hermoston ja hormonaalisen säätelyn muutoksiin harjoittelun aikana. Fyysisen rasituksen aikana luustolihasen verisuonten vastus pienenee, ja suurin osa verestä kulkeutuu lihaksiin (Bjålie ym. 2009). Ruoansulatuskanavan alueella puolestaan pienten valtimoiden vastus kasvaa, ja verensaanti vähenee. Sisäelinten verenkierron määrä vähenee 70 %:n teholla maksimaalisesta hapenottokyvystä tehdyssä harjoituksessa 80 % (de Oliveira ja Burini 2009). Verensaannin väheneminen voi johtaa hapenpuutteeseen suoliston alueella (Costa ym. 2017). Hapenpuute voi johtaa suolen epiteelisolujen vahingoittumiseen, johon liittyy limakalvon kulumista ja esimerkiksi suolen epiteelin pikarisolujen ja Panethin solujen vahingoittumista. Suolen vahingoittuminen voi johtaa suurentuneeseen suolen läpäisevyyteen ja bakteeriston siirtymiseen ulkopuolisiin kudoksiin sekä paikallisen tulehduksen lisääntymiseen.

Myös urheilusuorituksen mekaaniset tekijät, kuten asento ja iskut, vaikuttavat ruoansulatuskanavan toimintaan (de Oliveira ja Burini 2009, de Oliveira ym. 2014). Esimerkiksi pyöräilyasento voi aiheuttaa lisääntyntä painetta vatsan alueella (de Oliveira ja Burini 2009). Iskuja aiheuttava urheilu, esimerkiksi juoksu, lisää puolestaan sisäelinten edestakaista liikettä. Liikunnan aiheuttamat muutokset ruoansulatuskanavan toiminnassa voivat lisätä ruoansulatuskanavan ongelmien ja vaivojen ilmenemistä (de Oliveira ym. 2014).

2.4 Ruoansulatuskanavan ongelmat kestävyysurheilusuorituksen aikana

Kestävyysurheilijoista noin 30–50 %:lla arvioidaan esiintyvän ruoansulatuskanavan ongelmia kilpailun aikana (de Oliveira ja Burini 2009). Oireiden esiintyminen voi kuitenkin vaihdella kilpailuissa 4 %:n ja 96 %:n välillä (Costa ym. 2017). Kestävyysurheilussa oireet ja ongelmat ruoansulatuskanavan alueella ovat erityisen yleisiä. Vaivojen yleisyys vaihtelee urheilulajeittain, ja esimerkiksi juoksussa oireet ovat yleisempiä kuin pyöräilyssä (de Oliveira ja Burini 2009). Vatsavaivojen kirjo on laaja. Usein vaivat jaetaan ruoansulatuskanavan ylemmän ja alemman osan vaivoihin (de Oliveira ym. 2014). Oireiden kokeminen on hyvin yksilöllistä. Yleisimpiä kovatehoisen harjoittelun aiheuttamia oireita ovat närästys, rintakipu, turvotus, röyhtäily, pahoinvointi, oksentaminen, vatsakouristukset, lisääntynyt ulostamisen tarve, ripuli ja ummetus (de Oliveira ja Burini 2009). Oireet ovat yleisimpiä urheilijoilla, jotka ovat aikaisemminkin kokeneet ruoansulatuskanavan oireita (de Oliveira ym. 2014, Costa ym. 2017). Muita oireiden yleisyyteen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä ovat harjoituksen kesto, ympäristön lämpötila ja sukupuoli. Oireiden esiintymisen riskiä lisäävät suorituksen pitkä kesto, korkea ympäristön lämpötila ja naissukupuoli (Costa ym. 2017). Myös harjoittelun teho, henkilön ikä, urheilijan taso ja koettu stressi voivat vaikuttaa oireiden esiintymiseen (Brouns ja Beckers 1993). Riski oireille on suurempi, kun urheilija kilpailee omilla fyysisillä ääri rajoillaan. Oireiden esiintyminen on yleisempää nuorilla, ja harjoittelu vähentää oireista kärsimisen riskiä.

3 HIILIHYDRAATIT URHEILIJAN RAVITSEMUKSESSA

Ravinnon hiilihydraatit koostuvat pääasiassa tärkkelyksestä, sokereista ja ravintokuidusta (Aro ym. 2012). Sokereihin kuuluvat erilaiset monosakkaridit ja disakkaridit. Sokerien luokittelu perustuu monomeerien eli rakenteellisten perusyksiköiden määrään ja rakenteeseen (Ilander ym. 2014). Monosakkarideja ovat esimerkiksi glukoosi, fruktoosi ja galaktoosi, ja disakkarideja ovat esimerkiksi sakkaroosi, maltoosi ja laktoosi. Oligosakkaridit, kuten esimerkiksi maltodekstriini, sisältävät kolmesta yhdeksään monosakkaridia ja polysakkaridit, kuten amyloosi ja amylopektiini, vähintään kymmenen monosakkaridia (Aro ym. 2012). Maltodekstriini syntyy tärkkelyksen hydrolyysissä. Se koostuu glukoosiyksiköistä, jotka ovat liittyneen toisiinsa pääosin suoraketjuisesti α -1,4-sidoksilla tai haaraketjuisesti α -1,6-sidoksilla (Hofman ym. 2016). Maltodekstriinin osmolaliteetti on glukoosin osmolaliteettia pienempi.

Osmolaliteetti kuvaa liuokseen liuenneiden molekyylien tai ionien kokonaismäärää (Haug ym. 2012). Hiilihydraatteihin kuuluvat myös sokerialkoholit, kuten sorbitoli ja ksylitoli (Aro ym. 2012). Hiilihydraattien lähteitä ruokavaliossa ovat muun muassa hedelmät, marjat, kasvikset, peruna ja viljat.

Hiilihydraattien hajottaminen alkaa suussa syljen α -amylaasin toimesta ja jatkuu tämän jälkeen ohutsuolessa (Aro ym. 2012). Haiman erittämä α -amylaasi on hiilihydraatteja pääasiassa pilkkova entsyymi, ja sen hydrolyysituotteita ovat di- ja oligosakkaridit. Suolen epiteelisolujen ulkoisessa osassa sijaitsevat oligosakkaridaasit pilkkovat oligosakkarideja, ja suolen villuksen pinnan disakkaridaasit hajottavat disakkarideja. Hiilihydraatit imeytyvät monosakkarideina. Monosakkaridien imeytymisnopeudet vaihtelevat, ja esimerkiksi glukoosin imeytyminen on fruktoosia nopeampaa. Glukoosi ja galaktoosi imeytyvät SGLT-proteiinin avulla käyttäen Na^+ -välitteistä sekundaarista aktiivista kuljetusta. Fruktoosi imeytyy helpotetun kuljetuksen avulla, ja sen kuljetusproteiinina toimii GLUT5. Sekä glukoosin että fruktoosin kuljetus ulos epiteelisolusta tapahtuu helpotetun kuljetuksen avulla GLUT2-kuljetusproteiinin välityksellä. Verenkierrossa monosakkaridit liikkuvat vapaina ja siirtyvät kudoksiin erilaisten kuljettajaproteiinien avulla.

3.2 Hiilihydraattien tehtävät

Hiilihydraattien tehtävä on pääasiassa toimia energianlähteenä ja pitää verensokerin taso vakaana (Aro ym. 2012). Muita hiilihydraattien tehtäviä ovat toimiminen solujen välisessä kommunikaatiossa ja rakenteellisina osina esimerkiksi glykoproteiineissa ja glykolipideissä. Hiilihydraattityypeistä glukoosi on välittömästi elimistön käytettävissä energianlähteenä, kun taas esimerkiksi fruktoosi ja galaktoosi kuljetetaan ennen hyväksikäyttöään maksaan, jossa niistä muokataan glukoosia (Ilander ym. 2014). Hiilihydraatit voivat varastoitua maksaan ja lihaksiin glykokeenina. Glykokeeni on haaroittunut glukoosipolymeeri (Aro ym. 2012). Lihaksen painosta noin prosentti ja maksan painosta noin kuusi prosenttia muodostuu glykokeenista. Maksan glykokeenia käytetään verensokeripitoisuuden säätelyyn esimerkiksi yöllä, aterioiden välissä ja liikunnan aikana (Ilander ym. 2014).

Kevyen liikunnan aikana ja levossa energiantuotosta vastaavat pääasiassa rasvat (Ilander ym. 2014). Hiilihydraattien osuus energiantuotosta on kevyen liikunnan aikana noin 30 % elimistön

energiantarpeesta (McArdle ym. 2015). Hiilihydraateista voidaan tuottaa energiaa sekä anaerobisesti että aerobisesti. Hiilihydraattien käyttö energianlähteenä lisääntyy fyysisen rasituksen tehon ja energiankulutuksen lisääntyessä, ja hiilihydraatit ovat ainoa energiaravintoaine, josta voidaan tuottaa energiaa ilman happea. Anaerobinen energiantuotto on aerobista energiantuottoa nopeampaa mutta myös tehottomampaa. Lihaskykyä saadaan nopeasti kovatehoisessa suorituksessa tarvittavaa energiaa (Ilander ym. 2014). Pitkässä kestävyysurheilusuorituksessa kuluu jopa 3–4 grammaa lihaskykyä minuutin aikana. Urheilusuorituksen keston pidentyessä alkavat lihasten glykogeenivarastot vähitellen loppua. Tämän seurauksena lihakset alkavat käyttää energianlähteenään yhä enemmän maksan glykogeenista tuotettua glukoosia, joka siirtyy maksasta verenkiertoon. Maksan glykogeenivarastojen ehtyessä verensokeritasot tippuvat, mikä voi johtaa uupumukseen. Verensokerin laskua ja glykogeenin loppumista voidaan ehkäistä riittävällä hiilihydraattien nauttimisella ennen urheilusuoritusta ja ruokavalion riittävällä hiilihydraattimäärällä. Lisäksi urheilusuorituksen aikana nautitut hiilihydraatit auttavat ylläpitämään veren sokeripitoisuutta pidempään ja vähentämään uupumusta.

3.3 Hiilihydraattien käyttö urheilusuorituksen aikana

Hiilihydraattien nauttiminen urheilusuorituksen aikana voi kasvattaa harjoituskapasiteettia ja parantaa suorituskykyä (Jeukendrup 2014). Yli kaksi tuntia kestävässä urheilusuorituksissa hiilihydraattien nauttiminen ehkäisee verensokerin tippumista, pitää yllä hiilihydraattien hapettumista ja parantaa harjoittelun tehoa. Hiilihydraateilla on myös tärkeä rooli suorituksesta palautumisessa ja tulevaan suoritukseen valmistautumisessa (Burke ym. 2011). On arvioitu, että 30–75 minuuttia kestävässä urheilusuorituksen aikana hiilihydraattien hyödyt saadaan säännöllisellä hiilihydraateilla suun huuhtomisella (Jeukendrup 2014). On esitetty, että tunteisiin, kognitiiviseen toimintaan ja käyttäytymiseen liittyvien aivoalueiden aktivaatio suun huuhtelun yhteydessä vaikuttaisi suorituskyvyn paranemiseen. Hiilihydraateilla suun huuhtelun taustalla olevaa suorituskykyyn vaikuttavaa mekanismia ei vielä kuitenkaan täysin tunneta. 1–2 tuntia kestävässä kovatehoisessa urheilusuorituksen aikana suositellaan 30 grammaa hiilihydraatteja tunnissa suorituskyvyn optimoimiseksi. Harjoituksen keston kasvaessa myös suositeltu hiilihydraattien saanti kasvaa. 2–3 tuntia kestävässä suorituksen aikana suositellaan 60–90 grammaa hiilihydraatteja tunnin aikana. Yli 2,5 tuntia kestävässä suorituksen aikana suositellaan myös, että hiilihydraattien lähteenä käytettäisiin eri kuljetusmekanismeilla imeytyviä hiilihydraatteja, sillä glukoosin kuljetusproteiini SGLT1 saturoituu, kun glukoosia

nautitaan yli 60 grammaa tunnissa. Fruktosin imeytymiskapasiteetti tuntia kohden on puolestaan 30 grammaa (Ilander ym. 2014). Hiilihydraattien avulla lihasten ja maksan glykogeenivarastot täytetään uudelleen urheilusuorituksen jälkeen (Burke ym. 2011).

4 HIILIHYDRAATIT JA RUOANSULATUSKANAVAN OIREET KESTÄVYYSURHEILUSUORITUKSEN AIKANA

Kirjallisuuskatsauksen seuraavissa luvuissa on tarkoitus tarkastella tämänhetkistä tutkimusnäyttöä hiilihydraattien käytön vaikutuksista ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiseen urheilusuorituksen aikana. Tarkasteltavia ominaisuuksia ovat valmisteiden osmolaliteetti, väkevyys, hiilihydraattityyppi ja -suhde sekä hiilihydraattien kokonaismäärä. Lisäksi tarkastellaan hiilihydraattigeeläjä.

4.1 Juoman osmolaliteetin ja väkevyyden vaikutus ruoansulatuskanavan oireisiin

Osmolaliteetin yksikkö on mosmol/kg (Haug ym. 2012). Plasman osmolaliteetti on 280–300 mosmol/kg (Nienstedt ym. 2009). Isotonisen nesteiden osmolaliteetti on sama kuin elimistön nesteiden (270–290 mosmol/kg) (Ilander ym. 2014). Hypotonisessa nesteessä osmolaliteetti on puolestaan alhaisempi (<270–290 mosmol/kg) ja hypertonisessa nesteessä korkeampi (>270–290 mosmol/kg) kuin elimistön nesteiden osmolaliteetti. Urheilujuoman osmolaliteetti vaikuttaa veden imeytymisnopeuteen ohut- ja paksusuolesta. Ohutsuolen alkuosassa vesi imeytyy osmoottisesti kulkeutuen sille puolelle suolen seinämää, jossa on korkeampi osmolaliteetti (Maughan ja Leiper 1999). Tästä johtuen vesi ja hypotoniset urheilujuomat imeytyvät nopeasti ohutsuolen alkuosasta (Ilander ym. 2014). Nopeimmin vesi imeytyy lievästi hypotonisista nesteistä (Maughan ja Leiper 1999). Hypertoniset juomat lisäävät veden kulkeutumista takaisin ohutsuolessa suolen seinämän läpi, mikä johtaa elimistön nesteiden vähenemiseen. Hypertoniset nesteet imeytyvät vasta myöhemmin ohutsuolessa ja niiden imeytyminen on hitaampaa kuin hypotonisten nesteiden (Ilander ym. 2014). Juoman osmolaliteetti riippuu sen sisältämien hiilihydraattien ja elektrolyyttien pitoisuuksista sekä hiilihydraattien laadusta (Borg ja Ilander 2006).

Osmolaliteetin yhteyttä ruoansulatuskanavan oireisiin on tutkittu seitsemässä ja juoman väkevyyden yhteyttä oireisiin viidessä tutkimuksessa (Taulukko 1). Juomien osmolaliteetit ovat vaihdelleet tutkimuksissa välillä 8–572 mosmol/kg ja väkevyydet 6–11 %:n välillä. Hypertonisen juoman (>325 mosmol/kg) huomattiin olevan tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä oksentamisen lisääntymiseen triathlonkilpailun aikana tehdyssä havainnoivassa tutkimuksessa (Rehrer ym. 1992). Myös neljä viidestä vatsakouristuksista kärsineistä oli raportoinut käyttäneensä hypertonista juomaa kilpailun aikana. Tutkimuksessa huomioitavaa kuitenkin on, että tutkimus oli havainnoiva, ja se suoritettiin retrospektiivisesti puhelinhaastattelulla. Tutkimuksessa tutkittavien tuli muistella viimeisintä suorittamaansa triathlonia, josta oli vastaajien keskuudessa kulunut keskimäärin noin 6–7 kuukautta.

Kokeellisessa, kaksoissokkoutetussa ja satunnaistetussa tutkimuksessa verrattiin glukoosi-sakkaroosijuoman (6 %, 305 mosmol/kg) ja fruktoosi-glukoosi-maltodekstriinijuoman (8%, 434 mosmol/kg) osmolaliteettien ja väkevyyden vaikutusta ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiseen noin tunnin kestäneessä, erilaisia liikkeitä ja hyppyjä sisältäneessä harjoituksessa, jossa keskisyke oli 76 % maksimisykkeestä (Shi ym. 2004). Väkevemmän juoman havaittiin lisäävän tilastollisesti merkitsevästi mahavaivojen esiintymistä harjoituksen viimeisellä neljänneksellä verrattuna laimeampaan juomaan. Väkevempi juoma lisäsi myös tilastollisesti merkitsevästi mahavaivojen ja kylkikipujen esiintymistä. Toisessa kontrolloidussa ja satunnaistetussa tutkimuksessa tutkimusjuomat olivat 8,7 %:n glukoosijuoma, 13,1 %:n glukoosijuoma ja 13,1 %:n fruktoosi-glukoosijuoma sekä vesi (Jentjens ym. 2004a). Tutkimuksessa havaittiin, että väkevemmän glukoosijuoman käytön yhteydessä vakavien ruoansulatuskanavan oireiden esiintyminen lisääntyi verrattuna muihin valmisteisiin. Vakavilla oireilla tutkimuksessa tarkoitettiin pahoinvointia, suolikrampeja, mahakipua ja tarvetta oksentaa silloin, kun ne arvioitiin asteikolla 1–10 vähintään arvolla 5 (Jeukendrup ym. 2000). Väkevä glukoosijuoma vaikutti tutkimuksen mukaan lisäävän vakavien ruoansulatuskanavan oireiden esiintymistä verrattuna laimeampaan glukoosivalmisteeseen. Tutkimuksessa kuitenkin myös glukoosin käyttömäärät erosivat (72 ja 108 grammaa tunnissa (g/t)), mikä on voinut myös vaikuttaa oireiden esiintymiseen (Jentjens ym. 2004a).

Myös hypotonisten juomien on havaittu lisäävän oireita verrattuna hyper- ja isotoniseen juomaan. Hydrotermisesti muunneltua, hitaasti imeytyvää tärkkelystä sisältäneen juoman (37–53 mosmol/kg) havaittiin lisäävän oireiden esiintymistä verrattuna glukoosijuomaan (363 ja

278 mosmol/kg) 180 minuutin pyöräilysuorituksen aikana (Baur ym. 2016). Tutkimus oli kontrolloitu, kaksoissokkoutettu ja vaihtovuoroasetelmallinen. O'Brien ja Rowlands (2011) eivät puolestaan havainneet hypertonisten (409, 495 ja 572 mosmol/kg) fruktoosi-maltodekstriinijuomien käytön lisäävän ruoansulatuskanavan oireita verrattuna makeutettuun veteen (83 mosmol/kg). Hypertoniset juomat eivät myöskään eronneet keskenään tilastollisesti merkitsevästi siinä, kuinka paljon ne aiheuttivat vatsaoireilua. Oireiden esiintyminen oli myös vähäistä.

Myös osmolaliteeiltaan ja väkevyydeltään samankaltaisten, hypotonisten juomien on havaittu eroavan vaikutuksiltaan oireiden esiintymiseen kaksoissokkoutetussa ja vaihtovuoroasetelmallisessa tutkimuksessa (Oosthuyse ym. 2015). Isomaltuloosivalmisteen käytön (245 mosmol/kg, 7%) havaittiin lisäävän vatsaoireiden esiintymistä verrattuna fruktoosi-maltodekstriinivalmisteen käyttöön (212 mosmol/kg, 7%) yli kaksi tuntia kestäneen pyöräilysuorituksen aikana, ja oireet koettiin voimakkaina tai erittäin voimakkaina testipyöräilyn lopussa. Tutkimuksessa plasebona toimineen veden (62,5 mosmol/kg) käytön yhteydessä havaittiin myös vähemmän oireita verrattuna fruktoosi-maltodekstriinijuomaan. Osmolaliteeiltaan ja väkevyyksiltään lähes samankaltaisia juomia käytettiin myös kahdessa Rowlandsin ym. (2012) itsenäisessä, vaihtovuoroasetelmallisessa, kontrolloidussa ja kaksoissokkoutetussa tutkimuksessa. Maastopyöräilykilpailun aikana ja laboratoriossa suoritetuissa tutkimuksissa vertailtiin 9 %:n fruktoosi-maltodekstriinijuoman (320 ja 400 mosmol/kg) ja 9%:n glukoosi-maltodekstriinijuoman (338 ja 423 mosmol/kg) vaikutuksia oireiden esiintymiselle ja voimakkuudelle. Molemmissa tutkimuksissa fruktoosi-maltodekstriinijuoman käyttö vähensi hieman oireiden esiintymistä, vaikka juomien väkevyydet ja osmolaliteetit olivat tutkimuksissa lähes samat.

Taulukko 1. Hiilihydraattijuoman osmolaliteetin ja väkevyyden yhteys ruoansulatuskanavan ongelmien esiintymiseen kestävyysurheilusuorituksen aikana.

Viite	Aineisto, n ikä (ka ¹)	Asetelma	Harjoitus	Hiilihydraattityypit, osmolaliteetti, mosmol/kg ²¹ ja väkevyyden, %	Vaikutus
Rehrer ym. 1992	n = 55 31 v	PLT ¹² Retrospektiivinen puhelinhaastattelu	TR ¹⁸ , 6–7 kk ennen haastattelua	-	>325 mosmol/kg juoma ↑ ¹⁵ * oksentaminen ja kaikki oireet >800 mosmol/kg juoma ↑ vatsakouristukset
Shi ym. 2004	n = 36, (25 miestä) 18 ja 36,5 v	KS ¹⁴	4x12 min hyppyjä ja juoksua, n. 60 min, keskisyke 76 % HR _{max} ²	1: G ⁴ +S ⁷ (305 mosmol/kg, 6 %) 2: F ⁵ +G+MD ⁶ (434 mosmol/kg, 8 %)	2 ↑ kumulatiivinen indeksi ja mahavaivat (47 min jälkeen) * 2 ↑ voimakkaat mahavaivat ja kylkikivut (koko harjoitus) *
Baur ym. 2016	n = 10 26 v	KS + VV ¹³ HJ ¹¹ 7 vrk	P ¹⁹ 50 % W _{max} ³ 95 min → P 8x2 min (80 % W _{max}) → 10 x max sprinttiä (P), yht. 180 min	1: S+G (363 ja 278 mosmol/kg) 2: HMT ⁸ (37–53 mosmol/kg, 60 g/t ²⁰) 3: HMT: (37–53 mosmol/kg, 30 g/t) 4: PL ⁹ (8 mosmol/kg)	Ei selkeitä eroja. 2 ja 3 ↑ pahoinvointi 3 ↑ mahakouristukset
Oosthuys e ym. 2015	n = 9 38 v	KS + VV	P 60 % W _{max} 120 min → 16 km P suorituskykytesti	1: F+MD (245 mosmol/kg, 7 %) 2: I ¹⁰ (212 mosmol/kg) 3: PL (62,5 mosmol/kg)	2 ↑ pahoinvoinnin, kouristusten ja turvotuksen voimakkuus
Rowlands ym. 2012	T1 ¹⁷ : n = 10 (7 miestä) 33 v T2: n = 16 36 v	KS + VV (T1 ja T2) HJ 7 vrk	T1: MP ²² (150 min) T2: P (laboratorio, n. 180 min)	1: G+MD (37,5 g/l + 75 g/l, 320 mosmol/kg, 9%) 2: F+MD (37,5 g/l + 75 g/l, 338 mosmol/kg, 9%)	T1: 2 ↓ ¹⁶ vatsakouristukset T2: 2 ↓ pahoinvointi Oireiden esiintyminen vähäistä.
Jentjens ym. 2004a	n = 8 29 v	VV HJ 7 vrk	P 120 min 50 % W _{max}	1: G (8,7 %) 2: G (13,1 %) 3: G+F (13,1 %, 2:1, 108g/t) 4: Vesi	2 ↑ vakavat oireet
O'Brien ja Rowlands 2011	n = 10 38,8 v	KS + VV HJ 7 vrk	P 150 min 50% W _{max} → P testiajo uupumukseen asti	1–3: F+MD 409 (1), 495 (2) ja 572 mosmol/kg (3) 4: Makeutettu vesi (83 mosmol/kg)	Oireet vähäisiä. 1 ja 4 ↑ pahoinvointi 1 ja 3 ↑ kylläisyys (verrattuna 2) 1 ↑ mahakrampit

* p < 0,05; ¹ ka = keskiarvo; ² HR_{max} = sykkeen maksimitaso; ³ W_{max} = tehon maksimitaso; ⁴ G = glukoosi; ⁵ F = fruktoosi; ⁶ MD = maltodekstriini; ⁷ S = sakkaroosi; ⁸ HMT = hydrotermisesti muunneltu tärkkelys; ⁹ PL = plasebo; ¹⁰ I = isomaltuloosi; ¹¹ HJ = huuhtelujakso; ¹² PLT = poikkileikkaustutkimus; ¹³ VV = vaihtovuoroasetelma; ¹⁴ KS = kaksoissokko, ¹⁵ ↑ = lisää oiretta; ¹⁶ ↓ = vähentää oiretta; ¹⁷ T = tutkimus; ¹⁸ TR = triathlon; ¹⁹ P = pyöräily; ²⁰ g/t = grammaa tunnissa; ²¹ milliosmoolia/kilogramma; ²² MP = maastopyöräily.

4.2 Hiilihydraattigeelien vaikutus oireisiin

Urheilugeelien sietokykyä ja geelien vaikutusta ruoansulatuskanavan oireisiin on tutkittu yhteensä neljässä tutkimuksessa (Patterson ja Gray 2007, Pfeiffer ym. 2009, Sareban ym. 2016). Tutkimuksista kaikki ovat satunnaistettuja ja vaihtovuoroasetelmallisia. Patterson ja Gray (2007) eivät havainneet isotonisen hiilihydraattigeelin ja hiilihydraattittoman appelsiinijuoman käytön vaikuttavan ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiseen, ja oireet olivat lieviä. Tutkimuksessa tutkittavien tuli juosta 20 metrin matkaa toistuvasti yhteensä noin 75 minuutin ajan laboratoriossa. Tätä seurasi juosten tehty suorituskykytesti uupumukseen asti. Pfeifferin ym. (2009) kahdessa tutkimuksessa havaittiin, että urheilugeelejä, jotka sisälsivät maltodekstriiniä tai maltodekstriiniä ja fruktoosia (suhde 2:1), siedettiin melko hyvin 16 kilometrin juoksun aikana. Molemmissa tutkimuksissa kuitenkin sekundääristen mittausten jälkeen havaittiin vahvan maltodekstriini-fruktoosigeelin (84 g/t) lisäävän tilastollisesti merkitsevästi ruoansulatuskanavan oireiden esiintymistä verrattuna laimeampaan maltodekstriini-fruktoosigeeliin (60 g/t) ja maltodekstriinigeeliin (84 g/t). Koetuista oireista suurin osa oli kuitenkin tutkimuksissa lieviä. Sareban ym. (2016) vertasivat tutkimuksessaan maltodekstriiniä ja fruktoosia (suhde 2:1) sisältäneiden geelin ja juoman vaikutuksia ruoansulatuskanavan ongelmien esiintymiseen ja voimakkuuteen pitkänmatkan triathlonin aikana. Geelin käyttö lisäsi oireiden esiintymistä verrattuna juoman käyttöön.

4.3 Hiilihydraattien kokonaismäärän ja tyyppin vaikutus oireiden esiintymiseen

Hiilihydraattien kokonaismäärän vaikutuksista ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiseen kestävyysurheilusuorituksen aikana löytyy yhteensä 15 tutkimusta, joista neljä on havainnoivia poikkileikkaustutkimuksia ja 11 on kokeellisia tutkimuksia (Taulukko 2). Havainnoivia tutkimuksia on suoritettu eri pituisten triathlonien, maratonien ja yhden pyöräilykilpailun yhteydessä. Kokeellisista tutkimuksista suurin osa on suoritettu laboratorio-olosuhteissa pyöräilysuorituksen aikana. Suurimmassa osassa tutkimuksista hiilihydraattien kokonaissaanti on ilmoitettu grammoina tunnin aikana (g/t). Kokeellisissa tutkimuksissa käytettyjen valmisteiden hiilihydraatit ovat tyypiltään pääasiassa glukoosia, fruktoosia, sakkaroosia tai maltodekstriiniä ja tutkimuksissa käytetyt valmisteet ovat pääasiassa nestemäisessä muodossa. Havainnoivista tutkimuksista ainoastaan yhdessä on eroteltu tutkimuksen hiilihydraattityypit.

4.3.1 Havainnoivat tutkimukset

Hiilihydraattien käyttömäärät vaihtelivat tutkimuksissa tunnin aikana 35 gramman ja 71 gramman välillä. Esimerkiksi Pfeiffer ym. (2012) havaitsivat tutkimuksessaan suuria yksilöllisiä eroja hiilihydraattien käyttömäärien välillä (6–136 g/t). Kaikki tutkimukset suoritettiin kyselynä tai haastatteluna kilpailun jälkeen tai sen aikana (Taulukko 2).

Havainnoivista tutkimuksista saadut tulokset ovat ristiriitaisia. Tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin kolmen triathlonkilpailun, yhden pyöräilykilpailun ja yhden maratonin osallistujien ruoansulatuskanavan oireiden esiintymistä (n = 221), havaittiin, että hiilihydraattien kokonaissaanti oli positiivisessa yhteydessä pahoinvoinnin ja ilmavaivojen esiintymiseen kahden noin 11 tunnin triathlonin aikana (käyttömäärä 62 ja 71 g/t) mutta ei kolmessa muussa kilpailussa, joissa kilpailusuoritus kesti 3,5–6 tuntia (käyttömäärät 35, 52 ja 65 g/t) (Pfeiffer ym. 2012). Keskimäärin tutkimuksessa ei havaittu yhteyttä hiilihydraattien raportoidun kokonaissaannin ja ruoansulatuskanavan oireiden välillä. Myöskään Wilsonin ym. (2015) tutkimuksessa ei havaittu yhteyttä hiilihydraattien raportoidun käyttömäärän ja oireiden esiintymisen tai voimakkuuden välillä kaikkien tutkittavien keskuudessa (käyttö noin 41 g/t). Tutkittavilla, jotka olivat raportoineet glukoosin käytökseen yli 50 grammaa tunnissa, havaittiin kuitenkin tilastollisesti merkitsevä yhteys glukoosin käytön ja ruoansulatuskanavan oireiden välillä.

Ultramaratonin aikana tehdyissä tutkimuksissa ei havaittu yhteyttä raportoidun hiilihydraattien käytön ja oireiden esiintymisen välillä (Glace ym. 2002, Stuempfle ym. 2013). Tutkimuksissa hiilihydraattien käyttö raportoitiin melko vähäiseksi (noin 30–50 g/t). Glacen ym. tutkimuksessa (2002) hiilihydraattien raportoidut käyttömäärät eivät vaihdelleet oireista kärsineiden ja oireettomien osallistujien välillä, kun taas Stuempflen ym. (2013) tutkimuksessa oireista kärsineet raportoivat vähäisempää hiilihydraattien käyttöä verrattuna oireettomiin.

4.3.2 Kokeelliset tutkimukset

Kokeellisissa tutkimuksissa hiilihydraattien käyttömäärät vaihtelevat alle 40 grammasta yli 100 grammaan tunnin aikana. Taulukon 2 kokeelliset tutkimukset ovat suurimmaksi osaksi kontrolloituja, satunnaistettuja ja vaihtovuoroasetelmallisia. Lähes kaikissa tutkimuksissa tutkimuksen koejaksojen välissä oli seitsemän päivän huuhtelujakso (Taulukko 2).

Hansen ym. (2014) tutkivat Kööpenhaminan maratonin aikana ruoansulatuskanavan oireiden esiintymisen eroja kahden ryhmän välillä käyttäen tutkimusmenetelmänä kaltaistettuja pareja. Toisen ryhmän jäsenet söivät vapaasti valitsemallaan tavalla maratonin aikana. Toisen ryhmän jäsenet puolestaan toteuttivat urheiluravitsemuksen nykytietämykseen pohjautuvaa strategiaa kilpailussa ja käyttivät glukoosia ja maltodekstriiniä sisältäneitä geelejä. Hiilihydraattien nauttimisen havaittiin olevan tilastollisesti merkitsevästi suurempaa ohjeet saaneella ryhmällä (64,7 g/t) verrattuna kontrolliryhmään (38 g/t). Ruoansulatuskanavan ongelmien kokeminen ei kuitenkaan eronnut ryhmien välillä ja oli melko vähäistä. Van Nieuwenhovenin ym. kenttätutkimuksessa (2005) hiilihydraattien käyttömäärä oli 41,28 grammaa noin tunnin ja 18 minuuttia kestäneessä 18 kilometrin juoksukilpailussa (31,8 g/t). Tutkimuksessa 98 tutkittavan joukossa havaittiin sakkaroosia ja glukoosia sisältävän juoman käytön lisäävän oireiden esiintymistä verrattuna veden käyttöön. Oireiden voimakkuudessa ei kuitenkaan ollut eroja. Hiilihydraattijuoman käyttö lisäsi tilastollisesti merkitsevästi pahoinvoinnin ja refluksoireiden esiintymistä. Huomioitavaa tutkimuksessa on se, että urheilusuorituksen kesto oli melko lyhyt, ja suoritus tehtiin juosten.

Kolmessa tutkimuksessa, joissa pyöräiltiin 120–150 minuuttia 50 %:n teholla (W_{max}), tutkittiin eri koostumuksen omaavien hiilihydraattijuomien vaikutuksia suoritukselle (Jentjens ym. 2004a, Jentjens ym. 2004b, Jentjens ja Jeukendrup 2005). Tutkimuksissa verrattiin glukoosia ja fruktoosia sisältänyttä juomaa pelkkää glukoosia sisältäneeseen juomaan. Glukoosin suuren käyttömäärän (108 g/t) havaittiin lisäävän vakavien ruoansulatuskanavan oireiden esiintymistä verrattuna glukoosi-fruktoosijuomiin (108 g/t) ja laimeampaan glukoosijuomaan (72 g/t) (Jentjens ym. 2004a, Jentjens ym. 2004b). Jentjens ja Jeukendrup (2005) eivät puolestaan havainneet samankaltaisessa tutkimuksessaan eroja oireissa, kun glukoosijuomaa nautittiin 72 grammaa ja fruktoosi-glukoosijuomaa 144 grammaa tunnin aikana.

Hiilihydraattien käyttöä on tutkittu myös tilanteissa, joissa tasavauhtiseen, 50 %:n teholla (W_{max}) tehtyyn pyöräilysuoritukseen on lisätty suorituskykytesti, jossa pyöräillään uupumukseen asti tai mahdollisimman nopeasti (O'Brien ja Rowlands 2011, Rowlands ym. 2012, Roberts ym. 2014). O'Brienin ja Rowlandsin (2011) tutkimuksessa ruoansulatuskanavan oireiden esiintyminen oli vähäistä ja koetut oireet olivat lieviä kaikilla testijuomilla, jotka sisälsivät eri suhteissa fruktoosia ja maltodekstriiniä (Taulukko 2). Roberts ym. (2014) puolestaan havaitsivat tutkimuksessaan, että maltodekstriinijuoman nauttiminen (102 g/t) lisäsi tilastollisesti merkitsevästi pahoinvoinnin, röyhtäilyn, mahaongelmien ja turvotuksen esiintymistä verrattuna fruktoosia ja maltodekstriiniä sisältäneen juoman nauttimiseen (102 g/t). Rowlands ym. (2012) tekivät kaksi tutkimusta maltodekstriiniä ja fruktoosia tai glukoosia sisältäneillä juomilla maastopyöräilykilpailussa ja laboratorio-olosuhteissa. Pyöräilysuoritusten kestot olivat 2,5 tuntia ja 3 tuntia. Tutkimuksissa käytettiin hiilihydraatteja 82,8 ja 92,4 grammaa tunnin aikana. Molemmissa tutkimuksissa oireiden esiintyminen oli vähäistä. Maltodekstriiniä ja fruktoosia sisältäneiden juomien käyttö vähensi hieman vatsakouristusten kokemista maastopyöräilykilpailussa ja pahoinvoinnin kokemista laboratoriossa verrattuna glukoosi-maltodekstriinijuomaan. Rowlands ja Houltham (2017) tutkivat hiilihydraattigeelien, -juomien ja -patukoiden vaikutuksia ruoansulatuskanavan ongelmien esiintymiseen triathlonkilpailun aikana (78 g/t). Tutkimuksessa havaittiin, että glukoosia ja fruktoosia sisältäneiden valmisteiden käyttö vähensi hieman pahoinvointia suorituksen aikana verrattuna pelkkää maltodekstriiniä tai glukoosia sisältäneisiin valmisteisiin. Erot olivat kuitenkin vähäisiä.

Tutkimuksissa pelkkää glukoosia tai maltodekstriiniä sisältävän juoman suuri käyttömäärä (yli 80–90 grammaa tunnissa) lisäsi riskiä ruoansulatuskanavan oireilulle verrattuna glukoosi-fruktoosi- tai glukoosi-sakkaroosivalmisteiden yhtä suureen käyttöön (Jentjens ym. 2004a, Jentjens ym. 2004b, Rowlands ym. 2012, Roberts ym. 2014). Glukoosi-fruktoosijuomia siedettiin tutkimuksissa puolestaan melko hyvin myös yli 100 gramman tuntianoksina (Jentjens ja Jeukendrup 2005, O'Brien ja Rowlands 2011, Roberts ym. 2014).

4.3.3 Glukoosi-fruktoosi- tai maltodekstriini-fruktoosisuhteen merkitys oireiden esiintyvyydelle ja vakavuudelle

Urheilujuomien fruktoosin ja glukoosin tai maltodekstriinin suhteen vaikutusta ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiseen on tutkittu seitsemässä tutkimuksessa (Taulukko 2). O'Brien ja Rowlands (2011) tutkivat fruktoosi-maltodekstriinijuomia, joiden suhteet olivat 0,5:1, 0,8:1 ja 1,25:1 150 minuutin pyöräilysuorituksen (50 % W_{max}) ja tätä seuranneen testiajon aikana. Myös O'Brienin ym. (2013) samankaltaisessa tutkimuksessa käytetyt juomat olivat suhteiltaan samoja, mutta ne sisälsivät myös glukoosia. Koetut oireet olivat molemmissa tutkimuksissa lieviä ja juomien välillä ei havaittu merkitseviä eroja (O'Brien ja Rowlands 2011, O'Brien ym. 2013). Rowlandsin ym. (2012) satunnaistetuissa ja vaihtovuoroasetelmallisissa kaksoissokkotutkimuksissa havaittiin, että fruktoosi-maltodekstriinijuoman (1:2, 82,8 ja 92,4 g/t) nauttiminen vähensi maastopyöräilykilpailussa vatsakouristusten ja laboratorioskokeessa pahoinvoinnin kokemista verrattuna glukoosi-maltodekstriinijuomaan (suhde 1:2). Roberts ym. (2014) havaitsivat, että pelkkää maltodekstriiniä sisältäneen valmisteen käyttö (108 g/t) lisäsi vakavia röyhtäily- ja turvotusoireita verrattuna veden tai fruktoosi-maltodekstriinivalmisteen käyttöön (suhde 0,55:1). Pelkkää maltodekstriiniä sisältäneen valmisteen käyttö lisäsi tilastollisesti merkitsevästi pahoinvointia, mahaongelmia ja tarvetta ulostaa sekä oksentaa verrattuna muihin ryhmiin. Vakavia ruoansulatuskanavan oireita ei havaittu yhdelläkään yhdeksästä tutkittavasta glukoosi-sakkaroosi-juoman käytön yhteydessä 150 minuutin pyöräilyn aikana (2:1, 108 g/t), kun taas pelkkää glukoosia ja glukoosia ja maltoosia sisältäneiden juomien käyttö lisäsi vakavien oireiden raportointia (Jentjens ym. 2004b). Erot valmisteiden välillä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Jentjens ym. (2004a) tutkimuksessa verrattiin glukoosia ja fruktoosia suhteessa 2:1 sisältänyttä juomaa (108 g/t) ja kahta pelkkää glukoosia sisältänyttä juomaa (72 g/t ja 108 g/t). Tutkimuksessa havaittiin, että vahvemman glukoosivalmisteen käyttö lisäsi vakavien oireiden esiintymistä verrattuna muihin valmisteisiin (8 henkilöä vs. 1 ja 2 henkilöä). Jentjensin ja Jeukendrupin (2005) tutkimuksessa glukoosi-fruktoosisuhde oli 1:1 ja hiilihydraattien yhteiskäyttömäärä 144 grammaa tunnin aikana. Juomaa verrattiin glukoosijuomaan, jossa hiilihydraattien käyttömäärä oli 72 grammaa tunnissa. Ryhmien välillä ei havaittu eroja oireiden esiintyvyyden tai voimakkuuden suhteen.

Taulukko 2. Hiilihydraattien kokonaismäärän, tyyppin ja suhteen vaikutus kestävyysurheiluosuorituksen aikaisten ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiseen ja voimakkuuteen.

Viite	Aineisto, n ikä (ka ¹ tai Md ²)	Asetelma	Harjoituksen tyyppi, kesto ja teho	Hiilihydraattityypit, käyttö, g/t ³ ja suhde	Tutkimustapa, oireiden määrä	Vaikutus
Pfeiffer ym. 2012	n = 221 (180 miestä) 29–41 v	PLT ⁶	3 x TR ¹³ , 1 x P ¹² , 1 x M ¹¹ (3,5 t-11,7 t)	TR: 62-71 g/t, P: 52 g/t, M: 35 g/t, neste, geeli ja kiinteä	K ¹⁶ tai H ¹⁵ 12 oiretta	T: Hiilihydraattien kokonaissaanti ↑ ²⁴ pahoinvointi ja ilmavaivat* Kaikkiin oireisiin HH ¹⁷ eivät yhteydessä Yhteyksiä ei löydetty.
Glace ym. 2002	n = 19 (18 miestä)	PLT	UM ¹⁰ 160 km (n. 24,3 t)	Oireettomat 40,8g/t Oireista kärsineet 49,4 g/t	H	
Wilson ym. 2015	n = 54 (43 miestä) 38,5 v	PLT	TR 70,3 mailia	G ¹⁸⁺ F ¹⁹ -suhteen Md 2,9:1, Md 41 g/t	K 6 oiretta	Hiilihydraatit ↑ ** pyöräilyn aikana. Vähintään 50 g käyttö: ↑* Ei yhteyksiä kaikkien tutkittavien keskuudessa.
Stuempfle ym. 2013	n = 15 (10 miestä) 46 v	PLT	UM 161 km	Oireettomat 0,65 g/kg/t, oireista kärsineet 0,45 g/kg/t, (72 kg = 46,8 g/t ja 32,4 g/t)	H 4 oiretta	Suurempi nesteiden (vesi, urheilujuomat, virvoitusjuomat, kahvi) käyttö ↓ ^{25*}
Hansen ym. 2014	n = 28 (25 miestä) 41,9 v (R1 ²⁶) ja 33,6 v (R2)	Kaltaistetut parit Syömisstrategia (R1) ja Vapaa ruokavalio (R2)	M Kööpenhamina	1: 64,7 g/t MD ²⁰ tai G 2: 38 g/t *	K 8 oiretta	Oireiden kokeminen vähäistä eikä eronnut ryhmien välillä.
van Nieuwenho ven ym. 2005	n = 98 (8 naista) 41 v	VV ⁷ kenttätutkimus, 3 vaihetta 8 päivässä	J ¹⁴ 18 km (n. 78 min)	1: S ²¹ + MD (41,28 g) 2: S + MD + K ²⁷ (41,28 g) 3: Mineraalivesi	K 11 oiretta	1 ja 2 ↑ refluksi*** ja pahoinvointi * Oireet yhtä voimakkaita kaikissa ryhmissä
O'Brien ja Rowlands 2011	n = 10 38,8 v	KS ⁸ + VV HJ ²³ 7 vrk	P 150 min 50% W _{max} ⁴ → testiajo (P) uupumukseen	F + MD 108 g/t (suhteet 0,5:1 (1); 0,8:1 (2); 1,25:1 (3)) 4: Makeutettu vesi	K 3 oireetta,	Kaikki koetut oireet olivat melko vähäisiä ja mietoja.
O'Brien ym. 2013	n = 12 36,2 v	KS + VV HJ 7 vrk	P 120 min 57,5 % W _{max} → suorituskykytesti (P)	F+MD+G (0,5:1 (1), 0,8:1 (2),1,25:1 (3)) 4: Vesi	K 2 oiretta	Ei löydetty tilastollisesti merkitseviä eroja juomien välillä, koetut oireet hyvin lieviä tai lieviä.

(jatkuu)

Taulukko 2, jatkuu

Viite	Aineisto, n ikä (ka tai Md)	Asetelma	Harjoituksen tyyppi, kesto ja teho	Hiilihydraattityypit, käyttö, g/t ja suhde	Tutkimustapa, oireiden määrä	Vaikutus
Jentjens ja Jeukendrup 2005	n = 8 26,3 v	VV HJ \geq 5 vrk	P 150 min 50 % W_{\max}	1: G (72g/t) 2: G + F (72 g/t + 72 g/t, 1:1) 3: Vesi	K 11 oiretta	Ryhmien välillä ei löydetty eroja. Koetut oireet pääosin lieviä.
Roberts ym. 2014	n = 14 31,8 v	KS + VV HJ 7 vrk	P 150 min 50 % W_{\max} → 60 km testiajo (P)	1: MD + F (1:0,55, 1,1g+0,6 g/min, 102 g/t) 2: MD (102 g/t) 3: Makeutettu vesi	H 14 oiretta	2 ↑* röyhtäily, turvotus, pahoinvointi, mahaongelmat, tarve ulostaa ja oksentaa
Rowlands ym. 2012	T1 ⁵ : n = 10 (3 naista), 33 v T2: n = 16, 36 v	KS + VV (T1 ja T2) HJ 7 vrk	T1: MP ²⁸ (n. 150 min) T2: P (laboratorio, 180 min)	1: G + MD (1:2) 2: F+ MD (1:2) T1: 82,8 g/t T2: 92,4 g/t	K 3 oiretta	T1: 2 ↓ vatsakouristukset T2: 2 ↓ pahoinvointi Oireiden esiintyminen vähäistä.
Jentjens ym. 2004a	n = 8 29,0 v	VV HJ 7 vrk	P 120 min 50 % W_{\max}	1: G (72 g/t), 2: G (108 g/t), 3: G + F (2:1; 108g/t) 4: Vesi	K 11 oiretta	2 ↑ vakavat oireet
Jentjens ym. 2004b	n = 9 27,3 v	VV HJ 7 vrk	P 150 min 50 % W_{\max}	1: G (108 g/t) 2: G + S (2:1, 108 g/t), 3: G + ML ²² (2:1, 108 g/t) 4: Vesi	K 10 oiretta	Ei tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. 2: Kukaan ei raportoinut vakavia oireita.
Rowlands ja Houltham 2017	n = 78 18–60 v	KS + VV HJ 3 vk	TR (n. 5 t)	1: G /MD + F (7%, 78 g/t) 2: G/MD geeli, patukka ja juoma	K 2 oiretta	Ei tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä. 1 ↓ pahoinvointi uinnin ja pyöräilyn aikana. Patukat ↑ (verrattuna geeliin)

*** = $p < 0,001$; ** = $p < 0,01$; * = $p \leq 0,05$; ⁽¹⁾ ka = keskiarvo; ⁽²⁾ Md = mediaani; ⁽³⁾ g/t = grammaa tunnissa; ⁽⁴⁾ W_{\max} = tehon maksimitaso, ⁽⁵⁾ T = tutkimus, ⁽⁶⁾ PLT = poikkileikkaustutkimus, ⁽⁷⁾ VV = vaihtovuoroasetelma, ⁽⁸⁾ KS = kaksoissokko, ⁽⁹⁾ HJ = huuhtelujakso, ⁽¹⁰⁾ UM = ultramaraton, ⁽¹¹⁾ M = maraton, ⁽¹²⁾ P = pyöräily, ⁽¹³⁾ TR = triathlon, ⁽¹⁴⁾ J = juoksukilpailu, ⁽¹⁵⁾ H = haastattelu, ⁽¹⁶⁾ K = kyselylomake, ⁽¹⁷⁾ HH = hiilihydraatit, ⁽¹⁸⁾ G = glukoosi, ⁽¹⁹⁾ F = fruktoosi, ⁽²⁰⁾ MD = maltodekstriini, ⁽²¹⁾ S = sakkaroosi, ⁽²²⁾ ML = maltoosi, ⁽²³⁾ HJ = huuhtelujakso ⁽²⁴⁾ ↑ = lisää oireita; ⁽²⁵⁾ ↓ = vähentää oireita; ⁽²⁶⁾ R = ryhmä; ⁽²⁷⁾ K = kofeiini; ⁽²⁸⁾ MP = maastopyöräily.

4.3.4 Hitaammin imeytyvät hiilihydraatit

Isomaltuloosi on α -1,6- glykosididoksilla toisiinsa liittyneistä glukoosi- ja fruktoosiyksiköistä koostuva disakkaridi (Stevenson ym. 2017). Isomaltuloosin hydrolyysi tapahtuu α -1,4-sidoksia sisältäviä hiilihydraatteja hitaammin. Isomaltuloosia on tutkittu kestävyysurheilusuorituksen yhteydessä kahdessa kaksoissokkoutetussa, vaihtovuoroasetelmallisessa ja satunnaistetussa ruoansulatuskanavan oireita käsitelleessä tutkimuksessa (Oosthuyse ym. 2015). Isomaltuloosin havaittiin lisäävän voimakkaampien ruoansulatuskanavan oireiden esiintymistä tilastollisesti merkitsevästi verrattuna yhtä väkevään fruktoosi-maltodekstriinivalmisteeseen. Stevensonin ym. (2017) tutkimuksessa puolestaan isomaltuloosivalmisteen ja maltodekstriinivalmisteen käytön ei havaittu vaikuttavan oireiden esiintymiseen 120 minuuttia kestäneen jalkapalloharjoituksen aikana. Hydrotermisesti käsitellyn muunnellun tärkkelysvalmisteen (HMT-valmisteen, 30 g/t ja 60 g/t) havaittiin lisäävän pahoinvointia verrattuna sakkaroosia ja glukoosia sisältäneen juoman käyttöön 2,5 tuntia kestäneen pyöräilysuorituksen aikana (Baur ym. 2016). Vähähiilihydraattisempi HMT-valmiste lisäsi myös mahakouristuksia verrattuna muihin valmisteisiin. Erot tutkimuksessa eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

5 POHDINTA

Kirjallisuuskatsaukseni tavoitteena oli selvittää, voidaanko urheilusuorituksen aikana syntyviin ruoansulatuskanavan oireisiin vaikuttaa urheilusuorituksen aikana käytettävien hiilihydraattivalmisteiden avulla. Tarkastelun kohteita työssäni olivat valmisteiden koostumus, osmolaliteetti, väkevyys, hiilihydraattien kokonaismäärä ja hiilihydraattityypit.

Hiilihydraatit parantavat suorituskykyä ja kestävyyttä sekä hidastavat uupumista suorituksen aikana verrattuna pelkän veden käyttöön (Jeukendrup 2014). Tutkimusten avulla on etsitty hiilihydraattien optimaalista määrää suorituskyvyn kannalta ja samalla on pyritty minimoimaan sivuvaikutukset, kuten vatsavaivat, urheilusuorituksen aikana. Toistaiseksi tutkimuksia suoritukselle optimaalisesta hiilihydraattien käytöstä mahdollisimman vähäisillä sivuvaikutuksilla on vähän. Tutkimuksia ovat tehneet vain muutamat tutkimusryhmät. Erityisesti urheilujuomien osmolaliteettia ja väkevyyttä sekä hitaasti imeytyviä hiilihydraatteja käsitteleviä tutkimuksia löytyi vain muutamia. Tämän vuoksi luotettavia johtopäätöksiä tuloksista ei voida tehdä.

5.1 Otoksoon ja tutkittavien arviointi

Kokeellisissa tutkimuksissa otoskoot ovat vaihdelleet suurimmaksi osaksi välillä 7–15. Kuitenkin vaihtovuoroasetelmallisia tutkimuksia on myös suuremmilla otoskoilla (van Nieuwenhoven ym. 2005, Rowlands ja Houltham 2017). Otskokojen pienuuden vuoksi on tutkimuksissa riski hyväksymisvirheeseen eli siihen, että negatiivinen tulos (esimerkiksi se, ettei valmiste vaikuta oireisiin) hyväksytään, vaikka todellisuudessa tulos olisi positiivinen (valmiste vaikuttaa oireisiin). Lähes kaikissa kokeellisissa tutkimuksissa on käytetty vaihtovuorollista asetelmaa, jossa jokainen tutkittava toimii omana kontrollinaan, joten otoskoon ei tarvitse olla kovin suuri. Kuitenkin suurimmassa osassa tutkimuksista ei ollut esitetty tilastolliseen voimaan liittyviä laskelmia, joten otoskoon riittävyttä ei voida luotettavasti arvioida.

Tutkimusten otokset koostuvat pääosin kestävyysurheilutaustaisista aikuisista miehistä. Tämän vuoksi tuloksia voidaan yleistää hyvin koskemaan juuri tätä kohderyhmää, mutta ei esimerkiksi kestävyysurheilutaustaisia naisia, sillä naiset ovat taipuvaisempia oireiden esiintymiselle miehiin verrattuna (Costa ym. 2017). Tutkimusten otoksissa huomioitavaa on myös se, että joissain tutkimuksissa kukaan tutkittavista ei ilmoittanut kärsivänsä ruoansulatuskanavan oireista liikunnan aikana, kun taas osassa tutkimuksista oli mukana myös henkilöitä, jotka kärsivät oireista liikunnan aikana. Kaikissa tutkimuksissa oirehistoriaa ei myöskään selvitetty. Tulevaisuudessa voitaisiin tutkia erityisesti vatsaoireista kärsiviä urheilijoita, jotta löydettäisiin sellaisia hiilihydraattivalmisteita, jotka voisivat vähentää oireita henkilöillä, jotka oireilevat muutenkin. Havainnoivissa poikkileikkaustutkimuksissa otoskoot ovat olleet isompia verrattuna kokeellisiin tutkimuksiin. Otoskoot ovat vaihdelleet välillä 15–221. Menetelmällisten puutteiden vuoksi niiden avulla ei voida luotettavasti arvioida hiilihydraattivalmisteiden vaikutuksia ruoansulatuskanavan oireisiin.

5.2 Tutkimusasetelmien ja -menetelmien arviointi

Tutkimuksissa vaikutusten arviointiin käytettiin subjektiivisia menetelmiä, joissa käytettyjen kysymysten määrä vaihteli. Esimerkiksi O'Brienin ym. (2013) tutkimuksessa selvitettäviä ruoansulatuskanavan alueen oireita oli kaksi, kun taas Pfeifferin ym. (2009) tutkimuksessa tutkittavia oireita oli 17. Tutkimuksissa, joissa selvitettäviä oireita on vain kaksi tai kolme, on riskinä se, ettei kaikkia ilmenneitä oireita saada selville tutkimuksen aikana. Esimerkiksi O'Brien ym. (2013) selvittivät ainoastaan pahoinvoinnin ja mahakrampin esiintymistä ja voimakkuutta, joten esimerkiksi närästyksen, röyhtäilyoireiden tai turvotuksen esiintymisestä ei saatu tutkimuksessa tietoa. Tutkimuksissa käytetyt menetelmät eivät siis ole kovinkaan yhteneväisiä oireiden selvittämisen osalta, eikä tutkimusalalla ole käytössä aiheeseen validoitua kyselyä. Siihen, mitä menetelmiä tutkimuksissa on käytetty, on saattanut vaikuttaa myös se, että kirjallisuuskatsauksessa käytettyjen tutkimusten tavoitteet vaihtelevat. Tutkimukset ovatkin usein keskittyneet tutkimaan esimerkiksi erilaisten valmisteiden vaikutuksia hiilihydraattien hapettumiselle suorituksen aikana ja vaikutuksia suorituskykyyn, eikä vatsavaivojen tutkiminen ole ollut tutkimusten päätavoite (Jentjens ym. 2004ab, Jentjens ja Jeukendrup 2005, Rowlands ym. 2012, O'Brien ym. 2013). Tämä on saattanut vaikuttaa menetelmien valintaan myös ruoansulatuskanavan oireita tutkittaessa verrattuna tutkimuksiin, joiden päätavoite on ollut hiilihydraattivalmisteiden käytön ja ruoansulatuskanavan oireiden välisten yhteyksien selvittäminen.

Tutkimusmenetelmänä suurimmassa osassa tutkimuksia on käytetty kyselytutkimusta, jossa on merkitty janalle viiva tai oireiden vaikeustaso asteikolla 1–10. Tutkimuksissa kyselyitä on suoritettu joko säännöllisin väliajoin urheilusuorituksen aikana tai suorituksen jälkeen. Rehlerin ym. (2002) tutkimuksessa tutkimusmenetelmänä käytettiin retrospektiivistä puhelinhaastattelua, jossa tutkittavien tuli muistella viimeisimmän täysmatkan triathlonkilpailunsa aikana nauttimiaan nesteitä ja ruokia sekä kokemiaan ruoansulatuskanavan alueen oireita. Tutkimukseen osallistuneilla oli keskimäärin 6–7 kuukautta edellisestä triathlonista, mikä huonontaa tutkimuksen tulosten luotettavuutta. Kyselytutkimus perustuu tutkittavien muistille, joten kilpailun jälkeen on mahdollista, että vaikutuksia joko yli- tai aliraportoidaan tai oireiden ilmenemistä ei enää muisteta. Varsinkin kilpailutilanteissa voi olla vaikeaa keskittyä havainnoimaan ruoansulatuskanavan oireita. On myös mahdollista, että kyselytutkimuksessa oireet käsitetään eri tavoin, ja tutkittavien välillä voi olla eroja siinä, kuinka herkästi oireita havaitaan tai raportoidaan. Toisaalta subjektiivisen näkemyksen selvittäminen on tärkeää, sillä se, mitä yksilö itse kokee urheilusuorituksensa aikana, on tärkeää urheilusuorituksen onnistumisen kannalta. Kyselytutkimus säännöllisin väliajoin suorituksen aikana on varmasti sopiva menetelmä oireiden kokemisen selvittämiseen, mutta myös haastattelu tai suullisesti toteutettu kysely kilpailun tai laboratoriokokeen aikana tasaisin väliajoin voisi olla hyvä vaihtoehto tutkimusmenetelmäksi. Tutkimukset vaihtelevat myös siinä, kuinka oireet luokitellaan. Tulevaisuudessa tutkimusalalle olisi tärkeää muodostaa yhtenäinen oireiden luokittelu ja kysely oireiden selvittämiseksi, jotta tutkimuksia ja tuloksia voitaisiin verrata toisiinsa.

Useissa tutkimuksissa on käytetty huuhtelujaksona noin viikon mittaista jaksoa. Onkin aiheellista pohtia, riittääkö viikon mittainen tauko huuhtelujaksojen välissä, vai voiko esimerkiksi neljää erilaista hiilihydraattivalmistetta sisältävässä tutkimuksessa tottua hiilihydraattivalmisteiden käyttöön suorituksen aikana (Jeukendrup 2017). Tutkimukset on kuitenkin satunnaistettu, mikä auttaa tähän ongelmaan, sillä tutkittavat aloittavat tuolloin tutkimuksen eri valmisteista satunnaisesti. Satunnaistaminen ei kuitenkaan poista sitä mahdollisuutta, että suoliston harjaannuttaminen hiilihydraattivalmisteiden käyttöön sekoittaa tuloksia. Tulevaisuudessa tutkimuksissa tulisi varmistaa huuhtelujakson riittävä pituus tai tutkittavat tulisi totuttaa hiilihydraattivalmisteiden käyttöön ennen tutkimusta.

Kokeellisista tutkimuksista suurin osa on toteutettu laboratorio-olosuhteissa, joten tuloksia ei voida suoraan soveltaa luonnollisissa olosuhteissa tehtyihin urheilusuorituksiin. Useat tutkimukset on myös tehty pyöräilyosuorituksen aikana, joten tulosten soveltaminen esimerkiksi juoksuun tulisi tehdä varauksella. Useissa tutkimuksissa kaikkien vatsaoireiden esiintyminen on melko vähäistä riippumatta käytetystä valmisteesta. Tällöin hiilihydraattivalmisteiden vaikutusten eroja vatsaoireille ei pystytä havaitsemaan. Tutkimuksissa on havaittu, että aikaisemmin oireista kärsineet kärsivät oireista myös tutkimustilanteessa todennäköisemmin kuin henkilöt, jotka eivät arkielämässään koe oireita (Pfeiffer ym. 2012, Wilson ym. 2015). Vatsaoireiden muodostumiseksi tutkimuksissa olisikin tärkeää, että harjoitus olisi riittävän kovatehoinen ja pitkäkestoinen, ja tutkittavina olisi sellaisia henkilöitä, jotka kärsivät oireista muutenkin. Tällöin voitaisiin nähdä, vähentääkö tai lisääkö jokin hiilihydraattivalmiste oireita niillä, jotka oireista muutenkin kärsivät.

Havainnoivien tutkimusten perusteella voidaan tarkastella sitä, kuinka yleistä ruoansulatuskanavan oireiden esiintyminen on tutkittavien keskuudessa, mutta tutkimuksellisista heikkouksista johtuen syy-seuraussuhteita hiilihydraattivalmisteiden käytön ja oireiden esiintymisen suhteista ei voida vetää. Tutkimusaiheena urheilusuorituksen aikana muodostuvien ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiseen vaikuttaminen ravitsemuksen keinoin on hankala, sillä oireiden esiintymiseen vaikuttavat hyvin monet tekijät niin yksilössä kuin ympäristössäkin. On myös huomioitava se, että tutkimustilanne eroaa aina kilpailutilanteesta, jolloin esimerkiksi stressi saattaa vaikuttaa oireiluun. On myös mahdollista, että ruokavalion kontrolloinnista huolimatta hiilihydraattien lisäksi muut ravitsemukseen liittyvät tekijät ovat vaikuttaneet oireisiin.

5.3 Tulosten arviointi

5.3.1 Osmolaliteetti ja väkevyys

Juoman osmolaliteetin ja väkevyyden vaikutuksista ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiseen on saatu ristiriitaisia tuloksia. Suuremman osmolaliteetin ja väkevyyden on havaittu lisäävän riskiä kärsiä ruoansulatuskanavan oireista (Rehrer ym. 1992, Jentjens ym. 2004a, Shi ym. 2004). Rehrer ym. (1992) tutkimus suoritettiin kuitenkin retrospektiivisenä

puhelinhaastatteluna, jossa tutkittavien tuli muistella keskimäärin 6–7 kuukautta aikaisemmin suoritetun triathlonin aikana nautittuja nesteitä ja ruokia ja koettuja ruoansulatuskanavan oireita, mikä voi aiheuttaa tutkimukseen harhaa. Tutkimuksen tuloksista ei voi myöskään päätellä syy-seuraussuhteita, sillä tutkimus ei ollut kokeellinen, ja hyvin moni sekoittava tekijä on voinut vaikuttaa tutkimuksessa lopputulokseen.

Toisaalta tutkimuksissa on myös havaittu, että lähes samasta osmolaliteetista ja väkevyydestä huolimatta juomien käytön yhteydessä esiintyneet oireet eroavat toisistaan (Oosthuysen ym. 2015, Rowlands ym. 2012). Osmolaliteettia ja väkevyyttä käsittelevissä tutkimuksissa huomioitavaa on se, että tutkimuksissa verratut juomat erosivat hiilihydraattityyppiensä osalta lähes jokaisessa tutkimuksessa, mikä tekee osmolaliteetin ja juoman väkevyyden vaikutusten arvioinnissa vaikeaa. Tutkimuksissa myös laji, suorituksen kesto ja teho vaihtelivat, mikä vaikeuttaa tutkimusten keskinäistä vertailua. Ainoastaan kolmessa tutkimuksessa testivalmisteet muistuttivat hiilihydraattityypin osalta toisiaan (Jentjens ym. 2004a, Shi ym. 2004, O'Brien ja Rowlands 2011). Tutkimuksissa, joissa vertailtiin glukoosia sisältäviä juomia, osmolaliteetiaan ja väkevyydeltään suuremmat juomat lisäsivät oireilua (Shi ym. 2004, Jentjens ym. 2004a). Fruktoosi-maltodekstriinijuomien käytön yhteydessä oireet olivat lieviä jokaisen juoman kohdalla huolimatta juomien melko korkeasta osmolaliteetista (O'Brien ja Rowlands 2011). Pelkkää glukoosia sisältävissä juomissa korkea osmolaliteetti voisikin ennustaa ruoansulatuskanavan oireita paremmin kuin fruktoosia ja glukoosia tai maltodekstriiniä sisältävät juomat. Osmolaliteetin ja juoman väkevyyden vaikutuksista ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiseen urheilusuorituksen aikana tarvitaan kuitenkin lisää tutkimustietoa, jotta johtopäätöksiä niiden roolista oireiden esiintymisessä voidaan tehdä. Erityisesti tarvittaisiin kontrolloituja ja satunnaistettuja tutkimuksia, joissa testijuomat olisivat muuten mahdollisimman samanlaisia, mutta eroaisivat ainoastaan osmolaliteetinsa tai väkevyytensä osalta.

5.3.2 Hiilihydraattien käyttömäärä, tyyppi ja suhde

Hiilihydraattien käytön ei ole havaittu olevan merkitsevästi yhteydessä ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiseen käytön ollessa alle 50 grammaa tunnin aikana (Glance ym. 2002, Pfeiffer ym. 2012, Stuempfle ym. 2013, Wilson ym. 2015). Kuitenkin myös melko vähän glukoosia ja sakkaroosia sisältäneen urheilujuoman käytön (n. 32 g/t) havaittiin lisäävän oireita verrattuna

pelkkään veden nauttimiseen (van Nieuwenhoven ym. 2005). Tutkimuksessa kuitenkin myös esimerkiksi kilpailun tyyppi, eli mahdollisimman nopeasti suoritettu hieman yli tunnin kestänyt juoksukilpailu, saattoi vaikuttaa oireiden esiintymiseen hiilihydraattia nauttineilla. Vatsavaivojen syystä ei voidakaan tutkimuksessa olla varmoja. Tutkimuksia pienillä hiilihydraattien käyttömäärillä on varsin vähän, sillä useimmissa kontrolloidussa tutkimuksissa on tähdätty suurempaan hiilihydraattien käyttöön suorituskyvyn parantamisen vuoksi. Hiilihydraattien pienten käyttömäärien vaikutuksesta ruoansulatuskanavan oireisiin onkin vaikeaa tehdä johtopäätöksiä. Tutkimuksista suurimmassa osassa ei myöskään selvitetty ollenkaan käytettyjen valmisteiden hiilihydraattien tyyppejä.

Glukoosin tai maltodekstriinin suuren käyttömäärän on havaittu lisäävän ruoansulatuskanavan vakavaa oireilua eritehoisten pyöräilysuoritusten aikana verrattuna glukoosin tai maltodekstriinin vähäisempään käyttömäärään tai fruktoosin ja glukoosin tai maltodekstriinin yhdistelmään (Jentjens ym. 2004a, Jentjens ym. 2004b, Rowlands ym. 2012, Roberts ym. 2014). Tutkimuksissa glukoosin käyttömäärät olivat noin 83–110 grammaa tunnin aikana. Glukoosin ja fruktoosin yhdistelmän ei huomattavankaan suurena määränä (144 g/t) havaittu olevan yhteydessä lisääntyneeseen oireiluun verrattuna pelkän glukoosin käyttöön (72 g/t) (Jentjens ym. 2004a, Jentjens ym. 2004b). Tutkimusten perusteella suurilla hiilihydraattien käyttömäärillä urheilujuomissa fruktoosin ja glukoosin yhdistäminen voisi auttaa ehkäisemään vatsaoireiden syntymistä. Tutkimuksissa fruktoosia ja glukoosia tai maltodekstriiniä suhteiden 0,5:1 ja 1,25:1 välillä siedetään melko hyvin, eikä vakavien ruoansulatuskanavan oireiden esiintyminen ole yleistä valmisteiden käytön yhteydessä pitkäkestoisten pyöräilysuoritusten aikana. Kuitenkin lisää tutkimusta tarvitaan esimerkiksi luonnollisissa harjoitus- tai kilpailuolosuhteissa. Huomioitavaa on myös se, että glukoosi-fruktoosivalmisteiden tutkimuksista ainoastaan yksi sisälsi testivalmisteet fruktoosi-glukoosisuhteella 1,25:1 ja 1:1. Suurin osa tutkimuksista käyttikin suhdetta 1:2. Suhteista tarvitaankin lisää kontrolloituja tutkimuksia erilaisilla käyttömäärillä, jotta optimaaliset valmisteet suorituskyvyn ja vatsavaivojen kannalta löytyisivät. Myös hitaammin imeytyvistä hiilihydraateista tarvitaan lisää tutkimusta, jotta tuloksista voitaisiin tehdä johtopäätöksiä.

Hiilihydraattigeelien vaikutuksista oireilulle on toistaiseksi vain muutamia tutkimuksia. Hiilihydraattigeelien ei havaittu lisäävän oireita tilastollisesti merkitsevästi verrattuna appelsiinijuomaan Pattersonin ja Grayn (2007) tutkimuksessa, mutta Pfeiffer ym. 2009

havaittivat, että maltodekstriini-fruktoosigeeli (84 g/t) lisäsi tilastollisesti merkitsevästi oireita verrattuna toiseen maltodekstriini-fruktoosigeeliin (60 g/t) ja maltodekstriinigeeliin (84 g/t) maastopyöräilykilpailussa ja laboratoriokokeessa. Myös Sareban ym. (2016) havaittivat, että maltodekstriini-fruktoosigeelin käyttö (67 g/t) lisäsi oireita verrattuna maltodekstriini-fruktoosijuomaan (68 g/t). Tutkimukset eroavat menetelmiltään, joten niitä on vaikea verrata toisiinsa. Tutkimuksista ainoastaan yhdessä verrattiin samanlaista geeliä ja juomaa keskenään, mutta tässäkin tutkimuksessa geeliä käyttäneen ryhmän nesteiden saanti oli vähäisempää verrattuna juomaa nauttineisiin, joten myös nestehukka on voinut lisätä oireilua geeliä nauttineilla. Lisäksi Pattersonin ja Grayn (2007) tutkimuksessa ei kerrottu hiilihydraattigeelin hiilihydraattityyppejä, käyttömäärää ja hiilihydraattien suhdetta, joten tutkimusten vertaaminen on haastavaa. Jos tulevaisuudessa halutaan tietoa hiilihydraattigeelien siedosta verrattuna hiilihydraattijuomiin, tulee sisällöltään samanlaisia geelejä ja juomia verrata toisiinsa, ja tutkimuksessa tulee huolehtia siitä, että molemmat ryhmät käyttävät yhtä paljon nesteitä.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksia hiilihydraattivalmisteiden käytön vaikutuksista ruoansulatuskanavan oireiden esiintymiseen kestävyysurheilusuorituksen aikana on vähän. Lisäksi tutkimusten menetelmät, olosuhteet, laji, suoritusteho, kesto ja hiilihydraattivalmisteet eroavat toisistaan, joten johtopäätöksiä tuloksista on vaikeaa tehdä. Vatsavaivojen syntyyn vaikuttavat useat yksilöön ja urheilusuoritukseen liittyvät tekijät, joten hiilihydraattien roolia oireiden lisääjänä tai vähentäjänä on vaikea tutkimuksen avulla päätellä.

Tutkimusten perusteella hiilihydraatteja käytettäessä suuria määriä (yli 70 grammaa) on riski ruoansulatuskanavan oireille vähäisempi käytettäessä fruktoosia yhdistettynä glukoosiin tai maltodekstriiniin suhteessa 0,5–1,25:1 verrattuna pelkkää glukoosia tai maltodekstriiniä sisältäviin tuotteisiin. Aiheesta tarvitaan kuitenkin lisää tutkimuksia, jotta urheilijoille suunnattuja suosituksia hiilihydraattien suhteesta voitaisiin tehdä. Myös muilla valmisteiden ominaisuuksilla saattaa olla vaikutusta oireiden esiintymiseen, mutta johtopäätösten tekemiseen tarvittaisiin lisää tutkimusnäyttöä. Nykyiset suositukset hiilihydraattien nauttimisesta perustuvat suhteellisen vähäiseen tutkimusten lukumäärään. Tulevaisuudessa on

tärkeää löytää urheilijoille suosituksia, jotka pyrkisivät optimoimaan suorituskyvyn ja samalla vähentämään riskiä ruoansulatuskanavan oireilulle.

LÄHTEET

Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, Aantaa R. Ravitsemustiede. Helsinki: Duodecim 2012.

Baur DA, Vargas Fde C, Bach CW, Garvey JA, Ormsbee MJ. Slow-Absorbing Modified Starch before and during Prolonged Cycling Increases Fat Oxidation and Gastrointestinal Distress without Changing Performance. *Nutrients* 2016;8:10.3390/nu8070392.

Bjålie J, Haug E, Sand O, Sjaastad Ø, Toverud K. Ihminen: fysiologia ja anatomia. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö 2009.

Borg P, Ilander O. Liikuntaravitsemus. Lahti: VK-Kustannus 2006.

Brouns F, Beckers E. Is the gut an athletic organ? Digestion, absorption and exercise. *Sports Med* 1993;15:242-257.

Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci* 2011;29:17-27.

Costa RJS, Snipe RMJ, Kitic CM, Gibson PR. Systematic review: exercise-induced gastrointestinal syndrome-implications for health and intestinal disease. *Aliment Pharmacol Ther* 2017;46:246-265.

de Oliveira EP, Burini RC. The impact of physical exercise on the gastrointestinal tract. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2009;12:533-538.

de Oliveira EP, Burini RC, Jeukendrup A. Gastrointestinal complaints during exercise: prevalence, etiology, and nutritional recommendations. *Sports Med* 2014;44:79-85.

Farrell PA, Joyner MJ, Caiozzo V. ACSM's advanced exercise physiology. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins 2012.

Glance B, Murphy C, McHugh M. Food and fluid intake and disturbances in gastrointestinal and mental function during an ultramarathon. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2002;12:414-427.

Hansen EA, Emanuelsen A, Gertsen RM, Sorensen SSR. Improved marathon performance by in-race nutritional strategy intervention. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2014;24:645-655.

Haug E, Sand O, Sjaastad ØV, Toverud KC, Sillman K. Ihmisen fysiologia. Helsinki: Sanoma Pro 2012.

Hofman DL, van Buul VJ, Brouns FJ. Nutrition, Health, and Regulatory Aspects of Digestible Maltodextrins. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2016;56:2091-2100.

Ilander O, Laaksonen M, Lindblad P, Mursu J. Liikuntaravitsemus : tehoa, tuloksia ja terveyttä ruuasta. Lahti: VK-Kustannus 2014.

Jentjens RL, Jeukendrup AE. High rates of exogenous carbohydrate oxidation from a mixture of glucose and fructose ingested during prolonged cycling exercise. *Br J Nutr* 2005;93:485-492.

Jentjens RL, Moseley L, Waring RH, Harding LK, Jeukendrup AE. Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise. *J Appl Physiol* (1985) 2004a;96:1277-1284.

Jentjens RL, Venables MC, Jeukendrup AE. Oxidation of exogenous glucose, sucrose, and maltose during prolonged cycling exercise. *J Appl Physiol* (1985) 2004b;96:1285-1291.

Jeukendrup A. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports Med* 2014;44:25-33.

Jeukendrup AE. Training the Gut for Athletes. *Sports Med* 2017;47:101-110.

Jeukendrup AE, Vet-Joop K, Sturk A, ym. Relationship between gastro-intestinal complaints and endotoxaemia, cytokine release and the acute-phase reaction during and after a long-distance triathlon in highly trained men. *Clin Sci (Colch)* 2000;98:47-55.

Mañas M, Martínez de Victoria E, Gil A, Yago M, Mathers J. The gastrointestinal tract. Kirjassa: Lanham-New S, Roche HM, Macdonald I, toim. *Nutrition and metabolism*. Chichester, UK: Wiley-Blackwell 2011, s. 205-246.

Maughan RJ, Leiper JB. Limitations to fluid replacement during exercise. *Can J Appl Physiol* 1999;24:173-187.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise physiology : nutrition, energy, and human performance*. Philadelphia: Wolters Kluwer 2015.

Nienstedt W, Hänninen O, Arstila A, Björkqvist S. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Helsinki: WSOY 2009.

O'Brien WJ, Rowlands DS. Fructose-maltodextrin ratio in a carbohydrate-electrolyte solution differentially affects exogenous carbohydrate oxidation rate, gut comfort, and performance. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 2011;300:181-189.

O'Brien WJ, Stannard SR, Clarke JA, Rowlands DS. Fructose-maltodextrin ratio governs exogenous and other CHO oxidation and performance. *Med Sci Sports Exerc* 2013;45:1814-1824.

Oosthuysen T, Carstens M, Millen AM. Ingesting Isomaltulose Versus Fructose-Maltodextrin During Prolonged Moderate-Heavy Exercise Increases Fat Oxidation but Impairs Gastrointestinal Comfort and Cycling Performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2015;25:427-438.

Patterson SD, Gray SC. Carbohydrate-gel supplementation and endurance performance during intermittent high-intensity shuttle running. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2007;17:445-455.

Pfeiffer B, Cotterill A, Grathwohl D, Stellingwerff T, Jeukendrup AE. The effect of carbohydrate gels on gastrointestinal tolerance during a 16-km run. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2009;19:485-503.

Pfeiffer B, Stellingwerff T, Hodgson AB, ym. Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events. *Med Sci Sports Exerc* 2012;44:344-351.

Rehrer NJ, van Kemenade M, Meester W, Brouns F, Saris WH. Gastrointestinal complaints in relation to dietary intake in triathletes. *Int J Sport Nutr* 1992;2:48-59.

Roberts JD, Tarpey MD, Kass LS, Tarpey RJ, Roberts MG. Assessing a commercially available sports drink on exogenous carbohydrate oxidation, fluid delivery and sustained exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr* 2014;11:8.

Rowlands DS, Houltham SD. Multiple-Transportable Carbohydrate Effect on Long-Distance Triathlon Performance. *Med Sci Sports Exerc* 2017;49:1734-1744.

Rowlands DS, Swift M, Ros M, Green JG. Composite versus single transportable carbohydrate solution enhances race and laboratory cycling performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 2012;37:425-436.

Sareban M, Zugel D, Koehler K, ym. Carbohydrate Intake in Form of Gel Is Associated With Increased Gastrointestinal Distress but Not With Performance Differences Compared With Liquid Carbohydrate Ingestion During Simulated Long-Distance Triathlon. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2016;26:114-122.

Shi X, Horn MK, Osterberg KL, ym. Gastrointestinal discomfort during intermittent high-intensity exercise: effect of carbohydrate-electrolyte beverage. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004;14:673-683.

Stevenson EJ, Watson A, Theis S, Holz A, Harper LD, Russell M. A comparison of isomaltulose versus maltodextrin ingestion during soccer-specific exercise. *Eur J Appl Physiol* 2017;117:2321-2333.

Stuempfle KJ, Hoffman MD, Hew-Butler T. Association of gastrointestinal distress in ultramarathoners with race diet. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2013;23:103-109.

van Nieuwenhoven MA, Brouns F, Kovacs EM. The effect of two sports drinks and water on GI complaints and performance during an 18-km run. *Int J Sports Med* 2005;26:281-285.

Wilson PB, Rhodes GS, Ingraham SJ. Saccharide Composition of Carbohydrates Consumed during an Ultra-endurance Triathlon. *J Am Coll Nutr* 2015;34:497-506.