

**HIILIHYDRAATTIMÄÄRÄN VAIKUTUS TYYPIN 1 DIABEETIKOIDEN
HOITOTASAPAINOON**

Janne Makkonen
Kandidaatintyö
Ravitsemustiede
Lääketieteen laitos
Terveystieteiden tiedekunta
Itä-Suomen yliopisto
Maaliskuu 2018

Itä-Suomen yliopisto, Terveystieteiden tiedekunta
Kansanterveystieteen ja kliinisen ravitsemustieteen yksikkö
Ravitsemustiede

MAKKONEN, JANNE P.: Hiilihydraattimäärän vaikutus tyypin 1 diabeetikoiden hoitotasapainoon

Kandidaatintutkielma, 46 s.

Ohjaaja: Marjukka Kolehmainen, professori

Maaliskuu 2018

Avainsanat: hiilihydraatit, hiilihydraattirajoitus, tyypin 1 diabetes, hoitotasapaino, verensokeritasapaino

HIILIHYDRAATTIMÄÄRÄN VAIKUTUS TYYPIN 1 DIABEETIKOIDEN HOITOTASAPAINOON

Hiilihydraateilla on keskeinen merkitys tyypin 1 diabeetikoiden ruokavaliossa, koska hiilihydraattien määrä vaikuttaa ratkaisevasti heti aterian jälkeen tapahtuvaan verensokerin kohoamiseen. Diabeetikoille suositellaan nykyisin usein samanlaista ruokavaliota kuin muullekin väestölle. 1970-luvulle asti kaikille diabeetikoille suositeltiin kuitenkin hiilihydraattirajoitusta, ja sitä on viime vuosina jälleen ehdotettu osaksi diabeetikoiden hoitoa kyseenalaistaen runsaammin hiilihydraatteja sisältävän ruokavalion edut.

Tämän kandidaatintutkielman tavoitteena oli selvittää, että onko yleisimmin suositeltavan hiilihydraatteihin painottuvan ruokavalion eduista näyttöä verensokeritasapainon kannalta, vai voiko hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio olla toimiva vaihtoehto osalle tyypin 1 diabeetikoista. Tutkielman tavoitteena oli myös selvittää hiilihydraattirajoitukseen tavallisesti liittyvän rasvan saannin lisäämisen vaikutuksia tyypin 1 diabeetikoiden sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöihin. Tarkoituksena oli niin ikään muodostaa kokonaiskäsitys hiilihydraattirajoitteisen ruokavalion soveltuvuudesta tyypin 1 diabeetikoille. Tutkimukset rajattiin 2000-lukuun ja koskemaan ainoastaan aikuisia tyypin 1 diabeetikoita.

Kirjallisuushaku osoitti, että tyypin 1 diabeetikoilla on tehty niukasti satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, joissa tarkastellaan hiilihydraattimäärän ja hoitotasapainon välisiä yhteyksiä. Ainoastaan kahdessa tutkimuksessa runsaammin hiilihydraattia sisältävää ruokavaliota verrattiin sellaiseen ruokavalioon, jossa hiilihydraattirajoitus oli melko tiukka. Muissa tutkimuksissa runsaammin hiilihydraatteja sisältäviä ruokavaliota verrattiin kohtuullisesti hiilihydraatteja sisältäviin ruokavalioihin, joissa hiilihydraattimäärät olivat yleisten suositusten alarajalla tai hiukan sen alle. Tutkittavien määrä vaihteli välillä 10–30 ja tutkimuksen pituus oli 2 vko–6 kk. Satunnaistamattomia tutkimuksia löytyi muutama, joissa tutkittiin melko tiukan hiilihydraattirajoituksen vaikutuksia hoitotasapainoon.

Vertailevissa tutkimuksissa ei havaittu eroja pitkäaikaista verensokeritasapainoa kuvaavassa HbA_{1c}-arvoissa eri määrän hiilihydraatteja sisältävillä ruokavalioiden välillä. Joitain viitteitä saatiin siitä, että hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio saattaa olla kuitenkin hyödyllinen lyhytaikaisten hypo- ja hyperglykemioiden ehkäisyssä. Hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio ei näyttäisi lisäävän sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöitä verrattuna runsaammin hiilihydraatteja sisältävään ruokavalioon. Vaikuttaa siltä, että ainakin kohtuullinen hiilihydraattien rajoittaminen voisi järkevästi suunniteltuna olla toimiva vaihtoehto tyypin 1 diabeetikoille. Aiheesta tarvitaan kuitenkin lisää tutkimusta, eikä tämänhetkisen puutteellisen tutkimusnäytön pohjalta voida tehdä vielä pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Yleisesti hyväksytyt määritelmät eri asteisesti hiilihydraattirajoitteisille ruokavalioiden selkeyttäisivät tutkimusten tulkintaa.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	4
2 TYYPIN 1 DIABETES	6
2.1 Tyypin 1 diabeteksen hoito.....	6
2.1.1 Hoitotavoitteet verensokeritasapainon suhteen.....	8
2.1.2 Hoitotavoitteet lisäsairauksien ehkäisyn suhteen	9
2.2 Tyypin 1 diabeetikoiden hoitotilanne	11
3 HIILIHYDRAATIT TYYPIN 1 DIABEETIKOIDEN RUOKAVALIOHOIDOSSA	13
3.1 Diabeetikoiden ruokavaliosuositukset	13
3.2 Hiilihydraattilaskenta ja ateriainsuliinin annostelu tyypin 1 diabeetikoiden hoidossa...	17
3.3 Hiilihydraattirajoitus tyypin 1 diabeetikoiden hoidossa	19
3.3.1 Hiilihydraattirajoituksen vaikutukset tyypin 1 diabeetikoiden verensokeritasapainoon	23
3.3.2 Hiilihydraattirajoituksen vaikutukset tyypin 1 diabeetikoiden sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöihin.....	25
4 POHDINTA.....	27
4.1 Hiilihydraattimäärän ja tyypin 1 diabeetikoiden hoitotasapainon välisiä yhteyksiä tarkastelevien tutkimusten arviointi ja tulkinnan haasteet	27
4.2 Hiilihydraattirajoitukseen liittyvät mahdolliset hyödyt tyypin 1 diabeetikoilla	29
4.3 Hiilihydraattirajoitukseen liittyvä kritiikki ja mahdolliset haasteet tyypin 1 diabeetikoilla.....	31
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	36
LÄHTEET	38

1 JOHDANTO

Diabeteksella tarkoitetaan ryhmää sairauksia, joille on yhteistä veren glukoosi- eli sokeripitoisuuden liiallinen kohoaminen (Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016). Diabetes jaetaan tavallisesti kahteen päätyyppiin, tyypin 1 ja tyypin 2 diabetekseen, mutta näiden lisäksi on monia harvinaisempia muotoja. Suomessa arvioidaan olevan kaiken kaikkiaan jo yli 500 000 diabeetikkoa ja ennusteen mukaan määrä kasvaa koko ajan. Suurin osa diabeetikoista niin Suomessa kuin muissakin maissa on tyypin 2 diabeetikkoja. Tyypin 1 diabeetikkoja Suomessa on noin 50 000, joka vastaa noin 10–15 % kaikista diagnosoiduista diabeetikoista. Tyypin 1 diabeteksen ilmaantuvuuden on havaittu olevan Suomessa maailman suurin. Syytä tähän ei tunneta, vaikka mahdollisten riskitekijöiden vaikutuksia tutkitaan runsaasti (Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016, Saraheimo ja Sane 2015). Yleensä tyypin 1 diabetekseen sairastutaan alle 40-vuotiaana, mutta siihen on mahdollista sairastua minkä ikäisenä tahansa (Saraheimo 2015).

Tyypin 1 diabeteksessa insuliinia tuottavat haiman betasolut tuhoutuvat sisäsyntyisen tulehduksen eli autoimmunitulehduksen seurauksena, joka johtaa insuliinin puutoksen kehittymiseen ja täten verensokerin kohoamiseen (Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016). Tämän vuoksi tyypin 1 diabeetikko tarvitsee aina insuliinihoitoa, jonka tavoitteena on pitää verensokeri mahdollisimman lähellä normaalia. Insuliinihoidolla pyritään edistämään päivittäistä hyvinvointia ja toisaalta myös vähentämään pitkäaikaiseen liian korkeaan verensokeriin liittyvien lisäsairauksien riskiä (Ilanne-Parikka 2015a). Tyypin 1 diabeetikoilla on suurentunut riski sairastua ja kuolla sydän- ja verisuonisairauksiin, joten olennainen osa hoitoa on kokonaisvaltainen riskitekijöiden hoitaminen myös terveellisillä elämäntavoilla (Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016).

Diabeetikkojen hoitotasapainoa Suomessa vuosina 2009–2010 tarkastelevan tutkimuksen mukaan hyvän verensokeritasapainon saavutti vuonna 2009 vain 22 % 15 vuotta täyttäneistä tyypin 1 diabeetikoista (n = 963), vaikka diabeteksen hoito onkin kehittynyt paljon viime vuosikymmeninä (Valle ym. 2010). On arvioitu, että nykyisellä hoitotasolla Suomessa noin kolmasosalle tyypin 1 diabeetikoista kehittyy hoitoa vaativia pienten verisuonten sairauksia (Ahomäki ym. 2014a). Lisäksi tyypin 1 diabetes aiheuttaa edelleen merkittävän määrän myös vakavampia valtimotauteja, kuten esimerkiksi sepelvaltimotautia. Diabeteksestä aiheutuvat sairaanhoidon kustannukset ovat erittäin merkittäviä, sillä ne muodostavat Suomen terveydenhuollon kokonaismenoista noin 15 % (Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016). Taloudellisesti ajateltuna on erittäin hyödyllistä hoitaa kaikkia diabeetikkoja siten, että

lisäsairauksilta pyritään välttymään parhaimman mukaan (Jarvala ym. 2010). Tällä tavoin pienennetään merkittävästi diabeteksen hoidon kokonaiskustannuksia.

Diabeetikoille suositellaan Suomessa nykyisin tavallisesti pääpiirteissään samanlaista ravitsemussuositusten mukaista ruokavaliota kuin terveillekin riippumatta diabeteksen tyypistä (Suomen Diabetesliitto ry 2008, Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Hiilihydraateilla on keskeinen merkitys tyypin 1 diabeetikoiden ruokailussa, koska hiilihydraatit vaikuttavat eniten aterian jälkeiseen verensokerin nousuun. Tämän vuoksi aterioilla tarvittava insuliini annostellaan yleensä hiilihydraattimäärän perusteella. Hiilihydraattien osuudeksi diabeetikoiden ruokavaliassa suositellaan Suomessa 45–60 % kokonaisenergiämäärästä (Suomen Diabetesliitto ry 2008). Eri maiden diabetesruokasuosituksissa esiintyy tiettyjä eroavaisuuksia, vaikka pääpiirteet suositeltavasta ruokavaliosta ovatkin samantyyllisiä. Uudemmissa diabetesruokasuosituksissa korostetaan yhä enemmän diabeetikoiden yksilöllisyyttä, eikä esimerkiksi Ruotsin, Ison-Britannian ja USA:n suosituksissa enää ole annettu tarkkoja lukuarvosuosituksia energiaravintoaineiden osuuksista (Socialstyrelsen 2011, Diabetes UK Nutrition working group members 2011, Evert ym. 2014).

Diabeetikoille suositeltiin 1970-luvulle asti hiilihydraattirajoitteista ruokavaliota (Uusitupa 2012), ja sitä on jälleen ehdotettu diabeetikoiden ensisijaiseksi ruokavalioksi kyseenalaistaen runsaammin hiilihydraatteja sisältävän ruokavalioiden edut (Feinman ym. 2015). Tämän kandidaatintutkielman tavoitteena on selvittää olemassa olevaa tutkimusnäyttöä hiilihydraattimäärän vaikutuksesta aikuisten tyypin 1 diabeetikoiden hoitotasapainoon. Hiilihydraatteja rajoitettaessa erityisesti rasvan osuus yleensä lisääntyy riittävän energiansaannin vuoksi, joten tarkoituksena on myös selvittää, voiko hiilihydraattirajoitukseen liittyvä rasvan saannin lisääminen mahdollisesti vaikuttaa haitallisesti tyypin 1 diabeetikoiden sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöihin. Tutkielmassa tarkastellaan tyypin 1 diabeetikon ruokavaliota kokonaisuutena, koska samalla on myös pyrkimys muodostaa kokonaiskäsitys siitä, että voidaanko hiilihydraattirajoitteista ruokavaliota suositella tyypin 1 diabeetikolle.

2 TYYPIN 1 DIABETES

Tyypin 1 diabetes kehittyy insuliinia tuottavien haiman Langerhansin saarakkeiden beetasolujen tuhoutuessa, joka johtaa asteittain aina täydelliseen insuliinin puutokseen (Saraheimo 2015). Kyse on lähes aina autoimmuunitulehduksesta, jossa elimistön puolustusjärjestelmä tunnistaa virheellisesti haiman insuliinia erittävät solut ja alkaa vaurioittaa niitä. Vaurio on pysyvä. Lihas- ja rasvakudos sekä maksa ovat tärkeimpiä insuliinin kohdekudoksia (Mutanen ja Voutilainen 2012a). Normaalisti insuliini aktivoi GLUT4-kuljettajaproteiinia, joka siirtää tehokkaasti glukoosia luurankolihasiin ja rasvakudokseen, mikä alentaa veren glukoosipitoisuutta. Insuliinin puutoksen vuoksi lihas- ja rasvakudos eivät pysty ottamaan vastaan ja metaboloimaan glukoosia normaalisti, joka johtaa osaltaan veren glukoosipitoisuuden suurenemiseen (Uusitupa 2012). Lisäksi veren glukoosipitoisuuden suurenemiseen vaikuttaa insuliinin puutteesta johtuva maksan glukoosin uudismuodostuksen ja glykogeenin hajoamisen kiihtyminen sekä glykogeenin vähentynyt muodostuminen.

Taulukossa 1 on esitetty diabeteksen toteamiseen tarvittavat glukoosi- eli sokeripitoisuuden raja-arvot. Normaalin ja diabeteksen raja-arvojen välille mahtuvat vielä paastoarvon kohdalla määritelmä kohonnut paastoarvo ja glukoosirasituskokeen kohdalla määritelmä heikentynyt sokerinsieto (Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016). Nämä ovat kuitenkin lähinnä tyypin 2 diabeteksen riskiä kuvaavia määritelmiä.

Taulukko 1. Diabeteksen toteaminen. Laskimoverestä otetun plasmanäytteen glukoosipitoisuuden raja-arvot (Muokattu Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016).

Mitattava suure	Normaali	Diabetes
Paastoarvo, mmol/l	≤ 6,0 (WHO ¹), ≤ 5,5 (ADA ²)	≥ 7,0
Glukoosirasituskokeen kahden tunnin arvo, mmol/l	< 7,8	> 11,0
Satunnainen arvo oireisella potilaalla, mmol/l		> 11,0
HbA _{1c} -pitoisuus ³ , mmol/mol, %	< 39 (< 5,7)	≥ 48 (≥ 6,5)

¹) WHO = Maailman terveysjärjestö

²) ADA = American Diabetes Association

³) HbA_{1c}-pitoisuus = Veren punasolujen hemoglobiiniin kiinnittyneen glukoosin määrä

2.1 Tyypin 1 diabeteksen hoito

Tyypin 1 diabeteksen hoidon perustana on yksilöllinen, elämänrytmiin sovitettu omahoito (Ahomäki ym. 2014b). Insuliinin puutteesta johtuen tyypin 1 diabeetikko on aina pysyvästi riippuvainen ulkoisesta ihon alle annosteltavasta insuliinista. Perusinsuliinin erityis korvataan nykyään tavallisesti pitkäaikaisesti vaikuttavalla insuliinilla 1–2 pistoksella vuorokaudessa tai

vaihtoehtoisesti jatkuvasti pikainsuliinia annostelevalla insuliinipumpulla. Aterioiden yhteydessä tarvitaan erillisiä insuliiniannoksia ruoan verensokeria nostavan vaikutuksen vuoksi, jonka takia aterioilla käytetään tavallisesti pikainsuliinia joko pistoksina tai pumpulla annosteltuna. Hiilihydraattien määrä ja laatu säätelevät ensi sijassa veren sokeripitoisuuden suurenemista heti aterian jälkeen, jonka vuoksi tyypin 1 diabeetikon ruokavaliassa hiilihydraateilla on tärkeä merkitys (Uusitupa 2012). Insuliiniannokset on opittava sovittamaan erityisesti aterioiden hiilihydraattimääriin ja päivittäiseen liikkumiseen sopiviksi verensokeriarvojen perusteella (Ahomäki ym. 2014b). Verensokerimittarilla tehtävät omatoimiset verensokerimittaukset ovat siksi tärkeässä osassa hoitoa.

Liikunnalla on sekä lyhytaikaisia että pitempiaikaisia vaikutuksia verensokeriin (Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016). Kevyt ja pitkäkestoinen liikunta usein laskee verensokeria tehokkaasti liikunnan aikana. Rajumpi reilusti sykettä nostava liikunta saattaa puolestaan ensin nostaa verensokeria, kunnes myöhemmin tunteja suorituksen jälkeen saattaa riskinä olla jopa liiallinen verensokerin lasku. Tämän vuoksi liikunnan määrä ja laatu tulee ottaa huomioon insuliinia annosteltaessa. Liikuntaa ei yleensä pidetä tyypin 1 diabeetikoille varsinaisena hoitona verensokeritasapainon kannalta (Uusitupa 2012). Liikunta kuitenkin parantaa insuliiniherkkyyttä eli insuliinin tehoa elimistössä ja auttaa osaltaan painonhallinnassa. Lisäksi liikunta on hyödyllistä sydän- ja verisuoniterveyden kannalta, koska liikunnan on todettu vaikuttavan edullisesti kolesteroliarvoihin.

Tyypin 1 diabeteksen hoidossa pyritään insuliinihoidon avulla jäljittämään normaalia haiman toimintaa, ja tavoitellaan verensokerin mahdollisimman normaaleja pitoisuuksia (Ahomäki ym. 2014b, Ilanne-Parikka 2015a). Käytännössä tämä ei kuitenkaan ole täysin mahdollista, joten huolellisesta hoidosta huolimatta verensokeri joskus heittelee arvaamattomasti (Ahomäki ym. 2014b, Ilanne-Parikka 2015a). Ruokailu ja liikunta eivät suinkaan ole ainoat verensokeriin vaikuttavat ja insuliinihoidossa huomioitavat tekijät, sillä verensokeriin vaikuttavat lisäksi muun muassa insuliinin imeytymisvaihtelut pistospaikasta, hormonitoiminnan vaihtelut, sairaudet ja stressitaso. Tyypin 1 diabetes on täten erittäin yksilöllinen sairaus.

Tyypin 1 diabeetikko on alttiina sekä liian alhaiselle verensokerille eli hypoglykemialle ja toisaalta liian korkealle verensokerille eli hyperglykemialle (Ahomäki ym. 2014b). Hypoglykemian voi aiheuttaa tilanteeseen nähden liian suuri insuliiniannos, syömättömyys, runsas liikunta tai nämä tekijät yhdessä (Uusitupa 2012). Pahimmillaan tilanne voi johtaa tajuttomuuteen, insuliinisokkiin (Ahomäki ym. 2014b). Jos insuliinia on puolestaan tarpeeseen

nähdessä liian vähän, seurauksena on verensokerin kohoaminen. Insuliinin puute voi jatkuessaan aiheuttaa hengenvaarallisen tilan, happomyrkytyksen eli ketoasidoosin, johon liittyy muun muassa kuivumista, veren alhainen pH, elektrolyyttihäiriöitä ja pahimmillaan tajuttomuustila, kooma (Uusitupa 2012). Happomyrkytyksen riski voi liittyä esimerkiksi tyypin 1 diabeteksen toteamisvaiheeseen, jolloin insuliinihoitoa ei ole vielä aloitettu (Ahomäki ym. 2014b). Lisäsairauksien riski liittyy enemmän pitkäaikaisesti koholla olevaan verensokeriin.

2.1.1 Hoitotavoitteet verensokeritasapainon suhteen

Diabetesta sairastavien verensokeritasapainoa arvioidaan pääasiassa verensokerin omamittausten ja pitempiaikaista verensokeritasoa kuvaavan HbA_{1c}-arvon perusteella, joka määritetään laboratoriossa (Ilanne-Parikka 2015b). Terveellä henkilöllä verensokeri pysyy pääsääntöisesti välillä 4–8 mmol/l ja HbA_{1c}-arvo on 4–6 % eli 20–42 mmol/mol (Ahomäki ym. 2014b). Diabeteksen Käypä hoito -suosituksen (2016) mukaan HbA_{1c}:n normaalin raja-arvona kuitenkin on alle 5,7 % eli alle 39 mmol/mol. Tyypin 1 diabeetikoilla pidetään tavoitteena, että verensokeri olisi yöllä, aamulla heräämisen jälkeen ja ennen aterioita useimmiten välillä 4–7 mmol/l (Ilanne-Parikka 2015c). Tähän tähdätään erityisesti perusinsuliinin sopivalla annostelulla. 1,5–2 tuntia syömisen jälkeen verensokerin tulisi olla pääsääntöisesti alle 8–10 mmol/l. Tässä ateriainsuliinin annostelulla on ratkaiseva merkitys. Käypä hoito -suosituksen (2016) mukaiset diabeetikoiden yleiset glukoositasapainotavoitteet on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Diabeetikon hoidon yleiset tavoitteet glukoositasapainon osalta (muokattu Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016).

Mittari	Tavoite	Huomioitavaa
HbA _{1c} ¹ , mmol/mol, %	Alle 53 (alle 7,0)	Ellei vakavia hypoglykemioita (yksilöllinen tavoiteasettelu)
Glukoosipitoisuuden paastoarvo, mmol/l	Alle 7,0	Omamittauksissa
Aterian jälkeinen glukoosipitoisuus*, mmol/l	Alle 10,0	Omamittauksissa

¹⁾ HbA_{1c}-pitoisuus = Veren punasolujen hemoglobiiniin kiinnittyneen glukoosin määrä

* noin 2 tuntia ateriasta

Huomioitavaa on taulukossa 2 mainittu kohta yksilöllisestä tavoiteasettelusta HbA_{1c}-arvon kohdalla. Hoidon tavoitteet määritetään aina jokaisen diabeetikon kohdalla yksilöllisesti, jolloin yksilölliset tavoitteet voivat olla monista syistä johtuen tiukempia tai väljempinä kuin yleiset tavoitteet (Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016). Esimerkiksi insuliinihoitoisilla tyypin 1 diabeetikoilla HbA_{1c}-arvon hyvänä tavoitetasona pidetään väliä 6,5–7,5 % eli 50–60 mmol/mol,

koska tavallisesti tätä alemmilla arvoilla kasvaa liian matalan verensokerin riski (Ilanne-Parikka 2015b). Toisaalta tätä korkeammilla arvoilla kasvaa riski elinmuutoksiin.

HbA_{1c}-arvo eli sokerihemoglobiini kuvaa keskimääräistä veren sokeripitoisuutta mittausta edeltävältä 6–8 viikolta (Ilanne-Parikka 2015b). Se ei ole kuitenkaan suoraan verrannollinen verensokeriin, koska esimerkiksi edellä mainittu vaihteluväli 6,5–7,5 % eli 50–60 mmol/mol vastaa keskimäärin verensokeritasoa noin 7,7–9,3 mmol/l. HbA_{1c}-arvon uudempi yksikkö mmol/mol otettiin käyttöön vuonna 2010 kansainvälisesti, ja se mahdollistaa paremman vertailun eri laboratorioden välillä kuin vanha prosenttilukuina ilmoitettu yksikkö. Vanhempaa ilmoitustapaa käytetään silti edelleen uudemman rinnalla. HbA_{1c}-arvo kertoo punasolujen hemoglobiinin sokeroitumisasteen eli toisin sanoen sen, kuinka paljon sokeria on kiinnittynyt punasolujen proteiinirakenteisiin. Punasolujen hemoglobiiniin ja muihin kudosten proteiineihin kertyy sitä enemmän sokeria, mitä korkeammalla verensokeritaso on. Pitkäaikainen liiallinen sokerin eli glukoosin kertyminen elimistön proteiineihin aiheuttaa niihin vaurioita. Tämän vuoksi HbA_{1c}-arvoa voidaan käyttää arvioimaan elimistön pitkäaikaisen sokerikuormituksen aiheuttamaa lisäsairauksien riskiä (Ilanne-Parikka 2015b).

2.1.2 Hoitotavoitteet lisäsairauksien ehkäisyn suhteen

Pitkäkestoisesti koholla oleva verensokeri vaurioittaa tyypin 1 diabetesta sairastavan pieniä verisuonia ja altistaa diabeetikon silmävaurioille (diabeettinen retinopatia), munuaisvaurioille (diabeettinen nefropatia) ja hermovaurioille (diabeettinen neuropatia) (Ahomäki ym. 2014b). Diabetes lisää merkittävästi myös riskiä suurten verisuonten lisäsairauksiin, kuten sepelvaltimotautiin, aivoinfarktiin ja alaraajojen valtimoita ahtauttavaan ääreisvaltimotautiin. Tämän vuoksi hoitotavoitteet lisäsairauksien ehkäisyn suhteen liittyvät erityisesti tehokkaaseen verensokeritasapainon hoitoon ja muihin sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöiden hoitoon.

Merkittävä yhdysvaltalainen The Diabetes Control and Complications Trial -tutkimus (DCCT 1993) osoitti vuonna 1993, että liian korkea verensokeritaso on keskeisin lisäsairauksille altistava tekijä tyypin 1 diabeetikoilla. Tehostetulla verensokeritasapainon hoidolla onnistuttiin vähentämään pienten verisuonten lisäsairauksien eli diabeettisten silmä-, munuais- ja hermomuutosten ilmaantumista jopa alle puoleen verrattuna sen hetkiseen tavanomaiseen hoitoon. Lisäksi tehostettu hoito vähensi riskiä sydän- ja verisuonisairauksiin. HbA_{1c}-arvo oli keskimäärin 7 % tehostetun hoidon ryhmässä, jossa käytettiin muun muassa optimaalisempaa insuliinihoitoa, verensokerin seuranta ja ravitsemushoitoa. Tavanomaisen hoidon ryhmässä

HbA_{1c}-arvo oli keskimäärin 9 %. Kääntöpuolena asiassa oli kuitenkin se, että tehostetun hoidon ryhmässä esiintyi enemmän hypoglykemiaa kuin tavanomaisen hoidon ryhmässä, ja lisäksi painonnousu oli ongelma tehostetun hoidon ryhmässä (DCCT 1993).

DCCT-tutkimuksesta tehdyssä ravitsemusanalyysissä tehostetun hoidon ryhmässä vähäisemmän hiilihydraattien saannin katsottiin olevan yhteydessä HbA_{1c}-arvojen nousuun, kuten myös suurempien insuliiniannosten, suuremman kokonaisrasvan, tyydyttyneen rasvan ja kertatyydyttymättömän rasvan saannin (Delahanty ym. 2009). Hiilihydraattien saanniksi raportointiin keskimäärin 45,5 E% tehostetun hoidon ryhmässä (n = 532). Esimerkinomaisesti poikkileikkaustutkimus eurooppalaisista tyypin 1 diabeetikoista (n = 2084) tuli puolestaan siihen tulokseen, että suurempi kokonaishiilihydraattien määrä ja perunan hiilihydraattien määrä olivat yhteydessä HbA_{1c}-arvojen nousuun (Buyken ym. 2000). Kasvisten hiilihydraatit olivat kuitenkin yhteydessä matalampaan HbA_{1c}-arvoon. Hiilihydraattien saanti oli keskimäärin 42,8 E% diabeetikoilla, jotka tarvitsivat kolme tai enemmän insuliiniannosta päivässä (n = 1059). Edellä mainitut tutkimukset ovat kuitenkin sellaisia, joista ei poikkileikkausasetelman vuoksi voida selvittää syy- ja seuraussuhteita.

Korkea verensokeritaso ei ole suinkaan ainoa lisäsairauksille altistava riskitekijä tyypin 1 diabeetikoilla. Tavalliset sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijät altistavat myös diabeetikon kroonisille sairauksille (Ahomäki ym. 2014b). Tämän vuoksi on erityisen tärkeää hoitaa kohonnuttua verenpainetta ja rasva-aineenvaihdunnan häiriöitä sekä muita metaboliseen oireyhtymään viittavia riskitekijöitä, kuten ylipainoa. Lisäsairauksille voivat altistaa vielä monet muutkin tekijät, kuten tupakointi ja muut päihteet, tietyt ravintotekijät, perintötekijät, ikä ja sukupuoli. Taulukossa 3 on esitetty diabeteksen Käypä hoito -suosituksen (2016) mukaiset diabeetikon hoidon yleiset tavoitteet veren rasva-arvojen ja verenpaineen osalta.

Taulukko 3. Diabeetikon hoidon yleiset tavoitteet lipidien ja verenpaineen osalta (Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016).

Mittari	Tavoite	Huomioitavaa
LDL-kolesterolipitoisuus, mmol/l	Alle 2,5	Kaikilla diabeetikoilla
	Alle 1,8 tai ≥ 50 %:n vähenemä lähtöarvosta	Diabeetikoilla, joilla on valtimosairaus, mikrovaskulaari-komplikaatioita tai muita valtimosairauden riskitekijöitä
Verenpaine, mmHg	Alle 140/80	

Yleiset väestötasolla annettavat suositukset veren rasva- eli lipidiarvoista ovat: kokonaiskolesteroli alle 5,0 mmol/l, LDL-kolesteroli alle 3,0 mmol/l, HDL-kolesteroli yli 1,0 mmol/l miehillä ja yli 1,2 mmol/l naisilla, ja triglyseridit alle 1,7 mmol/l (Dyslipidemat, Käypä hoito -suositus 2013). LDL-kolesterolipitoisuutta pidetään ensisijaisena hoidon kohteena rasva-aineenvaihdunnan häiriöissä. HDL-kolesterolin ja triglyseridien pitoisuudet huomioidaan riskin arvioinnissa, mutta niille ei tavallisesti aseteta varsinaisia hoitotavoitteita. Verenpaineen osalta suositus väestötasolla on alle 140/90 mmHg. Diabeetikot kuuluvat suuren riskin henkilöihin, jonka vuoksi tavoitearvot LDL-kolesterolin ja verenpaineen suhteen ovat tiukemmat. Tyypin 1 diabeteksen on todettu erityisesti suurentavan valtimosairauden riskiä, jos henkilöllä on mikroalbuminuria, muu mikrovaskulaarisairaus tai muita riskitekijöitä (Dyslipidemat, Käypä hoito -suositus 2013).

2.2 Tyypin 1 diabeetikoiden hoitotilanne

Diabeteksen hoito on yleisesti ottaen kehittynyt Suomessa viime vuosikymmeninä runsaasti ja vakavien lisäsairauksien määrä on vähentynyt (Valle ym. 2010, Ahomäki ym. 2014b). Tästä huolimatta tyypin 1 diabetesta sairastavien hoitotasapaino on monelta osin heikolla tasolla, jossa ei ole tapahtunut juuri muutoksia parempaan suuntaan. Hälyttävän huonossa tasapainossa olevien osuus on kuitenkin vähentynyt. Arvion mukaan nykyisellä hoitotasolla Suomessa noin kolmasosalle tyypin 1 diabeetikoista kehittyy pienten verisuonten lisäsairauksia (Ahomäki ym. 2014b). Diabeettinen retinopatia eli silmänpohjasairaus on tavallisin tyypin 1 diabetekseen liittyvä lisäsairaus. Jonkin asteisen diabeettisen retinopatian on havaittu kehittyvän 20 vuoden kuluessa sairastumisesta jopa 80–100 %:lle alle 30-vuotiaana tyypin 1 diabetekseen sairastuneista (Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016).

Vallen ym. (2010) Diabeetikkojen hoitotasapaino Suomessa vuosina 2009–2010 -tutkimuksen mukaan hyvän verensokeritasapainon eli HbA_{1c}-arvon alle 7,5 % saavutti vuonna 2009 vain 22 % 15 vuotta täyttäneistä tyypin 1 diabeetikoista (n = 963). Näiden tutkittavien verenpaine- arvot olivat hieman huonontuneet ja keskimääräinen painoindeksi oli noussut vuosien 2000–2001 vastaavanlaiseen poikkileikkaustutkimukseen verrattuna. Verensokeritaso oli pysynyt lähes muuttumattomana ja veren rasva-arvot olivat hieman parantuneet vuoteen 2000 verrattuna. Vuonna 2000 HbA_{1c}-arvon mediaani oli 8,5 %, verenpainemedianaani 130/80 mmHg, painoindeksimediaani 24,6 kg/m² ja LDL-kolesterolimediaani 2,73 mmol/l. Vuonna 2009 vastaavat arvot olivat 8,4 %, 136/80 mmHg, 25,1 kg/m² ja 2,4 mmol/l (Valle ym. 2010).

Hyvän verensokeritasapainon tärkeyden lisäsairauksien ehkäisyn kannalta osoittaneen DCCT - tutkimuksen (1993) jälkeen diabeteksen hoito on kehittynyt maailmanlaajuisesti monella tasolla. Esimerkiksi insuliinivalmisteet ovat kehittyneet paremmiksi ja tietoisuus diabeteksen hoidosta on parantunut. Tästä huolimatta sama havainto kuin Suomessa on todettavissa monissa maissa. Suurin osa tyypin 1 diabeetikoista ei saavuta hyvää verensokeritasapainoa. Useimmissa kansallisissa ja kansainvälisissä suosituksissa tyypin 1 diabeetikoille määritellään suositelluksi ja hyvänä pidettäväksi verensokeritasapainoksi HbA_{1c}-arvon väliä 50–60 mmol/mol eli 6,5–7,5 % (McKnight ym. 2015). McKnightin ym. (2015) 19 maata tarkastelevan tutkimuksen mukaan eri maiden ja eri ikäisten tyypin 1 diabeetikoiden välillä on huomattavaa vaihtelua verensokeritasapainon suhteen. Kaikki maat ja eri ikäiset yhteenlaskettuna vain 28 % tutkituista saavutti suositellun ja hyvänä pidetyn verensokeritasapainon.

Sekä Valle ym. (2010) että McKnight ym. (2015) havaitsivat, että selvästi heikoin verensokeritasapaino on nuorilla ja nuorilla aikuisilla. Esimerkiksi Vallan ym. (2010) tutkimuksessa huonoin verensokeritasapaino oli 15–25-vuotiailla, joilla HbA_{1c}-arvon mediaani oli 9,1–9,2 %. Lisäksi verenpainetasot olivat nousseet vuoteen 2000 verrattuna ainoastaan alle 30-vuotiailla tyypin 1 diabeetikoilla. Kohonnut verenpaine on yhdessä huonon sokeritasapainon kanssa diabeettisen munuaistaudin keskeinen riskitekijä, ja toisaalta munuaistautiin liittyy huomattavasti suurentunut riski sairastua sydän- ja verisuonisairauksiin (Groop ym. 2009, Ahomäki ym. 2014b). Diabeettinen munuaistauti ja sydän- ja verisuonisairaudet ovat suurimmat syyt diabeetikoiden enneaikaiseen kuolleisuuteen.

Ylipaino ja siihen liittyvät aineenvaihduntahäiriöt alkavat olla ongelma myös tyypin 1 diabeetikoilla, kuten ne ovat erityisesti tyypin 2 diabeetikoilla. Arviolta jopa puolet tyypin 1 diabeetikoista on ylipainoisia (Valle ym. 2010, Chillarón ym. 2014), ja 8–45 % potilaista täyttää metabolisen oireyhtymän kriteerit, joihin liittyy keskeisesti keskivartalolihavuus, kohonnut verenpaine, rasva-aineenvaihdunnan häiriöt ja insuliiniresistenssi eli insuliinin heikentynyt vaikutus (Chillarón ym. 2014, Gingras ym. 2017). Metabolisen oireyhtymän diagnosoimiseen liittyy kuitenkin tiettyjä ongelmia tyypin 1 diabeetikoiden kohdalla, koska esimerkiksi kriteerinä oleva kohonnut paastoglukoosi on epäkäytännöllinen kriteeri tyypin 1 diabeetikoilla (Gingras ym. 2017). Selvää kuitenkin on, että hyvän verensokerin hoidon ohella täytyy kiinnittää yhtä lailla huomiota myös muihin sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöihin (Chillarón ym. 2014, Gingras ym. 2017). Kokonaan oma kysymyksensä tietysti on se, että missä on vika, kun hoidon nykyaikaisesta kehityksestä huolimatta verensokeritasot eivät parane ja ylipainon tuomat ongelmat lisääntyvät tyypin 1 diabeetikoilla.

3 HIILIHYDRAATIT TYYPIN 1 DIABEETIKOIDEN RUOKAVALIOHOIDOSSA

3.1 Diabeetikoiden ruokavaliosuositukset

Diabetesruokasuositukset noudattavat pitkälti yleisiä koko väestölle suunnattuja ravitsemussuosituksia, ja pääsääntöisesti useimmat ohjeistukset on tarkoitettu sekä tyypin 1 ja 2 diabeetikoille. Pääpiirteet diabeetikoille suositeltavasta ruokavaliosta ovat samantyyllisiä eri maiden diabetesruokasuosituksissa ainakin ruoka-ainetasolla. Yleisesti diabeetikoille suositeltaviin ruoka-aineisiin kuuluvat muun muassa kasvikset, marjat, hedelmät, täysjyväviljat, kala, palkokasvit, pähkinät ja kasviöljyt. Uudemmissa diabeetikoiden ruokavaliosuosituksissa korostuu yhä enemmän diabeetikon yksilöllisyys, joka rohkaisee diabeetikkoja soveltamaan ruokavaliotaan itselleen ja elämäntilanteeseensa sopivalla tavalla. Suosituksissa pidetään kuitenkin tärkeänä riittävää ja asiantuntevaa ohjausta ruokavalion koostamisessa. Ruokavalion koostamisessa tulisi aina kiinnittää huomiota verensokeriin ja lisäsairauksien ehkäisyyn, mutta myös yleisesti riittävään ravitsemukselliseen laatuun.

Tässä työssä tarkastelun kohteena ovat Euroopan (Mann ym. 2004), Suomen (Suomen Diabetesliitto ry 2008), Ruotsin (Socialstyrelsen 2011), Ison-Britannian (Diabetes UK Nutrition working group members 2011), Kanadan (Dworatzek ym. 2013) ja USA:n (Evert ym. 2014) diabetesruokasuositukset. Suositukset on suunnattu ensisijaisesti aikuisille diabeetikoille lukuun ottamatta Suomen suositusta, jossa eri ikäkaudet on huomioitu. Seuraavan sivun taulukossa 4 on vertailtu energiaravintoaineiden eli hiilihydraattien, proteiinien ja rasvojen suositeltavia osuuksia kokonaisenergiämäärästä ja suositeltavaa kuidun saantia näissä suosituksissa.

Mann ym. (2004) eurooppalainen diabetesruokasuositus vuodelta 2004 loi pohjaa suomalaiselle Diabetesliiton ruokavaliosuositusryhmän laatimalle diabetesruokasuositukselle, joka julkaistiin vuonna 2008 (Suomen Diabetesliitto ry 2008). Eurooppalaisessa, suomalaisessa ja kanadalaisessa suosituksessa on havaittavissa yhtenäisyyksiä. Esimerkiksi hiilihydraattien suositeltava osuus kokonaisenergiämäärästä on kaikissa sama 45–60 %. Kanadan suosituksessa mainitaan, että hiilihydraatteja voi olla 60 % energiansaannista, jos hiilihydraatit valitaan runsaasti kuitua ja matalan glykeemisen indeksin sisältävistä lähteistä (Dworatzek ym. 2013). Glykeeminen indeksi eli GI kuvaa tietyn hiilihydraattilähteen aiheuttamaa verensokerin nousua suhteessa standardina käytettyyn vaaleaan leipään tai glukoosiin (Uusitupa 2012). Matalampi GI aiheuttaa hitaamman verensokerin nousun verrattuna korkeamman GI:n lähteeseen.

Taulukko 4. Euroopan, Suomen, Ruotsin, Ison-Britannian, Kanadan ja USA:n diabetesruokasuositukset. Vertailussa energiaravintoaineiden suositeltavat osuudet prosentteina ruokavalion kokonaisenergiasta (E%) ja suositeltava kuidun saanti grammoina (g) tyyppin 1 diabeetikon ruokavaliassa.

Ruokavaliosuositus	Hiilihydraatit, E%	Proteiinit, E%	Rasvat, E%	Kuitu, g/vrk
Eurooppa, 2004 (Mann ym. 2004)	45–60 (lisättyä sokeria <10)	10–20 (kroonisessa munuaistaudissa 0,8 g/ihannepainokilo/vrk)	≤35 (tyydyttyneet ja transrasvahapot <10)	>40 ihanne (tai 20 g/1 000 kcal)
Suomi, 2008 (Suomen Diabetesliitto ry 2008)	45–60 (lisättyä sokeria <10)	10–20 (varhaisessa ja pidemmälle edenneessä munuaistaudissa rajoitus n. 0,8–1 g/ihanne- painokilo/vrk)	25–35 (tyydyttyneet ja transrasvahapot <10)	40 (tai 20 g/1 000 kcal, yli 1-vuotiaat lapset 12–14 g/1 000 kcal)
Ruotsi*, 2011 (Socialstyrelsen 2011)	30–60	15 – yli 20	25 – yli 40 (tyydyttymättömien rasvojen lähteitä suositellaan)	Suosittelavia lukuarvoja ei ole annettu.
Iso-Britannia, 2011 (Diabetes UK Nutrition working group members 2011)	Suosituksen mukaan ei ole näyttöä ihanteellisesta hiilihydraattien määrästä, joten suositeltavia luku- arvoja ei ole annettu.	Suosittelavia lukuarvoja ei ole annettu. Diabeettisen munuais- taudin kohdalla mainitaan, että proteiinirajoituksesta ei ole selvää näyttöä.	Suosittelavia lukuarvoja ei ole annettu. Tyydytty- neitä rasvahappoja suosi- tellaan korvaamaan tyy- dyttymättömillä. Trans- rasvahappoja suositellaan välttämään.	≥24 Näyttöä kuidun veren- sokeritasapainoa paran- tavasta vaikutuksesta pidetään epäselvänä.
Kanada, 2013 (Dworatzek ym. 2013)	45–60 (lisättyä sokeria ≤10, sisältää sakkaroosin ja fruktoosin)	15–20 (kroonisessa munuaistaudissa 0,8 g/kg/vrk)	20–35 (tyydyttyneet rasvahapot <7. transrasvahappoja suositellaan välttämään)	25–50 (tai 15–25 g/1 000 kcal)
USA, 2014 (Evert ym. 2014)	Suosituksen mukaan ei ole selvää näyttöä ihanteellisesta kaikille so- pivasta hiilihydraattien määrästä, joten suositeltavia lukuarvoja ei ole annettu. Sokeroitujen tuotteiden käyttöä suositellaan rajoittamaan.	Suosituksen mukaan ei ole selvää näyttöä ihanteellisesta proteiinin määrästä, joten suositeltavia luku- arvoja ei ole annettu. Munuaistau- tiin ei suositella proteiinirajoitusta riittämättömän näytön vuoksi.	Suositusta rasvan kokonais- määrästä ei ole annettu puut- teellisen näytön vuoksi. Sen sijaan suosituksena on tyy- dyttyneet rasvat <10 E% ja transrasvojen välttäminen.	25-38 (tai 14 g/ 1 000 kcal) Näyttöä kuidun veren- sokeritasapainoa paran- tavasta vaikutuksesta pidetään vähäisenä.

* Suositeltavat energiaravintoaineiden osuudet on yhdistetty neljästä vaihtoehdoisista suosituksesta esitetyistä ruokavaliomalleista

Eri suositukset ovat rasvan laadun suhteen yksimielisiä. Tyydyttymättömien rasvojen lähteitä suositellaan ensisijaisesti, kun taas tyydyttyneiden ja transrasvojen saantia suositellaan rajoittamaan. Erityisesti tyydyttyneiden rasvahappojen korvaaminen kertatyydyttymättömillä rasvahapoilla ja transrasvahappojen välttäminen katsotaan edulliseksi sydän- ja verisuoniterveydelle. Ison-Britannian, Ruotsin ja USA:n suosituksissa huomio on ensisijaisesti rasvan laadussa kokonaismäärän sijaan. Lisätyn sokerin tai muuten sokeroitujen tuotteiden käyttöä suositellaan rajoitettavaksi useimmissa suosituksissa. Suosituksen ei kuitenkaan katsota perustuvan niinkään verensokeritasapainoon, vaan enemmän liiallisen sokerin ja sokeroitujen tuotteiden käytön aiheuttamiin muihin terveydellisiin haittoihin esimerkiksi sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöissä.

Kuidun saantia ja glykeemistä indeksiä käsitellään jollain tasolla kaikissa suosituksissa. Suosituksissa tuodaan esille erityisesti kuidun saannin yleisistä hyödyistä muun muassa sydän- ja verisuoniterveydelle, mutta erityisesti verensokeritasapainoa parantavasta vaikutuksesta on jonkun verran epäselvyyttä. Esimerkiksi USA:n suosituksessa kuidun verensokeritasapainoa parantavaa vaikutusta pidetään vähäisenä ja kritisoidaan sitä, että tutkimuksissa käytetyt kuitumäärät ovat olleet yleensä epärealistisen suuria, jopa yli 50 g/vrk annoksia (Evert ym. 2014). Lisäksi mainitaan hankaluudesta erottaa kuidun ja glykeemisen indeksin itsenäiset verensokeritasapainoa tai muita tekijöitä parantavat vaikutukset toisistaan. USA:n suosituksessa glykeemiseen indeksiin katsotaan liittyvän myös muitakin sekoittavia tekijöitä, koska tutkimuksissa matalan ja korkean glykeemisen indeksin rajat vaihtelevat, ja ihmisten verensokerivasteet voivat vaihdella samalle ruoka-aineelle ja riippuvat myös muista ruoalla nautituista ravintotekijöistä.

Euroopan, Suomen ja Kanadan diabetesruokasuosituksissa hiilihydraattien saannin alarajana on 45 E% (Mann ym. 2004, Suomen Diabetesliitto ry 2008, Dworatzek ym. 2013). Tällä pyritään muun muassa estämään rasvan ja proteiinin osuuden liiallista kasvamista. Suomalaisessa suosituksessa mainitaan, että hiilihydraattirajoitus voi johtaa liialliseen tyydyttyneen rasvan ja proteiinin saantiin (Suomen Diabetesliitto ry 2008). Suosituksen mukaan pitkäaikaisesta suosituksia alhaisemmasta hiilihydraattien saannista voi olla haittaa, kuten myös suosituksia suuremmasta proteiinin ja rasvan saannista. Ajatuksena on, että runsas tyydyttyneen rasvan saanti lisää sepelvaltimotaudin riskiä, runsas rasvan kokonaismäärä vähentää insuliiniherkkyyttä ja runsas proteiinin saanti saattaa lisätä riskiä munuaissairaudelle. Aro ja Heinonen (2015) ovat samoilla linjoilla suomalaisen vuoden 2008 suosituksen kanssa, mutta esille otetaan hiilihydraattien saanti tasolla alle 40 E%, jolloin rasvan ja proteiinin osuus voi

heidän mukaansa nousta liiallisesti. Aro ja Heinonen (2015) mainitsevat myös muun muassa kuidun saannin jäävän riittämättömäksi hiilihydraatteja rajoitettaessa.

Ruotsin diabetesruokasuosituksessa esitellään neljä erilaista vaihtoehtoista ruokavaliomallia, joilla kaikilla katsotaan olevan tieteellistä näyttöä, ja joita voidaan suositella yksilöllisen sopivuuden mukaan sekä tyyppin 1 ja 2 diabeetikoille (Socialstyrelsen 2011). Perinteinen diabetesruokavalio ja perinteinen diabetesruokavalio, joka ottaa huomioon GI:n sisältävät hiilihydraatteja 50–60 E%, proteiinia 15–20 E% ja rasvaa 25–35 E%. Välimeren ruokavaliossa hiilihydraatteja on 45–50 E%, proteiinia 15–20 E% ja rasvaa 35–40 E%. Yksi vaihtoehto on myös kohtalaisen vähähiilihydraattinen ruokavalio, jossa hiilihydraattien osuus on 30–40 E%, proteiinin >20 E% ja rasvan >40 E%. Suosituksessa esitellään lisäksi erittäin vähähiilihydraattinen ruokavalio, jossa on ilmoitettu hiilihydraattien osuudeksi 10–20 E%, proteiinin >35 E% ja rasvan >50 E%. Erittäin vähähiilihydraattista ruokavaliota ei kuitenkaan suositella, koska suosituksen mukaan pitkäaikaista näyttöä ei ole tarpeeksi. Tällaisen ruokavaliion yhteydessä painotetaan erityisesti tyydyttymättömien rasvojen suosimista.

Iso-Britannia ja USA ovat vältäneet diabetesruokasuosituksissaan antamasta lukuarvosuosituksia energiaravintoaineiden osuuksista (Evert ym. 2014, Diabetes UK Nutrition working group members 2017). Tätä näkemystä perustellaan sillä, että näyttöä kaikille diabeetikoille ihanteellisista energiaravintoaineiden keskinäisistä suhteista diabeetikon ruokavaliossa ei ole. Tätä tukee myös USA:n diabetesliiton uudempi raportti diabeteksen hoidosta (ADA 2017a). Ison-Britannian suosituksessa viitataan neljään tutkimukseen (Kiehm ym. 1976, Simpson ym. 1979, Hollenbeck ym. 1985, Strychar ym. 2009) ja mainitaan, että hiilihydraattien osuutta ruokavaliossa muuttamalla ei ole pystytty osoittamaan merkitseviä eroja tyyppin 1 diabeetikoiden verensokeritasapainossa (Diabetes UK Nutrition working group members 2011). Ison-Britannian uudemmassa kannanotossa vähähiilihydraattista ruokavaliota koskien kuitenkin todetaan, että vähähiilihydraattinen ruokavalio voi olla turvallinen ja tehokas tyyppin 2 diabeetikoille, mutta tyyppin 1 diabeetikoille sitä ei voi suositella, koska näyttöä vaikutuksista ei ole vielä riittävästi (Diabetes UK Nutrition working group members 2017).

USA:n suosituksessa (Evert ym. 2014) viitataan Wheeler ym. (2012) systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen, jonka mukaan monenlaiset, energiaravintoaineiden osuuksiltaan vaihtelevat ruokavaliot voivat tuottaa diabeetikoille hyviä tuloksia verensokeritasapainon ja sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöiden suhteen. USA:n suosituksessa mainitaan esimerkiksi hiilihydraatteja käsittelevässä osiossa tutkimuksista, joissa vähähiilihydraattisten

ruokavalioiden on todettu vaikuttavan edullisesti diabeetikoiden verensokeritasapainoon, insuliiniherkkyyteen, painonhallintaan ja veren rasva-arvoihin (Evert ym. 2014). Proteiini rajoitus ei ole enää USA:n suosituksena diabeettisessa munuaistaudissa tai sen varhaisvaiheessa, mikroalbuminuriassa (Evert ym. 2014). Tätä perustellaan kahdella meta-analyysillä (Robertson ym. 2007, Pan ym. 2008) ja joillakin yksittäistutkimuksilla. Kyseiset meta-analyysit ja tutkimukset kattoivat sekä tyypin 1 ja 2 diabeetikoita, ja ne eivät osoittaneet proteiini rajoituksesta merkittävää hyötyä suosituksen mukaan (Evert ym. 2014).

Kaiken kaikkiaan diabetesruokasuositusten yhteinen näkemys vaikuttaisi olevan se, että ei ole yhtä oikeaa kaikille diabeetikoille sopivaa ruokavaliota, ja energiaravintoaineiden osuudet voivat sen vuoksi vaihdella mieltymysten mukaan. Käytännössä vain Ruotsin (Socialstyrelsen 2011) ja USA:n (Evert ym. 2014) voidaan kuitenkin ajatella pitävän tyypin 1 diabeetikoille hiilihydraattirajoitteista ruokavaliota yhtenä vaihtoehtona ruokavalion koostamisessa, vaikka kyseisissä suosituksissa ei oteta kantaa ruokavalion soveltuvuuteen erikseen tyypin 1 ja 2 diabeetikoiden osalta. Huomattavaa on, että diabetesruokasuosituksissa näyttö pohjautuu monilta osin tyypin 2 diabeetikoihin, koska tyypin 2 diabeetikoilla tehtyjä ruokavaliotutkimuksia on huomattavasti enemmän kuin tyypin 1 diabeetikoilla tehtyjä. Suositukset muun muassa energiaravintoaineiden osuuksista annetaan silti yleisesti kaikille diabeetikoille.

3.2 Hiilihydraattilaskenta ja ateriainsuliinin annostelu tyypin 1 diabeetikoiden hoidossa

Nykyaikaisessa tyypin 1 diabeetikon monipistoshoidossa käytetään pitkävaikutteisen perusinsuliinin lisäksi yleensä ateriainsuliinina pikavaikutteista insuliinia, joka tavallisesti annostellaan välittömästi aterian yhteydessä aterian hiilihydraattimäärän perusteella (Suomen Diabetesliitto ry 2008, Ilanne-Parikka 2015d). Myös insuliinipumppuhoidossa aterialla tarvittava pikainsuliiniannos annostellaan samalla periaatteella. Noin 10 g hiilihydraattiannos vaatii usein noin yhden yksikön pikainsuliinia, mutta vaihteluväli henkilön iästä ja insuliiniherkkyydestä riippuen voi kuitenkin olla noin 0,5–2 yksikköä.

Hiilihydraattien määrä ja laatu säätelevät ensisijaisesti veren sokeripitoisuuden suurenemista heti aterian jälkeen (Diabetes UK Nutrition working group members 2011, Uusitupa 2012). Tarvittava pikainsuliini suositellaan annostelevan aterian hiilihydraattimäärän, aterian edeltävän veren sokeritasoa ja lähituntien liikunnan mukaan (Suomen Diabetesliitto ry 2008). Erot matalan ja korkean GI:n hiilihydraattilähteissä vähenevät, kun niitä nautitaan seka-aterian

yhteydessä, joka sisältää myös rasvaa, proteiinia ja ravintokuitua (Uusitupa 2012). Tällöin GI:llä ei välttämättä ole suurta käytännön merkitystä. Monissa tutkimuksissa matalan GI:n hiilihydraattilähteet on kuitenkin yhdistetty parempaan hoitotasapainoon. Hiilihydraattilaskennan hyödyt on joissain tutkimuksissa kyseenalaistettu, mutta esimerkiksi Fu ym. (2016) osoittivat systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa ja meta-analyysissä sen vaikuttavan edullisesti tyyppin 1 diabeetikoiden HbA_{1c}-arvoihin.

Heinosen ja Ilanne-Parikan (2015) mukaan ateriakohtainen hiilihydraattimäärän arviointi ei tarkoita, että hiilihydraattien syöntiä tarvitsisi rajoittaa. Suomen diabetesruokasuosituksessa todetaan, että hiilihydraattien verensokeria nostavan vaikutuksen korostaminen voi johtaa hiilihydraattien välttelyyn, jolloin ruokavalio muuttuu proteiini- ja rasvapainotteiseksi (Suomen Diabetesliitto ry 2008). Suosituksessa kuitenkin todetaan, että hiilihydraattien kertamäärien kohtuullisuus yhdessä säännöllisen 4–6 ateriaa päivässä sisältävän ateriarytmin kanssa helpottavat ateriainsuliiniannosten arviointia. Kun päivittäinen hiilihydraattiannos jaetaan useammalle aterialle, veren sokeripitoisuuden vaihtelut jäävät pienemmiksi ja hypoglykemioiden riski aterioiden välillä pienenee (Uusitupa 2012). On toki esitetty, että tyyppin 1 diabeetikoilla vähähiilihydraattisen ruokavalion noudattaminen vähentäisi insuliinin tarvetta kokonaisuudessaan ja toisaalta myös virheen mahdollisuutta insuliinin annostelussa aterialla, jolloin myös hypo- ja hyperglykemit vähenisivät (Feinman ym. 2015).

Ravinnon proteiinit, rasvat ja ravintokuitu vaikuttavat hiilihydraattien imeytymistä hidastavasti, ja toisaalta muun muassa osa proteiinista voidaan muokata glukoosiksi, jolloin verensokeri kohoaa viiveellä (Heinonen ja Ilanne-Parikka 2015). Jos aterian proteiini tai rasvamäärä on huomattavan suuri, voi olla hyödyllistä annostella pikainsuliini vasta aterian jälkeen tai kahdessa erässä (Suomen Diabetesliitto ry 2008, Heinonen ja Ilanne-Parikka 2015). Pumppuhoidossa voidaan käyttää pitkitettyjä tai kaksiosaisia annoksia. Edellisten seikkojen vuoksi on ehdotettu myös proteiini ja rasvamäärän huomioimista insuliiniannostelussa. Paterson ym. (2017) tutkivat tyyppin 1 diabeetikoilla vähärasvaisen vakioidun määrän hiilihydraattia sisältävän heraproteiinijuoman vaikutusta verensokeriin, ja havaitsivat proteiinin hidastavan verensokerin kohoamista 60 minuuttiin asti, mutta aiheuttavan 2,5–5 tunnin kuluessa juomisesta huomattavan verensokerin kohoamisen annoskoosta riippuen. Myös rasva hidastaa hiilihydraatin aiheuttamaa verensokerin kohoamista mahalaukun tyhjenemistä hidastavan vaikutuksensa vuoksi, mutta myöhemmin verensokeri pysyy korkeammalla (Smart ym. 2013). Proteiini ja rasva yhdessä aiheuttavat niin ikään tehostuneen verensokerin

kohoamisen viiveellä tyypin 1 diabeetikoilla (Smart ym. 2013, Bell ym. 2015). Smart ym. (2013) havaitsivat proteiinin myös suojaavan aterian jälkeiseltä hypoglykemiaalta.

3.3 Hiilihydraattirajoitus tyypin 1 diabeetikoiden hoidossa

Vähähiilihydraattinen tai hiilihydraatiton ruokavalio oli diabeteksen ainoa hoitokeino ennen insuliinihormonin merkityksen keksimistä vuonna 1921 (Diabetesliitto. https://www.diabetes.fi/diabetes/diabeteksen_historia. Luettu 20.7.2017). Tyypin 1 diabeetikoiden elämää ei kuitenkaan pystytty pitkittämään kovin kauan ilman insuliinihoitoa. Hiilihydraattirajoitusta suositeltiin kaikille diabeetikoille aina 1970-luvulle asti. Ajatuksena oli, että hyvää verensokeritasapainoa ei voinut saavuttaa ilman hiilihydraattirajoitusta (European Commission 2008). Ohjeistuksena oli rajoittaa hiilihydraattien saanti alle 40 %:iin kokonaisenergiasta ja välttää lisätyn sokerin käyttöä. Diabeetikon ruokavaliossa pääenergianlähteen muodostivat rasvat, ja ruokavalio sisälsi usein myös paljon tyydyttyneitä rasvaa, joten alettiin epäillä, että suositeltava ruokavalio olisi haitallinen sydän- ja verisuoniterveydelle (Uusitupa 2012). 1970-luvun tutkimusten myötä päädyttiin siihen, ettei runsaammin hiilihydraatteja sisältävä ruokavalio sittenkään huononna diabeetikoiden verensokeritasapainoa, ja lisäksi sitä pidettiin edullisena veren rasva-arvojen kannalta.

1980-luvulla suositukset muuttuivat, ja diabeetikoille alettiin suositella suurempaa hiilihydraattien osuutta ja pienempää proteiinin ja rasvan, erityisesti tyydyttyneen rasvan osuutta (European Commission 2008). Ruokavalion tuli sisältää kuitenkin enemmän kuitua, ja esimerkiksi kasvien ja hedelmien syöntiä suositeltiin lisäämään. Yksi merkittävä muutos on ollut myös sokerin kohtuullisen käytön salliminen diabeetikoille (Uusitupa 2012). Viime vuosina runsaammin hiilihydraatteja sisältävän ruokavalion edut diabeetikoille on kuitenkin jälleen kiistetty verrattuna hiilihydraattirajoitteiseen ruokavalioon, jossa pääpaino on tyydyttymättömissä rasvoissa.

Taulukossa 5 on esitetty kirjallisuushaulla löydetty satunnaistetut tutkimukset, joissa on vertailtu vähemmän ja runsaammin hiilihydraatteja sisältävien ruokavalioiden vaikutuksia tyypin 1 diabeetikoiden hoitotasapainoon. Taulukon 6 satunnaistamattomissa tutkimuksissa on tarkasteltu ainoastaan hiilihydraattirajoitteisen ruokavalion vaikutuksia ilman vertailuryhmää. Taulukoiden tutkimukset on rajattu vuodesta 2000 alkaen ilmestyneisiin tutkimuksiin, jotka on tehty aikuisilla tyypin 1 diabeetikoilla.

Taulukko 5. Satunnaistettuja vertailevia, vuoden 2000 jälkeen toteutettuja tutkimuksia eri asteisesti hiilihydraattirajoitteisten ja runsaammin hiilihydraatteja sisältävien ruokavalioiden vaikutuksista aikuisten tyyppin 1 diabeetikoiden verensokeritasapainoon ja sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöihin.

Viite	Tutkimusasetelma, tutkimuksen kesto ja päätavoite	Tavoiteltavat ruokavaliot*	Aineisto** (tutkittavien lukumäärä, n keski-ikä, v keskipainoindeksi, kg/m ² keski HbA _{1c} , % veren rasva-arvoprofiili)	Tulokset** (tilastollisesti merkitsevät erot HbA _{1c} -arvoissa, %, hypo- ja hyperglykemioiden esiintymisessä, rasva-arvoissa, mmol/l ja muissa tutkimuksessa mahdollisesti ilmenneissä tekijöissä ryhmien välillä)
Georgopoulos ym. 2000	Satunnaistettu vaihtovuoroinen tutkimus (2 x 4 vko) Päätavoite: veren rasva-arvojen vertailu	1. Vähemmän hiilihydraattia (hh. 45 E%²): r. 3 40 E% (MUFA ⁴ 25 E%), p. ⁵ 15 E% 2. Runsaammin hiilihydraattia (hh. 61 E%): r. 24 E% (MUFA 9 E%), p. 15 E% Molemmissa ruokavalioidessa PUFA ⁶ 6 E%, SAFA ⁷ 9 E%, kuitu 28–30 g/vrk, kolesteroli 300 mg/vrk ja sama kokonaisenergiämäärä.	n = 19 (11 miestä, 8 naista) Keski-ikä: 29 ± 8,6 Keskipainoindeksi: 24,5 ± 2,1 Keski HbA _{1c} : ei mainittu Veren rasva-arvot: normaalit (huom. kaikki ruoat valmiina tutkimuskeskuksesta)	HbA _{1c} -arvoissa ei eroja. Isojen VLDL partikkeleiden määrä pienempi rhh ⁸ :lla (P = 0,02).
Strychar ym. 2003	Satunnaistettu vaihtovuoroinen tutkimus (3 x 2 kk) 1. insuliini/hh. ohjaus 2. ruokavaliio 1 3. ruokavaliio 2 Päätavoite: veren rasva-arvojen vertailu	1. Vähemmän hiilihydraattia (hh. 43–46 E%): r. 37–40 E% (MUFA 17–20 E%), p. 15–18 E% 2. Runsaammin hiilihydraattia (hh. 54–57 E%): r. 27–30 E% (MUFA 10–13 E%), p. 15–18 E% Molemmissa ruokavalioidessa PUFA <10 E%, SAFA <10 E%, kuitu 20–25 g/vrk ja sama kokonaisenergiämäärä.	n = 26 (15 miestä, 11 naista) Keski-ikä: 39 ± 7 Keskipainoindeksi: 24,6 ± 2,9 Keski HbA _{1c} : - 5,8 ± 1 (n = 26) - 6,4 ± 1 (n = 7) - mittaukset 1. vaiheen lopussa Veren rasva-arvot: yleisissä viitearvoissa	Vain 7 henkilöä noudatti molempia ruokavaliota suunnitellusti. HbA _{1c} -arvoissa ei eroja. Vhh ⁹ :lla vähemmän >14 mmol/l hyperglykemioita (P = 0,041) ja matalammat kokonais-triglyseridit (P = 0,027), VLDL-triglyseridit (P = 0,043) ja VLDL-kolesterolit (P = 0,043). Vhh:lla lisäksi apo A1-pitoisuus suurempi (P = 0,018), pienempi LDL partikkeleiden koko (P = 0,043) ja pitempi LDL:n hapettumisen viiveaika (P = 0,043).
Strychar ym. 2009	Satunnaistettu rinnakkaisryhmä tutkimus (6 kk) Päätavoite: veren rasva-arvojen ja muiden sv-sairauksien ¹⁰ riskitekijöiden vertailu mukaan lukien verensokeritasapaino	1. Vähemmän hiilihydraattia (hh. 43–46 E%): r. 37–40 E% (MUFA 20 E%), p. 15–18 E% 2. Runsaammin hiilihydraattia (hh. 54–57 E%): r. 27–30 E% (MUFA 10 E%), p. 15–18 E% Molemmissa ruokavalioidessa SAFA <10 E%, kuitu 25 g/vrk ja sama kokonaisenergiämäärä.	n = 30 Keski-ikä: 37,9 ± 8,1 Keskipainoindeksi: 24,3 ± 2,6 Keski HbA _{1c} : 7,2 ± 0,7 - 7,0 ± 0,7 vhh. ryhmä (n = 15) - 7,3 ± 0,7 rhh. ryhmä (n = 15) Veren rasva-arvot: yleisissä viitearvoissa	HbA _{1c} -arvoissa ja rasva-arvoissa ei eroja. PAI-1 ¹¹ :n tasot alenivat vhh. ryhmässä ja nousivat rhh. ryhmässä (P <0,05). Paino nousi hieman vhh. ryhmässä ja laski rhh. ryhmässä (P <0,05).

(jatkuu)

Taulukko 5 jatkuu

Viite	Tutkimusasetelma, tutkimuksen kesto ja päätavoite	Tavoiteltavat ruokavaliot*	Aineisto** (tutkittavien lukumäärä, n keski-ikä, v keskipainoindeksi, kg/m ² keski HbA _{1c} , % veren rasva-arvoprofiili)	Tulokset** (tilastollisesti merkitsevät erot HbA _{1c} -arvoissa, %, hypo- ja hyperglykemioiden esiintymisessä, rasva-arvoissa, mmol/l ja muissa tutkimuksessa mahdollisesti ilmenneissä tekijöissä ryhmien välillä)
Krebs ym. 2016	Satunnaistettu rinnakkaisryhmä tutkimus (12 vko) Päätavoite: verensokeritasapainon ja päivittäisen insuliinin tarpeen vertailu hh. laskentakurssille osallistuvilla tutkittavilla	1. Vähemmän hiilihydraattia (hh. 50–75 g/vrk) 2. Runsaammin hiilihydraattia/ei hh. rajoitusta Ruokavalioiden kokonaisenergiämäärää ei rajattu. Proteiinin, rasvan ja esimerkiksi kuidun määriä ei mainita, joten ilmeisesti niitä ei rajattu.	n = 10 (7 miestä, 3 naista) Keski-ikä: 44.6 ± 8.9 Keskipainoindeksi: - 27,5 ± 2,2 vhh. ryhmässä - 27,7 ± 6,2 rhh. ryhmässä Keski HbA _{1c} : - 7,9 ± 0,9 vhh. ryhmässä - 7,4 ± 0,9 rhh. ryhmässä Veren rasva-arvot: yleisissä viitearvoissa	HbA _{1c} -arvoissa ei eroja ryhmien välillä, mutta vhh. ryhmässä (n = 5) HbA _{1c} aleni arvoon 7,2 ± 0,4 (P < 0,05). Rasva-arvoissa ei eroja. Kokonaisinsuliinin määrä kasvoi rhh. ryhmässä (n = 5) ja aleni vhh. ryhmässä (P = 0,003).
Ranjan ym. 2017	Satunnaistettu vaihtovuoroinen tutkimus (2 x 1 vko) Päätavoite: verensokeritasapainon (lyhytaikaisten muuttujien) ja sv-sairauksien riskitekijöiden vertailu insuliinipumppuhoitoisilta tutkittavilta glukoosisen sensoria hyödyntäen	1. Vähemmän hiilihydraatteja (hh. ≤ 50 g/vrk) 2. Runsaammin hiilihydraatteja (hh. ≥ 250 g/vrk) Ruokavalioiden kokonaisenergiämäärän oli tarkoitus olla sama, mutta glykeemistä indeksiä tai proteiinin ja rasvan määrää ei kuitenkaan rajattu.	n = 10 (6 miestä, 4 naista) Keski-ikä: 48 ± 10 Keskipainoindeksi: 24,8 ± 1,9 Keski HbA _{1c} : 7,0 ± 0,6 Veren rasva-arvot: yleisissä viitearvoissa	HbA _{1c} :ssä ja keski vs-arvoissa ¹² ei eroja. Vhh:lla vähemmän vs-arvojen vaihteluita (P = 0,02) ja ≤3,9 mmol/l hypoglykemiaita (P = 0,03), ja lisäksi oltiin enemmän normaalilla verensokerialueella 3,9–10 mmol/l (P = 0,004). Yleisissä rasva-arvoissa ei eroja, mutta glukagonin, ketoaineiden ja vapaiden rasvahappojen pitoisuudet olivat suuremmat vhh:n jälkeen (P < 0,05). Kokonaisinsuliinin ja ateriainsuliinin määrät olivat alhaisemmat vhh:lla (P < 0,05). Perusinsuliinissa ei eroja.

* Tutkimuksissa ruoankäyttöä on ohjattu ravitsemusterapeutin toimesta ja sitä on seurattu ruokapäiväkirjojen ja ruoankäyttöhaastatteluiden avulla. ** Keskiarvot ± keskihajonta

¹⁾ hh. = hiilihydraatti, ²⁾ E% = prosenttia kokonaisenergiämäärästä, ³⁾ r. = rasva, ⁴⁾ MUFA = kertatydyttymättömät rasvahapot, ⁵⁾ p. = proteiini, ⁶⁾ PUFA = monitydyttymättömät rasvahapot, ⁷⁾ SAFA = tyydyttyneet rasvahapot, ⁸⁾ rhh. = runsaammin hiilihydraattia sisältävä ruokavalio, ⁹⁾ vhh. = vähemmän hiilihydraattia sisältävä ruokavalio, ¹⁰⁾ sv-sairaus = sydän- ja verisuonisairaus, ¹¹⁾ PAI-1 = Plasminogeenin aktivaattorin inhibiittori 1, ¹²⁾ vs-arvo = verensokeriarvo

Taulukko 6. Satunnaistamattomat tutkimukset vähähiilihydraattisen ruokavalion vaikutuksista aikuisten tyyppin 1 diabeetikoiden verensokeritasapainoon ja sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöihin.

Viite	Tutkimusasetelma, tutkimuksen kesto ja päätavoite	Tavoiteltava ruokavalio*	Aineisto** (tutkittavien lukumäärä, n keski-ikä, v keskipainoindeksi, kg/m ² keski HbA _{1c} , % veren rasva-arvot, mmol/l)	Tulokset** (tilastollisesti merkitsevät muutokset HbA _{1c} -arvoissa, %, rasva-arvoissa, mmol/l ja muissa tutkimuksessa mahdollisesti ilmenneissä tekijöissä).
Nielsen ym. 2005	Satunnaistamaton ei-vertaileva tutkimus (12 kk) Päätavoite: verensokerin vaihteluiden, hypoglykemioiden ja HbA _{1c} -arvojen seuranta potilailla, jotka osallistuivat kurssille, jossa ohjattiin hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio	Vähähiilihydraattinen (hh¹. 70–90 g/vrk) Alustavasti energiaravintoaineiden osuuksiksi esitettiin hh. 20 E% ² , p. ³ 30 E% ja r. ⁴ 50 E%. Hiilihydraatin lähteinä pääasiassa kasvikset ja näkkileipä. Peruna, riisi, pasta, tavallinen leipä, viljat, sokeri tai muut nopeasti vaikuttavat hiilihydraatit eivät kuuluneet ruokavalioon. Ohjeistus: kolme ateriaa päivässä ilman välipaloja.	n = 24 (7 miestä, 17 naista) n = 22 lopullinen määrä Keski-ikä: 51 ± 10 (n = 24) Keskipainoindeksi: ei ilmoitettu (7:llä >27, vaihtelu 27–38) Keski HbA _{1c} : 7,5 ± 0,9 (n = 22) Veren rasva-arvot (n = 22): - Kokonaiskolesteroli: 5,5 ± 1,0 - HDL-kolesteroli: 1,4 ± 0,2 - LDL-kolesteroli: ei ilmoitettu - Triglyseridit: 0,8 ± 0,2	12 kk:n kuluttua HbA _{1c} oli alentunut lukemaan 6,4 ± 0,8 (P <0,001). Hypoglykemioiden määrä/vko väheni 2,9 ± 2,0:sta kohtauksesta 0,5 ± 0,5:een (P = 0,004, n = 15). Triglyseridit alenivat lukemaan 0,6 ± 0,3 (P < 0,02). Myös kokonaisinsuliinin ja ateriainsuliinin määrät alenivat (P <0,001).
Nielsen ym. 2012	Satunnaistamaton retrospektiivinen tutkimus (4 v) Päätavoite: selvittää hh. rajoitteen ruokavalion pidempiaikaista noudattamista ja sen vaikutuksia 4 vuotta hh. rajoituskurssille osallistumisen jälkeen haastatteluiden ja HbA _{1c} -arvojen avulla	Vähähiilihydraattinen (hh. ≤ 75 g/vrk) Alustavasti energiaravintoaineiden osuuksiksi esitettiin jaetuissa ruokavalioesittelyissä hh. 15–20 E%, p. 30 E% ja r. 50–55 E%. Hiilihydraatin lähteissä ja laadussa, ja ateriakertojen määrässä samat suositukset kuin aiemmassa tutkimuksessa (Nielsen ym. 2005, katso edellä).	n = 48 (17 miestä, 31 naista) Keski-ikä: 52 ± 11,5 Keskipainoindeksi: 25,9 ± 3,5 Keski HbA _{1c} : 7,6 ± 1,0 - ruokavaliota 4 v:n jälkeen jollain tasolla noudattavat: 7,7 ± 1,0 (n = 23) - ruokavaliota 4 v:n jälkeen noudattamattomat: 7,5 ± 1,1 (n = 25) Veren rasva-arvot (n = 48): - Kokonaiskolesteroli: 5,1 ± 1 - HDL-kolesteroli: 1,5 ± 0,4 - LDL-kolesteroli: ei ilmoitettu - Triglyseridit: 0,9 ± 0,8	4 vuoden kuluttua HbA _{1c} oli suunniteltua vhh ⁵ :ta vielä noudattavilla (n = 23) alentunut arvoon 6,4 ± 0,8 (P <0,001). Tämä ryhmä koostui osittain ruokavaliota noudattavista (n = 10) ja erityisen hyvin noudattavista (n = 13), joilla HbA _{1c} oli 6,0 ± 0,6 vs. 7,8 ± 1,0 kurssin alussa (P <0,001). Vertailun vuoksi mainittakoon, että ruokavaliosta luopuneilla HbA _{1c} oli 7,4 ± 0,9 (P = 0,7). Kokonaiskolesteroli nousi vhh:ta noudattavilla arvosta 5,3 ± 0,9 arvoon 5,6 ± 0,8 (P = 0,04) ja HDL-kolesteroli arvosta 1,5 ± 0,5 arvoon 1,8 ± 0,4 (P = 0,04).

* Molempiin tutkimuksiin sisältyi kurssi, jossa annettiin yleisiä ja yksilöllisiä ohjeita ruokavalion noudattamiseen ja insuliiniannosten sovittamiseen. Nielsen ym. (2005) tutkimuksessa kurssi oli 2 kk:n ajanjaksolla ja Nielsen ym. (2012) tutkimuksessa 1 kk:n ajanjaksolla. Kurssien aikana ruokavaliot suunniteltiin yksilöllisemmin. ** Keskiarvot ± keskihajonta. ¹ hh. = hiilihydraatti, ² E% = prosenttia kokonaisenergiämäärästä, ³ p. = proteiini, ⁴ r. = rasva, ⁵ vhh = vähähiilihydraattinen ruokavalio

3.3.1 Hiilihydraattirajoituksen vaikutukset tyypin 1 diabeetikoiden verensokeritasapainoon

Taulukon 5 satunnaistetuista tutkimuksista voidaan todeta, että pitkäaikaista verensokeritasapainoa kuvaavissa HbA_{1c}-arvoissa ei kyetty osoittamaan eroja tutkittavilla eri asteisesti hiilihydraatteja sisältävillä ruokavalioidella. Huomattavaa tosin on, että tutkimuksista vain kahdessa tutkimuksen kohteena oli merkittävä hiilihydraattirajoitus (Krebs ym. 2016, Ranjan ym. 2017). Lisäksi Ranjan ym. (2017) tutkimus oli kovin lyhyt osoittaakseen eroja HbA_{1c}-arvoissa. Krebs ym. (2017) osoittivat kuitenkin, että HbA_{1c}-arvo aleni merkittävästi 12 viikon aikana vähemmän hiilihydraattia nauttineella ryhmällä, mutta tutkimusryhmien välillä ei ollut eroa. HbA_{1c}:n lähtöarvo oli vähemmän hiilihydraatteja nauttineella ryhmällä $7,9 \pm 0,9$ %, joka aleni arvoon $7,2 \pm 0,4$ (P <0,05). Runsaammin hiilihydraatteja nauttineella ryhmällä HbA_{1c}-arvo puolestaan säilyi ennallaan lähtöarvossa $7,4 \pm 0,9$ %. Tyypin 1 diabeetikoilla hyväksi katsottavan HbA_{1c}-arvon ylärajana pidetään yleisesti arvoa 7,5 % (Ilanne-Parikka 2015b, McKnight ym. 2015), jonka molempien ryhmien arvot toki alittavat. Täytyy myös huomata, että Krebs ym. (2016) ja Ranjan ym. (2017) tutkimuksissa ryhmät olivat hyvin pieniä.

Lyhytaikaisessa verensokeritasapainossa havaittiin joitakin eroja taulukon 5 tutkimuksissa. Strychar ym. (2003) havaitsivat tutkittavilla merkittävästi vähemmän yli 14 mmol/l hyperglykemioita vähemmän hiilihydraatteja sisältävällä ruokavaliolla (P = 0,041). Strychar ym. (2009) toivat esille, että vähemmän hiilihydraatteja nauttineella ryhmällä aterian jälkeiset verensokeritasot vaikuttivat pysyvän matalampina 24 tunnin seurantajakson aikana sairaalassa, vaikka erot eivät saavuttaneetkaan tilastollista merkittävyyttä. Ranjan ym. (2017) tutkimus oli taulukon 5 tutkimuksista ainoa, jossa päätavoitteena oli vertailla verensokeritasapainon lyhytaikaisia muuttujia. Hiilihydraattirajoitteen ruokavalion aikana havaittiin merkittävästi vähemmän verensokeriarvojen vaihteluita ja hypoglykemioita, ja oltiin enemmän normaalilla verensokerialueella 3,9–10 mmol/l (P <0,05). Myös yli 10 mmol/l hyperglykemioita vaikutti olevan vähemmän hiilihydraattirajoitteen ruokavalion aikana, mutta erot eivät olleet merkittäviä (P = 0,1). HbA_{1c}-arvot ja keskimääräiset verensokeriarvot eivät pysty vahvistamaan tällaisia havaintoja, eikä niissä ollut merkittäviä eroja (Ranjan ym. 2017).

Georgopoulos ym. (2000) tutkimuksessa tutkittaville tarjottiin valmiit ateriat ruokavalioiden tavoitteiden toteutumisen varmistamiseksi. Strychar ym. (2003) tutkimuksessa tavoiteltavat ravintoaineiden saantimäärät vaikuttivat likimain toteutuneen. Strychar ym. (2009) eivät ilmoita toteutuneita saantimääriä, mutta mainitsevat ravitsemusterapeutin seurannan

ruokavalioiden toteutumista viikoittain. Krebs ym. (2016) ilmoittivat kokonaisenergiansaannin vähenneen hiilihydraatteja rajoittavalla ryhmällä 1988 ± 659 kcal:sta 1391 ± 159 kcal:iin ja runsaammin hiilihydraatteja nauttineella ryhmällä 1922 ± 410 kcal:sta 1854 ± 551 kcal:iin, vaikka energiansaannin rajoitus ei ollut tarkoituksena. Hiilihydraatteja rajoittava ryhmä laihtui keskimäärin noin 5 kiloa, jonka vaikutus huomioitiin insuliinin määrän vähenemistä arvioitaessa. Toteutunut hiilihydraattien saanti oli hiilihydraatteja rajoittavalla ryhmällä 103 ± 22 g/vrk (203 ± 92 g/vrk runsaammin nauttineella). Yllättävää oli se, että hiilihydraatteja rajoittavalla ryhmällä sekä proteiinin ja rasvan saantimäärät olivat pienemmät (76 ± 16 ja 69 ± 13 g/vrk vs. 85 ± 42 ja 77 ± 15 g/vrk) kuin runsaammin hiilihydraatteja nauttineella ryhmällä. Ranjan ym. (2017) ilmoittivat hiilihydraattirajoitteisen ruokavalion aikana energiansanniksi 1876 ± 278 kcal, josta hiilihydraatteja $10,2 \pm 1,9$ E% (47 ± 10 g/vrk), proteiinia $30,4 \pm 5,3$ E% ja rasvaa $59,4 \pm 5,8$ E%. Runsaammin hiilihydraatteja sisältävän ruokavalion aikana vastaavat lukemat olivat 2036 ± 265 kcal, $50,5 \pm 8,3$ E% (225 ± 30 g/vrk), $21,2 \pm 3$ E% ja $28,3 \pm 8,6$ E%.

Taulukon 6 satunnaistamattomissa tutkimuksissa vähähiilihydraattisen ruokavalion todettiin alentavan HbA_{1c}-arvoja merkitsevästi. On kuitenkin huomioitava vertailuryhmän puuttuminen näistä tutkimuksista, jolloin tulokseen vaikuttavat muut mahdolliset tekijät jäävät huomioimatta. Nielsen ym. (2005) raportoivat 12 kuukautta vähähiilihydraattisen ruokavalion aloittamisen jälkeen HbA_{1c}-arvon alentuneen tutkittavilla arvosta $7,5 \pm 0,9$ % arvoon $6,4 \pm 0,8$ % ($P < 0,001$). Hypoglykemioiden määrä viikossa väheni tutkittavilla keskimäärin $2,9 \pm 2,0$:sta kohtauksesta $0,5 \pm 0,5$:een ($P = 0,004$). Hypoglykemioiden seuranta perustui tutkittavien omiin raportointeihin. Tutkijat arvelivat tavoiteltavan hiilihydraattimäärän 70–90 g/vrk olleen noudatettavissa, koska HbA_{1c}-arvot ja insuliinin tarve pysyivät matalina. Kahden henkilön mainitaan rajoittaneen hiilihydraattien saannin alle tavoiteltavan määrän saavuttaakseen paremman verensokeritasapainon. Nielsen ym. (2012) retrospektiivisessä tutkimuksessa havaittiin, että HbA_{1c}-arvot olivat 4 vuoden kuluttua hiilihydraattirajoituskurssille osallistumisen jälkeen alentuneet sitä enemmän, mitä paremmin ruokavaliota vielä noudatettiin. Esimerkiksi erityisen hyvin suunniteltua ruokavaliota noudattavilla ($n = 13$) HbA_{1c}-arvo oli alentunut hyvin merkitsevästi arvosta $7,8 \pm 1,0$ % arvoon $6,0 \pm 0,6$ % ($P < 0,001$).

O'Neill ym. (2003) retrospektiivisessä tapaussarjan analyysissä tarkasteltiin sekä tyypin 1 ja 2 diabeetikoita ($n = 30$), jotka olivat noudattaneet vähähiilihydraattista ruokavaliota, jossa hiilihydraattien määrä oli 30 g/vrk. Ruokavalio sisälsi kolme ateriaa päivässä ilman välipaloja. Aamupalalla hiilihydraattimäärä oli 6 g, lounaalla 12 g ja päivällisellä 12 g. Hiilihydraatinlähteinä toimivat pääasiassa kasvikset. Sokeri ja muut nopeasti vaikuttavat

hiilihydraatit eivät olleet sallittuja. Noudatettuaan ruokavaliota 2-79 kuukautta, potilaat palasivat seurantakäynnille klinikalle, jossa olivat saaneet ohjauksen ruokavalioon ja insuliinihoitoon. HbA_{1c} aleni sekä tyyppin 1 ja 2 diabeetikoilla merkitsevästi, keskimäärin yhteensä arvosta 7,9 % arvoon 5,7 % (P < 0,001). Tyyppin 1 diabeetikoilla (n = 10, joista 50 % miehiä), joiden keski-ikä oli 42,3 ± 13,5 vuotta, HbA_{1c} aleni arvosta 6,8 ± 1,1 % arvoon 5,5 ± 0,8 %. Tutkimuksen mukaan vakavia hypoglykemia-epäilyjä ei raportoitu (O'Neill ym. 2003).

3.3.2 Hiilihydraattirajoituksen vaikutukset tyyppin 1 diabeetikoiden sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöihin

Hiilihydraattirajoitusta diabeetikoilla tarkastelevissa tutkimuksissa verensokeritasapainon ohella tutkitaan yleensä myös sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöiden muutoksia. Erityisesti veren rasva-arvot ovat yleensä tarkastelun kohteena. Taulukon 5 tutkimuksista Georgopolous ym. (2000) ja Strychar ym. (2003) tutkimusten päätavoitteet olivat rasva-arvojen vertailussa, ja Strychar ym. (2009) tutkimuksessa lisäksi myös muiden sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöiden vertailussa. Kyseisissä tutkimuksissa vähemmän ja runsaammin hiilihydraatteja sisältävät ruokavaliot erosivat kertatytydyttymättömien rasvahappojen ja hiilihydraattien määrässä, mutta muilta osin ruokavalioiden oli tarkoitus olla samanlaisia. Ranjan ym. (2017) eikä ilmeisesti myöskään Krebs ym. (2016) rajanneet tutkimuksessa proteiinin ja rasvan määrää tai niiden laatua. Krebs ym. (2016) ilmoittivat hiilihydraatteja rajoittaneen ryhmän saaneen vähemmän tyydyttyntä rasvaa, mutta täytyy huomata, että kyseisellä ryhmällä myös kokonaisrasvan saanti oli yllättäen pienempi.

Georgopolous ym. (2000) havaitsivat tutkittavilla vähemmän hiilihydraatteja sisältävän ruokavaliion jälkeen enemmän isoja VLDL partikkeleita (P = 0,02), jotka tutkijoiden mukaan saattavat olla yhteydessä ateroskleroosin riskiin. Muissa paastarvoissa ei ollut eroja rasva-arvojen suhteen. Havainnot ovat yhtenäisiä aiemman Georgopoulos ym. (1998) tutkimuksen kanssa. Strychar ym. (2003) havaitsivat suotuisia vaikutuksia paastossa mitattuihin rasva-arvoihin vähemmän hiilihydraatteja sisältävän ruokavaliion jälkeen. Esimerkkinä matalammat kokonastriglyseriditasot (P = 0,027). LDL:n partikkelikoko tosin oli 1 %:n pienempi vähemmän hiilihydraatteja sisältävän ruokavaliion jälkeen (P = 0,043), vaikkakin partikkelikoko oli kasvanut molempien ruokavalioiden jälkeen. Strychar ym. (2009) havaitsivat 24 tunnin seurannassa vähemmän hiilihydraatteja nauttineella ryhmällä triglyseriditasojen pysyvän matalampina, vaikka ero ei saavuttanutkaan tilastollista merkitsevyyttä. Krebs ym. (2016) ja Ranjan ym. (2017) eivät havainneet eroja veren rasva-arvoissa.

Ranjan ym. (2017) havaitsivat hiilihydraattirajoitteen ruokavalion jälkeen merkittävästi korkeammat glukagonin, ketoaineiden ja vapaiden rasvahappojen pitoisuudet. Tutkijat arvelivat, että suurempi proteiinin saanti hiilihydraattirajoitteisella ruokavaliolla saattoi nostaa glukagonin pitoisuuksia, ja ketoaineiden ja vapaiden rasvahappojen lisääntyminen viittasi suurempaan rasvojen hapetukseen ja ketogeneesiin hiilihydraattirajoituksen vuoksi. Diabeetisesta ketoasidoosista ei silti ollut merkkejä. Strychar ym. (2009), Krebs ym. (2016) ja Ranjan ym. (2017) sisällyttivät tutkimuksiinsa myös verenpainemittaukset, ja Krebs ym. (2016) ja Ranjan ym. (2017) näiden lisäksi myös muun muassa munuaisten toimintaa kuvaavia kokeita. Verenpainearvoissa ja munuaiskokeissa ei havaittu merkitseviä eroja tutkimusryhmien välillä. Strychar ym. (2009) tutkimukseen kuului vielä yleisiä hapetusstressiä, hyytymistekijöitä ja tulehdusta kuvaavia kokeita. Tutkijat havaitsivat vähemmän hiilihydraatteja sisältävän ruokavalion eduksi 16 % aleneman plasminogeenin aktivaattorin inhibiittori 1:n (PAI-1) tasoissa ($P < 0,05$). PAI-1 tasojen on todettu olevan koholla muun muassa mikro- ja makrovaskulaarisissa sairauksissa tyypin 1 diabeetikoilla (Domingueti ym. 2016).

Nielsen ym. (2005) havaitsivat tutkittavilla 12 kk:n kuluttua vähähiilihydraattisen ruokavalion aloituksesta triglyseridien laskeneen merkittävästi arvosta $0,8 \pm 0,2$ mmol/l arvoon $0,6 \pm 0,3$ mmol/l ($P < 0,02$). Muilta osin rasva-arvot pysyivät muuttumattomina. Nielsen ym. (2012) ilmoittivat kokonaiskolesterolin suurentuneen 4 vuoden aikana vähähiilihydraattista ruokavaliota jollain tasolla noudattavilla arvosta $5,3 \pm 0,9$ mmol/l arvoon $5,6 \pm 0,8$ mmol/l ($P = 0,04$). Tämän katsottiin johtuvan niin ikään merkittävästä HDL-kolesterolin suurentumisesta arvosta $1,5 \pm 0,5$ mmol/l arvoon $1,8 \pm 0,4$ mmol/l ($P = 0,04$). Triglyseridit pysyivät lähes ennallaan ollen 4 vuoden kuluttua $0,9 \pm 0,4$ mmol/l. Tutkimuksessa osoitettiin kolesteroli/HDL ja triglyseridi/HDL suhteiden pienenneen merkittävästi. Nielsen ym. (2005) ja Nielsen ym. (2012) eivät ilmoittaneet LDL-kolesterolin tuloksia tutkimuksissa, eivätkä maininneet tavoitteita esimerkiksi rasvan laadun suhteen. O'Neill ym. (2003) tapausarjassa tyypin 1 diabeetikoilla havaittiin vähähiilihydraattisen ruokavalion noudattamisen jälkeen kokonaiskolesterolin, LDL-kolesterolin ja triglyseridien laskeneen ja HDL-kolesterolin nousseen. Kokonaiskolesteroli/HDL suhde pieneni. Muutokset olivat merkitseviä lukuun ottamatta kokonaiskolesterolin laskua. Tutkimuksessa ei mainittu ruokavalion rasvan laadusta.

4 POHDINTA

4.1 Hiilihydraattimäärän ja tyypin 1 diabeetikoiden hoitotasapainon välisiä yhteyksiä tarkastelevien tutkimusten arviointi ja tulkinnan haasteet

Hiilihydraattimäärän ja hoitotasapainon välisiä yhteyksiä tarkastelevia tutkimuksia on tehty melko vähän tyypin 1 diabeetikoilla. Erityisesti vaikuttaa siltä, että merkittävän hiilihydraattirajoituksen sisältäviä ruokavaliota ei ole juurikaan vertailtu satunnaistetuissa tutkimuksissa runsaammin hiilihydraatteja sisältäviin ruokavalioihin. Täytyy huomata, että vähähiilihydraattisen ruokavalioiden määritelmiin ei edes ole yhteisesti sovittuja standardeja. USA:n diabetesruokasuosituksessa (Evert ym. 2014) ehdotetaan, että vähähiilihydraattisen ja kohtalaisen vähähiilihydraattisen ruokavalioiden määritelmiin tarvitaan yleisesti hyväksytyt standardit, kuten myös matalan ja korkean glykeemisen indeksin määritelmiin. Feinman ym. (2015) ovat ehdottaneet määritelmiksi, että erittäin vähähiilihydraattinen ketogeeninen ruokavalio sisältäisi hiilihydraatteja 20–50 g/vrk tai alle 10 E% 2000 kcal ruokavaliossa, vähähiilihydraattinen ruokavalio alle 130 g/vrk tai alle 26 E%, kohtalaisesti hiilihydraatteja sisältävä ruokavalio 26–45 E% ja runsaasti hiilihydraatteja sisältävä ruokavalio yli 45 E%.

Ison-Britannian diabetesruokasuosituksessa mainitaan kolme vanhempaa tutkimusta (Kiehm ym. 1976, Simpson ym. 1979, Hollenbeck ym. 1985) ja yksi 2000-luvulla ilmestynyt tutkimus (Strychar ym. 2009), ja todetaan ettei ruokavalioiden eri hiilihydraattimäärillä ole voitu osoittaa eroja verensokeritasapainossa tyypin 1 diabeetikoilla. Huomattavaa on, että edellä mainituissa tutkimuksissa myös vähemmän hiilihydraatteja sisältävissä ruokavalioiden ollessa oli hiilihydraatteja melko paljon, ja edellisessä kappaleessa ehdotetun luokittelun mukaan ne olivat kohtalaisesti ja runsaasti hiilihydraatteja sisältävien ruokavalioiden rajalla. Alhaisimmillaan hiilihydraattien saanti näyttää olleen Simpson ym. (1979) tutkimuksessa, jossa vähemmän hiilihydraattia sisältävässä ruokavaliossa hiilihydraatteja oli 40 E%. Lisäksi Kiehm ym. (1976) tutkimuksessa tutkittavat olivat ilmeisesti tyypin 2 diabeetikoita. Myöskään taulukossa 5 esitetyissä uudemmissa 2000-lukuun rajatuissa satunnaistetuissa tutkimuksissa ei havaittu eroja HbA_{1c}-arvoissa. Näistäkin tosin vain kahdessa tutkimuksessa vähemmän hiilihydraatteja sisältävässä ruokavaliossa hiilihydraatteja oli alle 43 E% (Krebs ym. 2016, Ranjan ym. 2017), ja toinen niistä oli niin lyhyt, että HbA_{1c}-arvojen eroja on vaikea saada näkyviin (Ranjan ym. 2017). Krebs ym. (2016) ja Ranjan ym. (2017) tutkimuksissa hiilihydraattirajoitus oli itse asiassa hyvin suuri vähemmän hiilihydraatteja sisältävässä ruokavaliossa.

Taulukon 5 satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten pohjalta on vaikea tehdä hyvin pitkälle meneviä johtopäätöksiä, koska tutkimuksia oli vähän (5 kpl), tutkittavien määrät olivat tutkimuksissa pieniä, tutkimusten kestot olivat melko lyhyitä ja tutkimusten päätavoitteissa oli eroja. Esimerkiksi Strychar ym. (2003) havaitsivat joitakin etuja rasva-arvoihin vähemmän hiilihydraatteja sisältävällä ruokavaliolla, mutta tutkimuksen suoritti suunnitellusti lopulta vain 7 henkilöä, jolloin tilastollinen voima oli tavoiteltua pienempi. Kuitenkin näistä taulukon 5 tutkimuksista ainoastaan yksi tutkimus (Georgopoulos ym. 2000) päätyi siihen tulokseen, että runsaammin hiilihydraatteja sisältävä ruokavalio vaikuttaa paremmalta vaihtoehdolta, mutta perustuen VLDL-arvossa havaittuun muutokseen. Muut taulukon 5 tutkimukset tulivat siihen johtopäätökseen, että vähemmän hiilihydraatteja sisältävä ruokavalio voi olla toimiva ja hyödyllinen vaihtoehto joillekin tyypin 1 diabeetikoille.

Krebs ym. (2016) tutkimuksessa hiilihydraattirajoitteisella ryhmällä hiilihydraattien lisäksi myös rasvan ja proteiinin saanti hieman väheni, ja niiden saanti oli alhaisempaa kuin runsaammin hiilihydraatteja nauttineella ryhmällä. Hiilihydraattirajoitteisella ryhmällä kokonaisenergiansaanti tutkimuksen lopussa oli vain 1391 ± 159 kcal, joka ei ole kovin realistista pitkällä aikavälillä. Hiilihydraattien vähentämisestä aiheutuvaa energiavajetta ei siis korvattu millään, joka näkyi myös laihtumisena. Ylipainoisilla tyypin 2 diabeetikoilla laihtumisen tiedetään vaikuttavan edullisesti glukoositasapainoon (Uusitupa 2012), mutta tätä ei voida suoraan yhdistää pätemään tyypin 1 diabeetikoihin siten, että laihtumisen voisi ajatella automaattisesti parantavan glukoositasapainoa tyypin 1 diabeetikoilla. Laihtuminen vaikuttaa kuitenkin selvästi ainakin insuliinin tarvetta vähentävästi tyypin 1 diabeetikoilla (Krebs ym. 2016), vaikka hiilihydraattien vähentämisellä vaikuttaa olevan myös itsenäinen vaikutus kokonaisinsuliinin määrää vähentävästi (Krebs ym. 2016, Ranjan ym. 2017). Ylipainoisilla tyypin 1 diabeetikoilla laihtumisen insuliiniherkkyyttä parantavalla vaikutuksella on tietysti potentiaalia parantaa glukoositasapainoa ruokavaliosta riippumatta. Lienee siis mahdollista, että Krebs ym. (2016) tutkimuksessa hiilihydraattirajoitteisella ryhmällä laihtuminen on voinut edistää HbA_{1c}-arvojen laskua. Laihtumisen yhteydestä glukoositasapainoon ei kuitenkaan kyseisessä tutkimuksessa ollut mainintaa. Laihtumisella saattaa olla myös itsenäistä edullista vaikutusta joihinkin veren rasva-arvoihin, mutta Krebs ym. (2016) eivät tällaista havainneet.

Satunnaistamattomien ja kontrolloimattomien tutkimusten painoarvo ei ole yhtä vahva kuin satunnaistettujen ja kontrolloitujen, mutta O'Neill ym. (2003), Nielsen ym. (2005) ja Nielsen ym. (2012) tutkimusten tulokset antavat viitteitä siitä, että motivoituneet tyypin 1 diabeetikot voivat saavuttaa vähähiilihydraattisella ruokavaliolla hyviä tuloksia verensokeritasapainon

suhteen ilman, että sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijät lisääntyvät. Edellä mainituissa tutkimuksissa esimerkiksi rasva-arvojen muutosten tutkiskelua kuitenkin hankaloittaa se, että tutkimuksissa ei selvitetty ruokavalion rasvan laatua, jolla voi olla merkittäviäkin vaikutuksia rasva-arvoihin. Myöskään Krebs ym. (2016) ja Ranjan ym. (2017) eivät ilmoittaneet tavoiteltavaa rasvan laatua, eivätkä toisaalta myöskään tavoiteltavaa kuidun määrää, jolla voi olla myös omat vaikutuksensa erityisesti verensokeritasapainoon. Kun puhutaan hiilihydraattirajoitteisesta tai vähähiilihydraattisesta ruokavaliosta, niin todellisuudessa ruokavaliot voivat olla hyvin monenlaisia hiilihydraattien määrän ja laadun lisäksi myös rasvan ja proteiinin määrässä ja laadussa, ja ruokavalioiden vaikutukset muun muassa veren rasva-arvoihin voivat siten olla erilaisia. Kyse on aina loppujen lopuksi ruokavalion kokonaisuudesta.

Luvussa 2.1.2 jo mainittu DCCT (1993) kohorttitutkimus osoitti, että tehostetulla diabeteksen hoidolla voidaan vähentää lisäsairauksien esiintymistä tyypin 1 diabeetikoilla, kun HbA_{1c}-arvot alenevat. Tehostetun hoidon ryhmässä esiintyi kuitenkin jopa kolme kertaa enemmän vakavia hypoglykemioita kuin tavanomaisen hoidon ryhmässä (P <0,001), ja lisäksi painonnousu oli ongelma. Seuranta-aika oli keskimäärin 6,5 vuotta. Tehostetun hoidon ryhmässä havaitun suuremman painonnousun voidaan ajatella johtuvan hypoglykemioiden suuremmasta määrästä, mikä on voinut johtaa ylimääräisen energian nauttimiseen verensokerin nostamiseksi. DCCT (1993) tutkimusta on joissain tutkimuksissa käytetty esimerkkinä siitä, että runsaalla hiilihydraattien saannilla on hankala saavuttaa hyvää verensokeritasapainoa ilman hypoglykemioita (O'Neill ym. 2003, Nielsen ym. 2005, Nielsen ym. 2012, Ranjan ym. 2017). Kuitenkin insuliinivalmisteet ovat kehittyneet kyseisen tutkimuksen jälkeen, ja uudemmat insuliinivalmisteet ovat ilmeisesti olleet yhteydessä vähäisempään määrään hypoglykemioita (ADA 2017b). Toisaalta tyypin 1 diabeetikoiden hoitotilanne ei insuliinivalmisteiden kehityksestä huolimatta ole keskimäärin hyvällä tasolla Suomessa eikä muissakaan maissa (Valle ym. 2010, McKnight ym. 2015).

4.2 Hiilihydraattirajoitukseen liittyvät mahdolliset hyödyt tyypin 1 diabeetikoilla

O'Neill ym. (2003), Nielsen ym. (2005), Nielsen ym. (2012) ja Krebs ym. (2016) onnistuivat alentamaan HbA_{1c}-arvoja hiilihydraattirajoitteisella ruokavaliolla. On toki huomioitava, että analyysi tehtiin ryhmän sisällä, eikä eroja HbA_{1c}-arvoissa ole osoitettu eri ryhmien välillä, kun on vertailtu eri määrän hiilihydraatteja sisältäviä ruokavaliota. Strychar ym. (2003), Nielsen ym. (2005) ja Ranjan ym. (2017) puolestaan osoittivat, että hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio voi olla hyödyllinen lyhytaikaisen verensokeritasapainon säätelyssä, johon kuuluu lyhyehkön

aikavälin hypo- ja hyperglykemiat ja verensokeriarvojen vaihtelut mukaan lukien aterian jälkeiset verensokeritasot. Hypo- ja hyperglykemioiden väheneminen vähähiilihydraattisella ruokavaliolla voi perustua ainakin pienempään virhearvioon insuliinin annostelussa, koska arvioitava hiilihydraattimäärä ja insuliiniannos ovat pienemmät (O'Neill ym. 2003, Nielsen ym. 2005, Nielsen ym. 2012, Krebs ym. 2016, Feinman ym. 2015, Ranjan ym. 2017). HbA_{1c}-arvot ja keskimääräiset verensokeriarvot eivät yksistään kerro koko totuutta verensokeritasapainosta. On näyttöä HbA_{1c}-arvojen vaihteluiden yhteydestä retinopatiaan ja nefropatiaan sekä sydän- ja verisuonisairauksiin tyypin 1 diabeetikoilla (Gorst ym. 2015). Lyhytaikaisen verensokeritasapainon vaihtelun merkitys, ja sen yhteys HbA_{1c}-arvojen vaihteluihin on silti vähemmän selvä tyypin 1 diabeetikoilla (Wadén ym. 2009, Sartore ym. 2012, Gorst ym. 2015).

Runsaasti erityisesti nopeasti imeytyviä ja vähäkuituisia hiilihydraatteja sisältävän ruokavalion tiedetään suurentavan triglyseridien pitoisuutta, kun taas runsaammin rasvaa sisältävä ruokavalio suurentaa HDL-kolesterolin pitoisuutta (Aro 2012). HDL-kolesteroli vaikuttaa nousevan erityisesti kun vähäkuituisia hiilihydraatteja korvataan rasvalla (Siri-Tarino 2011). Hiilihydraattirajoitteisen ruokavalion on havaittu vaikuttavan suotuisasti erityisesti veren triglyseriditasoihin tyypin 1 diabeetikoilla (O'Neill ym. 2003, Strychar ym. 2003, Nielsen ym. 2005, Strychar ym. 2009) ja toisaalta myös nostavan HDL-kolesterolia (O'Neill ym. 2003, Nielsen ym. 2012). O'Neill ym. 2003, Nielsen ym. 2005 ja Nielsen ym. 2012 painottivat tutkimuksissaan hiilihydraattien lähteinä erityisesti kasviksia. Suurentuneiden triglyseriditasojen on osoitettu olevan yhteydessä sepelvaltimotautiin (Holmes ym. 2015), ja matala HDL-kolesteroli yhdessä suurentuneiden triglyseridipitoisuuksien kanssa voi lisätä riskiä sepelvaltimotautiin entisestään (Dyslipidemiat, Käypä hoito -suositus 2013). HDL-kolesterolin sepelvaltimotaudilta suojaava vaikutus ei ilmeisesti ole niin selvä kuin kohonneen LDL-kolesterolin haitallinen vaikutus (Holmes ym. 2015), vaikka joissain epidemiologisissa tutkimuksissa HDL-kolesterolin on katsottu olevan jopa vahvin sepelvaltimotaudin riskiä kuvaava tekijä (Siri-Tarino 2011). HDL-kolesterolilla on havaittu antioksidanttisia sekä tulehdusta ja veren hyytymistä vähentäviä ominaisuuksista.

Ylipaino on nykyisin ongelma myös tyypin 1 diabeetikoilla. Mahdollisesti jopa puolet tyypin 1 diabeetikoista on ylipainoisia (Valle ym. 2010, Chillarón ym. 2014), ja moni täyttää metabolisen oireyhtymän kriteerit (Chillarón ym. 2014, Gingras ym. 2017). Lisäksi suurin osa tyypin 1 diabeetikoista ei pääse hyvään hoitotasapainoon verensokeritasapainon osalta (Valle ym. 2010, McKnight ym. 2015). Kun otetaan huomioon, että ylipainoon, metaboliseen oireyhtymään ja huonoon verensokeritasapainoon liittyy suurentunut triglyseridipitoisuus ja

pienentynyt HDL-kolesterolipitoisuus (Aro 2012, Uusitupa 2012), järkevästi koostettu hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio voi olla hyödyllinen monelle tyyppin 1 diabeetikolle, joilla on ongelmia näissä rasva-arvoissa. Myös diabeettisessa nefropatiassa esiintyy edellä mainitut lipidihäiriöt (Uusitupa 2012). Suomen diabetesruokasuosituksessakin (Suomen Diabetesliitto ry 2008) suositellaan hiilihydraattimäärän pitämistä suosituksen alarajalla, jos triglyseridit ovat koholla. Ruokavalio täytyy kuitenkin osata koostaa kokonaisuudessaan terveyttä edistäväksi huomioiden hiilihydraattien lisäksi myös rasvan ja proteiinin laatu. Hyvinä puolina hiilihydraattirajoitteiseen ruokavalioon liittyy usein kasvisten syönnin lisääntyminen ja ravintoaineköyhien hiilihydraattien, kuten sokerin käytön väheneminen. Nämä ovat tärkeitä tekijöitä painonhallinnan, rasva-arvojen ja verensokeritasapainon suhteen. Sokerin saannin vähenemisestä vähähiilihydraattisella ruokavaliolla raportoi muun muassa Krebs ym. (2016).

Sekä tyyppin 1 ja 2 diabeetikoilla hiilihydraattien saannin on toistuvasti raportoitu olevan suosituksia alhaisempaa (Delahanty ym. 2009). Tyypillisesti hiilihydraattien saanti on ollut noin 37–45 % kokonaisenergiasta. Ovatko diabeetikot arkipäivässään havainneet, että he saavuttavat siten paremman verensokeritasapainon? Huomattavaa on, että tyyppin 1 diabetes aiheuttaa edelleen paljon sekä mikro- että makrovaskulaarisia lisäsairauksia (Ahomäki ym. 2014a), joista aiheutuvat sairaanhoidon kustannukset puolestaan ovat erittäin suuria (Diabetes, Käypä hoito -suositus 2016). Jos hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio voi olla avuksi joillekin tyyppin 1 diabeetikoille saavuttamaan paremman hoitotasapainon niin, että lisäsairauksilta vältytään, voisi se parhaimmillaan myös pienentää merkittävästi diabeteksestä aiheutuvia kokonaiskustannuksia (Jarvala ym. 2010).

4.3 Hiilihydraattirajoitukseen liittyvä kritiikki ja mahdolliset haasteet tyyppin 1 diabeetikoilla

Hiilihydraattirajoituksen on tavallisesti ajateltu johtaa liialliseen tyydyttyneen rasvan saantiin (Suomen Diabetesliitto ry 2008, Aro ja Heinonen 2015). Tyydyttyneen rasvan saantia kehoitetaan yleensä rajoittamaan, koska tyydyttyneen rasvan on osoitettu nostavan LDL-kolesterolia, jota puolestaan pidetään merkittävänä sepelvaltimotaudin riskitekijänä (Aro 2012, Dyslipidemat, Käypä hoito -suositus 2013). Rasvoista tyydyttynyt rasva on kuitenkin ilmeisesti myös HDL-kolesterolin eli niin sanotun hyvän kolesterolin tehokkain nostaja (Siri-Tarino 2011, Aro 2012). Kirjallisuudessa alkaa olla myös katsaus- ja meta-analyysitason näyttöä, ettei tyydyttynyt rasva olisikaan itsenäinen sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijä (Skeaff ja Miller 2009, Siri-Tarino ym. 2010, Chowdhury ym. 2014, de Souza ym. 2015,

Feinman ym. 2015). Käytännössä tyydyttyneen rasvan vaihtaminen monityydyttymättömiin rasvoihin voi silti pienentää sydän- ja verisuonisairauksien riskiä (Jakobsen ym. 2009, Skeaff ja Miller 2009, Mozaffarian ym. 2010, Hooper ym. 2015), vaikka on myös ehdotettu, ettei siitä olisi hyötyä (Hamley 2017). Edellisten tutkimusten tuloksia ei voida suoraan yhdistää tyypin 1 diabeetikoihin, koska diabeetikoilla esiintyy muun muassa poikkeavuuksia lipoproteiinien koostumuksessa ja aineenvaihdunnassa (Georgopoulos ym. 2000, Uusitupa 2012).

Runsaan rasvamäärän ja erityisesti tyydyttyneen rasvan määrän on esitetty heikentävän insuliiniherkkyyttä (Suomen Diabetesliitto ry 2008, Uusitupa 2012). Uusituvan (2012) mukaan näyttö diabeetikoilla ei ole kuitenkaan ollut aivan selvää. Tyydyttyneiden rasvojen vaihtaminen tyydyttymättömiin rasvoihin saattaa kuitenkin parantaa insuliiniherkkyyttä (Suomen Diabetesliitto ry 2008, Uusitupa 2012), ja lisäksi se pienentää LDL-kolesterolin pitoisuutta (Suomen Diabetesliitto ry 2008, Aro 2012). Asiaa hankaloittaa se, että ruokavalioiden vaikutuksissa insuliiniherkkyyteen voi olla eroja terveiden, tyypin 2 diabeetikoiden ja tyypin 1 diabeetikoiden välillä. Tyypin 1 diabeetikoilla ei ilmeisesti ravintotekijöiden vaikutuksia insuliiniherkkyyteen ole kovin paljon tutkittu. Käytännössä runsasrasvainen ruokavalio yhdessä hiilihydraattirajoituksen kanssa ei kuitenkaan ole huonontanut tyypin 1 diabeetikoiden verensokeritasapainoa (O'Neill ym. 2003, Nielsen ym. 2005, Nielsen ym. 2012, Ranjan ym. 2017). Monipuolisesta tyydyttymättömien rasvojen suosimisesta tyydyttyneisiin nähden on silti todennäköisesti hyötyä tyypin 1 diabeetikoille monet terveystekijät huomioon ottaen. Monityydyttymättömät rasvat esimerkiksi vähentävät tehokkaammin LDL-kolesterolia kuin kertatyydyttymättömät rasvat, mutta kertatyydyttymättömät rasvat nostavat hieman tehokkaammin HDL-kolesterolia (Aro 2012).

Ruokavalion hyvin runsaaseen rasvan ja myös proteiinin määrään liittyy tyypin 1 diabeetikoilla kuitenkin omat haasteensa. Jos aterialla rasvan ja/tai proteiinin määrä on hyvin suuri, se voi vaikuttaa hiilihydraattien imeytymistä hidastavasti, ja toisaalta myös myöhemmin tunteja aterialta vaikutus voi olla voimakas verensokerin kohoaminen (Smart ym. 2013, Bell ym. 2015, Paterson ym. 2015). Tämän vuoksi pelkkä hiilihydraattilaskenta ei välttämättä riitä, koska myös rasvoilla ja proteiineilla on omat vaikutuksensa verensokeriin. Ei kuitenkaan ole olemassa tarkkoja sääntöjä siitä, miten ja missä määrin proteiinin ja rasvan vaikutus täytyisi huomioida insuliinin annostelussa, joka tekee asiasta haastavan. Erityisesti jos tyypin 1 diabeetikon energiantarve on hyvin suuri, ja hän korvaa hiilihydraatit hyvin suurilla määrillä rasvaa ja proteiinia, verensokeritasapainon hallinnassa voi olla edellä mainitut haasteensa. Toki mahdollinen hyperglykemia tunteja runsaasti rasvaa sisältävän aterian jälkeen saattaa olla

ainakin osittain seurausta myös edellisessä kappaleessa mainitusta insuliiniherkkyyden tilapäisestä heikentymisestä. Hiilihydraattirajoitteisella ruokavaliolla erityisesti kokonaisinsuliinin ja aterianinsuliinin määrät saattavat vähetä, mutta perusinsuliinin määrä välttämättä ei (Ranjan ym. 2017), joka saattaa johtua osaltaan rasvan ja proteiinin vaikutuksista.

Vähähiilihydraattisen ruokavalion ajatellaan mahdollisesti lisäävän riskiä munuaistautiin tai nopeuttavan sen etenemistä, jos proteiinin määrää lisätään ruokavaliossa (Suomen Diabetesliitto ry 2008, Aro ja Heinonen 2015). Asia on kuitenkin kiistanalainen suositeltavan proteiinin määrän suhteen. Esimerkiksi USA:n diabetesruokasuosituksessa (Evert ym. 2014) tyyppin 1 ja 2 diabeetikoita ei suositella enää rajoittamaan proteiinin saantia tavallisesta edes munuaistaudissa, koska siitä ei ole kyetty osoittamaan tutkimuksissa johdonmukaisesti merkitsevää hyötyä. Sama ohjeistus on myös USA:n diabetesliiton uudemmassa raportissa (ADA 2017a). Etenkään terveillä henkilöillä munuaisten ei ole todettu vaurioituvan melko suuristakaan määristä proteiinia (Manninen 2004a, Martin ym. 2005), ja monia suosituksia hieman suuremmilla määrillä voi olla jopa monia terveysetuja (Manninen 2004a). Diabeetikoiden eikä toisaalta kenenkään muunkaan kannattane silti liioitella proteiinin saantia edes hiilihydraatteja rajoittaessa. Toisaalta vähähiilihydraattinen ruokavalio ei toki automaattisesti edes tarkoita proteiinin saannin merkittävää lisääntymistä.

On esitetty, että hiilihydraattien minimitarve aikuisella olisi 130 g/vrk (Dworatzekin ym. 2013, Aro ja Heinonen 2015), jota esimerkiksi Kanadan diabetesruokasuosituksessa (Dworatzekin ym. 2013) perustellaan riittävällä aivojen glukoosin saannilla. Täytyy kuitenkin huomata, että muun muassa proteiinien aminohapoista ja rasvojen glyserolista pystytään muodostamaan glukoosia aivoille glukoneogeneesin avulla, ja lisäksi aivot sopeutuvat käyttämään energianlähteenään myös ketoaineita (Mutanen ja Voutilainen 2012b). Väittämä minimitarpeesta on harhaanjohtava ilmaus, koska vaikka aivot kuluttavatkin normaalisti ehkä keskimäärin glukoosia 130 g/vrk, niin ei se kuitenkaan tarkoita sitä, että hiilihydraatteja olisi saatava ravinnosta tämän verran. Kanadan diabetesruokasuosituksessa viitataan raporttiin (Institute of Medicine 2002), jossa mainitaan, että aivot voivat sopeutuvat jopa hiilihydraattittomaan ruokavalioon. Ruokavalion ei siis ole fysiologian kannalta pakko sisältää hiilihydraatteja, kuten myös Manninen (2004b) osoittaa. Tämä ei tietenkään tarkoita, että äärimmäinen hiilihydraattirajoitus olisi järkevää esimerkiksi suojaravintoaineiden saannin kannalta, mutta väittämä ravinnon hiilihydraattien minimitarpeesta on kuitenkin fysiologisesti ajatellen harhaanjohtava. Täytyy myös ymmärtää ero diabeettisen ketoasidoosin ja ruokavalion aiheuttaman ketoosin välillä. Esimerkiksi Ranjan ym. (2017) eivät havainneet tyyppin 1

diabeetikoilla merkkejä ketoasidoosista huolimatta ketoaineiden pitoisuuksien noususta hiilihydraattirajoitteisen ruokavalion myötä.

Aron ja Heinosen (2015) mukaan niukkahiilihydraattisella ruokavaliolla ravintokuidun saanti jää riittämättömäksi eikä kaikkia tarvittavia ravintoaineita saada riittävästi ilman ravintolisiä. Asiaa hankaloittaa se, että voidaanko todella sanoa, mikä on riittävä ravintokuidun saanti esimerkiksi nimenomaan tyypin 1 diabeetikoilla? Diabetesruokasuosituksissakin on huomattavaa vaihtelua suositeltavista määristä (taulukko 4), eikä yksimielisyyttä etenkin verensokeritasapainoa parantavasta vaikutuksesta ole. Krebs ym. (2016) eivät havainneet tyypin 1 diabeetikoilla merkitseviä eroja ravintokuidun saannissa hiilihydraatteja rajoittaneen ja rajoittamattoman ryhmän välillä. Kuidun saanniksi ilmoitettiin hiilihydraatteja rajoittaneella ryhmällä 19 g/vrk ja rajoittamattomalla 18 g/vrk. C-vitamiinin saanniksi ilmoitettiin hiilihydraatteja rajoittaneella ryhmällä alussa 126 mg/vrk ja lopussa 146 mg/vrk, joka viittasi kasvisten syönnin lisääntymiseen. Hiilihydraatteja rajoittaneen ryhmän hiilihydraattien saanti oli keskimäärin 103 g/vrk ja hiilihydraatteja rajoittamattoman ryhmän 203 g/vrk. Runsaamat hiilihydraatit eivät tässä tapauksessa merkinneet runsaampaa kuidun saantia. Jos kuidun saantia suhteutetaan hiilihydraattien määrään, viittaa se toisaalta myös siihen, että hiilihydraattien laatu ei ole ollut suositusten mukaista etenkin runsaammin hiilihydraatteja nauttineella ryhmällä. Hiilihydraattimäärä ei yksin ratkaise kuidun tai ravintoaineiden saantia, vaan olennaista on hiilihydraattien ja muun ruokavalion laatu kokonaisuudessaan. Sen vuoksi on hyvä kiinnittää huomiota juuri hiilihydraattien laatuun, etenkin jos niiden määrää halutaan rajoittaa.

Vähähiilihydraattinen ruokavalio voi asettaa omat haasteensa myös liikunnan suhteen paljon urheiluvilla tyypin 1 diabeetikoilla. Kovin vähähiilihydraattista ruokavaliota ei yleensä suositella urheilijoille ainakaan jatkuvaan käyttöön. Vähäisen hiilihydraattien saannin on todettu heikentävän suorituskykyä monissa paljon lihasglykogeeniä kuluttavissa kovatehoisissa suorituksissa, ja toisaalta harjoittelu niukoilla glykogeenivarastoilla saattaa lisätä kehon rasittumista (Ilander 2014). Toisaalta ainakin sellaisissa pitkäkestoisissa kestävyysurheilusuorituksissa, joissa rasvojen rooli on suorituksen aikana hyvin suuri, voi hiilihydraattien rajoittaminen olla joissain tapauksissa jopa hyödyllistä (Chang ym. 2017).

Vähähiilihydraattiseen ruokavalioon liittyy tyypin 1 diabeetikoilla joitakin haasteita, eikä etenkin erittäin vähähiilihydraattinen ruokavalio todennäköisesti ole käytännössä vaihtoehto suurimmalle osalle tyypin 1 diabeetikoita. Nielsen ym. (2012) arvioivat 75 g/vrk tai alle hiilihydraatteja sisältävän ruokavaliomallin sopivan arviolta 10–20 %:lle tyypin 1

diabeetikoista. Joidenkin kohdalla tietynasteinen hiilihydraattirajoitus saattaa kuitenkin parhaimmillaan tuoda huomattavaa apua hoitotasapainoon saavuttamiseen. Esimerkiksi Nielsen ym. (2005) ja Nielsen ym. (2012) ilmoittivat tutkittavien tyypin 1 diabeetikkojen olleen tyytymättömiä hoitotasapainoonsa, kunnes saivat hiilihydraattirajoitteisesta ruokavaliosta apua. Täytyy tietysti muistaa näiden tutkimusten kontrolloimattomuus, eikä niiden avulla voi siksi osoittaa hiilihydraattirajoitteisen ruokavalion paremmuutta runsaammin hiilihydraatteja sisältävään ruokavalioon nähden. Ne kuitenkin antavat viitteitä hiilihydraattirajoituksen toimivuudesta ja mahdollisesta sopivuudesta vaihtoehtoiseksi ruokavalioksi, ainakin jos ruokavalion kokonaistervellisyyteen kiinnitetään hiilihydraattien ohella huomiota.

Terveellinen, muun muassa sydän- ja verisuonisairauksien riskiä vähentävä kohtuullisesti hiilihydraatteja rajoittava ruokavalio vaikuttaa sisältävän runsaasti kuitupitoisia kasviksia ja marjoja, ja proteiinin lähteinä esimerkiksi kalan ja siipikarjan lisäksi myös kasviproteiineja (Halton ym. 2006, Fung ym. 2010). Erillisissä rasvanlähteissä suositeltavin vaihtoehto on pitää pääpaino kasviöljyissä ja esimerkiksi pähkinöissä. Etenkin prosessoitujen lihavalmisteen runsasta käyttöä kannattaa varmasti välttää. Kaiken kaikkiaan näyttää siltä, että hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio on mahdollista suunnitella ravintoaineiltaan riittäväksi ja terveyttä edistäväksi. Ei ole kuitenkaan olemassa yhtä ja oikeaa kaikille sopivaa ruokavaliota, ja tämä pätee totta kai myös tyypin 1 diabeetikoilla.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä kandidaatintutkielmassa tarkasteltiin hiilihydraattimäärän vaikutusta tyypin 1 diabeetikoiden hoitotasapainoon. Tavoitteena oli selvittää, onko runsaammin hiilihydraatteja sisältävän ruokavalion eduista tyypin 1 diabeetikoilla näyttöä verensokeritasapainon kannalta, vai voisiko hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio olla toimiva vaihtoehto osalle tyypin 1 diabeetikoista. Tavoitteena oli myös selvittää, että voiko hiilihydraattirajoitukseen tavallisesti liittyvä rasvan saannin lisääminen vaikuttaa haitallisesti sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöihin tyypin 1 diabeetikoilla. Tutkielmassa tarkasteltiin tyypin 1 diabeetikon ruokavaliota melko laajasti, koska samalla tarkoitus oli myös muodostaa kokonaiskäsitys siitä, että voidaanko hiilihydraattirajoitusta suositella tyypin 1 diabeetikoille. Tutkimukset rajattiin koskemaan aikuisia, joten lasten ja nuorten osalta asiaan ei oteta kantaa.

Eri asteisesti hiilihydraattirajoitteisten ruokavalioiden määritelmiin tarvitaan tulevaisuudessa selkeyttä, koska yleisesti hyväksytyt standardit helpottaisivat tutkimusten tulkintaa ja johtopäätösten tekoa. Tämän tutkielman osalta myös vähäinen, lyhytaikainen ja ruokavalion kokonaisuus huomioiden puutteellinen tutkimusnäyttö vaikeuttaa johtopäätösten tekoa. Reilun hiilihydraattirajoituksen sisältävien tutkimusten osalta johtopäätösten tekoa vaikeuttaa muun muassa se, että tutkimuksissa tarkasteltiin oikeastaan vain hiilihydraattimääriä, eikä esimerkiksi kuidun määrälle tai hiilihydraattien laadulle välttämättä asetettu tavoitteita. Haasteellista tutkimusten arvioinnista tekee myös niiden lyhytaikaisuus ja vähäinen tutkittavien määrä. Toisaalta tutkimuksissa havaittiin yllättäviäkin seurauksia hiilihydraattien rajoittamisesta, kuten se, että rasvansaanti ei lisääntyneenkään. Kandidaatintutkielman johtopäätöksinä voitaneen todeta seuraavaa:

1. Näyttö tietystä hiilihydraattimäärästä, joka sopisi kaikille tyypin 1 diabeetikoille ja olisi hoitotasapainon kannalta selvästi paras, on puutteellista johtuen rajallisesta määrästä vertailevaa ja satunnaistettua tutkimusnäyttöä. Sopiva hiilihydraattien määrä, kuten myös proteiinin ja rasvan määrä, on yksilöllistä.

2. Runsaasti hiilihydraatteja ja kohtuullisesti hiilihydraatteja sisältävän ruokavalion vaikutus pitkäaikaista verensokeritasapainoa kuvaavaan HbA_{1c}-arvoihin ei näyttänyt eroavan toisistaan. Eroja HbA_{1c}-arvoissa ei havaittu myöskään runsaammin hiilihydraatteja ja melko niukasti hiilihydraatteja sisältäviä ruokavaliota tarkasteltaessa. Joitain viitteitä saatiin siitä, että hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio saattaa aiheuttaa vähemmän verensokeriarvojen

vaihteluita, ja se voi olla mahdollisesti tehokkaampi lyhytaikaisten hypo- ja hyperglykemioiden ehkäisyssä. Kontrolloimattomien tutkimusten perusteella hiilihydraattirajoitteisella ruokavaliolla on myös mahdollista saavuttaa erittäin hyvät tulokset HbA_{1c}-arvojen osalta.

3. Hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio ei näyttäisi lisäävän sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöitä verrattuna runsaammin hiilihydraatteja sisältävään ruokavalioon. Satunnaistettujen ja satunnaistamattomien tutkimusten perusteella hiilihydraattirajoitteinen ruokavalio saattaa olla tehokas erityisesti triglyseridien alentamisessa, mutta myös HDL-kolesterolin nostamisessa. Tosin näihin voi vaikuttaa myös hiilihydraattien laatu.

4. Ottaen huomioon tyyppin 1 diabeetikoiden nykyisen huonon hoitotilanteen, on tyyppin 1 diabeetikoille perustelua tuoda esille hiilihydraattimääriltään vaihtoehtoisia ruokavaliomalleja. Varsinkin hiilihydraattimäärät välillä 100–150 g/vrk ja 150–200 g/vrk voisivat olla monelle toimivia vaihtoehtoja verensokeritasapainon hallinnan kannalta. Lisäksi pitkäaikainen noudatettavuus saattaisi olla keskimäärin parempi kuin hiilihydraatteja enemmän rajoittavilla ruokavaliolla. Ruokavalion koostamiseen tulisi kuitenkin aina saada tarvittaessa apua, että ruokavaliossa huomioitaisiin sekä hiilihydraattien, rasvojen ja proteiinien laatu.

Tulevaisuudessa tarvitaan tutkimuksia, joissa vertaillaan yleisesti suositeltavaa 45–60 E% hiilihydraatteja sisältävää ruokavaliota eri asteisesti hiilihydraattirajoitteisiin ruokavaliioihin, joissa hiilihydraattimäärät ovat esimerkiksi 50 g/vrk tai alle, 50–100 g/vrk, 100–150 g/vrk ja 150–200 g/vrk. Toisaalta tarvittaisiin myös vertailevia tutkimuksia eri asteisesti hiilihydraattirajoitteisten ruokavalioiden kesken, että saataisiin mahdollisia eroja esille näiden välillä. Hiilihydraattien päivittäisen kokonaismäärän lisäksi olisi syytä tutkia myös, mikä vaikutus ateriakertojen lukumäärällä ja aterialla syödyllä hiilihydraattimäärällä on verensokeritasapainoon. Hiilihydraattimäärien lisäksi hiilihydraattien laatu tulisi raportoida huolella kaikissa tutkimusruokavalioiden, koska hiilihydraattilähteiden kuitupitoisuudet ja sokeristumisnopeudet voivat vaikuttaa tuloksiin. Tutkimuksia olisi hyvä tehdä myös erilaisilla rasvojen laadulla, että mahdolliset erot muun muassa veren rasva-arvoissa ja insuliiniherkkyydessä tulisivat paremmin esiin. Ruokavalion kokonaisuus huomioiden, olisi hiilihydraatin ja rasvan lisäksi myös proteiinin määrää ja laatua vaihdeltava, ja seurattava mahdollisia muutoksia verensokeritasapainossa ja munuaisten toiminnassa.

LÄHTEET

ADA. American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes – 2017. Lifestyle Management. *Diabetes Care* 2017a;40(Suppl 1):33–43.

ADA. American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes – 2017. Pharmacologic Approaches to Glycemic Treatment. *Diabetes Care* 2017b;40(Suppl. 1):64–74.

Ahomäki R, Borg E, Hakala H ym. Tyypin 1 diabetesta sairastavien hoidon kehittäminen. Asiantuntijaryhmän raportti 2014a. Diabetesliitto.

Ahomäki R, Borg E, Hakala H ym. Tyypin 1 diabetesta sairastavien hoidon kehittäminen. Asiantuntijaryhmän raportti 2014b. Liite 1. Tarkempi Tyypin 1 diabeteksen hoidon nykytilan ja kehitystarpeiden kuvaus. Diabetesliitto.

Aro A. Dyslipidemioiden ravitsemushoito. Kirjassa: Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2012, s. 397–413.

Aro E, Heinonen L. Minkälaista ruokaa diabeetikoille suositellaan? Kirjassa: Ilanne- Parikka P, Rönnemaa T, Saha M, Sane T, toim. Diabetes. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2015b, s. 130–133.

Bell KJ, Smart CE, Steil GM, Brand-Miller JC, King B, Wolpert HA. Impact of fat, protein, and glycemic index on postprandial glucose control in type 1 diabetes: implications for intensive diabetes management in the continuous glucose monitoring era. *Diabetes Care* 2015;38:1008–1015.

Buyken AE, Toeller M, Heitkamp G ym. Carbohydrate sources and glycaemic control in type 1 diabetes mellitus. EURODIAB IDDM Complications Study Group. *Diabetes Med* 2000;17:351–359.

Chang CK, Borer K, Lin PJ. Low-carbohydrate-high-fat diet: can it help exercise performance? *J Hum Kinet* 2017;56:81–92.

Chillarón JJ, Flores Le-Roux JA, Benaiges D, Pedro-Botet J. Type 1 diabetes, metabolic syndrome and cardiovascular risk. *Metabolism* 2014;63:181–187.

Chowdhury R, Warnakula S, Kunatsor S ym. Association of dietary, circulating, and supplement fatty acids with coronary risk a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* 2014;160:398–406.

DCCT. Diabetes Control and Complications Trial Research Group. The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med* 1993;329:977–986.

Delahanty LM, Nathan DM, Lachin JM ym. Association of diet with glycated hemoglobin during intensive treatment of type 1 diabetes in the Diabetes Control and Complications Trial. *Am J Clin Nutr* 2009;89:518–524.

de Souza RJ, Mente A, Maroleanu A ym. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMJ* 2015;351.

Diabetes UK Nutrition working group members. Evidence-based nutrition guidelines for the prevention and management of diabetes. 2011. <https://www.diabetes.org.uk/Documents/Reports/nutritional-guidelines-2013-amendment-0413.pdf>

Diabetes UK Nutrition working group members. Position statement: Low-carb diets for people with diabetes. 2017. <https://www.diabetes.org.uk/Documents/Position%20statements/low-carb-diets-position-statement-May-2017.pdf>

Diabetes. Käypä hoito-suositus. Suomalaisen Lääkäriseura Duodecimin, Suomen Sisätautilääkäreiden yhdistyksen ja Diabetesliiton Lääkärineuvoston asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Päivitetty 2016.

Diabetesliitto. Diabeteksen historia. https://www.diabetes.fi/diabetes/diabeteksen_historia (luettu 20.7.2017).

Domingueti CP, Dusse LM, Carvalho Md, de Sousa LP, Gomes KB, Fernandes AP. Diabetes mellitus: The linkage between oxidative stress, inflammation, hypercoagulability and vascular complications. *J Diabetes Complications* 2016;30:738–745.

Dworatzek PD, Arcudi K, Gougeon R, Husein N, Sievenpiper JL, Williams SL. Nutrition Therapy. Canadian Diabetes Association Clinical Practice Guidelines Expert Committee. *Can J Diabetes* 2013;37(Suppl. 1):45–55.

Dyslipidemiaat. Käypä hoito-suositus. Suomalaisen Lääkäriseura Duodecimin ja Sisätautilääkäreiden yhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Päivitetty 2013.

Evert AB, Boucher JL, Cypress M ym. Nutrition therapy recommendations for the management of adults with diabetes. *Diabetes Care* 2014;37(Suppl. 1):120–143.

European Commission. Report from the commission to the european parliament and the council. On foods for persons suffering from carbohydrate metabolism disorders (diabetes). 2008. https://ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/special_groups_food/diabetics_en

Feinman RD, Pogozelski WK, Astrup A ym. Dietary carbohydrate restriction as the first approach in diabetes management: critical review and evidence base. *Nutrition* 2015;31:1–13.

Fu S, Li L, Deng S, Zan L, Liu Z. Effectiveness of advanced carbohydrate counting in type 1 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* 2016;6:37067

Fung TT, van Dam RM, Hankinson SE, Stampfer M, Willett WC, Hu FB. Low-carbohydrate diets and all-cause and cause-specific mortality: two cohort Studies. *Ann Intern Med* 2010;153:289–298.

Georgopoulos A, Bantle JP, Noutsou M, Swaim WR, Parker SJ. Differences in the metabolism of postprandial lipoproteins after a high-monounsaturated-fat versus a high-carbohydrate diet in patients with type 1 diabetes mellitus. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1998;18:773–782.

Georgopoulos A, Bantle JP, Noutsou M, Hoover HA. A high carbohydrate versus a high monounsaturated fatty acid diet lowers the atherogenic potential of big VLDL particles in patients with type 1 diabetes. *J Nutr* 2000;130:2503–2507.

Gingras V, Leroux C, Fortin A, Legault L, Rabasa-Lhoret R. Predictors of cardiovascular risk among patients with type 1 diabetes: A critical analysis of the metabolic syndrome and its components. *Diabetes & Metabolism* 2017;43:217–222.

Gorst C, Kwok CS, Aslam S ym. Long-term glycemic variability and risk of adverse outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Care* 2015;38:2354–2369.

Groop PH, Thomas MC, Moran JL ym. The Presence and Severity of Chronic Kidney Disease Predicts All-Cause Mortality in Type 1 Diabetes. *Diabetes* 2009;58:1651–1658.

Halton TL, Willett WC, Liu S ym. Low-carbohydrate-diet score and the risk of coronary heart disease in women. *N Engl J Med* 2006;355:1991–2002.

Hamley S. The effect of replacing saturated fat with mostly n-6 polyunsaturated fat on coronary heart disease: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Nutr J* 2017;16:30.

Heinonen L, Ilanne-Parikka P. Pikainsuliinin annostelun ja ruuan yhteensovittaminen. Kirjassa: Ilanne- Parikka P, Rönnemaa T, Saha M, Sane T, toim. *Diabetes*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2015, s. 282–283.

Hollenbeck CB, Connor WE, Riddle MC, Alaupovic P, Leklem JE. The effects of a high-carbohydrate low-fat cholesterol-restricted diet on plasma lipid, lipoprotein, and apoprotein concentrations in insulin-dependent (Type 1) diabetes mellitus. *Metabolism* 1985;34:559–566.

Holmes MV, Asselbergs FW, Palmer TM ym. Mendelian randomization of blood lipids for coronary heart disease. *Eur Heart J* 2015;36:539–550.

Hooper L, Martin N, Abdelhamid A, Davey Smith GR. Reduction in saturated fat intake for cardiovascular disease (Review). *Cochrane Database Syst Rev* 2015:CD011737.

Ilander O. Hiilihydraatit – tehoa harjoiteluun, suorituskykyä kilpailuihin. Kirjassa: Ilander O, toim. Liikuntaravitsemus – tehoa, tuloksia ja terveyttä ruuasta. Lahti: VK-Kustannus Oy 2014, s. 135–188.

Ilanne-Parikka P. Tyypin 1 diabetes – insuliinihoidon onnistumisen edellytykset. Kirjassa: Ilanne- Parikka P, Rönnemaa T, Saha M, Sane T, toim. Diabetes. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2015a, s. 266–267.

Ilanne-Parikka P. Sokerihemoglobiini, HbA_{1c}. Kirjassa: Ilanne- Parikka P, Rönnemaa T, Saha M, Sane T, toim. Diabetes. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2015b, s. 117–121.

Ilanne-Parikka P. Verensokerin tavoitetaso ja vaihtelun syitä. Kirjassa: Ilanne- Parikka P, Rönnemaa T, Saha M, Sane T, toim. Diabetes. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2015c, s. 269.

Ilanne-Parikka P. Lyhytvaikutteinen ateriainsuliini. Kirjassa: Ilanne- Parikka P, Rönnemaa T, Saha M, Sane T, toim. Diabetes. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2015d, s. 280–281.

Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. National Academy Press 2002.

https://www.nal.usda.gov/sites/default/files/fnic_uploads/energy_full_report.pdf

Jakobsen MU, O'Reilly EJ, Heitmann BL ym. Major types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of 11 cohort studies. *Am J Clin Nutr* 2009;89:1425–1432.

Jarvala T, Raitanen J, Rissanen P. Diabeteksen kustannukset Suomessa 1998–2007. Diabetesliitto 2010.

Kiehm TG, Anderson JW, Ward K. Beneficial effects of a high carbohydrate, high fibre diet on hyperglycaemic diabetic men. *Am J Clin Nutr* 1976;29:895–899.

Krebs JD, Parry Strong A, Cresswell P, Reynolds AN, Hanna A, Haeusler S. A randomised trial of the feasibility of a low carbohydrate diet vs standard carbohydrate counting in adults with type 1 diabetes taking body weight into account. *Asia Pac J Clin Nutr* 2016;25:78–84.

Mann JJ, De Leeuw I, Hermansen K ym. Evidence-based nutritional approaches to the treatment and prevention of diabetes mellitus. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2004;14:373–394.

Manninen AH. High-protein weight loss diets and purported adverse effects: where is the evidence? *J Int Soc Sports Nutr* 2004a;1:45–51.

Manninen AH. Metabolic effects of the very-low-carbohydrate diets: misunderstood “villains” of human metabolism. *J Int Sports Nutr* 2004b;1:7–11.

Martin WF, Armstrong LE, Rodriguez NR. Dietary protein intake and renal function. *Nutr Metab (Lond)* 2005;2:25.

McKnight J, Wild S, Lamb M ym. Glycaemic control of Type 1 diabetes in clinical practice early in the 21st century: an international comparison. *Diabet Med* 2015;32:1036–1050.

Mozaffarian D, Micha R, Wallace S. Effects on coronary heart disease of increasing polyunsaturated fat in place of saturated fat: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Plos Med* 2010;7(3):e1000252.

Mutanen M, Voutilainen E. Energiaravintoaineet, ravintokuitu ja alkoholi. Kirjassa: Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2012a, s. 42–75.

Mutanen M, Voutilainen E. Energia-aineenvaihdunta. Kirjassa: Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2012b, s. 76–87.

Nielsen JV, Jönsson E, Ivarsson A. A Low carbohydrate diet in type 1 diabetes: clinical experience – a brief report. *Upsala J Med Sci* 2005;110:267–273.

Nielsen JV, Gando C, Joensson E, Paulsson C. Low carbohydrate diet in type 1 diabetes, long-term improvement and adherence: A clinical audit. *Diabetol Metab Syndr* 2012;4:23.

O'Neill DF, Westman EC, Bernstein RK. The effects of a low-carbohydrate regimen on glycemic control and serum lipids in diabetes mellitus. *Metab Syndr Rel Disord* 2003;1:291–298.

Pan Y, Guo LL, Jin HM. Low-protein diet for diabetic nephropathy: a meta-analysis of randomized controlled trials. *AM J Clin Nutr* 2008;88:660–666.

Paterson M, Bell KJ, O'Connell SM, Smart CE, Shafat A, King B. The role of dietary protein and fat in glycaemic control in type 1 diabetes: implications for intensive diabetes management. *Curr Diab Rep* 2015;15:61.

Paterson MA, Smart CEM, Lopez PE ym. Increasing the protein quantity in a meal results in dose-dependent effects on postprandial glucose levels in individuals with type 1 diabetes mellitus. *Diabet Med* 2017;34:851–854.

Ranjan A, Schmidt S, Damm-Frydenberg C, Holst JJ, Madsbad S, Nørgaard K. Short-term effects of low carbohydrate diet on glycaemic parameters and cardiovascular risk markers in patients with type 1 diabetes: A randomised open-label cross-over trial. *Diabetes Obes Metab* 2017;1–6.

Robertson LM, Waughn N, Robertson A. Protein restriction for diabetic renal disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2007:CD002181.

Saraheimo M. Tyypin 1 diabetes ja siihen sairastuminen. Kirjassa: Ilanne- Parikka P, Rönnemaa T, Saha M, Sane T, toim. Diabetes. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2015, s. 15–18.

Saraheimo M, Sane T. Diabeteksen yleisyys. Kirjassa: Ilanne- Parikka P, Rönnemaa T, Saha M, Sane T, toim. Diabetes. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2015, s. 10–11.

Sartore G, Chilelli NC, Burlina S ym. The importance of HbA_{1c} and glucose variability in patients with type 1 and type 2 diabetes: outcome of continuous glucose monitoring (CGM). *Acta Diabetol* 2012;49(Suppl. 1): 153–160.

Simpson RW, Mann JI, Eaton J, Carter RD, Hockaday TD. High-carbohydrate diets and insulin-dependent diabetics. *Br Med J* 1979;2:523–525.

Siri-Tarino PW, Sun Q, Hu FB, Krauss RM. Meta-analysis of prospective cohort studies evaluating the association of saturated fat with cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 2010;91:535–546.

Siri-Tarino PW. Effects of diet on high-density lipoprotein cholesterol. *Curr Atheroscler Rep* 2011;13:453–460.

Smart CE, Evans M, O'Connell SM. Both dietary protein and fat increase postprandial glucose excursions in children with type 1 diabetes, and the effect is additive. *Diabetes Care* 2013;36:3897–3902.

Skeaff CM, Miller J. Dietary fat and coronary heart disease: Summary of evidence from prospective cohort and randomised controlled trials. *Ann Nutr Metab* 2009;55:173–201.

Socialstyrelsen. Kost vid diabetes – en vägledning till hälso- och sjukvården. 2011. <http://www.socialstyrelsen.se/lists/artikelkatalog/attachments/18471/2011-11-7.pdf>

Strychar I, Ishac A, Rivard M ym. Impact of a high-monounsaturated-fat diet on lipid profile in subjects with type 1 diabetes. *J Am Diet Assoc* 2003;103:467–474.

Strychar I, Cohn JS, Renier G ym. Effects of a diet higher in carbohydrate/lower in fat versus lower in carbohydrate/higher in monounsaturated fat on post-meal triglyceride concentrations and other cardiovascular risk factors in Type 1 diabetes. *Diabetes Care* 2009;32:1597–1599.

Suomen Diabetesliitto ry. Diabeetikon ruokavaliosuositus 2008. Suomen Diabetesliitto ry:n liittohallituksen nimeämä ruokavaliosuositustyöryhmä. www.diabetes.fi/files/308/Ruokavaliosuositus.pdf

Uusitupa M. Ravitseminen ja diabetes. Kirjassa: Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2012, s. 368–396.

Valle T, Eriksson J, Peltonen M, Aarne M, Koski S. Diabeetikkojen hoitotasapaino Suomessa vuosina 2009–2010. DEHKO-raportti 2010:5.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta. Terveyttä ruoasta - Suomalaiset ravitsemussuositukset 2014.

Wadén J, Forsblom C, Thorn LM, Gordin D, Saraheimo M, Groop PH. A1C variability predicts incident cardiovascular events, microalbuminuria, and overt diabetic nephropathy in patients with type 1 diabetes. *Diabetes* 2009;58:2649–2655.

Wheeler ML, Dunbar SA, Jaacks LM ym. Macronutrients, food groups, and eating patterns in the management of diabetes: a systematic review of the literature, 2010. *Diabetes Care* 2012;35:434–445.

