

Vegaanisen ruokavalion lipidit ja niiden vaikutukset sydän- ja verisuonitauteihin

Biokemia

Sara Suulamo

2.4.2025

Turku

Kandidaatintutkielma

Tutkinto-ohjelma, oppiaine: Biokemia

Tekijä: Sara Suulamo

Otsikko: Vegaanisen ruokavalion lipidit ja niiden vaikutus sydän- ja verisuonitauteihin

Ohjaaja: Marika Kalpio

Sivumäärä: 29 sivua

Päivämäärä: 2.4.2025

Sydän- ja verisuonitaudit aiheuttavat maailmanlaajuisesti eniten kuolemia. Sydän- ja verisuonitauteja ovat muun muassa sepelvaltimotauti sekä perifeerinen valtimotauti. Niitä aiheuttaa pääasiassa ateroskleroosi eli valtimonkovettumatauti, jossa plakkia kertyy valtimoiden seinämiin. Tätä plakkia aiheuttaa plasman lipidit, kuten kolesteroli ja triasyyliglyserolit. Nämä pääsevät kertymään valtimoiden seinämiin niitä kuljettavissa lipoproteiineissa, koska hydrofobisina ne eivät voi kulkea plasmassa itsenäisesti. Lipoproteiinit, joilla on taipumus aiheuttaa ateroskleroosia sisältävät apolipoproteiini B:tä, jota pidetään tautien kannalta tärkeänä indikaattorina. Lipoproteiinien laatuun ja määrään vaikuttaa myös ravinnosta saatavat rasvahapot. Tyydyttyneet rasvahapot voivat nostaa kolesterolin määrää, ja siten lisätä kolesterolia kuljettavien lipoproteiinien määrää. Koska lipidit ovat niin tärkeässä asemassa sydän- ja verisuonitautien kehittymisessä, vegaanisen ruokavalion vaikutusta tauteihin on alettu tutkia. Vegaanisen ruokavalion tärkeimmät vaikutukset liittyvät pääasiassa LDL:n (engl. low density lipoprotein) kuljettaman kolesterolin pitoisuuden alenemiseen, ehkäisten ateroskleroosia. Vegaaninen ruokavalio sisältää vähemmän tyydyttyneitä rasvahappoja, mutta enemmän monitydyttymättömiä rasvahappoja, erityisesti omega-6-sarjan linolihappoa. Näillä molemmilla on LDL-kolesterolia alentava vaikutus. Toisaalta vegaaninen ruokavalio sisältää vähemmän omega-3-sarjan eikosapentaenihappoa (engl. eicosapentaenoic Acid, EPA) ja dokosaheksaenihappoa (engl. docosahexaenoic acid, DHA), mikä puolestaan saattaa vähentää sydän- ja verisuonitauteja ehkäisevää vaikutusta. Vegaanisen ruokavalion vaikutukset sydän- ja verisuonitauteihin ovat kuitenkin yksilöllisiä, ja esimerkiksi kaikki vegaanista ruokavaliota noudattavat eivät saa täysin samoja ravintoaineita, mikä osaltaan lisää eroja yksilöiden välillä.

Avainsanat: ateroskleroosi, kolesteroli, triasyyliglyserolit, vegaaninen ruokavalio

Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
2	Tyydyttyneet ja tyydyttymättömät rasvahapot	6
2.1	Välttämättömät- ja niistä syntetisoidut rasvahapot	7
3	Vegaanisen ruokavalion vaikutus rasvahappoihin	9
4	Plasman lipidit	11
5	Lipoproteiinit	12
5.1	Aterogeeniset lipoproteiinit	14
6	Rasvahappojen vaikutukset plasman lipideihin	16
7	Vegaanisen ruokavalion vaikutus sydän- ja verisuonitauteihin	18
8	Yhteenveto	20
9	Lähteet	22

1 Johdanto

Kasvisruokavalio painottaa kasvikunnan tuotteiden käyttämistä. Kasvisruokavaliossa jätetään osa tai kaikki eläinkunnan tuotteet pois. Kasvisruokavalion suosio on kasvanut viimeisten vuosien aikana. Syitä kasvaneelle suosiolle on muun muassa sen eettisyys sekä ympäristöystävällisyys. Kasvisruokavalio tukee kestävästä kehitystä muun muassa tuottamalla vähemmän kasvihuonekaasuja, kuten metaania (Scarborough ja muut 2023). Myös lisääntynyt tieto kasvisruokavalion terveellisyydestä on lisännyt sen kannattajia. Kasvisruokavalion terveyteen liittyvät tutkimukset ovat kuitenkin pääasiassa kohdistuneet vain proteiineihin, mutta tärkeää olisi tutkia myös kasvisruokavaliosta saatavia lipidejä. Plasman rasvahappokoostumuksen ajatellaan muuttuvan siirryttäessä sekaruokavaliosta kasvisruokavalioon (Li ja muut 2017). Tällä on todettu olevan suuri merkitys erilaisiin tauteihin, kuten sydän- ja verisuonitauteihin. Tämä lisää osaltaan tarvetta tehdä tutkimusta lipideistä.

Sydän- ja verisuonitaudit ovat maailmanlaajuisesti yleisin kuolinsyy (Meier ja muut 2019). Ne aiheuttavat noin 17,8 miljoonaa kuolemaa vuosittain, ja näistä noin 9,1 miljoonaa johtuu ravinnosta. Sydän- ja verisuonitaukeille altistaa muun muassa tupakointi, korkea verenpaine sekä dyslipidemia, eli plasman lipidien epänormaalit pitoisuudet (Castelli 1996). Sydän- ja verisuonitaukeista yleisin on sepelvaltimotauti. Monia sydän- ja verisuonitaukeja aiheuttaa ateroskleroosi eli valtimonkovettumatauti. Ateroskleroosissa valtimoihin kertyy lipidejä, kuten kolesterolia ja triasyyliglyseroleja (Björkegren ja Lusi 2022). Valtimoihin kertyneet lipidit voivat heikentää verenkiertoa ja aiheuttaa hapenpuutetta. Korkea kolesterolipitoisuus ja triasyyliglyserolipitoisuus altistavat siis sydän- ja verisuonitaukeille (Koch ja muut 2023). Kolesterolia ja triasyyliglyseroleja kuljettaa veressä lipoproteiinit (Carmena ja muut 2004). Lipoproteiineja, jotka voivat aiheuttaa ateroskleroosia kuljettamalla lipidejä verisuoniin kutsutaan aterogeenisiksi lipoproteiineiksi. Näitä ovat LDL (engl. low density lipoprotein), VLDL (engl. very low density lipoprotein), IDL (engl. intermediate density lipoprotein), kylomikronit ja kylomikronijäänteet (engl. chylomicron remnants) (Sniderman ja muut 2019). Näille lipoproteiineille yhteistä on niiden pintaproteiini apolipoproteiini B, jota pidetään tärkeänä biomarkkerina sydän- ja verisuonitaukeille.

Kasvisruokavalion ajatellaan ehkäisevän sydän- ja verisuonitaukeilta, mutta sen vaikutukset ovat vielä epävarmoja (Satija ja Hu 2018). Erityisesti kasvisruokavalion, joka sisältää paljon monitydyttymättömiä rasvahappoja ja vähän tyydyttyneitä rasvahappoja, on todettu alentavan plasman aterogeenisten lipoproteiinien kolesteroli- ja triasyyliglyserolipitoisuutta, ja siten ehkäisevän sydän- ja verisuonitaukeilta. Kasvisruokavalio voi olla kuitenkin myös epäterveellinen, jos se koostuu esimerkiksi useista ultraprosoessoiduista elintarvikkeista, jotka sisältävät paljon tyydyttyneitä rasvahappoja, hiilihydraatteja ja suolaa (Tuso ja muut 2013). Kasvissyöjillä saattaa olla ongelmia

myös tiettyjen vitamiinien ja mineraalien saannissa ravinnosta. Tällöin kasvisruokavaliosta ei välttämättä ole yhtä paljon hyötyä sydän- ja verisuonitautien hoidossa. Oikein koostettuna kasvisruokavalio voi olla tehokas keino hallita plasman rasvahappokoostumusta ja siten ehkäistä sydän- ja verisuonitauteilta.

Kasvisruokavalion terveydellisiin hyötyihin vaikuttaa muun muassa ruokavalion tyyppi. Kasvisruokavalioita ovat muun muassa vegaaninen, laktovegetaarinen ja pescovegetaarinen (Satiija ja Hu 2018). Vegaanisessa ruokavaliossa ei käytetä eläinperäistä, laktovegetaarisessa käytetään eläinperäisistä tuotteista maitotuotteita ja pescovegetaarisessa käytetään eläinkunnan tuotteista maitotuotteita, kananmunia ja kalaa. Kaikista näistä ruokavaliosta saatavien rasvahappojen laatu sekä määrä vaihtelee, minkä takia niillä onkin erilaisia terveydellisiä vaikutuksia. Esimerkiksi Burns-Whitmore ja muiden mukaan (2019) vaihtelevaa saantia on havaittu muun muassa monitydyttymättömissä rasvahapoissa, kuten välttämättömissä rasvahapoissa. Näitä on omega-6-sarjan linolihappo (C18:2 n-6) sekä omega-3-sarjan alfa-linoleenihappo (18:3 n-3). Näistä elimistö muodostaa pidempiketjuisia tyydyttymättömiä rasvahappoja, kuten arakidonihappoa (engl. arachidonic Acid C20:4 n-6, ARA), eikosapentaenihappoa (engl. eicosapentaenoic Acid C20:5 n-3, EPA) ja dokosaheksaenihappoa (engl. docosahexaenoic Acid C22:6 n-3, DHA). Burns-Whitmore ja muiden mukaan näiden pidempiketjuisten rasvahappojen saanti voi olla tiettyjä kasvisruokavalioita noudattaville haastavaa, koska niitä saadaan pääasiassa eläinkunnan tuotteista.

Tutkielmassa perehdytään vegaaniseen ruokavalioon ja siitä saataviin lipideihin. Tutkielmassa selvitetään vegaanisen ruokavalion rasvahappokoostumus eli se, mitä rasvahappoja ja kuinka paljon niitä saadaan verrattuna sekaruokavalioon. Monitydyttymättömistä rasvahapoista keskitytään välttämättömiin ja niistä muodostettuihin pidempiketjuisiin rasvahappoihin, EPA:han, DHA:han ja ARA:han. Tämän lisäksi perehdytään siihen, miten vegaanisesta ruokavaliosta saatavat rasvahapot vaikuttavat plasman kolesteroli- ja triasyyliglyserolipitoisuuteen sekä lipoproteineihin ja sitä kautta ateroskleroosista johtuviin sydän- ja verisuonitauteihin.

2 Tyydyttyneet ja tyydyttymättömät rasvahapot

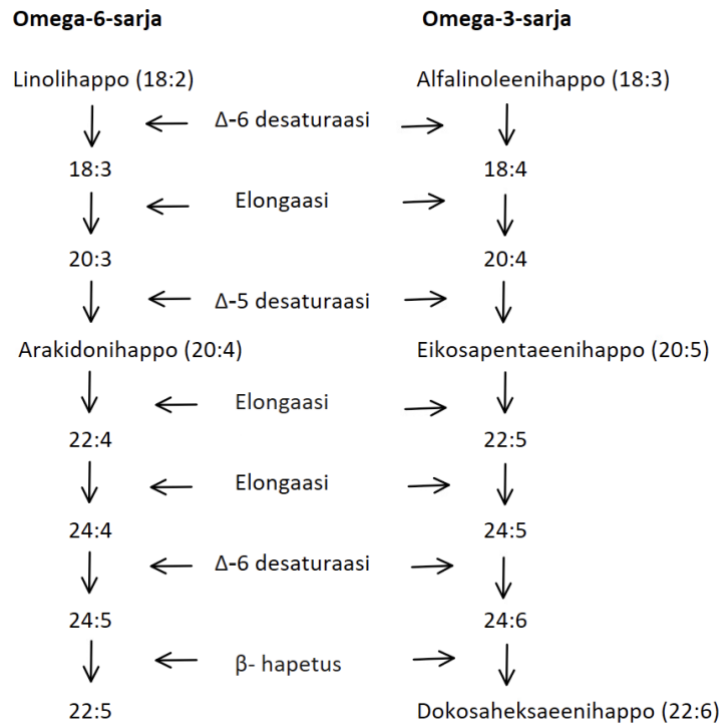
Rasvahapot sisältävät hiilivetyketjun, jonka päässä on karboksyylihapporyhmä. Rasvahapot ovat rakenteeltaan poolittomia. Rasvahapot luokitellaan niiden sisältämien kaksoissidosten määrän perusteella tyydyttyneisiin ja tyydyttymättömiin rasvahappoihin (Fantini ja Yahi 2015). Tyydyttyneet rasvahapot sisältävät vain yksinkertaisia hiili-hiili-sidoksia, minkä takia ne ovat pääasiassa kiinteitä huoneenlämmössä ja ovat rasvahapoista vähiten reaktiivisia (Moghadasian ja Shahidi 2017). Yleisimmät ravinnosta saadut rasvahapot sisältävät 12, 14, 16 ja 18 hiiliatomia. Näitä ovat muun muassa lauriinihappo, myristiinihappo, palmitiinihappo ja steariinihappo, joita kaikkia löytyy niin eläin- kuin kasvikunnan tuotteista. Tyydyttyneet rasvahapot ovat tärkeässä asemassa sydän- ja verisuonitaudeissa. Niiden liikasaanti on yhdistetty kohonneeseen riskiin sairastua kyseisiin tauteihin.

Tyydyttymättömät rasvahapot sisältävät yksinkertaisten sidosten lisäksi joko yhden tai useamman kaksoissidoksen. Tyydyttymättömät rasvahapot ovat yleensä huoneenlämmössä nesteitä. Ne ovat kaksoissidoksensa takia tyydyttyneitä rasvahappoja reaktiivisempia (de la Garza ja muut 2021). Ne hapettuvat esimerkiksi aldehydeiksi ja ketoneiksi ja voivat muodostaa hapettuneita polymeerejä sekä syklisiä yhdisteitä (Gupta 2017). Suurin osa kaksoissidoksen vetyatomeista on samalla puolella sidosta eli cis muodossa. Hydrauksessa nämä vedyt voivat siirtyä eri puolille kaksoissidosta muodostaen trans-isomeerin. Tyydyttymättömät rasvahapot ovat tärkeitä erityisesti sydän- ja verisuonitautien ehkäisyssä ja hoidossa (Hamid ja muut 2015). Tyydyttymättömät rasvahapot voidaan jakaa kertatyydyttymättömiin ja monityydyttymättömiin. Kertatyydyttymättömät rasvahapot sisältävät vain yhden kaksoissidoksen ja ne esiintyvät pääasiassa cis muodossa (Povey 2016). Tällainen on esimerkiksi oleiinihappo (18:1 n-9). Sitä löytyy niin eläin- kuin kasviperäisistä lähteistä (Schwingshackl ja Hoffmann 2012). Monityydyttymättömät rasvahapot sisältävät useamman kuin yhden kaksoissidoksen (Burns-Whitmore ja muut 2019). Nämä voidaan jakaa esimerkiksi omega-3 ja omega-6 sarjan rasvahappoihin, joita on muun muassa alfa-linoleenihappo ja linolihappo.

2.1 Välttämättömät- ja niistä syntetisoidut rasvahapot

Välttämättömiä rasvahappoja ovat monityydyttymättömät omega-3-sarjan alfa-linoleenihappo ja omega-6-sarjan linolihappo (Heldt ja Piechulla 2011). Ihmisten rasvahapposynteesi ei pysty muodostamaan kaksoissidoksia hiiliketjujen 3 ja 6 hiiliin metyyli-päästä lukien, mikä tekee niistä välttämättömiä, eli niitä on saatava ravinnosta. Linolihappoa ja alfa-linoleenihappoa löytyy kasveista, koska kasvit pystyvät syntetisoimaan niitä hydrolysoimalla triasyyliglyseroleja. Niitä tarvitaan solujen solukalvoissa osana fosfolipidejä (Brody 1999). Niistä valmistuu myös pidempiketjuisia rasvahappoja, ARA:ta, EPA:ta ja DHA:ta (Papandreou 2014). Näillä rasvahapoilla on tärkeitä tehtäviä muun muassa aivojen kehityksessä, immuunipuolustuksessa sekä sydän- ja verisuonitautien ehkäisyssä (Zeece 2020). EPA:n ja DHA:n on todettu esimerkiksi laskevan plasman lipidipitoisuuksia alentaen sydän- ja verisuonitautien riskiä (Innes ja Calder 2018). Näistä pidempiketjuisista rasvahapoista muodostuu erilaisia viestiaineita, kuten eikosanoideja, jotka vaikuttavat tulehdukseen (Duttaroy 2021). Näitä ovat esimerkiksi prostaglandiinit ja leukotrieenit. ARA:sta syntetisoidut eikosanoidit ovat tulehdusta edistäviä, kun taas EPA:sta ja DHA:sta muodostuneet eikosanoidit ovat tulehdusta vähentäviä. Tämän takia omega-6-sarjan rasvahappojen ylimäärä suhteessa omega-3-sarjan rasvahappoihin ylläpitää tulehdustilaa, mikä on haitallista sydän- ja verisuonitautien kannalta.

EPA:ta, DHA:ta ja ARA:ta ei pidetä välttämättöminä rasvahappoina, koska niitä syntetisoi alfa-linoleenihaposta ja linolihaposta (Burns-Whitmore ja muut 2019). Näitä pidempiketjuisia rasvahappoja muodostuu alfa-linoleenihaposta ja linolihaposta pidentämällä ja desaturoimalla niiden hiiliketjuja entsyymien avulla (kuva 1). Näitä entsyymejä ovat $\Delta 5$ - ja $\Delta 6$ -desaturaasit sekä elongaasit. Omega-6- ja omega-3-sarjan rasvahappojen reaktioihin käytetään samoja entsyymejä, minkä takia reaktiot kilpailevat samoista entsyymeistä. Ylimäärä toista omega-sarjaa häiritsee siis toisen sarjan biokonversiota. EPA:ta, DHA:ta ja ARA:ta saadaan ravinnosta, minkä takia niiden saanti ei ole täysin riippuvaista alfa-linoleenihaposta ja linolihaposta. Alfa-linoleenihappo syntetisoi EPA:ksi ja DHA:ksi vain heikosti. Terveillä ihmisillä tämä biokonversio on noin 5–8 %. Linolihappo syntetisoi suhteellisen hyvin ARA:ksi. Alfa-linoleenihapon ja linolihapon saannin lisäksi biokonversioon vaikuttaa myös esimerkiksi sukupuoli ja ikä. Esimerkiksi hedelmällisessä iässä olevilla naisilla alfa-linoleenihapon biokonversion on todettu olevan tehokkaampi kuin miehillä.



Kuva 1. Omega-3 ja 6-sarjan rasvahappojen pidennys- ja desaturaatiovaiheet. Molempien sarjojen biokonversiossa käytetään samoja entsyymejä: Δ -6- ja Δ -5 desaturaaseja sekä elongaaseja. Kuva muokattu lähteestä (Burns-Whitmore ja muut 2019).

3 Vegaanisen ruokavalion vaikutus rasvahappoihin

Vegaanisessa ruokavaliossa lipidien saanti perustuu kasvipärisiin lähteisiin (Burns-Whitmore ja muut 2019). Omega-6-sarjan linolihappoa saadaan pääasiassa siemenistä, jyivistä ja palkokasveista sekä erilaisista öljyistä, kuten rapsi- ja auringonkukkaöljystä. Omega-3-sarjan alfa-linoleenihappoa saadaan pääasiassa samoista lähteistä, mutta myös vihreistä kasvin osista, levistä ja kasviplanktonista. Ravinnosta saatujen linolihapon ja alfa-linoleenihapon määrän onkin todettu olevan vegaaneilla korkeampi verrattuna sekasyöjiin (Menzel ja muut 2022). Kokonaisuudessaan vegaanit saavat siis enemmän välttämättömiä rasvahappoja. Suositusten mukaisesti niitä tulisi saada yli 10 % kokonaisenergiasta. World Health Organization suosittelee omega-6-sarjan rasvahappojen saanniksi 2,5–9 % energiasta ja omega-3-sarjan rasvahappojen 0,5–2 % energiasta. Vegaanit saavat niitä noin 10,1 %, kun taas sekasyöjät vain 6,2 %. Tämä perustuu pääasiassa kohonneeseen välttämättömien rasvahappojen saantiin, koska niistä muodostettuja EPA:ta, DHA:ta ja ARA:ta vegaanit saavat vähemmän. Välttämättömien rasvahappojen saanti kuitenkin vaihtelee, sillä kaikki vegaanista ruokavaliota noudattavat eivät käytä yhtä paljon niitä sisältäviä tuotteita (Elorinne ja muut 2016). Esimerkiksi Pohjoismaissa, missä käytetään suhteellisen paljon rapsiöljyä, alfa-linoleenihapon määrä voi olla korkea.

ARA on eläinperäinen rasvahappo, jota löytyy muun muassa punaisesta lihasta ja kananmunista (Kawashima 2019). Vaikka vegaanit eivät saa sitä ravinnosta, osa linolihaposta voidaan muuntaa ARA:ksi, minkä takia sen saanti ravinnosta ei ole välttämätöntä (Menzel ja muut 2022). EPA:ta ja DHA:ta saadaan merenelävistä, minkä takia vegaanit eivät saa niitä ravinnosta (Burns-Whitmore ja muut 2019). Näitä ei myöskään pystytä syntetisoimaan alfa-linoleenihaposta tehokkaasti, minkä takia niiden määrä saattaa jäädä vähäiseksi. Niiden määrän onkin todettu olevan vegaaneilla alhaisempi (Menzel ja muut 2022). Toisaalta niiden syntetisoiminen riippuu myös alfa-linoleenihapon määrästä. Jos sitä on paljon, EPA:n ja DHA:n syntetisoiminen voi olla tehokkaampaa, mutta toisaalta silti vähäistä. Koska linolihappoa on vegaaneilla enemmän, se saattaa vähentää entisestään alfa-linoleenihapon biokonversion tehokkuutta, ja siten vähentää EPA:n ja DHA:n määriä. Vegaanit voivat saada EPA:ta ja DHA:ta kuitenkin erilaisista levävalmisteista, mikä onkin suositeltavaa niiden saannin turvaamiseksi. Etenkin länsimaissa korostuu suuri omega-6-sarjan rasvahappojen määrä verrattuna omega-3-sarjan rasvahappoihin, mikä puolestaan altistaa tulehduksille (Simopoulos 2002). Tämä puolestaan lisää sydän- ja verisuonitautien riskiä.

Kertatydyttymättömiä rasvahappoja saadaan niin kasvipärisistä tuotteista kuin eläinperäisistä tuotteista (Menzel ja muut 2022). Vegaanit saavat niitä kuitenkin vain kasvipärisistä tuotteista. Näitä ovat muun muassa avokatot, oliivit ja erilaiset pähkinät, kuten mantelit ja maapähkinät sekä siemenet, kuten kurpitsansiemenet ja seesaminsiemenet. Niitä saadaan myös erilaisista kasviöljyistä, kuten

rapsiöljystä ja safloriöljystä. Eläinperäisiä tuotteita ovat esimerkiksi punainen liha ja maitotuotteet. Koska vegaanien kertatydyttymättömien rasvahappojen saanti rajautuu vain kasviperäisiin tuotteisiin, niiden saannin on todettu olevan alhaisempi vegaaneilla verrattuna sekasyöjiin. Suositusten mukaan kokonaisenergiasta tulisi saada 10–15 % kertatydyttymättömiä rasvahappoja. Vegaanit saavat kokonaisenergiasta noin 12,3 % kertatydyttymättömiä rasvahappoja, kun taas sekasyöjät noin 15,3 %. Vegaanisesta ruokavaliosta saadaan siis yleensä tarpeeksi kertatydyttymättömiä rasvahappoja. Eläinperäisistä ja kasviperäisistä lähteistä tulevilla kertatydyttymättömillä rasvahapoilla saattaa kuitenkin olla eroa. Eläinperäisistä lähteistä saatavat kertatydyttymättömät rasvahapot saattavat lisätä sydän- ja verisuonitautien riskiä, kun taas kasviperäisistä lähteistä saatavat saattavat alentaa riskiä (Zong ja muut 2018). Zong ja muiden tutkimuksessa kasviperäinen lähde oli pääasiassa oliiviöljy ja eläinperäisiä lähteitä olivat muun muassa naudan liha ja porsaan liha. Ruokavalioiden vaikutusten ero selittyi ainakin sillä, että kasviperäisistä lähteistä saadut kertatydyttymättömät rasvahapot korreloivat monitydyttymättömien rasvahappojen kanssa, kun taas eläinperäisistä lähteistä saadut kertatydyttymättömät korreloivat tyydyttyneiden rasvahappojen kanssa. Tyydyttyneiden rasvahappojen on puolestaan todettu lisäävän sydän- ja verisuonitautien riskiä. Kertatydyttymättömien rasvahappojen saanti on tärkeää, jotta tyydyttyneiden rasvahappojen ja omega-6-sarjan rasvahappojen määrä pysyy kunnossa ja omega-6-sarjan ja omega-3-sarjan rasvahappojen suhde paranee (Davis ja Kris-Etherton 2003).

Tyydyttyneitä rasvahappoja saadaan pääasiassa eläinperäisistä tuotteista, kuten punaisesta lihasta ja maitotuotteista (Menzel ja muut 2022). Sen takia vegaanisesta ruokavaliosta tyydyttyneitä rasvahappoja saadaankin vähemmän. Niitä saadaan kuitenkin myös eräistä kasviperäisistä tuotteista, esimerkiksi erilaisista kasviöljyistä, kuten kookosöljystä ja palmuöljystä. Kasviöljyistä löytyy useita tyydyttyneitä rasvahappoja, kuten lauriinihappoa, kapryylihappoa, kapriinihappoa ja myristiinihappoa (Moghadasian ja Shahidi 2017). Suositusten mukaan tyydyttynyttä rasvaa tulisi saada alle 10 % kokonaisenergiasta (Menzel ja muut 2022). Useiden tutkimusten mukaan vegaanit saavat tyydyttyneitä rasvahappoja tarpeeksi, noin 7 % energiasta, kun taas sekasyöjät usein ylittävät suosituksen. Vegaanit voivat kuitenkin myös ylittää suosituksen, jos ruokavalio sisältää esimerkiksi paljon trooppisia öljyjä, kuten palmuöljyä ja kookosöljyä.

4 Plasman lipidit

Plasman lipidejä ovat muun muassa kolesteroli ja triasyyliglyserolit. Niitä voidaan saada ravinnosta tai syntetisoida elimistössä. Näistä kolesterolia ei saada kasviperäisistä lähteistä, sillä kasvien kolesterolisynteesi estyy kolesterolia rakenteellisesti muistuttavien fytosteroleiden takia (Ros ja Hu 2013). Kolesteroli ja triasyyliglyserolit ovat merkittävässä asemassa sydän- ja verisuonitaudeissa, koska niiden korkeiden pitoisuuksien on todettu altistavan sydän- ja verisuonitaudeille (Dowd 2014).

Kolesteroli on rasva, joka kuuluu steroleihin (Marcus 2013). Kolesteroli koostuu neljästä yhteen liittyneestä 27- hiilisestä rengasrakenteesta sekä hydroksyyli ryhmästä (Craig ja muut 2025). Rasvojen tapaan kolesterolin rakenne on kokonaisuudessaan pooliton, eikä liukene veteen. Tämän takia se vaatii kuljetusproteiinin kulkeakseen plasmassa. Kolesterolilla on tärkeä tehtävä solukalvolla. Se huolehtii solukalvon liukoisuudesta sekä jäykkyydestä. Kolesterolin pooliton osa osoittaa solukalvon sisäpuolelle ja poolinen hydroksyyli ryhmä osoittaa solukalvosta ulos kalvon molemmin puolin. Kolesteroli toimii myös steroidihormonien, sappihappojen ja D-vitamiinin esiasteena (Huff ja muut 2025a). Jokainen solu pystyy tuottamaan kolesterolia, mutta suurin osa siitä valmistetaan maksassa ja suolistossa (Malhotra ja muut 2016). Koska kolesteroli on välttämätön yhdiste elimistön toiminnalle, noin 80 % siitä valmistuu maksassa de novo -synteesin kautta. Kolesterolia muodostuu asetyylikoentsyymi-A molekyyleistä, jotka liittyvät yhteen muodostaen 30 hiilisen yhdisteen, jonka jälkeen 3 hiiltä poistuu muodostaen kolesterolin. Ravinnosta kolesterolia saa esimerkiksi punaisesta lihasta. Ravinnosta saadut kolesterolit pakataan kuljettajaproteiinien sisään maksassa ennen niiden vapautumista verenkiertoon (Craig ja muut 2025). Ravinnosta saadun kolesterolin ajatellaan vähentävän sen endogeenistä tuotantoa ylläpitäen homeostasiaa (Fernandez ja Murillo 2022).

Triasyyliglyserolit koostuvat toisiinsa esterisidoksilla sitoutuneesta glyserolista ja kolmesta rasvahappomolekyylisestä (Viecili ja muut 2017). Rakenteensa puolesta myös triasyyliglyserolit ovat poolittomia, ja vaativat kuljetusproteiinin veressä kulkeutuakseen. Ne voidaan jakaa rasvahappojensa perusteella tyydyttyneisiin ja tyydyttymättömiin. Triasyyliglyserolien pitkiin hiiliketjuihin on sitoutuneena paljon energiaa, tehden niistä tehokkaita energialähteitä ja energiavaroja rasva- ja lihaskudoksessa. Monet hormonit myös vaikuttavat triasyyliglyserolien valmistukseen ja energian vapauttamiseen. Triasyyliglyseroleja muodostuu maksassa ja rasvakudoksessa glyseroli-3-fosfaatti- ja monoasyyliglyserolireittien avulla (Tada ja muut 2020). Niitä saadaan ravinnosta niin eläin- kuin kasviperäisistä lähteistä (Jadhav ja Annapure 2023). Lipaasientsyymi pilkkoo ravinnosta saadut triasyyliglyserolit rasvahapoiksi ja monoasyyliglyseroleiksi ruansulatuskanavassa (Ros 2000). Rasvahapot ja monoasyyliglyserolit kulkeutuvat epiteelisoluille miselleissä, jossa ne rakentuvat takaisin triasyyliglyseroleiksi. Nämä pakataan kuljetusproteiineihin, ja ovat valmiita kulkemaan verenkiertossa.

5 Lipoproteiinit

Proteiineja, jotka kuljettavat plasman lipidejä, kuten kolesterolia ja triasyyliglyseroleja veressä kutsutaan lipoproteiineiksi. Lipoproteiinit jaetaan niiden ulkokuorella olevien proteiinien, tiheyden sekä niiden kuljettamien lipidien perusteella (Feingold 2000). Lipoproteiinit voidaan jakaa viiteen pääluokkaan, joita ovat kylomikronit, LDL, HDL, IDL ja VLDL. Triasyyliglyseroleja kuljettaa pääasiassa kylomikronit, IDL sekä VLDL. Kolesterolia kuljettaa puolestaan IDL, LDL ja HDL. Lipoproteiinit sisältävät pieniä määriä myös muita lipidejä. Esimerkiksi triasyyliglyseroleja kuljettavat lipoproteiinit sisältävät myös kolesterolia. Kasvisruokavalion ja sekaruokavalion välillä on havaittu eroja plasman lipidipitoisuuksissa. Esimerkiksi kasvisruokavalion on todettu laskevan LDL-kolesterolin määrää (Elliott ja muut 2022).

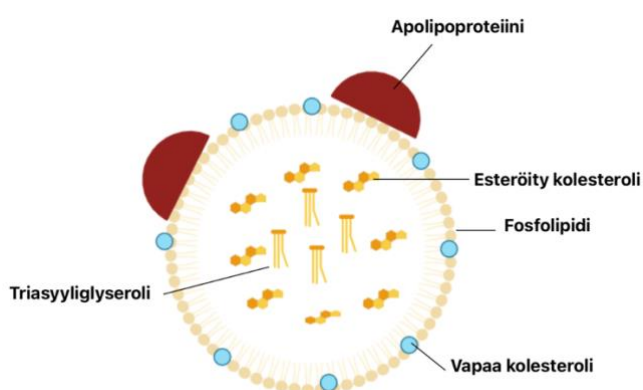
Lipoproteiinit koostuvat lipideistä ja proteiineista (Feingold 2000). Lipoproteiinien sisälle pakataan hydrofobiset kolesteroliesterit ja triasyyliglyserolit (kuva 2). Näiden lipidien osuus vaihtelee lipoproteiinien välillä. Lipoproteiinin pinnalla on fosfolipideitä, vapaata kolesterolia sekä apolipoproteiinia, jotka tekevät rakenteesta poolisen ja plasmaan liukenevan. Apolipoproteiineita on eri tyyppisiä, kuten apolipoproteiini A:ta, B:tä, C:tä ja E:tä. Näistä merkittävä sydän- ja verisuonitautien kannalta on apolipoproteiini B, jota on erityisesti LDL:ssä, IDL:ssä, VLDL:ssä sekä kylomikroneissa. Apolipoproteiini B:tä on myös eri tyyppisiä. Apolipoproteiini B-100 muodostuu maksassa, ja sitä löytyy pääasiassa LDL:stä sekä VLDL:stä. Kylomikronit puolestaan sisältävät apolipoproteiini B-48, jota muodostuu suolistossa. Apolipoproteiini A:ta taas on HDL:ssä.

Lipoproteiinien aineenvaihdunta voidaan jakaa eksogeeniseen- ja endogeeniseen reittiin sekä käänteiseen kolesterolin kuljetukseen (Feingold 2000). Eksogeeninen reitti kuvaa ravinnosta saatujen rasvojen kuljetusta. Ravinnosta saadut rasvat imeytyvät ruuansulatuskanavasta triasyyliglyseroleina, jotka pakataan suolistossa valmistettuihin kylomikroneihin. Kylomikronit kuljettavat triasyyliglyseroleja lihas- ja rasvakudokseen. Kudoksissa kylomikronien sisältämät triasyyliglyserolit hydrolysoidaan lipoproteiinilipaasien toimesta rasvahapoiksi ja monoasyyliglyseroliksi, jotka voidaan käyttää energiana tai sen varastointiin. Kun suurin osa kylomikronien sisältämistä triasyyliglyseroleista on hajotettu, jäljelle jää pienempiä kylomikronijäänteitä. Nämä poistetaan verenkierrosta maksaan reseptorivälitteisellä endosytoosilla niiden apolipoproteiini E:n sitoutuessa LDL-reseptoreihin. Lipoproteiinilipaasi tarvitsee apolipoproteiini C-II:ta toimiakseen. Apolipoproteiini A-II ja C-III puolestaan inhiboivat sen toimintaa hidastaen triasyyliglyserolien hajoamista nostamalla sen pitoisuutta plasmassa.

Endogeenisessä reitissä maksa tuottaa VLDL:tä apoproteiineista, kolesteroliestereistä ja triasyyliglyseroleista (Feingold 2000). VLDL:n muodostumisen tehokkuuteen vaikuttaa pääasiassa

triasyyliglyserolien määrä, joiden muodostumiseen vaikuttaa käytössä olevien vapaiden rasvahappojen määrä. Rasvahappoja puolestaan voidaan vapauttaa kudoksista, tuottaa de novo rasvahapposynteesillä sekä ottamalla maksaan triasyyliglyseroleja sisältäviä lipoproteiineja. VLDL kuljettaa triasyyliglyseroleja lihaksiin ja rasvakudokseen, jossa ne pilkkotaan lipoproteiinilipaasin avulla. Lipoproteiinilipaasi pilkkoo triasyyliglyseroleja rasvahapoiksi ja monoasyyliglyseroleiksi. Endogeenisen reitin tavoin syntyneet rasvahapot voidaan hyödyntää energiaksi tai sen varastointiin. Jäljelle jää pieniä VLDL jäänteitä, joista muodostuu IDL:tä. Triasyyliglyserolien hydrolysoinnin takia IDL sisältää VLDL:tä enemmän kolesteroliesteriä. Pintaproteiinina niillä on pääasiassa apolipoproteiini E:tä. Apolipoproteiini E:n avulla se voi poistua verenkierrosta maksaan sitoutumalla LDL-reseptoreihin. Suurin osa IDL:stä kuitenkin hydrolysoituu hepaattisen lipaasin toimesta LDL:ksi. Hepaattinen lipaasi hydrolysoi triasyyliglyseroleja IDL:stä, minkä takia LDL:ssä on niitäkin vähemmän triasyyliglyseroleja. LDL sisältää siis pääasiassa kolesteroliesteriä. Myös apolipoproteiini on vaihtunut LDL:ssä apolipoproteiini B-100:ksi. LDL voi kuljettaa kolesterolia kudoksiin, kuten verisuoniin, mutta suurin osa siitä kuljetetaan kuitenkin takaisin maksaan apolipoproteiini B-100 sitoutuessa LDL-reseptoreihin.

Käänteisessä kolesterolin kuljetuksessa maksassa ja suolistossa muodostuneet HDL:t keräävät ylimääräistä kolesterolia ja poistavat sitä verestä ja kudoksista (Feingold 2000). HDL:t muuttuvat kypsiksi lipoproteiineiksi ABCA1:ta (engl. ATP-binding cassette transporter) hyödyntävän reaktion avulla. Sen jälkeen ne voivat kuljettaa kolesterolin maksaan SR-B1 reseptorin välityksellä tai siirtämällä sen takaisin VLDL:lle ja LDL:lle hyödyntäen CETP (engl. cholesteryl ester transfer protein) proteiinia.



Kuva 2. Yksinkertaistettu kuva lipoproteiinien rakenteesta. Lipoproteiinien sisälle on pakattu plasman lipidit, kolesteroliesterit ja triasyyliglyserolit. Eri lipoproteiinien välillä on eroja lipidien osuuksissa niiden sisällä. Pinnalla olevia apolipoproteiineja on useita tyyppejä, kuten apolipoproteiini A:ta, B:ta ja C:ta. Kuva muokattu lähteestä (Albitar ja muut 2024).

5.1 Aterogeeniset lipoproteiinit

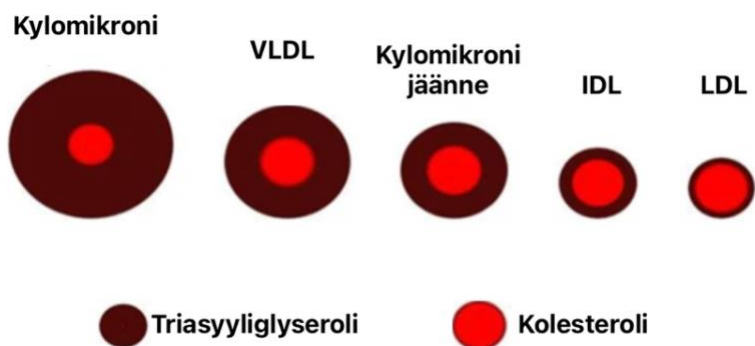
Lipoproteiineja, joilla on todettu olevan taipumus edistää ateroskleroosia, kutsutaan aterogeenisiksi lipoproteiineiksi (Carmena ja muut 2004). Niille yhteistä on, että ne sisältävät apolipoproteiini B:tä niiden ulkopinnalla. Aterogeenisiä lipoproteiineja ovat LDL, IDL, VLDL, kylomikronit ja kylomikronijäänteet. Apolipoproteiini A:lla, jota on HDL:ssä, ei puolestaan ole todettu olevan haitallista vaikutusta sydän- ja verisuonitautien kehittämisessä (Rahim ja muut 2016). Sen määrää voidaan kuitenkin käyttää arvioimaan sydän- ja verisuonitautien riskiä, sillä apolipoproteiini B:n ja A:n suhde on tärkeä indikaattori kyseisissä taudeissa. Apolipoproteiinit B on todettu hyväksi biomarkeriksi sydän- ja verisuonitauksissa, koska sitä sisältävät kaikki aterogeeniset lipoproteiinit ja niissä apolipoproteiini B:tä on vain yksi. Tämä saattaa antaa tarkemman arvion ateroskleroosin riskistä kuin lipoproteiinien kolesterolin ja triasyyliglyserolien pitoisuudet, koska yksittäisissä lipoproteiineissa lipidien pitoisuudet saattavat vaihdella.

Apolipoproteiini B-48 on pääasiassa kylomikroneissa ja kylomikronijäänteissä, kun taas apolipoproteiini B-100 on pääasiassa IDL:ssä, LDL:ssä ja VLDL:ssä (Sniderman ja muut 2019). Nämä lipoproteiinit ovat yhtä aterogeenisiä, mutta koska apolipoproteiini B-48 on niin vähän plasmassa, apolipoproteiini B:n määrä plasmassa johtuu lähes kokonaan muiden lipoproteiinien kuin kylomikronien ja kylomikronijäänteiden määrästä. Tämän takia kylomikroneita ja kylomikronijäänteitä ei pidetä yhtä vaarallisina kuin muita apolipoproteiini B:tä sisältäviä lipoproteiineja.

Kolesterolit ja triasyyliglyserolit pääsevät vain apolipoproteiini B:tä sisältävissä lipoproteiineissa verisuonten seinämän läpi (Sniderman ja muut 2019). Verisuonten seinämiin päässeeseen kolesterolin määrä on siis verrannollinen apolipoproteiini B:n määrään. Vaikka suuret lipoproteiinit, jotka sisältävät enemmän lipidejä saatetaan olettaa edistävän enemmän ateroskleroosia, on otettava huomioon, että pienemmät lipoproteiinit pääsevät suurempia lipoproteiineja tehokkaammin valtimoiden sisään. Tämä johtuu siitä, että ne pystyvät kiinnittymään tehokkaammin seinämän glykosaminoglukaanikerrokseen, mikä taas johtaa niiden pidättymiseen valtimoissa aiheuttaen ateroskleroosia (kuva 3). Tällöin verisuoniin vapautuu kuitenkin vähemmän lipidejä, mikä puolestaan vähentää niiden aterogeenisyyttä. LDL:tä pidetään kuitenkin ateroskleroosin kannalta vaarallisimpana, koska sitä on määrällisesti eniten plasmassa. Esimerkiksi jokaista VLDL-hiukkasta kohden plasmassa on noin 9 LDL-hiukkasta. Kaikkia LDL-hiukkasia pidetään kuitenkin yhtä aterogeenisinä edellä mainittujen tekijöiden vuoksi.

Apolipoproteiini B:n kokonaisvaikutus riippuu siis pääasiassa siitä, paljonko sitä sisältäviä lipoproteiineja pääsee valtimoiden seinämiin ja jää sinne, mutta toisaalta myös se, paljonko

lipoproteiinit sisältävät lipidejä, vaikuttaa niiden aterogeenisyyteen (Sniderman ja muut 2019). Tämän takia jokainen apolipoproteiini B:tä sisältävä lipoproteiini aiheuttaa lähes yhtä suuren riskin sairastua sydän- ja verisuonitauteihin.



Kuva 3. Aterogeenisiä lipoproteiineja niiden suuruusjärjestyksessä. Kuva muokattu lähteestä (Su ja muut 2019).

6 Rasvahappojen vaikutukset plasman lipideihin

Ravinnosta saadut rasvahapot vaikuttavat eri tavoin plasman lipideihin, kolesteroliin ja triasyyliglyseroliin. Näistä triasyyliglyserolit valmistetaan ravinnosta saaduista rasvahapoista, mikä tekee rasvahapoista erityisen tärkeitä niiden kannalta. Tämän lisäksi rasvahapot vaikuttavat myös plasman lipidien pitoisuuksiin vaikuttamalla niiden poistoon verenkierrosta (Gu ja Yin 2020). Rasvahappojen vaikutukset kolesterolipitoisuuteen liittyvät muun muassa LDL-reseptorien aktiivisuuteen ja triasyyliglyserolipitoisuuteen apolipoproteiini C-III:n ja lipoproteiinilipaasin kautta. Rasvahappojen laatu ja määrä vaikuttavat siis plasman lipidien pitoisuuksiin sekä niitä kuljettavien lipoproteiinien määrään. Ravinnon lisäksi lipidien pitoisuuksiin vaikuttaa myös geneettiset tekijät (Pappan ja muut 2025).

Ravinnosta saatujen tyydyttymättömien rasvahappojen on todettu nostavan plasman triasyyliglyserolipitoisuutta (Nestel ja muut 1970). Tällainen tyydyttynyt rasvahappo on esimerkiksi palmitiinihappo (Innis ja Dyer 1997). Osan tutkimuksista mukaan tyydyttyneet rasvahapot kuitenkin nostavat triasyyliglyserolipitoisuutta vain, jos omega-3-sarjan rasvahappoja ei saada tarpeeksi (Dias ja muut 2014). Kertatyydyttymättömillä rasvahapoilla ei ole saatu yhtä selkeitä tuloksia, mutta eräät tutkimukset ovat osoittaneet, että ne saattavat laskea plasman triasyyliglyserolipitoisuutta (Schwingshackl ja Hoffmann 2012). On myös tutkittu, että tyydyttyneistä rasvahapoista muodostuneet kylomikronit ovat kooltaan pienempiä kuin kertatyydyttyneistä rasvahapoista muodostuneet (Bergouignan ja muut 2009). Tämän on todettu johtuvan eri rasvahappojen erilaisista affiniteeteista suoliston triasyyliglyseriditransferaasia kohtaan, joka vaihtelee saturaatioasteen mukaan. Korkea tyydyttyneiden rasvahappojen saanti voi myös lisätä apolipoproteiini CIII:n tuotantoa, jonka lisääntynyt aktiivisuus saattaa johtaa hidastuneeseen triasyyliglyseroleja kuljettavien lipoproteiinien poistoon verenkierrosta (Gugliucci 2024). Tyydyttyneistä rasvahapoista muodostuneet triasyyliglyserolit saattavat siis poistua verenkierrosta hitaammin kuin kertatyydyttymättömistä rasvahapoista muodostuneet, mikä voi selittää sen, että kertatyydyttymättömät rasvahapot saattavat alentaa plasman triasyyliglyserolipitoisuutta.

Monitydyttymättömistä rasvahapoista omega-3-sarja alentaa plasman triasyyliglyserolipitoisuutta (Gu ja Yin 2020). Tutkimusten mukaan tämä johtuu siitä, että ne lisäävät lipidien hapetusta, mikä puolestaan vähentää maksan lipogeneesiä ja siten myös VLDL:n synteesiä maksassa. Ne myös voivat vähentää apolipoproteiini CIII:n aktiivisuutta. Niiden on todettu myös lisäävän lipoproteiinilipaasin aktiivisuutta ja käänteistä kolesterolin kuljetusta. Vähentynyt triasyyliglyserolien määrä selittyy myös sillä, että omega-3-sarjan rasvahappoja sisältävät kylomikronit otetaan maksaan kylomikronijäänteissä nopeammin kuin muita rasvahappoja sisältävät kylomikronijäänteet (Williams 1998). Omega-3-sarjan rasvahapoista DHA:n on todettu olevan tehokkain triasyyliglyserolipitoisuuden alentamisessa (Klingel

ja muut 2019). Toisaalta, vaikka vegaaneilla on vähemmän EPA:ta ja DHA:ta, ei ole tarpeeksi tutkimusta siitä, vaikuttaako tämä plasman triasyyliglyserolipitoisuuteen.

Triasyyliglyserolipitoisuuden alentuessa myös VLDL:t saattavat olla kooltaan pienempiä (Ide ja muut 2018).

Kertatyydyttymättömien rasvahappojen on todettu laskevan LDL-kolesterolin pitoisuutta (Mensink ja Katan 1989). Eräät tutkimukset ovat myös osoittaneet, että niistä muodostuneet LDL-hiukkaset ovat kooltaan suurempia kuin tyydyttyneistä rasvahapoista muodostuneet (Froyen 2021). Tutkimustulokset kertatyydyttymättömien rasvahappojen vaikutuksista HDL-kolesterolin pitoisuuteen ovat ristiriitaisia. Osan tutkimuksista mukaan ne saattavat nostaa HDL-kolesterolin pitoisuutta, kun taas toisten mukaan kertatyydyttymättömät rasvahapot laskevat HDL-kolesterolin pitoisuutta (Schwingshackl ja Hoffmann 2012) (Grundy 1989).

Tyydyttyneiden rasvahappojen on todettu nostavan LDL-kolesterolin pitoisuutta erityisesti vähentämällä kolesterolin poistumista verenkierrosta (Gu ja Yin 2020). Tämä saattaa johtua siitä, että tyydyttyneet rasvahapot heikentävät LDL-reseptorin aktiivisuutta vähentäen LDL-hiukkasten endosytoosia sekä hidastavat kolesterolin kuljetusta solukalvosta solulimakalvostoon. Tyydyttyneet rasvahapot voivat myös lisätä kolesterolin de novo -synteesiä. Tällaisia rasvahappoja ovat lauriinihappo, myristiinihappo sekä palmatiinihappo. Tärkeää on kuitenkin myös huomioida, että kaikki tyydyttyneet rasvahapot eivät nosta LDL- kolesterolia yhtä paljon. Esimerkiksi pidempiketjuisen steariinihapon ei ole todettu nostavan sitä ollenkaan. Tyydyttyneet rasvahapot voivat myös nostaa HDL-kolesterolin määrää, mikä puolestaan edistää terveyttä (Katan ja muut 1995).

Monityydyttymättömistä rasvahapoista omega-6-sarjan rasvahapot, erityisesti linolihappo laskee LDL-kolesterolin pitoisuutta (Gu ja Yin 2020). Tämä voi selittyä sillä, että ne lisäävät LDL-reseptorien aktiivisuutta maksassa ja vähentävät VLDL:n konversiota LDL:ksi. Omega-6-sarjan rasvahapot voivat tutkimusten mukaan myös pienentää LDL:n kokoa (Mäntyselkä ja muut 2014). Ne voivat myös nostaa HDL-kolesterolin pitoisuutta (Bishekolaei ja Pathak 2024). Omega-3-sarjan rasvahappojen ei ole todettu aiheuttavan yhtä merkittävää vaikutusta LDL-kolesteroliin. Joidenkin tutkimusten mukaan DHA saattaa kuitenkin nostaa LDL-kolesterolia (Mori ja muut 2000). Tämä voi johtua siitä, että omega-3-sarjan rasvahapot muodostavat pienempiä VLDL-hiukkasia, jotka muunnetaan suurempia VLDL-hiukkasia nopeammin hepaattisen lipaasin vaikutuksesta LDL:ksi (Ide ja muut 2018). Niiden on todettu myös kasvattavan LDL:n kokoa, koska plasman triasyyliglyserolipitoisuus määrittää muodostuneen LDL:n koon. Omega-3-sarjan rasvahapoista DHA:n on todettu myös nostavan HDL:tä (Bernstein ja muut 2012).

7 Vegaanisen ruokavalion vaikutus sydän- ja verisuonitauteihin

Vegaanisen ruokavalion on todettu alentavan erityisesti plasman kolesterolipitoisuuksia (Koch ja muut 2023). Erityisesti kolesterolipitoisuuden väheneminen vaikuttaa apolipoproteiini B:n määrään, koska suurin osa plasmassa olevasta apolipoproteiini B:tä sisältävistä lipoproteiineista on kolesterolia kuljettavaa LDL:tä (Galimberti ja muut 2023). Tutkimuksissa on havaittu, että vegaaninen ruokavalio saattaa vähentää apolipoproteiini B:n pitoisuutta, mikä taas saattaa kertoa vegaanisen ruokavalion kyvystä vähentää ateroskleroottista kuormitusta (Koch ja muut 2023).

Tutkimukset ovat osoittaneet, että vegaaninen ruokavalio sisältää vähemmän tyydyttyneitä rasvahappoja ja enemmän tyydyttymättömiä, erityisesti omega-6-sarjan rasvahappoja (Koch ja muut 2023). Tyydyttyneiden rasvahappojen on todettu nostavan kolesterolin ja triasyyliglyserolien pitoisuuksia plasmassa (Nestel ja muut 1970) (Siri-Tarino ja muut 2010b). Vegaanisen ruokavalion LDL-kolesterolia alentava vaikutus saattaa olla sydän- ja verisuonitautien kannalta merkittävämpi kuin sen vaikutus triasyyliglyserolipitoisuuteen (Siri-Tarino ja muut 2010a). Sen lisäksi, että vegaanisesta ruokavaliosta saa vähemmän tyydyttyneitä rasvahappoja, kasvipäiväruoka ei itsessään sisällä kolesterolia (Ros ja Hu 2013). Toisaalta ravinnosta saadun kolesterolin vaikutukset plasman kolesteroliin ja ateroskleroosiin ovat kiistanalaiset (Kratz 2005).

Monitydyttymättömistä omega-3-sarjan rasvahappojen vaikutukset perustuvat pääasiassa triasyyliglyserolipitoisuuden alentamiseen veressä (Napolitano ja muut 2004). Omega-3-sarjan rasvahappojen, erityisesti EPA:n ja DHA:n määrän on todettu olevan vegaaneilla alhaisempi (Harris 2014). Tämän takia vegaanit eivät välttämättä hyödy niiden triasyyliglyseroleja alentavasta vaikutuksesta yhtä paljon kuin kyseisiä rasvahappoja ravinnosta saavat (Bornfeldt 2021). Omega-3-sarjan rasvahappojen saanti riippuu kuitenkin suuresti ruokavalinnoista. Vegaanit voivat saada DHA:ta ja EPA:ta pääasiassa vain levävalmisteista, mutta alfa-linoleenihappoa vegaanit voivat saada kohtalaisen paljon muun muassa siemenistä ja kasviöljyistä (Burns-Whitmore ja muut 2019).

Vegaanit saavat omega-6-sarjan linolihappoa yleensä enemmän sekasyöjät (Menzel ja muut 2022). Omega-6-sarjan rasvahapon vaikutukset perustuvat pääasiassa LDL-kolesterolin alentamiseen (Napolitano ja muut 2004). Tämä saattaa johtua siitä, että linolihappo lisää LDL-reseptorien aktiivisuutta maksassa (Koch ja muut 2023). Vegaaneilla onkin todettu olevan alhaisempi LDL-kolesterolin määrä verrattuna sekasyöjiin. Vegaaneilla on myös todettu olevan alhaisempi kokonaisrasvan määrä. Tämä taas voi johtaa alhaisempaan triasyyliglyserolien ja kolesterolin absorptioon suolistossa, ja siten myös alentuneeseen LDL-hiukkasten määrään. Vaikka linolihapon on todettu alentavan LDL-kolesterolia, siitä tuotetut eikosanoidit ovat tulehdusta ylläpitäviä, kun taas

omega-3-sarjan rasvahappojen tuottamat eikosanoidit ovat tulehdusta ehkäiseviä (Han 2023). Tällä voi olla haitallinen vaikutus sydän- ja verisuonitauteihin.

Osa vegaanisesta ruokavaliosta tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet kertatyydyttymättömien rasvahappojen määrän olevan vegaaneilla alhaisempi (Menzel ja muut 2022). Sen takia vegaanit eivät välttämättä hyödy niiden positiivisista vaikutuksista sydän- ja verisuonitaudeissa alentaen LDL-kolesterolia sekä triasyyliglyseroleja (Kris-Etherton ja muut 1999). Kertatyydyttymättömät rasvahapot voivat tämän lisäksi vähentää aterian jälkeisten hyytymistekijöiden aktiivisuutta, vähentäen veritulppien riskiä (Silva ja muut 2003). Tyydyttyneet rasvahapot sen sijaan aktivoivat näitä hyytymistekijöitä, mikä kasvattaa veritulpan riskiä.

Monityydyttymättömien rasvahappojen vaikutukset sydän- ja verisuonitauteihin liittyvät myös niiden peroksidaatioon (Napolitano ja muut 2004). Monityydyttymättömien rasvahappojen on todettu olevan erityisen alttiita vapaiden radikaalien hyökkäyksille. Radikaalit saattavat hyökätä kaksoissidoksiin ja tuottaa erilaisia yhdisteitä, kuten aldehydejä ja lipidiperoksiedeja. Vaikka vegaaninen ruokavalio sisältää enemmän tyydyttymättömiä rasvahappoja, saattaa se altistaa rasvahappojen peroksidaatiolle ja siten vaikuttaa negatiivisesti ateroskleroosiin. Rasvahappojen peroksidaatiota tapahtuu erityisesti rasvahapoilla, jotka sisältävät useita kaksoissidoksia. Monityydyttymättömistä rasvahapoista omega-6-sarjan rasvahappojen on todettu olevan alttiimpia tälle kuin omega-3-sarjan rasvahappojen. Toisaalta vegaanisesta ruokavaliosta saatavat lipidit eivät välttämättä koe yhtä paljon peroksidaatiota, koska vegaanisesta ruokavaliosta saatavat antioksidantit, kuten karotenoidit saattavat suojella peroksidaatiota vastaan (Miller ja muut 1998).

8 Yhteenveto

Havaitut positiiviset vaikutukset vegaanisesta ruokavaliosta sydän- ja verisuonitauteihin johtuu pääasiassa vähentyneestä tyydyttyneiden rasvahappojen saannista sekä alentuneesta LDL-kolesterolin pitoisuudesta. Vegaaninen ruokavalio voi alentaa LDL-kolesterolin pitoisuutta vähentämällä niin tyydyttyneiden rasvahappojen saantia kuin lisäämällä omega-6-sarjan linolihappoa, koska nämä molemmat lisäävät LDL-reseptorien aktiivisuutta. Vegaanisen ruokavalion on todettu myös alentavan apolipoproteiini B:n määrää plasmassa. Myös ravinnosta saatu kolesteroli saattaa vaikuttaa plasman kolesterolin määrään, mutta toisaalta kasviperäisistä lähteistä ei löydy kolesterolia. Tutkimuksista liittyen ravinnon kolesterolin vaikutukseen plasman kolesterolipitoisuuteen on kuitenkin saatu ristiriitaisia tuloksia. Ravinnosta saatu kolesteroli ei välttämättä vaikuta ateroskleroosiin, koska elimistö pyrkii vähentämään ylimääräistä kolesterolia vähentämällä kolesterolin endogeenistä synteesiä maksassa. Vaikka linolihapon määrä on vegaaneilla yleensä suurempi, ARA:n määrä on pienempi. Tämän takia vegaaneilla saattaa olla vähemmän tulehdustilaa edistäviä eikosanoideja, mikä puolestaan voi ehkäistä sydän- ja verisuonitaukeilta. EPA:n ja DHA:n vähäinen saanti vegaanisesta ruokavaliosta sekä omega-6-sarjan rasvahappojen kasvu saattavat johtaa epätasapainoon omega-6-sarjan rasvahappojen ja omega-3-sarjan rasvahappojen välillä, mikä puolestaan voi lisätä tulehdusta ylläpitäviä eikosanoideja. Tästä ei kuitenkaan ole vielä tarpeeksi tutkimusnäyttöä.

Vegaanisesta ruokavaliosta saadaan yleensä vähemmän kertatyydyttymättömiä rasvahappoja, mikä saattaa johtua siitä, että vegaanit saavat niitä vain kasviperäisistä lähteistä. Toisaalta nämä kasviperäisistä lähteistä saatavat kertatyydyttymättömät rasvahapot saattavat olla terveellisempiä, koska ne korreloivat yleensä monitydyttymättömien rasvahappojen kanssa, kun taas eläinperäisistä lähteistä saadut kertatyydyttymättömät korreloivat tyydyttyneiden rasvahappojen kanssa. Vegaanisesta ruokavaliosta saatavat kertatyydyttymättömät rasvahapot saattavat siis laskea kolesteroli- ja triasyyliglyserolipitoisuuksia.

Vaikka korkea triasyyliglyserolipitoisuus on yhdistetty kohonneeseen sydän- ja verisuonitautien riskiin, sen vaikutukset sydän- ja verisuonitauteihin eivät ole yhtä selkeitä kuin kolesterolin (McBride 2008). Esimerkiksi hypertriglyseridemiasta kärsivillä on usein myös muita sairauksia, kuten tyypin 2 diabetes, joka osaltaan voi nostaa tautien riskiä. Koska vegaanisesta ravinnosta saa yleensä vähemmän EPA:ta ja DHA:ta, on myös oletettua, että triasyyliglyserolipitoisuus ei muutu merkittävästi vegaanisessa ruokavaliossa. On kuitenkin mahdollista, että tyydyttyneiden rasvahappojen saannin väheneminen saattaa kuitenkin alentaa triasyyliglyserolipitoisuuksia. Vegaanien ainoa EPA:n ja DHA:n lähde on alfa-linoleenihappo, mutta sen biokonversio on heikko, minkä takia vegaanien tulisi saada EPA:ta ja DHA:ta levävalmisteista, jotta he hyötyisivät omega-3-sarjan rasvahappojen sydän- ja verisuonitaukeja ehkäisevistä vaikutuksista, kuten triasyyliglyserolipitoisuutta alentavasta

vaikutuksesta. Toisaalta ei ole tarpeeksi tutkimusnäyttöä siitä, kuinka paljon DHA:n ja EPA:n lisääminen vegaaniseen ruokavalioon alentaisi triasyyliglyserolipitoisuuksia.

Vaikka vegaaninen ruokavalio voi auttaa sydän- ja verisuonitautien ehkäisyssä laskemalla LDL-kolesterolipitoisuuksia, se voi myös olla epäterveellinen, jos esimerkiksi tietyistä ravintoaineista on puute. Myös useat kasvisruokavaihtoehdot ovat prosessoituja, mikä taas saattaa lisätä muun muassa hiilihydraattien osuutta ravinnossa, jotka puolestaan voivat nostaa sydän- ja verisuonitautien riskiä. Tämän takia olisi tärkeää, että ruokavalio olisi suunniteltu hyvin, jotta siitä saisi mahdollisimman paljon hyötyä. Oikein koostettuna vegaaninen ruokavalio voi siis auttaa parantamaan plasman lipidikoostumusta, ehkäisten sydän- ja verisuonitautien riskiä.

9 Lähteet

- Albitar, O., D'Souza, C. M. & Adeghate, E. A. (2024) Effects of Lipoproteins on Metabolic Health. *Nutrients* **16**:2156.
- Bergouignan, A., Momken, I., Schoeller, D. A., Simon, C. & Blanc, S. (2009) Metabolic fate of saturated and monounsaturated dietary fats: The Mediterranean diet revisited from epidemiological evidence to cellular mechanisms. *Prog Lipid Res* **48**:128–147.
- Bernstein, A. M., Ding, E. L., Willett, W. C. & Rimm, E. B. (2012) A meta-analysis shows that docosahexaenoic acid from algal oil reduces serum triglycerides and increases HDL-cholesterol and LDL-cholesterol in persons without coronary heart disease. *J Nutr* **142**:99–104.
- Bishekolaei, M. & Pathak, Y. (2024) Influence of omega n-6/n-3 ratio on cardiovascular disease and nutritional interventions. *Hum Nutr Metab* **37**:200275.
- Björkegren, J. L. M. & Lusis, A. J. (2022) Atherosclerosis: Recent developments. *Cell* **185**:1630–1645.
- Bornfeldt, K. E. (2021) Triglyceride lowering by omega-3 fatty acids: A mechanism mediated by *N*-acyl taurines. *J Clin Invest* **131**.
- Brody, T. (1999) 9—VITAMINS. Teoksessa T. Brody (Toim.), *Nutritional Biochemistry (Second Edition)* (ss. 491–692). San Diego: Academic Press.
- Burns-Whitmore, B., Froyen, E., Heskey, C., Parker, T. & San Pablo, G. (2019) Alpha-Linolenic and Linoleic Fatty Acids in the Vegan Diet: Do They Require Dietary Reference Intake/Adequate Intake Special Consideration? *Nutrients* **11**:2365.
- Carmena, R., Duriez, P. & Fruchart, J.-C. (2004) Atherogenic Lipoprotein Particles in Atherosclerosis. *Circulation* **109**:III–2.
- Castelli, W. P. (1996) Lipids, risk factors and ischaemic heart disease. *Atherosclerosis* **124 Suppl**:S1-9.

- Craig, M., Yarrarapu, S. N. S. & Dimri, M. (2025) Biochemistry, Cholesterol. Teoksessa *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Noudettu osoitteesta <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513326/>
- Davis, B. C. & Kris-Etherton, P. M. (2003) Achieving optimal essential fatty acid status in vegetarians: Current knowledge and practical implications². *Am J Clin Nutr* **78**:640S-646S.
- de la Garza, A. L., Treviño-de Alba, C., Cárdenas-Pérez, R. E., Camacho, A., Gutierrez-Lopez, M. & Castro, H. (2021) Chapter 6—Fatty acid intake during perinatal periods. Teoksessa M. Vinciguerra & P. C. Sanchez (Toim.), *Molecular Nutrition: Mother and Infant* (ss. 135–154). Academic Press.
- Dias, C. B., Garg, R., Wood, L. G. & Garg, M. L. (2014) Saturated fat consumption may not be the main cause of increased blood lipid levels. *Med Hypotheses* **82**:187–195.
- Dowd, F. J. (2014) Blood Lipid Disorders☆. Teoksessa *Reference Module in Biomedical Sciences*. Elsevier.
- Duttaroy, A. K. (2021) Chapter 1—Bioactive lipids and their metabolism, function, and sources. Teoksessa A. K. Duttaroy (Toim.), *Evidence-Based Nutrition and Clinical Evidence of Bioactive Foods in Human Health and Disease* (ss. 1–19). Academic Press.
- Elliott, P. S., Kharaty, S. S. & Phillips, C. M. (2022) Plant-Based Diets and Lipid, Lipoprotein, and Inflammatory Biomarkers of Cardiovascular Disease: A Review of Observational and Interventional Studies. *Nutrients* **14**:5371.
- Elorinne, A.-L., Alfthan, G., Erlund, I., Kivimäki, H., Paju, A., Salminen, I., ... Laakso, J. (2016) Food and Nutrient Intake and Nutritional Status of Finnish Vegans and Non-Vegetarians. *PLoS One* **11**:e0148235.
- Fantini, J. & Yahi, N. (2015) Chapter 1—Chemical Basis of Lipid Biochemistry. Teoksessa J. Fantini & N. Yahi (Toim.), *Brain Lipids in Synaptic Function and Neurological Disease* (ss. 1–28). San Diego: Academic Press.
- Feingold, K. R. (2000) Introduction to Lipids and Lipoproteins. Teoksessa K. R. Feingold, B. Anawalt, M. R. Blackman, A. Boyce, G. Chrousos, E. Corpas, ... D. P. Wilson (Toim.),

Endotext. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc. Noudettu osoitteesta
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK305896/>

- Fernandez, M. L. & Murillo, A. G. (2022) Is There a Correlation between Dietary and Blood Cholesterol? Evidence from Epidemiological Data and Clinical Interventions. *Nutrients* **14**:2168.
- Froyen, E. (2021) The effects of fat consumption on low-density lipoprotein particle size in healthy individuals: A narrative review. *Lipids Health Dis* **20**:86.
- Galimberti, F., Casula, M. & Olmastroni, E. (2023) Apolipoprotein B compared with low-density lipoprotein cholesterol in the atherosclerotic cardiovascular diseases risk assessment. *Pharmacol Res* **195**:106873.
- Grundy, S. M. (1989) Monounsaturated Fatty Acids and Cholesterol Metabolism: Implications for Dietary Recommendations. *J Nutr* **119**:529–533.
- Gu, Y. & Yin, J. (2020) Saturated fatty acids promote cholesterol biosynthesis: Effects and mechanisms. *Obes Med* **18**:100201.
- Gugliucci, A. (2024) The chylomicron saga: Time to focus on postprandial metabolism. *Front Endocrinol* **14**.
- Gupta, M. K. (2017) Chapter 2—Basic Oil Chemistry. Teoksessa M. K. Gupta (Toim.), *Practical Guide to Vegetable Oil Processing (Second Edition)* (ss. 7–25). AOCS Press.
- Hamid, N., Ma, Q., Boulom, S., Liu, T., Zheng, Z., Balbas, J. & Robertson, J. (2015) Chapter 8—Seaweed minor constituents. Teoksessa B. K. Tiwari & D. J. Troy (Toim.), *Seaweed Sustainability* (ss. 193–242). San Diego: Academic Press.
- Han, S. N. (2023) Vegetarian Diet for Cardiovascular Disease Risk Reduction: Cons. *J Lipid Atheroscler* **12**:323–328.
- Harris, W. S. (2014) Achieving optimal n–3 fatty acid status: The vegetarian’s challenge... or not? *Am J Clin Nutr* **100**:449S–452S.
- Heldt, H.-W. & Piechulla, B. (2011) 15—Lipids are membrane constituents and function as carbon stores. Teoksessa H.-W. Heldt & B. Piechulla (Toim.), *Plant Biochemistry (Fourth Edition)* (ss. 359–398). San Diego: Academic Press.

- Huff, T., Boyd, B. & Jialal, I. (2025a) Physiology, Cholesterol. Teoksessa *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Noudettu osoitteesta <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470561/>
- Huff, T., Boyd, B. & Jialal, I. (2025b) Physiology, Cholesterol. Teoksessa *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Noudettu osoitteesta <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470561/>
- Ide, K., Koshizaka, M., Tokuyama, H., Tokuyama, T., Ishikawa, T., Maezawa, Y., ... Yokote, K. (2018) N-3 polyunsaturated fatty acids improve lipoprotein particle size and concentration in Japanese patients with type 2 diabetes and hypertriglyceridemia: A pilot study. *Lipids Health Dis* **17**:51.
- Innes, J. K. & Calder, P. C. (2018) The Differential Effects of Eicosapentaenoic Acid and Docosahexaenoic Acid on Cardiometabolic Risk Factors: A Systematic Review. *Int J Mol Sci* **19**:532.
- Innis, S. M. & Dyer, R. (1997) Dietary triacylglycerols with palmitic acid (16:0) in the 2-position increase 16:0 in the 2-position of plasma and chylomicron triacylglycerols, but reduce phospholipid arachidonic and docosahexaenoic acids, and alter cholesteryl ester metabolism in formula-Fed piglets. *J Nutr* **127**:1311–1319.
- Jadhav, H. B. & Annapure, U. S. (2023) Triglycerides of medium-chain fatty acids: A concise review. *J Food Sci Technol* **60**:2143–2152.
- Katan, M., Zock, P. & Mensink, R. (1995) Dietary oils, serum lipoproteins, and coronary heart disease. *Am J Clin Nutr* **61**:1368S-1373S.
- Kawashima, H. (2019) Intake of arachidonic acid-containing lipids in adult humans: Dietary surveys and clinical trials. *Lipids Health Dis* **18**:101.
- Klingel, S. L., Metherel, A. H., Irfan, M., Rajna, A., Chabowski, A., Bazinet, R. P. & Mutch, D. M. (2019) EPA and DHA have divergent effects on serum triglycerides and lipogenesis, but similar effects on lipoprotein lipase activity: A randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* **110**:1502–1509.

- Koch, C. A., Kjeldsen, E. W. & Frikke-Schmidt, R. (2023) Vegetarian or vegan diets and blood lipids: A meta-analysis of randomized trials. *Eur Heart J* **44**:2609–2622.
- Kratz, M. (2005) Dietary cholesterol, atherosclerosis and coronary heart disease. *Handb Exp Pharmacol* 195–213.
- Kris-Etherton, P. M., Pearson, T. A., Wan, Y., Hargrove, R. L., Moriarty, K., Fishell, V. & Etherton, T. D. (1999) High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. *Am J Clin Nutr* **70**:1009–1015.
- Li, S. S., Blanco Mejia, S., Lytvyn, L., Stewart, S. E., Vigiuliouk, E., Ha, V., ... Sievenpiper, J. L. (2017) Effect of Plant Protein on Blood Lipids: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Am Heart Assoc* **6**:e006659.
- Malhotra, P., Gill, R. K., Dudeja, P. K. & Alrefai, W. A. (2016) Chapter 22—Diabetes Mellitus and Intestinal Niemann-Pick C1–Like 1 Gene Expression. Teoksessa D. Mauricio (Toim.), *Molecular Nutrition and Diabetes* (ss. 277–290). San Diego: Academic Press.
- Marcus, J. B. (2013) Chapter 6 - Lipids Basics: Fats and Oils in Foods and Health: Healthy Lipid Choices, Roles and Applications in Nutrition, Food Science and the Culinary Arts. Teoksessa J. B. Marcus (Toim.), *Culinary Nutrition* (ss. 231–277). San Diego: Academic Press.
- McBride, P. (2008) Triglycerides and risk for coronary artery disease. *Curr Atheroscler Rep* **10**:386–390.
- Meier, T., Gräfe, K., Senn, F., Sur, P., Stangl, G. I., Dawczynski, C., ... Lorkowski, S. (2019) Cardiovascular mortality attributable to dietary risk factors in 51 countries in the WHO European Region from 1990 to 2016: A systematic analysis of the Global Burden of Disease Study. *Eur J Epidemiol* **34**:37–55.
- Mensink, R. P. & Katan, M. B. (1989) Effect of a diet enriched with monounsaturated or polyunsaturated fatty acids on levels of low-density and high-density lipoprotein cholesterol in healthy women and men. *N Engl J Med* **321**:436–441.
- Menzel, J., Longree, A., Abraham, K., Schulze, M. B. & Weikert, C. (2022) Dietary and Plasma Phospholipid Profiles in Vegans and Omnivores—Results from the RBVD Study. *Nutrients* **14**:2900.

- Miller, E. R., Appel, L. J. & Risby, T. H. (1998) Effect of dietary patterns on measures of lipid peroxidation: Results from a randomized clinical trial. *Circulation* **98**:2390–2395.
- Moghadasian, M. H. & Shahidi, F. (2017) Fatty Acids. Teoksessa S. R. Quah (Toim.), *International Encyclopedia of Public Health (Second Edition)* (ss. 114–122). Oxford: Academic Press.
- Mori, T. A. (2014) Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: Epidemiology and effects on cardiometabolic risk factors. *Food Funct* **5**:2004–2019.
- Mori, T. A., Burke, V., Puddey, I. B., Watts, G. F., O’Neal, D. N., Best, J. D. & Beilin, L. J. (2000) Purified eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids have differential effects on serum lipids and lipoproteins, LDL particle size, glucose, and insulin in mildly hyperlipidemic men¹²³. *Am J Clin Nutr* **71**:1085–1094.
- Mäntyselkä, P., Niskanen, L., Kautiainen, H., Saltevo, J., Würtz, P., Soininen, P., ... Vanhala, M. (2014) Cross-sectional and longitudinal associations of circulating omega-3 and omega-6 fatty acids with lipoprotein particle concentrations and sizes: Population-based cohort study with 6-year follow-up. *Lipids Health Dis* **13**:28.
- Napolitano, M., Bravo, E., Avella, M., Chico, Y., Ochoa, B., Botham, K. M. & Rivabene, R. (2004) The fatty acid composition of chylomicron remnants influences their propensity to oxidate. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* **14**:241–247.
- Nestel, P. J., Carroll, K. F. & Havenstein, N. (1970) Plasma triglyceride response to carbohydrates, fats and caloric intake. *Metabolism* **19**:1–18.
- Papandreou, C. (2014) Chapter 27—Polyunsaturated Fatty Acids in Relation to Sleep Quality and Depression in Obstructive Sleep Apnea Hypopnea Syndrome. Teoksessa R. R. Watson & F. De Meester (Toim.), *Omega-3 Fatty Acids in Brain and Neurological Health* (ss. 337–347). Boston: Academic Press.
- Pappan, N., Awosika, A. O. & Rehman, A. (2025) Dyslipidemia. Teoksessa *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Noudettu osoitteesta <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560891/>
- Petermann-Rocha, F. & Ho, F. K. (2023) Vegetarians: Past, Present, and Future Regarding Their Diet Quality and Nutritional Status. *Nutrients* **15**:3587.

- Povey, K. (2016) 9—Developing food products, which help consumers to lower their cholesterol level. Teoksessa S. Osborn & W. Morley (Toim.), *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs* (ss. 173–199). Woodhead Publishing.
- Rahim, S., Abdullah, H. M. A., Ali, Y., Khan, U. I., Ullah, W., Shahzad, M. A. & Waleed, M. (2016) Serum Apo A-1 and Its Role as a Biomarker of Coronary Artery Disease. *Cureus* **8**:e941.
- Ros, E. (2000) Intestinal absorption of triglyceride and cholesterol. Dietary and pharmacological inhibition to reduce cardiovascular risk. *Atherosclerosis* **151**:357–379.
- Ros, E. & Hu, F. B. (2013) Consumption of Plant Seeds and Cardiovascular Health: Epidemiologic and Clinical Trial Evidence. *Circulation* **128**:553–565.
- Satija, A. & Hu, F. B. (2018) Plant-based diets and cardiovascular health. *Trends Cardiovasc Med* **28**:437–441.
- Scarborough, P., Clark, M., Cobiac, L., Papier, K., Knuppel, A., Lynch, J., ... Springmann, M. (2023) Vegans, vegetarians, fish-eaters and meat-eaters in the UK show discrepant environmental impacts. *Nat Food* **4**:565–574.
- Schwingshackl, L. & Hoffmann, G. (2012) Monounsaturated Fatty Acids and Risk of Cardiovascular Disease: Synopsis of the Evidence Available from Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Nutrients* **4**:1989–2007.
- Silva, K. D. R. R., Kelly, C. N. M., Jones, A. E., Smith, R. D., Wootton, S. A., Miller, G. J. & Williams, C. M. (2003) Chylomicron particle size and number, factor VII activation and dietary monounsaturated fatty acids. *Atherosclerosis* **166**:73–84.
- Simopoulos, A. P. (2002) The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother Biomedecine Pharmacother* **56**:365–379.
- Siri-Tarino, P. W., Sun, Q., Hu, F. B. & Krauss, R. M. (2010a) Saturated fat, carbohydrate, and cardiovascular disease¹²³⁴. *Am J Clin Nutr* **91**:502–509.
- Siri-Tarino, P. W., Sun, Q., Hu, F. B. & Krauss, R. M. (2010b) Saturated Fatty Acids and Risk of Coronary Heart Disease: Modulation by Replacement Nutrients. *Curr Atheroscler Rep* **12**:384–390.

- Sniderman, A. D., Thanassoulis, G., Glavinovic, T., Navar, A. M., Pencina, M., Catapano, A. & Ference, B. A. (2019) Apolipoprotein B Particles and Cardiovascular Disease: A Narrative Review. *JAMA Cardiol* **4**:1287–1295.
- Su, X., Kong, Y. & Peng, D. (2019) Evidence for changing lipid management strategy to focus on non-high density lipoprotein cholesterol. *Lipids Health Dis* **18**:134.
- Tada, H., Takamura, M. & Kawashiri, M. (2020) Chapter Five—Genomics of hypertriglyceridemia. Teoksessa G. S. Makowski (Toim.), *Advances in Clinical Chemistry* (Vsk. 97, ss. 141–169). Elsevier.
- Tuso, P. J., Ismail, M. H., Ha, B. P. & Bartolotto, C. (2013) Nutritional Update for Physicians: Plant-Based Diets. *Perm J* **17**:61–66.
- Viecili, P. R. N., da Silva, B., Hirsch, G. E., Porto, F. G., Parisi, M. M., Castanho, A. R., ... Klafke, J. Z. (2017) Chapter One—Triglycerides Revisited to the Serial. Teoksessa G. S. Makowski (Toim.), *Advances in Clinical Chemistry* (Vsk. 80, ss. 1–44). Elsevier.
- Williams, C. M. (1998) Dietary interventions affecting chylomicron and chylomicron remnant clearance. *Atherosclerosis* **141**:S87–S92.
- Zeece, M. (2020) Chapter Four—Lipids. Teoksessa M. Zeece (Toim.), *Introduction to the Chemistry of Food* (ss. 127–161). Academic Press.
- Zong, G., Li, Y., Sampson, L., Dougherty, L. W., Willett, W. C., Wanders, A. J., ... Sun, Q. (2018) Monounsaturated fats from plant and animal sources in relation to risk of coronary heart disease among US men and women. *Am J Clin Nutr* **107**:445–453.