



Sini Herrala ja Amanda Mäkinen

OCT-kuvantaminen ja glaukooma

Kooste optometristeille silmän valokerroskuvan valintaan, kun asiakkaalla on glaukooma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometristi (AMK)

Optometrian tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

2.4.2024

Tiivistelmä

Tekijät:	Sini Herrala ja Amanda Mäkinen
Otsikko:	Kooste optometristeille silmänvalokerroskuvan valintaan, kun asiakkaalla on glaukooma
Sivumäärä:	35 sivua
Aika:	2.4.2024
Tutkinto:	Optometrismi (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Optometrian tutkinto-ohjelma
Ohjaajat:	Lehtori Kajsa Sten Lehtori Johanna Valtanen

Väestön ikääntyessä glaukooma on entistä yleistävämpi silmäsairaus. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten silmän valokerroskuvausta eli OCT-kuvantamista voidaan hyödyntää, kun asiakkaalla tiedetään olevan glaukooma tai epäillään glaukoomaa ja koota tuloksista selkeä suomenkielinen yhteenveto. Työn tarkoituksena oli lisätä tietoa ja näin myös varmuutta ja osaamista oikeanlaisen OCT-kuvan valintaan, kun asiakkaalla on glaukooma tai epäillään glaukoomaa.

Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuuskatsauksena scoping-menetelmää käyttäen. Aineistohaku toteutettiin syksyn 2023 ja kevään 2024 aikana. OCT:n hyödyntämisestä glaukooman tunnistamisessa ja seurannassa löytyi paljon aineistoa, joista opinnäytetyöhön valittiin tutkimuskysymyksiensä pohjalta kriteerit täyttäneet kuusi julkaistua artikkelia. Valitut aineistot olivat optisen alan artikkeleita, joissa käsiteltiin OCT-kuvantamista sekä glaukoomaa. Aineistosta ilmeni, että glaukooman yhteydessä OCT:lla kuvannetaan tyypillisesti näköhermon päätä, makulaa sekä hermosäikekerrosta, joiden tulkinnessa hyödynnetään laitteiston luomaa analyysiä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin OCT-kuvantamislaitteen historiaa ja käyttö-tarkoitusta. Tämän lisäksi käsiteltiin verkkokalvon rakennetta ja toimintaa sekä glaukoomaa ja glaukooman aiheuttamia muutoksia verkkokalvolla. Tutkimusosuudessa analysoitiin valittujen aineistojen sisältöä ja tehtiin niistä johtopäätöksiä. Pohdintaan koottiin yhteenveto saaduista tuloksista.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että silmän valokerroskuvaus on hyvä apu osana glaukooman seurantaan, mutta yksinään se ei riitä. Glaukooma on usein hitaasti etenevä ja täten vaikeasti diagnosoitava sairaus, joka johtaa pahimmassa tapauksessa näkövammaisuuteen tai jopa sokeuteen. Sen vuoksi on tärkeää, että optometristit osaavat tunnistaa mahdolliset glaukoomamuutokset valokerroskuvista sekä valita oikeanlaisen kuvantamisohjelman glaukoomaa epäillessään.

Avainsanat: OCT-kuvantaminen, silmän valokerroskuvaus, glaukooma

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Authors: Sini Herrala & Amanda Mäkinen
Title: Compilation for optometrists for selecting an optical coherence tomography image when a customer has glaucoma
Number of Pages: 35 pages
Date: 2 April 2024

Degree: Bachelor of Health Care
Degree Programme: Optometry
Instructors: Kajsa Sten, Senior Lecturer
Johanna Valtanen, Senior Lecturer

As population ages, glaucoma becomes an increasingly common eye disease. The aim of this thesis was to review information on how optical coherence tomography or OCT imaging can be utilized when the client is known to have glaucoma or is suspected to have glaucoma and consequently, to produce a summary in Finnish. The objective was to increase knowledge as well as confidence and competence for choosing the suitable OCT image when the client has glaucoma or is suspected to have glaucoma.

The method used was a scoping literary review of six published articles from the optical field. The literary search was conducted from autumn of 2023 to spring 2024. The articles were selected based on the research questions and contained information on the utilization of OCT in recognizing and monitoring of glaucoma. Based on the research material it emerged that the optic nerve head, macula and the retinal nerve fiber layer are typically imaged and evaluated with the help of the analysis created by the equipment in association with glaucoma.

The theoretical framework of the study was the history of OCT imaging device and its purpose of use. In addition, we discuss the structure and function of retina as well as glaucoma and retinal changes caused by it. The content of the selected articles was analyzed, and conclusions of them were drawn in the research section. A summary of the obtained results was compiled.

As a conclusion, it can be stated that optical coherence tomography can be used as a part of glaucoma monitoring. However, on its own it is not sufficient. Glaucoma is typically a slowly developing disease which makes it difficult to diagnose. In the worst-case scenario, it can lead to visual impairment or even blindness. Therefore, it is important that optometrists are able to recognize potential glaucoma changes from the OCT images and choose the right imaging program when suspecting glaucoma.

Keywords: OCT imaging, optical coherence tomography, glaucoma

The originality of this thesis has been checked using Turnitin Originality Check service.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Silmän valokerroskuvaus eli OCT	2
2.1	OCT:n historia, miten kuvantaminen tapahtuu ja erilaiset kuvantamisohjelmat 3	
2.2	Silmän valokerroskuvaus angiografia eli OCT-A.....	7
3	Verkkokalvo	8
4	Glaukooma.....	10
5	Opinnäytetyön menetelmä.....	11
5.1	Opinnäytetyön tavoite, tarkoitus ja tutkimuskysymys.....	11
5.2	Scoping-kirjallisuuskatsaus.....	12
5.3	Aineiston haku ja valinta	13
6	Tulosten analysointi	17
7	Pohdinta	28
7.1	Luotettavuus ja eettisyys	30
7.2	Opinnäytetyön prosessin arviointi.....	32
7.3	Jatkotutkimusehdotukset	34
	Lähteet	1

1 Johdanto

Väestön ikääntyessä glaukooma on entistä yleistyvämpi silmäsairaus. Glaukooma on vaikea diagnosoida ja se voi pahimmassa tapauksessa johtaa näkövammaisuuteen tai jopa sokeuteen. (Glaukoomayhdistys ry.) Tämän vuoksi optometristin rooli glaukooman tunnistamisessa tulee kasvamaan. Opinnäytetyössä käsitellään silmän valokerroskuvauksen eli OCT-kuvantamisen käyttöä osana glaukooman tunnistamista, seuranta ja hoitoa. Tämän opinnäytetyön avulla haluttiin tehdä suomenkielinen kooste optometristeille silmän valokerroskuvauksen käytöstä glaukooman tunnistamisessa, jotta sitä uskalletaisiin herkemmin hyödyntää. Optometrian Eettisen Neuvoston Hyvä optometristin tutkimuskäytäntö -ohjeistus velvoittaa optometristin tarjoamaan kattavaa näönhuoltoa mahdollisten silmäsairauksien havaitsemiseksi sekä tarvittaessa ohjaamaan asiakas lääkärin vastaanotolle (OEN 2019: 2). Tämän lisäksi työllä haluttiin lisätä optometristin varmuutta mahdollisen löydöksen tunnistamisesta, jotta voitaisiin vähentää asiakkaan kannalta turhia silmälääkärikäyntejä ja näin keventää terveydenhuollon kuormitusta. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, miten OCT-kuvantamista voidaan hyödyntää, kun asiakkaalla on glaukooma, epäillä glaukoomaa tai on sukurasitteena glaukooma. Työn tarkoituksena on lisätä tietoa ja näin myös osaamista ja varmuutta oikeanlaisen OCT-kuvan valintaan glaukooman yhteydessä. Opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Mikä kuvantamisohjelma tulee valita, kun asiakkaalla on glaukooma tai epäillä glaukoomaa?
2. Miten OCT-kuvantamista voidaan hyödyntää glaukooman tunnistamisessa ja seurannassa?

Opinnäytetyön avainkäsitteitä ovat OCT-kuvantaminen, silmän valokerroskuvaus, glaukooma ja verkkokalvo.

Opinnäytetyön menetelmänä käytettiin kirjallisuuskatsauksen alatyyppejä scoping-katsausta, jonka avulla saavutetuista tuloksista kerrotaan tarkemmin luvussa 5. Menetelmä valittiin sillä perusteella, että se parhaiten mahdollistaa eri tietokannoista otettavan materiaalin kokoamisen opinnäytetyöhön.

Suomessa on tehty vain muutama opinnäytetyö OCT-kuvantamisesta. Saana Mäkelän ja Anna Ylösen opinnäytetyö (2012) sekä Antti Kempin, Sonja Pilhertan ja Veera

Teräväisen opinnäytetyö (2021) käsittelevät OCT-kuvantamista eri näkökulmasta, eivätkä siksi keskity töissään mihinkään silmäsairauteen kattavasti. OCT:n hyödyntämisestä glaukooman tunnistamisessa ja oikean kuvantamisohjelman valitsemisesta glaukooman yhteydessä ei ole tehty optometrian AMK-opinnäytetyötä aiemmin.

Tekstissä joidenkin termien perään on sulkumerkkien sisään lisätty käsitteen englanninkielinen termi, sillä ammattisanastoon ei ole vakiintunut suomenkielisiä termejä. Tämän on tarkoitus helpottaa englanninkielisen materiaalin lukemista ja ymmärtämistä.

2 Silmän valokerroskuvaus eli OCT

Silmän valokerroskuvaus eli OCT-kuvantaminen (optical coherence tomography) on noninvasiivinen eli kontaktiton kuvantamismenetelmä, jota käytetään silmänpohjan tutkimiseen (Aumann & Donner & Fischer & Müller 2019: 59), mutta sitä voidaan hyödyntää myös silmän etuosan kuvantamisessa (Keh & Frantzis & Seviaryn 2023: 146). Jatkossa silmän valokerroskuvauksesta käytetään lyhennettä OCT. OCT-kuvantaminen perustuu matalakoherenssi-interferometriaan (Lok & Horler 2020: 2). OCT:ta verrataan usein ultraäänikuvantamiseen sen samankaltaisen toimintaperiaatteen vuoksi, mutta OCT:ssa käytetään lähi-infrapunaa, joka kulkee paljon nopeammin kuin ultraääni (Aumann ym. 2019: 60).

OCT-laitteen järjestelmä rakentuu matalakoherenssisestä interferometristä ja laajakaislaisesta valonlähteestä (Lok & Horler 2020: 2). Interferometri on laite, joka jakaa lähteestä tulevan valon kahteen erilliseen polkuun ja yhdistää näistä poluista tulevan valon interferenssikuviksi (Aumann ym. 2019: 60–61). Kuva muodostetaan mittaamalla heijastusviive ja takaisin heijastuneen valon intensiteetti. Biologista kudosta on mahdollista kuvantaa 1–2 mm syvyyteen pinnasta, sillä suuremmissa syvyyksissä hajaantumattoman heijastuvan valon osuus on liian pieni havaittavaksi (Lok & Horler 2020: 2).

Järjestelmässä on valonlähde, josta lähtevä valo jakautuu säteenjakajassa kahteen eri reittiin: silmään menevän valon reittiin sekä toisen valonsäteen eli referenssivalon reittiin. Valot menevät peiliin, josta ne heijastuvat takaisin jakajaan. Näytteestä heijastuneen valon ja referenssivalon yhdistelmä synnyttää interferenssikuvion, mutta vain mikäli valo on molemmista haaroista kulkenut saman optisen etäisyyden ja vastaa täten valonlähteen koherenssipituutta. Kuvattavan kohteen paljon valoa heijastavat alueet saa aikaan suurempaa interferenssiä kuin alueet, jotka eivät heijasta niin paljoa valoa. Jos valo on pidempää kuin koherenssipituus, se ei interferoi. Tätä heijastavuusprofiilia kutsutaan A-skannaukseksi eli pitkittäisskannaukseksi. A-skannaus on yksiulotteinen

skannaus, joka sisältää tietoa kohteen spatiaalisista ulottuvuuksista ja sijainnista. B-skannaus eli poikittaisskannaus saadaan yhdistämällä sivuttaisesti joukko a-skannauksia. B-skannauksia käytetään 3D karttojen ja kuutioiden tuottamiseen. (Lok & Horler 2020: 2–3.)

Infrapunavalon käyttäminen mahdollistaa sen, että verkkokalvon kerroksia voidaan tutkia ilman, että täytyy koskea itse kudokseen (Kytö & Tommila 2005: 1645). OCT tekniologian ansiosta silmän kerroksista on siis mahdollista saada ikään kuin reaaliaikainen koepala ilman tarvetta poistaa silmän kudosta (Fujimoto & Pitris & Boppart & Brezinski 2000: 9). OCT-kuvat ovatkin merkittävässä osassa muun muassa erilaisten silmäsairauksien diagnosointia ja hoitoa (Kytö & Tommila 2005: 1648).

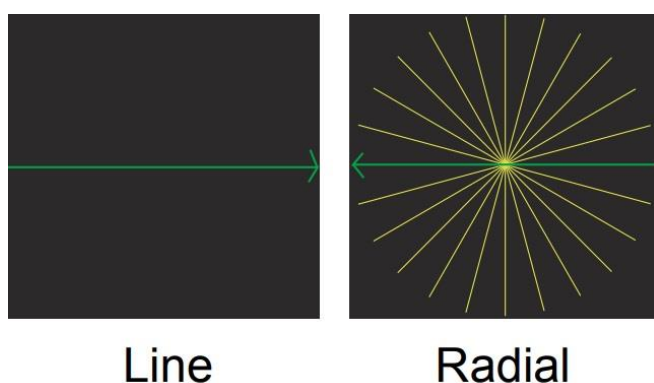
OCT:n merkitys diagnostisena välineenä on keskeinen, sillä se antaa tietoa esimerkiksi silmänpohjan rakenteiden muutoksista ja nestekertymistä kerrosten sisällä ja väleissä, jonka vuoksi se on oiva apuväline nestekertymiä aiheuttavien sairauksien, kuten silmänpohjan kostean ikärappeuman hoidossa ja hoidon tehon seurannassa. Tämän lisäksi sen avulla voidaan tarkastella lasiaisen takakalvon ja verkkokalvon pinnan suhdetta eli sen avulla voidaan todeta esimerkiksi lasiaisen irtauma. OCT-kuvantamista hyödynnetään myös glaukooman tunnistamisessa ja seurannassa. OCT-kuvantamisen avulla silmäsairaudet pystytään huomaamaan jo aikaisessa vaiheessa ja näin ollen hoito tai seuranta osataan aloittaa ajoissa. (Kytö & Tommila 2005: 1648.) Etuosa-OCT:lla on kliinisesti merkittävä rooli sarveiskalvon ja etuosan sairauksissa, piilolinsien sovituksessa sekä etukammion arvioinnissa (Keh ym. 2023: 146).

2.1 OCT:n historia, miten kuvantaminen tapahtuu ja erilaiset kuvantamishjelmat

Ensimmäiset OCT-laitteet tulivat markkinoille vuonna 1996 ja vuoteen 1999 mennessä laitteita oli myyty vain noin 180 kappaletta. Vuonna 2000 esiteltiin laitteen toinen versio, mutta sekään ei myynyt vuonna 2001 kuin noin 400 kappaletta. Vaikka OCT-laitteen menestys oli heikko, kehitti Zeiss vielä kolmannen sukupolven Stratus OCT-laitteen, joka esiteltiin vuonna 2002. Stratus osoittautui menestyksekkäämmäksi kuin edeltäjänsä ja vuonna 2006 OCT-kuvantaminen oli vakiinnuttanut paikkansa silmälääketieteessä. Anti-VEGF:n eli kasvutekijäestäjän kehittäminen kostean silmänpohjan ikärappeuman hoitokeinoksi auttoi OCT:n suosion nostattamisessa, sillä OCT-kuvat mahdollistivat hoidon tehon seuraamisen. (Fujimoto & Swanson 2016: 6.)

OCT-kuvan ottaminen on hyvin yksinkertaista. Laitekohtaisia eroja on, mutta pääsääntöisesti laitteet toimivat samalla periaatteella. Asiakas asettaa päänsä kuvaustelineeseen siten, että leuka on tukevasti leukatukea vasten ja otsa on tukevasti otsatukea vasten. Laitte tuodaan kohtisuoraan silmän eteen ja asiakasta pyydetään kohdistamaan katseensa kameran kohdevaloon, joka näkyy laitteen sisällä, kun asiakas katsoo sitä kohti. Mustuaisen laajentaminen ei ole välttämättä tarpeellista, sillä jopa 3 mm pupilli on riittävän suuri kuvan onnistumiselle, mutta mitä laajempi mustuainen sitä helpompaa kuvan ottaminen on. Myös kuvanlaatu paranee ison mustuaisen kautta kuvattaessa. Kuvan ottaminen ei kestä kuin kymmeniä sekunteja. Kuvan ottamisen jälkeen kuvaa voidaan tarkastella tietokoneohjelman avulla. Ohjelma antaa myös analyysin kuvatusta alueesta numeerisina arvoina. (Kytö & Tommila 2005: 1646–1647.) OCT-kuvaa ottaessa tulee huomioida mahdolliset kuvantamisvirheet eli artefaktit, sillä ne voivat pahimmassa tapauksessa johtaa väärään diagnoosiin tai epäsopivaan glaukooman hoitoon. Artefaktit voivat johtua OCT-laitteen käyttäjästä, kuvattavasta asiakkaasta tai käytettävästä laitteesta. Artefakteja ovat esimerkiksi heikko kuvanlaatu ja verkkokalvon kerrosten virheellinen tulkinta ja ne voivat johtua kuvantamisen virheellisestä kohdennuksesta tai asiakkaan liikkumisesta kuvantamisen aikana. (Chhablani & Krishnan & Sethi & Kozak 2014: 81–82.)

OCT-kuvia on useita erilaisia. Leike voi olla esimerkiksi lineaarinen eli suoraviivainen tai radiaalinen eli säteittäinen. (Kytö & Tommila 2005: 1647.) OCT-kuva otetaan usein silmän takaosasta makulan tai näköhermon pään alueelta, mutta myös silmän etuosaa voidaan kuvantaa. (Aumann ym. 2019: 60.)



Kuva 1. Lineaarinen ja radiaalinen OCT-leike (Topcon Corporation 2015)

Erilaisia OCT-kuvantamisohjelmia ovat rasteriskannaus (raster scan), 3D-skannaus (3D scan), radiaaliviiva-skannaus (radial line scan), hermosäiekerrosskannaus (RNFL scan), makulan viivaskannaus (macula single line scan) sekä paksuuskartta (thickness map) (Lok & Horler 2020: 3–5).

Rasteriskannauksessa voidaan käyttää esimerkiksi pysty- tai vaakarasteria. Skannausviivojen välistä etäisyyttä voidaan vaihtaa, sillä jos ne ovat liian kaukana toisistaan voi jokin muutos jäädä huomaamatta. Laitteesta riippuen rasteri saattaa olla tiheämpi makulan alueella. Usein ohjelma ottaa enemmän pitkittäisskannauksia foveaaliviivoilta, jotta saataisiin mahdollisimman yksityiskohtainen kuva kudoksesta. (Lok & Horler 2020: 3.)

3D-skannaus eli volyymskannaus koostuu useista sivuttaissuuntaista skannauksista. Se on sarja vaak- ja pystysuuntaisia rasteriskannauksia, jotka yhdistyvät ja muodostavat kuutiomaisen kuvasarjan. Tämä mahdollistaa laajemman alueen skannauksen ilman, että kuvattavan henkilön tarvitsee muuttaa katseen suuntaa. Ohjelma on ihanteellinen poikkeavuuksien seulontaan ja yleisvaikutelman luomiseen. Ohjelma luo kuvasta myös 3D-mallinnoksen. (Lok & Horler 2020: 3.)

Radiaaliviivaskannaus ottaa 6–12 skannauksen sarjan, joista muodostuu ympyrän muotoinen kaavio. Etuna on, että esimerkiksi makulalta saadaan suurempi alue kuvattua kuin mitä yksittäisellä linjaskannauksella saataisiin niin, että kuitenkin korkea resoluutio ja lyhyt skannausaika säilyvät. Sen haittoja on paksuusarvojen tarkkuuden heikentyminen sekä mahdollisuus, että jotain muutoksia jää havaitsematta, koska skannausviivojen välinen etäisyys parafoveaalilla eli foveaa ympäröivällä alueella on suurempi. (Lok & Horler 2020: 4.)

Hermosäiekerrosskannaus on pyöreä skannaus, joka otetaan näköhermon päästä. Sillä saadaan kuvannettua näköhermon pään muoto ja hermosäiekerroksen paksuus. Makulan viivaskannaus ottaa yksittäisen linjaskannauksen ja tuottaa siitä korkean resoluution kuvan makulasta. (Lok & Horler 2020: 4–5.)

Paksuuskartta tarjoaa kvantitatiivista tietoa halutulta alueelta. Kartat on värikoodattu ja lämpimät värit ilmaisevat lisääntyntä verkkokalvon paksuutta, kun taas viileät värit kuvaa ohentuneita alueita. Paksuuskartta koostuu kolmekerroksisesta kompleksista, joka sisältää hermosäiekerroksen, gangliosolukerroksen sekä sisemmän verkkomaisen kerroksen. Paksuuskarttaa voidaan hyödyntää verkkokalvon diffuusin paksuuntumisen astetta arvioitaessa. Tätä käytetään paljon ei-glaukoomatoottisten optisten neuropatioiden eli glaukoomasta johtumattomien näköhermon pään vaurioiden tai toimintahäiriöiden arvioinnissa. (Lok & Horler 2020: 4.)

OCT-kuvia on mahdollista tarkastella erilaisilla väreillä. Yleisimmin kuvat otetaan musta-valkokuvina tai valko-mustakuvina, mutta joskus on kannattavaa käyttää kään-

teisiä värejä, jotta saadaan kontrastia korostamaan kiinnostavia alueita. Myös pseudovärejä eli värejä, jotka eivät vastaa kuvattujen kohteiden todellisia värejä on mahdollista käyttää. (Lok & Horler 2020: 5.)

Etuosa-OCT:n avulla voidaan selvittää silmän biometriset mitat, kuten silmän aksiaalinen pituus. Etuosa-OCT:ta hyödynnetään esimerkiksi linssileikkauksien yhteydessä. (Aumann ym. 2019: 60.) Viimeisen kahden vuosikymmenen aikana on tapahtunut nopeaa kehitystä OCT-teknologiassa, joka on mahdollistanut myös etuosa-OCT-laitteiden kehittymisen monipuolisiksi kliinisiksi tutkimustyökaluisiksi (Shan & DeBoer & Xu 2019: 146).

Laitteiden suurimmat erot ovat niiden toimintamekanismeissa. Varhaisimmat laitteet toimivat Time-Domain teknologialla, mutta tämän ollessa hidas ja epätarkka kehitettiin Spectral-Domain sekä Swept-Source teknologiat. Yksinkertaistettuna Time-Domain teknologian toimintaperiaate on se, että valonlähteestä lähtee pulsseina valonsäteitä, jotka säteenjakaja puolittaa ja säteet jatkavat matkaansa peileihin, joista ne heijastuvat takaisin säteenjakajaan (Aumann ym. 2019: 61). Time-Domain käyttää interferometriä, joka yhdistää saapuvat valonsäteet yhdeksi kuvaksi (Teussink & Donner & Otto & Williams & Tafreshi 2019: 1). Ennen Time-Domain valokerroskuvausta, verkkokalvon kuvantamiseen käytettiin perinteisiä ultraäänilaitteistoja, jotka vaativat anturin asettamista silmän pinnalle. OCT:n ollessa noninvasiivinen, ohitti se verkkokalvon ultraäänellä kuvantamisen nopeasti. Time-Domain OCT-kuvantamisen heikkouksina voidaan kuitenkin pitää kuvantamisen hitautta, herkkyyttä silmänliikkeille sekä kuvan alhaista tarkkuutta. Time-Domain teknologiaa seurasi Spectral Domain, jolla pyrittiin korjaamaan edeltäjänsä heikkouksia. (Chen & Peng 2023: 2.) Spectral Domain perustuu laajaspektrisemmän valonlähteen ja spektrometrin käyttöön mallintaen kaikki verkkokalvon kerrokset samanaikaisesti (Teussink ym. 2019: 1). Tällöin kuvantaminen nopeutuu ja kuvan laatu paranee. Spectral Domainin heikkoutena voidaan pitää OCT-kuvan rajallista syvyyttä, sillä säteet yltävät vain 1.8–2.2 millimetriä syvälle kudokseen. Tästä syystä Spectral Domain OCT:ta ei voi hyödyntää tapauksissa, joissa tulisi kuvantaa esimerkiksi korkeaa myopiaa eli likitaitoisuutta, silmän etuosaa taikka verkkokalvoa kokonaisuudessaan, sillä sen säteet eivät yllä riittävän syvälle. Spectral Domainia seurasi Swept Source OCT-kuvantamisteknologia, joka on tämän hetken modernein. Swept Source sallii kuvantamishetkellä lähetetyn laserin aallonpituuden säätämisen kesken kuvauksen, mikä tarkoittaa, että kuvantamisen kesto lyheni entisestään. Myös kuvan laatua saatiin paranneltua ja kuvantamisen syvyyttä kasvatettua; Swept Source OCT:n säteet yltävät jopa 100 millimetriin. (Chen & Peng 2023: 3.)

2.2 Silmän valokerroskuvaus angiografia eli OCT-A

OCT-A tai OCTA eli optical coherence tomography angiography eli silmän valokerroskuvaus angiografia on uudempi versio OCT-laitteesta, jolla voidaan kuvantaa verkkokalvon ja suonikalvon verisuonistoa ilman väriaineen, kuten fluoreseiinin tai indosyaaniinin vihreän, käyttöä (Chen & Peng 2023). Jatkossa silmän valokerroskuvaus angiografiasta käytetään lyhennettä OCT-A. Täten myös OCT-A on noninvasiivinen eli kontaktiton kuvantamismenetelmä. Kuvan muodostamiseen yhdistetään mittaustuloksia niin rakenteellisesta OCT kuvasta kuin angiografisesta kuvasta, jolloin saadaan aikaan kolmiulotteinen kokonaisuus, jota voidaan tarkastella kerroksittain tai läpi vierittäen. (Arya & Waheed 2019: 13.)

OCT-A perustuu OCT kuvan toistuvaan ottamiseen samasta sijainnista. Silmänpohjan rakenteiden pysyessä paikallaan, ainoa liikkuva tekijä on verisuonien punasolut. Kun OCT:n signaalit kohdistetaan samaan sijaintiin eri aikoina, saadaan takaisin heijastuvista signaaleista havainto punasolujen liikkeestä verisuonissa. (Chen & Peng 2023.) Silmän valokerroskuvauksen ollessa kolmiulotteinen kuvantamismenetelmä, saadaan myös verkkokalvon verisuonista muodostettua syvyyttä erittelevä kartta. Mikäli OCT:n signaalit läpäisevät myös verkkokalvon pigmenttiepiteelin, voidaan luoda kartta myös suonikalvon hiussuonikerroksesta. (Arya & Waheed 2019: 13.) OCT-A tuottaa siis samanlaista tietoa kuin fluoreseiiniangiografia, mutta ilman tarvetta injektoida väriainetta verisuoniin (Chen & Peng 2023).

Vaikkakin OCT-A yleistyy eri verkkokalvon verisuonisairauksien diagnosoinnissa ja hoidossa, voidaan sen heikkouksina pitää kuva-alan rajallisuutta sekä kuvan laadun luotettavuutta. OCT-A kuvan laajuutta rajoittaa sen ottamisen kesto; kuvausajan tulee olla lyhyt, jotta silmä pysyy paikallaan. Kuvan laadun luotettavuuteen taas vaikuttavat heijastuksen aiheuttamat artefaktit, jotka syntyvät, kun valo siroaa pinnalla olevista verisuonista sekä syvemmistä kerroksista, kuten erittäin heijastavasta verkkokalvon pigmenttiepiteelistä. Tämän seurauksena syntyy vaikutelma, kuin pinnalla olevat verisuonet olisivat syvemmissä kerroksissa, heikentäen syvempien kerroksien tulkintaa. Kuvan laadun luotettavuuteen vaikuttaa myös asiakkaan silmänliikkeet, jotka luovat virheellisen vaikutelman veren virtauksesta. Nämä liikeartefaktit voivat näyttäytyä OCT-A kuvissa valkoisina viivoina. Kaupalliset laiteohjelmistot kuitenkin hyödyntävät algoritmeja, joiden tarkoitus on minimoida heijastuksien ja silmänliikkeiden aiheuttamia kuvantamisartefakteja. Liikkeen seurannan ohjelmisto kuitenkin pidentää kuvantamisaikaa niiden asiakkaiden kohdalla, joilla on katseen kohdistamisen vaikeuksia. (Arya & Waheed 2019: 13.)

3 Verkkokalvo

Verkkokalvo eli retina on silmän osa, joka muodostuu 10 eri kerroksesta. Se on silmän sisin kerros, joka sijaitsee suonikalvon ja lasiaisen välissä ja ulottuu näköhermon pään pyöreistä reunoista sahalaitaiseen ora serrataan. (Remington & Goodwin 2022: 111.) Ora serrata on verkkokalvon ja sädekehän liitoskohta (Mahababi & Al Khalili 2023). Verkkokalvon tehtävänä on muuttaa valoenergiaa valohiukkasista kolmiulotteisiksi kuviksi. Verkkokalvon kehityksen alkaessa jo sikiöaikana ja jatkuen ensimmäiseen ikävuoteen, on se altis niin geneettisille kuin ympäristöllisille tekijöille. (Mahababi & Al Khalili 2023.) Verkkokalvoon kuuluu myös makula eli tarkan näkemisen alue, jossa tapahtuu kaikista tarkin näkeminen ja värien aistiminen. Se sijaitsee verkkokalvon keski-osassa ja näyttäytyy ympäristöään punaisempana. Tarkan näkemisen alueella on ainoastaan tappisoluja, sauvasolut sijaitsevat verkkokalvon reuna-alueilla. Makula on muuta verkkokalvoa ohuempi, sillä muut kerrokset ovat väistyneet sen alta, jotta valonsäteillä olisi esteettömämpi kulku valoa aistiviin soluihin. Näköhermon tehtävänä on kuljettaa vastaanotettu ja muokattu näköimpulssi verkkokalvolta näköaivokuorelle. Vain osa näköhermosta on nähtävissä verkkokalvolla ja sitä kutsutaan näköhermon pääksi. Näköhermo muodostuu hermosäiekimpuista. Glaukoomassa näköhermon keskuskuoppa saattaa olla suurempi, sillä glaukooma tuhoaa hermosäikeitä. (Kivelä 2011: 28–30.) Näköhermon päätä arvioidaan vertailemalla keskuskuopan kokoa näköhermon pään halkaisijaan. Tällöin puhutaan cup to disc suhteesta tai C/D-suhteesta. (Schuster 2022.) Näköhermon pään neuraalisen reunan ohentuma voi viitata glaukoomaan (Vazquez & Huang 2016: 47). Näköhermon päätä voidaan arvioida OCT:lla BMO-MRW-parametria käyttäen. BMO-MRW eli Bruch's membrane opening minimum rim width on uusi parametri, joka mittaa lyhimmän etäisyyden Bruchin kalvon aukon ja sisemmän rajakalvon välillä. BMO-MRW mittaus on toisinnettavissa oleva, sillä Bruchin kalvon aukko vaikuttaa pysyvän ennallaan ajan myötä. Tästä syystä sitä voidaan hyödyntää myös vertailupisteenä. (Kromer & Spitzer 2017: 1.)

Pigmenttiepiteeli (retinal pigment epithelium) on verkkokalvon uloin kerros, sijaiten suonikalvon päällä. Pigmenttiepiteeli koostuu nimensä mukaisesti pigmentoiduista soluista, jotka ovat vielä tiiviimmin pigmentoituja makulan alueella. Pigmenttien tiiviys vaihtelee myös muualla verkkokalvolla, mikä voi saada sen näyttämään laikukkaalta. (Remington & Goodwin 2022: 111.) Mikäli pigmenttiepiteelin solut eivät toimi odotetulla tavalla, voivat ne olla osassa niin kuivaan kuin kosteaan silmänpohjan ikärappeumaan eli AMD:hen (Szalai & Nickerson & Grossniklaus 2020: 3). Pigmenttiepiteelin ja suonikalvon välissä sijaitsee ohut Bruchin kalvo, jonka tehtävänä on muun muassa rajoittaa solujen kulkua verkkokalvon ja suonikalvon välillä (Fletcher ym. 2020: 329).

Fotoreseptorikerros (photoreceptor layer) koostuu sisemmästä ja ulommasta osasta tappi- ja sauvasoluja, jotka absorboivat valohiukkasia. Tappisoluja on verkkokalvolla arviolta 6 miljoonaa ja niiden tehtävänä on absorboida värillisen valon aallonpituuksia. Ne sijaitsevat tarkan näkemisen alueella ja ovat herkempiä päivänvalossa. Tappisoluja on sinistä, vihreää ja punaista aallonpituutta aistivia ja näiden solujen limittäisyys luo ihmisen näkemän valon spektrin. Sauvasoluja on huomattavasti enemmän kuin tappisoluja, jopa yli 100 miljoonaa. Sauvasolut sijaitsevat verkkokalvon reuna-alueilla ja ovat herkempiä hämärässä valaistuksessa. (Nguyen & Patel & Tadi 2023.)

Ulompi rajakalvo (external limiting membrane) on alue, jonka läpi sauva- ja tappisolujen tapahtumasarjat kulkevat. Ulompi rajakalvo koostuu Müllerin soluista ja aistinsoluista sekä näiden solujen välisistä liitoksista. (Nguyen ym. 2023.)

Ulompi tumakerros (outer nuclear layer) sisältää sauva- ja tappisolujen soomat (Nguyen ym. 2023). Ulompi tumakerros on paksuimmillaan makulalla (Remington & Goodwin 2022: 120). Ulommassa verkkomaisessa kerroksessa (outer plexiform layer) tapahtuu aistinsolujen synapsit eli hermosolujen liitokset sisemmän tumakerroksen dendriittien eli tuojahaarakkeiden kanssa (Nguyen ym. 2023).

Sisempi tumakerros (inner nuclear layer) rakentuu bipolaari-, horisontaali- ja amakriinisolujen soomista. Bipolaarisolujen tehtävänä on toimia aistinsolujen synapsien kulureittinä gangliosoluihin. Horisontaalisolut taas muuntavat saapuvan palautteen sauva- ja tappisoluille. (Nguyen ym. 2023.) Sisemmässä tumakerroksessa sijaitsee myös Müllerin solujen soomat, joiden tehtävänä vahvistaa ja tukea verkkokalvoa ja sen hermosolujen aineenvaihduntaa (Kivelä 2011: 27).

Sisemmässä verkkomaisessa kerroksessa (inner plexiform layer) tapahtuu bipolaarisolujen aksonien eli viejähaarakkeiden synapsit gangliosolujen kanssa sekä amakriinisolujen dendriittien synapsit. Amakriinisolujen dendriittien synapsit muuntavat bipolaarisolujen ja gangliosolujen välistä sähkönjohtavuutta. Gangliosolukerros (ganglion cell layer) muodostuu nimensä mukaisesti gangliosolujen soomista. Gangliosolujen aksonista muodostuu lopulta näköhermo. (Nguyen ym. 2023.)

Hermosäiekerros (nerve fiber layer) rakentuu verkkokalvon gangliosolujen aksonien lisäksi astrozyyteistä, eli tietynlaisista hermotukisoluista sekä Müllerin solujen vaiheista (Nguyen ym. 2023). Gangliosolujen aksonien puutos ja täten hermosäiekerroksen oheneminen voivat olla merkkejä glaukoomasta (Vazquez & Huang 2016: 47). Makulalta ja nenän puoleiselta verkkokalvosta saapuvat hermosäikeet kulkevat kohtisuorassa kohti

näköhermon päätä, kun taas muualta tulevat hermosäikeet kulkevat kaarimaisesti. Hermosäiekerroksen verenvuodot asettuvat hermosäikeiden väliin ja näyttäytyvät liekki-mäisinä, kun taas muissa verkkokalvon kerroksissa ne ovat läiskämäisiä. (Kivelä 2011: 27.) Sisempi rajakalvo (inner limiting membrane) on verkkokalvon sisin kerros. Se muodostaa sileän rajan lasiaista vasten. Sisemmän rajakalvon tehtävänä on ylläpitää verkkokalvon homeostaasia eli tasapainoa. (Nguyen ym. 2023.)

Verkkokalvolla glaukooma tekee muutoksia näköhermon päähän, hermosäiekerrokseen sekä makulan sisempiin kerroksiin (Vazquez & Huang 2016: 47). Glaukooman yhteydessä voidaan puhua gangliosolukompleksista, jolla tarkoitetaan verkkokalvon kolmea sisintä kerrosta, eli hermosäiekerrosta, gangliosolukerrosta ja sisempää verkkomaista kerrosta. OCT:lla on mahdollista kuvantaa gangliosolukompleksia, johon glaukooma voi aiheuttaa muutoksia. (Scuderi & Fragiotta & Scuderi & Iodice & Perdicchi 2020: 33.) Edetessään glaukooma aiheuttaa näkökenttäpuutoksia ja näkökentän kaventumista, mutta varhaisen glaukooman merkit voivat olla havaittavissa silmän sisäisissä rakenteissa, jonka vuoksi esimerkiksi OCT-kuvantamisella voidaan tunnistaa glaukooma jo sen varhaisessa vaiheessa (Vazquez & Huang 2016: 47–48).

4 Glaukooma

Glaukooma on sairaus, jonka tarkka syntymekanismi on edelleen epäselvä. Useimmissa tapauksissa sairauden aiheuttaa kohonnut silmänpaine, joka on seurausta silmän nestekierron häiriintymisestä. Kohonnut silmänpaine vaurioittaa silmän sisäisiä rakenteita, erityisesti näköhermon päätä. (Seppänen 2021.) Vauriot aiheuttavat näkökenttään puutosalueita, joita asiakkaan voi olla itse hankala havaita. Glaukooma ilmenee tyypillisesti molemmissa silmissä eri tahtiin edeten, jolloin toisen silmän näkökenttä kompensoi toisen silmän puutosalueita. Tämän vuoksi asiakkaan on vaikea havaita sairauden etenemistä. (Vaajanen & Gielen & Tuulonen 2017: 1476.)

Tyypillisesti glaukooma aiheuttaa muutoksia näköhermon päähän, hermosäiekerrokseen sekä näkökenttään. Glaukoomalla on useita eri muotoja, joista yleisimmät muodot ovat avokulmaglaukooma sekä ahdaskulmaglaukooma. Valtaosalla sairastuneista tauti etenee hiljalleen, mutta osalla se saattaa edetä hyvinkin nopeasti. Tärkein riskitekijä on kohonnut silmänpaine. Muita riskitekijöitä on esimerkiksi ikääntyminen, eksfoliaatio eli mykiön hilsetys yhdessä kohonneen silmänpaineen kanssa sekä sukurasite ja likinäköisyys. (Glaukooma. Käypä hoito -suositus 2023.)

Tutkiminen tapahtuu tarkastelemalla näköhermon päätä, hermosäiekerrosta ja näkökenttiä. Näiden lisäksi mitataan silmänpaine sekä tutkitaan goniolinssillä etukammiokulmaa. Glaukoomaa hoidetaan alentamalla silmänpainetta. Silmänpainetta alennetaan pääasiassa lääkehoidolla eli yleensä silmätipoilla. Lääkehoidon lisäksi kammiokulmaa voidaan laseroida tai leikata. Menetettyä näköä ei voida hoidon avulla pelastaa, vaan tarkoituksena on estää näön heikkeneminen entisestään. Suomessa Kela-korvattuja glaukoomalääkkeitä vuoden 2020 lopussa käytti lähes 101 000 henkilöä. (Glaukooma. Käypä hoito -suositus 2023.)

Kun asiakkaalla on glaukooma tai glaukoomaepäily, olisi OCT:lla hyvä kuvata makulan ja papillan lisäksi myös hermosäiekerros (Vazquez & Huang 2016: 47). Glaukoomadiagnoosia ja –seurantaa varten OCT:lla saadaan kuvattua hermosäiekerroksen paksuus ottamalla näköhermon päästä kehämäinen ja säteittäinen kuva, jonka laitteisto arvioi vertailutietokantaan pohjaten. Terveessä silmässä hermosäiekerros on erittäin heijastava ja se paksunee näköhermon päätä kohti. Glaukoomasta voi seurata myös makulan alueen ohentumaa, joka on seurausta gangliosolujen puutoksesta. Makulan ohentumaa voidaan arvioida ottamalla siitä mahdollisimman tiheä OCT-kuva. (Aumann ym. 2019: 72–76.) OCT:n avulla voidaan arvioida C/D-suhdetta, mutta sen käytöstä diagnostisena välineenä on eriäviä mielipiteitä. Se on saanut osakseen kritiikkiä muun muassa siitä, että se ei vastaa mikroskoopin näkymää. (Fanelli 2022: 88.)

5 Opinnäytetyön menetelmä

5.1 Opinnäytetyön tavoite, tarkoitus ja tutkimuskysymys

Opinnäytetyömme tavoitteena on selvittää mitä on OCT-kuvantaminen ja miten sitä voidaan hyödyntää tapauksissa, joissa asiakkaalla on glaukoomaepäily tai –diagnoosi sekä koota tuloksista selkeä suomenkielinen kooste. Tarkoituksenamme on lisätä tietoa, osaamista ja varmuutta optometristeille, jotta he uskaltaisivat hyödyntää OCT:ta osana työtään ja luottaa omiin taitoihinsa, jotta mahdolliset glaukoomaepäilyt osattaisiin ohjata ajoissa silmälääkəriin. Opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Mikä kuvantamisohjelma tulee valita, kun asiakkaalla on glaukooma tai epäilyllään glaukoomaa?
2. Miten OCT-kuvantamista voidaan hyödyntää glaukooman tunnistamisessa ja seurannassa?

Opinnäytetyömme tutkimuskysymykset valikoituivat siten, että niihin vastaamalla saadaan koottua tietoa seikoista, jotka vaikuttavat OCT-kuvan valintaan glaukoomaan liittyvissä tapauksissa. Opinnäytetyömme tutkimusmenetelmäksi valikoitui scoping-katsaus, sillä sitä käyttäen pystyimme tekemään katsauksen, joka vastaa työmme tavoitteeseen, tarkoitukseen ja tutkimuskysymyksiin.

5.2 Scoping-kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on kerätä olemassa olevasta tutkimusmateriaalista kokoava työ, jossa vastataan sen tutkimuskysymykseen tai -kysymyksiin (Kunnela 2023). Tutkimusmenetelmänä kirjallisuuskatsaus voidaan jakaa kuvailevaan ja systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen sekä kvantitatiiviseen ja kvalitatiiviseen meta-analyysiin (Salminen 2011). Tarkemmin ottaen menetelmäksi valikoitui kuvailevan kirjallisuuskatsauksen alatyypiksi scoping-katsaus. Scoping-katsaus luo ymmärryksen käsiteltävästä aiheesta kuvaten sitä laajasti useita eri tutkimuksia, myös mahdollisesti keskeneräisiä, hyödyntäen. Scoping-katsaus tarkastelee ja hyödyntää siis kaikkea saatavilla olevaa tutkimusta aihealueesta, eli sen sisäänottokriteerit eivät ole niin suppeat ja tarkat. Tästä huolimatta scoping-katsauksessa tulee kiinnittää huomiota myös tutkimusten laatuun ja luotettavuuteen. (Suhonen & Axelin & Stolt 2016: 10–11.) Koska työmme tavoitteena on luoda kooste optometristeille OCT-kuvantamisesta glaukooman yhteydessä, sopii scoping-katsaus työmme menetelmäksi, sillä näin voidaan kattavammin hyödyntää saatavilla olevaa aineistoa. Scoping-katsausta pidetään erityisen käyttökelpoisena silloin, kun halutaan koota olemassa olevasta kirjallisuudesta kokonaisuus aiheesta, jota ei ole vielä kattavasti tarkasteltu (Pham ym. 2014: 371).

Scoping-katsaus on tutkimusmenetelmänä vielä suhteellisen uusi, minkä vuoksi myös vaihtelua eri scoping-katsauksien rakenteissa esiintyy. Taulukossa 1 on esitetty yksi vaihtoehto katsauksen vaiheista ja rakenteesta.

Taulukko 1. Scoping-katsauksen vaiheet ja rakenne

Vaihe 1	Tutkimuskysymyksen määrittäminen
Vaihe 2	Asiaa koskevien tutkimuksien löytäminen
Vaihe 3	Tutkimusten valinta

Vaihe 4	Aineiston taulukoiminen
Vaihe 5	Tulosten kokoaminen, tiivistäminen ja raportoiminen

Vapaaehtoisena lisävaiheena voidaan pitää konsultaatio-osiota, jonka tarkoituksena on tiedottaa ja vahvistaa löydökset liittyen pääscoping-katsaukseen. Käytännössä se tarkoittaisi sitä, että haastateltaisiin sidosryhmän jäsentä tai jäseniä liittyen kyseiseen scoping-katsaukseen ja pyrittäisiin sitä kautta saamaan lisää tutkimuksia sisällytettäväksi katsaukseen sekä muita mahdollisia oivalluksia työhön liittyen. (Arksey & O'Malley 2005.) Opinnäytetyön kannalta tämä kuitenkin todennäköisesti vaatisi tutkimusluvan hankkimista.

5.3 Aineiston haku ja valinta

Kirjallisuuskatsauksen aineisto kerättiin kolmesta eri tietokannasta. CINAHL ja PubMed valittiin sillä perusteella, että ne ovat terveysalojen tietokantoja. Lisäksi aineistoa päädtyttiin hakemaan myös World Wide Webistä eli internet-verkosta, jotta aineistohakua saatiin laajennettua. Tietokannoista haettiin tieteellisiä tutkimuksia ja artikkeleita käyttämällä erilaisia hakulausekkeita. Hakulausekkeet muodostettiin käyttämällä Boolean operaattoreita ja ne muotoiltiin niin, että niitä käyttämällä löydettäisiin aineistoa, joka vastaa opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin. Valitut tietokannat ja niissä käytetyt hakulausekkeet on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kirjallisuuskatsauksessa käytetyt tietokannat ja niissä käytetyt hakulausekkeet

Tietokanta	Hakulausekkeet
PubMed	“OCT findings” OR “optical coherence tomography findings” AND glaucoma
CINAHL	“Optical coherence tomography” OR “oct” AND “glaucoma”
WWW.	Optical coherence tomography and glaucoma

Hakulausekkeen lisäksi tuloksia rajattiin siten, että niitä haettiin vain vuonna 2010 tai sen jälkeen julkaistuista tutkimuksista, artikkeleista ja kirjallisuudesta. Julkaisuajan kohta rajattiin vuoteen 2010 ja siitä eteenpäin, jotta saisimme mahdollisimman ajantasaista tietoa ja että artikkeleissa olisi keskitytty uudempien teknologioiden OCT-laitteisiin. Tämän lisäksi tulosten tuli olla englannin- tai suomenkielisiä. Kieliksi valitsimme englannin tai suomen, koska valtaosa tiedosta löytyy englanniksi. Oletuksena oli, ettei suomeksi löydy juurikaan tietoa, mutta se valittiin varmuuden vuoksi. Muita kieliä ei oman kielitaidon takia valittu. Hakutuloksien määrän rajoittamiseksi tuloksia rajattiin siten, että hakulausekkeet tuli löytyä tiivistelmästä tai otsikosta. Sisäänottokriteerinä oli edellä mainittujen lisäksi se, että koko aineisto on saatavilla verkossa veloituksetta tai Metropolian lisenssillä. Käyttämämme sisäänotto- ja poissulkukriteerit ovat esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Kirjallisuuskatsauksessa käytettyjen aineistojen sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Aineisto on julkaistu vuonna 2010 tai sitä myöhemmin	Aineisto on julkaistu ennen vuotta 2010
Aineisto käsittelee OCT-kuvantamista ja glaukoomaa	Aineisto ei käsittele OCT-kuvantamista ja glaukoomaa
Aineisto on julkaistu suomen tai englannin kielellä	Aineiston julkaisukieli on jokin muu kuin suomi tai englanti
Koko teksti on saatavilla verkosta	Teksti ei ole kokonaisuudessaan saatavilla verkosta
Aineisto on saatavilla veloituksetta tai Metropolia Ammattikorkeakoulun lisenssillä	Aineiston lukeminen on maksullista tai pääsyyn tarvitaan erillinen lisenssi, jota Metropolia Ammattikorkeakoululla ei ole
Hakulausekkeet löytyvät otsikosta tai tiivistelmästä	Hakulausekkeet eivät löydy otsikosta tai tiivistelmästä

Alustava aineistohaku aloitettiin loppusyksystä 2023. Varsinainen aineistohaku ja aineistojen läpikäynti toteutettiin keväällä 2024. Aineistohaku toteutettiin valituissa tietokannoissa ennalta määritettyjen hakulausekkeiden avulla. Saadut hakutulokset käytiin läpi ja niistä valittiin osa otsikon ja tiivistelmän perusteella tarkemmin luettavaksi. Tiedonhaun tulosten määrä ja tarkemmin luettavaksi valittujen aineistojen määrä sekä työssä käytettäväksi valittujen aineistojen määrä on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Tiedonhaun prosessi

Tietokanta ja hakupäivämäärä	Tulosten määrä hakulausekkeella	Tarkemmin luettavaksi valitut aineistot	Työssä käytettäväksi valitut aineistot
CINAHL 15.2.2024	“optical coherence tomography” OR “oct” AND “glaucoma” 535	8	3
PubMed 6.2.2024	“OCT findings” OR “optical coherence tomography findings” AND glaucoma 62	14	0
WWW. 25.3.2024	Optical coherence tomography and glaucoma ~1 980 000	10	3

Aineistonhaun ja sen tulosten tarkan läpikäynnin jälkeen olimme valikoineet yhteensä 6 artikkelia, jotka muodostavat analyysimme aineiston. Työhömmme mukaan valitut aineistot on esitetty taulukossa 5. Taulukkoon on laitettu kunkin aineiston tekijätiedot, otsikko, julkaisuvuosi, käyttämämme tietokanta sekä hakupäivämäärä.

Taulukko 5. Aineistot, jotka valittiin työssä käytettäväksi

Tekijä(t)	Otsikko	Julkaisu- vuosi	Käytetty tieto- kanta	Hakupäivä- määrä
Charters, Lynda & Rosdahl, Jullia A.	Macular OCT: A must for treating glaucoma	2019	CINAHL	15.2.2024
Groves, Nancy & Asrani, Sanjay G.	OCT finds niche in glaucoma diagnosis, management: Technology makes great tool, requires extra vigilance with co-existing disease	2019	CINAHL	15.2.2024
Groves, Nancy & Shen, Lucy Q.	Keys to intergrating, interpreting different types of OCT scans: Despite advances, imaging can only be complementary to clinician's assessment.	2019	CINAHL	15.2.2024
Reimold, Julia & Woten, Chris	OCT Interpretation for Glaucoma: Don't get fooled	2021	WWW.	19.3.2024
Rixon, Andrew & Kirk, Abbey	Seeing Glaucoma Through OCT's Eye	2023	WWW.	19.3.2024
Dong, Zachary & Schuman, Joel & Wollstein, Gadi	Clinical Utility of Optical Coherence Tomography in Glaucoma	2016	WWW.	25.3.2024

6 Tulosten analysointi

Scoping-katsauksen lähdeaineistoksi valittiin kuusi julkaistua artikkelia. Artikkeleista viisi oli arvioituja ja yksi oli vertaisarvioitu. Kaksi artikkelia oli konferenssiartikkeleita ja neljä katsausartikkeleita.

“Macular OCT: A must for treating glaucoma patients” on Lynda Chartersin kirjoittama ja Jullia Rosdahlin arvioima vuonna 2019 Ophthalmology Times lehdessä julkaistu artikkeli. Artikkelissa painotettiin eri OCT-laitteiden kuvantamisalueiden kokoa makulalla sekä sen analyysiin käytettäviä protokollia, mutta artikkelissa käsiteltiin myös OCT-kuvantamisen hyötyjä glaukooman tunnistamisessa ja sitä, mitä OCT:lla tulisi erityisesti kuvantaa. Artikkelin pohjautuu Jullia Rosdahlin esimerkkitapaukseen, jossa asiakas halusi toisen mielipiteen optikoltaan liittyen glaukooman hoitoon ja sen aloittamiseen. Asiakkaalla oli normaalit näöntarkkuudet ja silmänpaineet sekä keskeinen näkökenttäpuutos, joka ei ollut huonontunut viiden vuoden aikana. OCT:lla kuvannettaessa huomattiin kuitenkin ohentumaa hermosäiekerroksessa, joka vastasi näkökenttäpuutosta. Tämän lisäksi myös makula OCT:ssa huomattiin ohentumaa. Näillä tiedoilla asiakas saatiin vakuuttuneeksi siitä, että glaukooma on edennyt ja hän suostui aloittamaan glaukoomahoitoon. (Charters 2019: 19.)

Rosdahl mainitsee OCT-kuvantamisen hyödyiksi muun muassa gangliosolujen arvioinnin, sillä niiden määrä makulalla on suhteellisen vakio väestön keskuudessa. Gangliosolujen arviointi on tärkeää, sillä gangliosolukompleksi muodostaa 40 % makulan paksuudesta ja suurin osa verkkokalvon gangliosoluista sijaitsee nimenomaan makulalla. Tämän lisäksi sokeus on seurausta gangliosolujen vahingoittumisesta. (Charters 2019: 19.)

Kaupallisesti saatavissa olevilla OCT-laitteilla on glaukoomaprotokolla kuvantamista ja analyysiä varten, joka osoittaa korkeatasoista rakenne- ja toimintavuustaavuussuhdetta glaukoomapotilailla. Rosdahl huomasi laitteiden olevan hyödyllisempiä silloin, kun asiakkaiden keskipoikkeama näkökenttätutkimuksissa oli parempi kuin -10 desibeliä, mutta huonompi tulos ei ole este OCT-kuvantamiselle. Rosdahl kertoo, että glaukoomaprotokollaa käytettäessä tulee ottaa huomioon, ettei kaikki poikkeavuudet viittaa aina glaukoomaan, vaan kyseessä voi olla myös ei-glaukoomatoottinen häiriö. Makula OCT on hyödyllinen kuvantamismenetelmä hermosäiesolujen ja aksonien tutkimiseen. Vaikka laitteet eroavat kuvatuilla alueilla ja kerroksilla, toimivat ne samanlaisesti rakenteen ja toiminnan kannalta. (Charters 2019: 20.)

“OCT finds niche in glaucoma diagnosis, management” on Nancy Grovesin kirjoittama ja Sanjay G. Asranin arvioima vuonna 2019 Ophthalmology Times -lehdessä julkaistu konferenssiartikkeli, joka pohjautuu Sanjay G. Asranin esitykseen American Glaucoma Society kokouksessa vuonna 2019. Artikkelissa kerrotaan, että OCT on vakiinnuttanut paikkansa glaukooman diagnosoinnissa ja hoidossa. OCT:hen nojataan yhä enemmän glaukooman etenemisen arvioinnissa, sillä sen avulla havaitaan muutoksia nopeammin kuin näkökenttätutkimuksissa, sekä se on objektiivinen mittausta toisin kuin näkökenttätutkimus, Asrani kertoo. Näkökenttätutkimusta tehdessä testin luotettavuuden arviointi on tärkeää ja tämä pätee myös OCT-kuvantamiseen. Kuvaa ottaessa tulee varmistaa, että signaali on tarpeeksi hyvä ja kuvantamisvirheitä ei synny. Asrani painottaa, ettei asiantuntijoiden tule luottaa liikaa tietokoneen luomaan analyysiin, vaan heidän tulee myös itse tutkia kuvat tarkasti ja pohtia voiko jokin poikkeava löydös johtua patologiasta artefaktista sairauden sijaan. (Groves 2019a: 33.)

Parametreista käytetään yleensä hermosäiekerroksen mittausta ja sen supero- tai inferotemporaalista keskipaksuutta. Mikäli paksuuden muutos on enemmän kuin 10 mikrometriä, on eteneminen todennäköisesti todellista eikä artefaktia. Asranin mukaan toinen tärkeä parametri on makulan paksuus, joka on hyödyllinen kaikissa tapauksissa, mutta erityisesti edenneissä glaukoomissa sekä vahvasti likinäköisillä. Makulalta tulee seurata sen kaarevuuden muutosta sekä sen vastaavuutta hermosäiekerroksen mentykseen. Kuvissa voi esimerkiksi ilmetä hermosäiekerroksen ohenemaa, mutta keskipaksuus ei ole muuttunut. Hermosäiekerros saattaa olla tietyltä alueelta paksumpi, mutta se keskiarvoistuu ja täten kokonaiskeskipaksuus ei välttämättä muutu, vaikka sektorikohtainen paksuus muuttuu, Asrani selittää. Tämän vuoksi on tärkeää varmistaa, että hermosäiekerroksen muutokset näkyvät myös makulan paksuuden muutoksina, jotta voidaan olla varmoja sen johtuvan glaukoomasta. Jos ei ole täysin varmistä tulokset johtuvat, suositellaan kuvantamista uudelleen neljän kuukauden kuluttua. (Groves 2019a: 33.)

Toinen missä kannattaa olla varovainen on patologiat ja erityisesti lasiaisen vaikutus verkkokalvon kudoksiin. Epiretinaalinen kalvo voi tehdä heijastavan nauhan sisempää rajakalvoa pitkin, joka saa hermosäiekerroksen näyttämään paksummalta kuin se todellisuudessa on. Asrani huomauttaa, että lasiaisveto voi vetää myös hermosäiekerrosta aiheuttaen sen paksuuntumisen. Se voi saada tilanteen näyttämään paremmalta, koska näyttää siltä, että hermosäiekerros olisi paksuudeltaan normaali, vaikka se olisi oikeasti ohentunut. On myös muita artefakteja, jotka saattavat johtaa virhetulkintoihin, joten kuvia tulkittaessa tulisi aina harkita voiko muutos olla muusta kuin glaukoomasta johtuvaa. Esimerkiksi jos hermosäiekerroksen paksuus vähenee dramaattisesti joka kerta, voi se johtua näköhermon anteriorisesta neuropatiasta, jonka tunnistaa monesti

siitä, että oheneminen on vain yhdessä sektorissa. (Groves 2019a: 33.) Virheellinen tulkinta on mahdollista myös silloin, kun aksonikimput ovat rappeutuneet. Tällöin ehjät kuoret saavat hermosäiekerroksen näyttämään normaalipaksuiselta. Rakenteiden romahtaessa paksuus laskee kuitenkin dramaattisesti. Myös uveitti yhdessä glaukooman kanssa vaatii valppautta kuvien tulkinnassa, sillä uveitissa hermosäiekerros turpoaa ja näyttää paksummalta kuin se oikeasti on. Kun tulehdus hoidetaan ja turvotus laskee, ohenee hermosäiekerros ja voi tulla virhetulkinta, että glaukooma olisi edennyt. (Groves 2019a: 34.)

Katsausartikkelissa "OCT Interpretation for Glaucoma: Don't Get Fooled" Reimold ja Wroten käsittelevät OCT:n kehitystä ja sen hyödyntämistä glaukooman hoidossa. Artikkelissa kerrotaan makula OCT:n ja erityisesti gangliosolukompleksin kuvantamisen tärkeydestä. Hermosäiekerroksen kuvantaminen on vakiinnuttanut paikkansa glaukooman hoidossa, mutta tällä menetelmällä saadaan kuvannettua ainoastaan gangliosolujen aksonit, ei niiden soomia tai dendriittejä. Tällöin glaukooman varhaiset merkit voivat jäädä huomaamatta. Makulan gangliosolukompleksin ohentumisen on tunnistettu olevan merkki glaukooman aiheuttamasta rakenteellisesta vauriosta. Tästä syystä olisi tärkeää kuvantaa makulaa ja erityisesti gangliosolukompleksia. (Reimold & Wroten 2021: 57.)

Artikkelissa kerrotaan, että glaukooman tunnistamiseksi silmästä olisi hyvä kuvantaa makulan gangliosolukompleksi ja hermosäiekerros. Gangliosolukompleksin kuvantamisessa tulisi ottaa huomioon asiakkaan muut mahdolliset silmäsairaudet, sillä jotkin makulan sairaudet voivat keinotekoisesti nostaa tai laskea makulan paksuuden tuloksia. Tällaisissa tapauksissa hermosäiekerroksen kuvantaminen voi ilmaista glaukooman edistymisestä tarkemmin. Reimold ja Wroten suosittelivatkin makula OCT:n ottamista hermosäiekuvantamisen lisänä auttaakseen varhaista glaukooman havaitsemista, diagnoosia ja taudinhallintaa sokeutumisen estämiseksi. Gangliosolukompleksin kuvantamista taas suositaan tapauksissa, joissa asiakkaalla on korkea myopia. Silmän kasvava aksiaalinen pituus, kallistuneet hermot tai peripapillaarinen atrofia eivät vaikuta gangliosolukompleksin mittaamisen tarkkuuteen. Pelkästään gangliosolukerroksen kuvantamisella voi jotkin muutokset jäädä huomaamatta, jotka gangliosolukompleksin ja näkökenttätutkimuksen perusteella olisi havaittavissa. (Reimold & Wroten 2021: 57–58.)

Reimold ja Wroten painottavat, että vaikka glaukooman diagnosoimisen ja hoidon kannalta on tärkeää tietää mikä OCT-kuvantamisohjelma valita ja kuinka kuvaa tulkita, on myös tärkeää ottaa tarkka ja luotettava kuva. Jotkin OCT-laitteet avustavat eri silmäsai-

rauksien tunnistamisessa, mutta mikäli kuvan laatu on epäluotettava, voi se johtaa virheellisiin päätöksiin. Artefakteja on potilaasta, käyttäjästä ja laitteesta riippuvaisia. Ennen kuvan analysoimista tulisi siis tarkistaa kuvan laatu ja mahdolliset kuvantamisvirheet, selvittää potilaan terveyshistoria muiden silmäsairauksien varalta ja ottaa huomioon normaalit ikään liittyvät muutokset hermosäiekerroksessa ja gangliosolukompleksissa. (Reimold & Wroten 2021: 60–61.)

“Keys to integrating, interpreting different types of OCT scans” on Nancy Grovesin vuonna 2019 Ophthalmology Times -lehdessä julkaisema ja Lucy Q. Shenin arvioima konferenssiartikkeli, joka pohjautuu Lucy Q. Shenin esitykseen American Glaucoma Societyn kokouksessa vuonna 2019. Shen kertoo uudesta parametrasta, BMO-MRW:stä, joka mittaa lyhimmän etäisyyden sisemmän rajakalvon ja Bruchin kalvon aukon välillä. BMO-MRW eroaa ONH-parametrasta eli näköhermon pään mittauksesta siten, ettei siinä käytetä viitetasoa. Sen sijaan BMO-MRW mittaa näköhermon pään neuretinaalisen reunan anatomisesti tarkan rajan, eli Bruchin kalvon aukon. Tutkimukset ovat osoittaneet, että BMO-MRW mittaukset yhdessä hermosäiekerroksmittauksen kanssa auttavat erottamaan preperimetrisen glaukooman terveistä kontrollihenkilöistä. Vaikka eräs tutkimus osoitti heikkoa vastaavuussuhdetta BMO-MRW:n ja näkökenttätutkimuksen välillä, ovat BMO-MRW ja hermosäiekerroksen mittaukset osoittaneet hyvän vastaavuussuhteen Humphreyn näkökenttätutkimuksen keskipoikkeamaan niissä tapauksissa, kun asiakkaalla on lievä tai keskivaikea glaukooma. Belghithin ym. tekemä tutkimus osoitti, että edenneen glaukooman rakenteellinen muutos havaittiin paremmin gangliosolujen kuin BMO-MRW tai hermosäiekerroksen kuvantamisessa, kun taas Lavinskyn ym. tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että BMO-MRW voi silti olla hyödyllinen niissä silmissä, joissa on pitkälle kehittynyt hermosäiekerroksen vaurio. (Groves 2019b: 29.)

Shen suosittelee BMO-MRW-mittauksissa tarkkailemaan pistemäistä ohentumista, vaikka automaattista ohjelmistoa käytettäisiin. Hänen tutkimusryhmänsä on havainnut, että pistemäinen ohentuminen BMO-MRW:ssä liittyy parasentraaliseen näkökenttäpuutokseen. Hermosäiekerroksen paksuusmittaus on hyödyllinen preperimetrisessä, lievässä ja kohtalaisessa glaukoomassa sekä diagnosoinnissa että rakenteen ja toiminnan korrelaatioissa. Shen varoittaa, että pitkälle edenneessä glaukoomassa tulisi huomioida, että kun hermosäiekerroksen paksuus saavuttaa 50–60 mikrometriä, saattaa paksuus pysyä samana, vaikka potilaan tila huononisi edelleen. Silloin sairautta kannattaa seurata makulan gangliosolukerroksen mittauksilla. Se on tutkimusten mukaan hyödyllinen pitkälle edenneen glaukooman etenemisen havaitsemisessa ja sillä voi olla parempi diagnostinen teho kuin hermosäiekerroksen kuvantamisella silmissä, joissa on

parasentraalinen näkökenttäpuutos. Raon ym. tutkimus ehdottaa, että gangliosoluskannauksella olisi kohtalainen diagnostinen kyky verrattuna hermosäiekerroksen kuvantamiseen perimetrisessä glaukoomassa. Shen huomauttaa, että nämä skannaukset voivat olla hyödyllisiä varhaisen glaukooman diagnosoinnissa, jos kyseessä on myooppi-nen silmä. (Groves 2019b: 29, 34.)

Shen kertoo itse käyttävänsä hermosäiekerroksen, gangliosolukerroksen ja sisemmän verkkomaisen kerroksen skannauksia ja tarkastelevansa niitä yhdessä, sillä eri OCT-skannausten yhdistäminen tuottaa joskus parempia tuloksia kuin pelkän yhden tekniikan käyttäminen. Hän viittaa tutkimukseen, jossa osoitettiin olevan diagnostiikan kan-nalta hieman hyödyllisempää yhdistää BMO-MRW ja hermosäiekerrosmittauksia kuin käyttää vain yksittäistä parametria. Joskus kuitenkin laajan kentän hermosäiekerros-paksuuskartoitus, joka sisältää myös peripapillaariset ja makulaariset alueet, voi tarjota paremman tarkkuuden preperimetrisen ja varhaisen glaukooman havaitsemiseen kuin gangliosolukompleksin kuvantaminen. (Groves 2019b: 34.)

Johtopäätöksenä Shen muistuttaa, että OCT:n edistysaskelista huolimatta kuvantami-sen tulee olla vain täydentävä osa glaukooman arvioinnissa eikä sen pidä koskaan olla ainut diagnostinen väline. Hän toteaa, että vaikka saamme parempia kuvia näköher-mon päästä, hermosäiekerroksesta ja gangliosoluista ja opimme yhdistämään tietoa ja näkemään kokonaiskuvan, emme saa unohtaa yksityiskohtia, jotka alun perin toivat meidät tähän tilanteeseen. (Groves 2019b: 34.)

“Seeing Glaucoma Through OCT’s Eye” on Andrew Rixonin ja Abbey Kirkin vertaisarvi-oitu katsausartikkeli, joka on julkaistu Review of Optometry -lehdessä 2023. Artikke-lissa painotetaan, että OCT:n anatomian ymmärtäminen on yhtä tärkeää kuin sen tuot-taman tiedon ymmärtäminen. Artikkelissa nostetaan esiin seuraavat parametrit: verkko-kalvon hermosäiekerroskuvantaminen eli RNFL-kuvantaminen, ympäripapillaarinen eli cpRNFL-kuvantaminen, gangliosolu- ja sisemmän verkkomaisen kerroksen skannaus eli GC-IPL-kuvantaminen sekä Bruchin kalvon aukon minimireunan leveys eli BMO-MRW-kuvantaminen. Edellä mainitut ovat tärkeimmät glaukooman diagnostiikassa käy-tettävät parametrit. (Rixon & Kirk 2023: 36.)

RNFL on yleisesti käytetty ja laajasti tutkittu parametri glaukooman diagnosoinnissa ja hoidossa, sillä se sisältää näköhermon pään (ONH) ja siihen liittyvän hermosäiekerrok-sen. RNFL analyysissä käytetään väriluokittelua visualisoimaan kerroksen paksuutta. Paksuutta verrataan tietokantaan, jonka perusteella se arvioi onko se ohuempi tai pak-sumpi kuin tyypillisesti. Tämän vuoksi on tärkeää varmistaa, että skannaus on onnistu-

nut ja laadukas ja että sektorit vastaavat näköhermon pään anatomiaa, sillä muuten tulokset voivat olla virheellisiä. Tärkeimpinä parametreinä pidetään supero- ja inferotemporaalisen neljänneksen paksuutta sekä keskimääräistä RNFL-paksuutta. Inferotemporaalinen RNFL on erityisen altis glaukoomavaurioille ja niistä seuraaville pistemäisille näkökenttävaurioille, koska siinä on vähemmän hermosäikeitä kuin yläosassa. Superotemporaaliset hermosäikeet saatetaan herkemmin unohtaa, sillä siellä on suurempi säikeiden tiheys, jonka vuoksi hermosäikeiden vauriot aiheuttavat matalamman ja laaja-alaisemman näkökenttävaurion. Keskimääräinen RNFL paksuus on hyödyllinen mittari etenemisen seurannassa silloin, kun skannaus on varmasti luotettava. Tulee kuitenkin muistaa, että jokaisella laitteella on omat kriteerinsä ”normaalille” RNFL-paksuudelle ja se tulisi ottaa huomioon tietoja tulkittaessa. (Rixon & Kirk 2023: 36–37.)

GC-IPL eli makulalta otettava gangliosolukerroksen ja sisemmän verkkomaisen kerroksen skannaus on myös erittäin hyödyllinen glaukooman hoidossa. Gangliosolukerroksen ajatellaan vahingoittuvat jo glaukooman varhaisessa vaiheessa, joten alueen arviointia harkitaan uudeksi hoitostandardiksi. Myös tämä skannaus käyttää väriluokituksia osoittamaan paksuutta. Skannaus antaa varhain tietoa glaukoomamuutoksista, jotka saattavat edeltää toiminnallisen näön menetystä. Tulkinta voi olla yksinkertaista, sillä lämpimien värien puutos tyypillisessä kaarien glaukoomamaisessa kuviossa osoittaa nopeasti poikkeaman gangliosolukerroksen anatomiasa. BMO-MRW tarjoaa tarkkaa tietoa neuraalisesta reunasta. Se mittaa Bruchin kalvon loppumisen ja sisemmän rajakalvon välisen minimietäisyyden. Mitta tarjoaa tarkan vastaavuussuhteen rakenteellisen ja toiminnallisen vaurion välillä, erityisesti matalapaineglaukoomassa ja potilailla, joilla on näköhermon pään levyn verenvuotoja. (Rixon & Kirk 2023: 37–38.)

Tarkasteltaessa eri OCT-laitteiden kuvia, on tärkeää varmistaa, että tiedot ovat käyttökelpoisia. Mahdolliset virheiden aiheuttajat voidaan jakaa kolmeen osaan: potilaasta riippuvaiset, operaattorista riippuvaiset ja laitteesta riippuvaiset. Artefaktien tuntemisen lisäksi täytyy olla tietoinen siitä, mikä on eri laitteissa normaaliarvo, miltä poikkeavuus normaaliarvosta näyttää ja ymmärtää, että vihreä väri ei aina tarkoita normaalia. Kaikilla laitteilla on oma tietokantansa, joka koostuu useista eri ikäisistä, rotuisista ja sukupuolisista yksilöistä. Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirastolla ei ole standardeja tai suuntaviivoja siitä, millaisia koehenkilöitä tai montako koehenkilöä tietokantoihin tulee sisällyttää tai miten data tulee esittää tai analysoida. Realistisempaa on siis kutsua niitä viitetietokannoiksi, sillä ne eivät edusta väestön normeja, vaan koostuvat mukaan otettujen potilaiden keskiarvoista. Paksuusarvot perustuvat tietokannan paksuuksien prosenttipisteen jakautumiseen. Niiden väriarvoja tulkittaessa tulee kuitenkin tietää, että vihreä kattaa 90 % kudospaksuudesta eli normaali löydös ei merkitse sitä, että poti-

laalla ei olisi sairautta tai ettei se olisi edennyt. Epänormaali löydös ei myöskään tarkoita, että potilaalla olisi sairaus. Väärin tulkitut kuvat voivat johtaa virheelliseen diagnoosiin ja hoitoon. (Rixon & Kirk 2023: 38–39.)

Parhaiten toistettava, tutkittu ja siten käyttökelpoisin mittari glaukooman etenemisen seurantaan on hermosäiekerroksen kuvantaminen. On todettu, että BMO-MRW on hyvin toistettavissa lievässä ja kohtalaisessa taudissa, mutta se on vähemmän hyödyllinen jo edenneessä taudissa, koska BMO:n sijainti saattaa muuttua ajan myötä, jonka vuoksi se on vähemmän johdonmukaisesti seurattavissa. Gangliosolukerroksen ja sisemmän verkkomaisen kerroksen sekä hermosäiekerroksen ohentumisnopeudet varhaisessa glaukoomassa on osoitettu olevan vertailukelpoisia, mutta niillä ei voi korvata toisiaan. Niiden yhdistäminen kertoo sairauden etenemisestä nopeammin, kuin jos vain toista hyödynnetään. Vertaamalla hoidon jälkeisiä kuvia hoitoa edeltäviin, voidaan todeta, onko hoito tehonnut. Tämän lisäksi laitteisto kokoaa tuloksista analyysin taudin etenemisnopeudesta. Ammattilaisten ei tulisi kuitenkaan luottaa liikaa näihin analyysihin. Vuoden 2022 tutkimus osoitti, että kaksi laadukasta OCT-kuvaa vuodessa on kohtuullinen ja riittävä määrä nopeasti etenevien potilaiden tunnistamiseksi. (Rixon & Kirk 2023: 40.)

Glaukooma on poissulkudiagnoosi. Muiden optisten neuropatioiden joukossa se on aintu-laatuinen, sillä se aiheuttaa vauriota sekä sidekudokselle että hermokudokselle, kun muut neuropatit vaurioittavat vaan hermokudosta. Tämän vuoksi tulisi tunnistaa sellaiset kudonvauriot, jotka saattavat muistuttaa glaukoomaa. Esimerkiksi NAION:ille eli non-arteriellille anterioriselle optikusneuropatialle ja glaukoomalle on tyypillistä hermosäiekerroksen ohentuminen, mutta nämä sairaudet ovat erotettavissa toisistaan OCT-kuvantamisella; NAION-potilailla ei ole BMO-MRW-ohentumaa tai seulalevyn ohentumista, kuten glaukoomassa. Väestöpohjaisen Pekingin silmätutkimuksen mukaan diabeettinen retinopatia saattaa aiheuttaa paikallisia vaurioita hermosäiekerroksessa. Vaurion kulman leveys auttaa erottamaan nämä kaksi sairautta toisistaan, sillä mitä leveämpi kulma, sitä todennäköisemmin kyse on glaukoomasta. Korkea likinäköisyys altistaa avokulmaglaukoomalle ja siksi likinäköisiä hermoja tulisi arvioida harkiten. Asiaa vaikeuttaa se, että markkinoilla olevien OCT-laitteiden viitetietopankit eivät sisällä silmän pituuteen liittyvää tietoa, eli mitä pidempi silmän aksiaalinen pituus, sitä ohuempi hermosäiekerros ja pienempi näköhermon pää. Tästä syystä monet normaalit silmät luokitellaan laitteisten mukaan epänormaaleiksi, vaikka ne olisivat terveitä. (Rixon & Kirk 2023: 42.)

Ennen OCT-kuvia tarkasteltiin yksitellen, mutta nykyään ymmärretään, että alkuperäisen seulontaprosessin tulosten maksimoimiseksi on suositeltavaa kuvantaa kaikki

glaukoomasta kärsivät kudokset ja tarkastella tuloksia yhdessä. Tulee muistaa, että artefaktit voivat aiheuttaa glaukoomaa muistuttavia muutoksia, jonka vuoksi on hyödyllistä kuvantaa kaikki kudokset, joihin glaukooma vaikuttaa. Artikkelissa painotetaan, että on tärkeää muistaa käyttää OCT:ta vain osana glaukooman diagnosointia yhdessä muiden diagnostisten työkalujen kanssa. Tämän lisäksi OCT-laitteet vaativat laadukasta dataa tuottaakseen luotettavaa tietoa. (Rixon & Kirk 2023: 38, 43.)

“Clinical Utility of Optical Coherence Tomography in Glaucoma” on Zachary Dongin, Gadi Wollsteinin ja Joel Schumanin Investigative Ophthalmology & Visual Science lehdessä julkaistu katsausartikkeli vuodelta 2016. Kaikki Investigative Ophthalmology & Visual Science lehden artikkelit läpikäyvät ennakkotarkistusprosessin ennen artikkelin julkaisua. Dong ym. tarkastelevat OCT:n kliinistä hyötyä glaukooman diagnosoimisessa ja seurannassa sekä OCT-tekniikan historiaa ja kehitystä, jonka tarkoitus on edistää glaukoomatutkimuksen helpottamista. Artikkelissa käsitellään Time-Domain, Spectral Domain sekä Swept-Source OCT-laitteita ja niiden eroja glaukooman tunnistamisessa, kuitenkin keskittyen TD- ja SD-OCT-laitteisiin. Artikkelin kokoaa tietoa aiheesta useaa eri tutkimusta hyödyntäen. (Dong & Wollstein & Schuman 2016: 556–557.)

Hermosäiekerroksen paksuus on aiemmin ollut OCT:n tarkastelluina parametri glaukooman yhteydessä, mutta uusien parametrien lisääminen kehitti OCT:n kliinistä käyttökelpoisuutta. Useiden eri parametrien käyttäminen on osoittautunut hyödylliseksi niin glaukooman hoidossa, diagnosoinnissa kuin glaukoomaepäilyjen riskiarvioinnissa, sillä jotkin rakenteelliset muutokset saattavat näkyä yhdessä parametrissa mutta ei toisessa. Nykyisillä Spectral Domain sekä Swept-Source OCT-laitteilla saadaan kuvannettua hermosäiekerrosta luotettavasti ja glaukooman vakavuusaste määrittäen. Näköhermon päätä ympäröivän hermosäiekerroksen paksuutta sekä hermosäiekerroksen alemman sektorin paksuutta pidetään parhaimpina diagnostisen tarkkuuden omaavina parametreina. Tämä täsmää aiempien tutkimuksien kanssa, jotka ovat osoittaneet glaukooman aiheuttavan muutoksia näköhermon pään ylä- ja alaosiin. Viimeisin näyttö osoittaa, että hermosäiekerroksen paksuusparametrit voivat osoittaa glaukomatoottisia muutoksia jo ennen näkökenttäpuutoksien esiintymistä; 95 % tarkkuudella, 35 % silmistä esiintyi epänormaaleja paksuusarvoja 4 vuotta ennen havaittavissa olevia näkökenttäpuutoksia ja 19 % esiintyi epänormaaleja paksuusarvoja 8 vuotta ennen havaittavissa olevia näkökenttäpuutoksia. (Dong ym. 2016: 557–559.)

On tärkeää arvioida myös makulan aluetta, sillä glaukooma aiheuttaa muutoksia makulan paksuuteen jo taudin alkuvaiheessa. Keskeisen näön säilyminen pitkään glaukooman edetessä voi kuitenkin viitata siihen, ettei makulan arviointi ole hyödyllistä glau-

kooman tunnistamisessa. Makulan kuvantamisen merkitys on kuitenkin kasvussa glaukooman hoidon kannalta. Pelkkiin makulan mittauksiin ei tulisi luottaa, sillä kuten glaukooma, myös muut makulasairaudet ovat yleisempiä ikääntyneessä väestössä. Makulasairaudet voivat vaikuttaa makulan paksuuden mittauksiin, eikä niitä voi silloin käyttää glaukooman arviointiin. Makulan rakenteelliset muutokset voivat edeltää näkökenttäpuutoksia, sillä jopa 50 % koko verkkokalvon gangliosoluista sijaitsevat makulalla. Gangliosolukerroksen eristäminen muista kerroksista sitä kuvantaessa on haastavaa kerroksen alhaisen heijastuvuuden vuoksi, mutta laitteiden kehitys on helpottanut gangliosolujen arviointia. Gangliosolukompleksia arvioimalla voidaan erottaa toisistaan varhainen, keskivaikea ja pitkälle edennyt glaukooma. OCT-tekniikan kehitys on sallinut näköhermon pään tarkemman kuvantamisen, mutta kuvien kliininen arvo on edelleen kiistanalainen aihe. Tutkimukset ovat osoittaneet näköhermon pään OCT-kuvantamisen olevan oiva keino erottaa terveet silmät glaukoomaepäilyistä tai varhaisista glaukoomasilmistä. Toiset tutkimukset taas pitävät näköhermon pään OCT-kuvien tulkintaa heikompana tapana arvioida glaukoomaa näköhermon päätä ympäröivän alueen arviointiin verrattuna. Osasyynä tutkimuksien eriäviin tuloksiin pidetään tutkimusasetelmien eroavaisuuksia sekä eri OCT-laitteiden käyttöä. Tästä syystä sekä näköhermon pään että sitä ympäröivän alueen kuvantamista pidetään todennäköisesti parhaana lähestymistapana glaukooman tunnistamisessa. Bruchin kalvon aukon kapeimman reunan leveys (Bruch's membrane opening minimal rim width) eli BMO-MRW on suhteellisen uusi anatominen parametri, joka kuvailee pienintä etäisyyttä Bruchin kalvon aukon ja sisemmän rajakalvon välillä. BMO-MRW liittyy vahvasti glaukooman toiminnallisiin muutoksiin näkökenttätutkimuksissa. (Dong ym. 2016: 559–560.)

Time-Domain ja Spectral Domain OCT-laitteet ovat alttiita kuvantamisvirheille, kuten kuvan kohinalle, kohdistusvirheille sekä sarveiskalvon ja mykiön samentumille. Silmänliikkeet, kuten mikrosakkadit, voivat laskea kuvan laatua ja aiheuttaa liikkeen aiheuttamia kuvantamisvirheitä. Tästä syystä kuvan onnistumiseen tarvitaan oppinut kuvaaja. Laitte-eroista huolimatta niiden kyky tunnistaa glaukooma ei juuri poikkea toisistaan. (Dong ym. 2016: 556–557.) Kuten Arya ja Waheed totesivat, myös OCT-A tuottaa tiettyjä kuvantamisvirheitä (Arya & Waheed 2019: 13).

Swept-Source OCT:lla on mahdollista kuvantaa silmän syvempiä rakenteita, kuten suonikalvoa ja seulalevyä (lamina cribrosa). Näiden lisäksi myös etukammion (anterior chamber) rakenteiden kuvantaminen on helpottunut, mahdollistaen etukammion mittauksen. Uusien kuvantamisohjelmien ansiosta sulkukulmaglaukooman tunnistaminen etukammion OCT-kuvantamisella on osoittautunut herkemäksi kuin goniolinssin käyttäminen. Dong ym. mukaan etuos-OCT:n hyödyntäminen glaukooman tunnistamisessa ja seurannassa tulee todennäköisesti olemaan tärkeässä roolissa. Tämän lisäksi

myös OCT-A:n ja glaukooman välistä yhteyttä on tutkittu. Näköhermon pään ja sen ympärillä olevan verkkokalvon verenvirtaus ja sen määrä on vähentynyt glaukoomapotilailla, mutta on edelleen epäselvää, onko se glaukooman etenemisen syy vai seuraus. (Dong ym. 2016: 557.)

Varhaisten glaukomatoottisten rakenteellisten muutosten, kuten näköhermon pään ja sisempien verkkokalvon kerrosten rakennemuutoksien tunnistaminen on olennaista varhaisen diagnoosin, hoidon ja näönmenetyksen ehkäisemisen kannalta. On tärkeää hyödyntää useita OCT-parametreja niin makulalta, näköhermon päästä kuin hermosäiekerroksesta glaukooman tunnistamiseksi ja taudin seurantaan. Glaukooman seurannassa tulisi käyttää aina samaa OCT-laitetta johtuen näköhermon päätä ympäröivän hermosäiekerroksen paksuuden laskelmien vaihtelusta. Kliinisiä päätöksiä ei pitäisi tehdä pelkästään OCT-kuvien pohjalta. (Dong ym. 2016: 557, 560, 562.)

Kuvantamisohjelmat, jotka nousivat esiin kaikissa kuudessa artikkelissa, olivat näköhermon päätä ympäröivän hermosäiekerroksen sekä makulan kuvantaminen. Kolme artikkelia mainitsee hermosäiekerroksesta tarkemmin ottaen sen supero- ja inferotemporaalisen paksuuden mittaamisen. Koska hermosäikeitä on vähemmän kerroksen alaosassa, on inferotemporaalinen hermosäiekerros erityisen altis glaukoomavaurioille. Superotemporaalisessa hermosäiekerroksessa säikeitä on tiheämmin, jonka vuoksi niiden vauriot aiheuttavat laaja-alaisemman näkökenttävaurion. (Rixon & Kirk 2023: 37; Groves 2019a: 33; Dong ym. 2016: 557.) Hermosäiekerroksen kuvantamista suositetaan erityisesti niissä tapauksissa, joissa glaukooma ei ole vielä pitkälle edennyt, sillä kun hermosäiekerroksen paksuus on 50–60 mikrometriä, se ei välttämättä enää ohene, vaikka sairaus jatkaa etenemistä (Groves 2019b: 29, 34). Rixon ja Kirk mainitsevat hermosäiekerroksen paksuuden kuvantamisen olevan hyvä parametri glaukooman etenemisen seurantaan (Rixon & Kirk 2023: 37). Hermosäiekerroksen kuvantamisen avulla voidaan määrittää glaukooman vakavuusaste. Sen kuvantaminen on hyödyllistä erityisesti taudin alkuvaiheessa tai ennen diagnoosia, sillä hermosäiekerroksen vauriot voivat edeltää näkökenttäpuutoksia. (Dong ym. 2016: 557–559.) Reimold ja Wroten suosivat hermosäiekuvantamista myös silloin, kun asiakkaalla on tiedossa jokin makulasairaus. Varhaisen glaukooman aiheuttamat rakenteelliset muutokset saattavat kuitenkin jäädä huomaamatta pelkästään hermosäiekerrosta kuvantamalla, sillä kerroksessa sijaitsee ainoastaan gangliosolujen aksonit. (Reimold & Wroten 2021: 57.)

Makulan OCT-kuvantamisesta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä gangliosolukompleksin, tai osan siitä, kuvantamista. Neljä artikkelia mainitsi makulan kuvantamisen olevan hyödyllistä silloin, kun asiakkaalla on korkea myopia (Groves 2019a: 33; Groves 2019b: 34; Reimold & Wroten 2021: 58; Rixon & Kirk 2023: 42–43). Silmän aksiaalisen

pitäen kasvu venyttää verkkokalvon kerroksia aiheuttaen niiden epämuodostumisen. Aksiaalisen pituuden kasvu ei vaikuta gangliosolukompleksin diagnostiseen tarkkuuteen. (Reimold & Wroten 2021: 58.) Kaksi artikkelia mainitsee makulakuvantamisen eduksi sen, että gangliosolut vaurioituvat jo taudin alkuvaiheessa (Rixon & Kirk 2023: 38; Dong ym. 2016: 559). Makulaa kuvantamalla on mahdollista tunnistaa glaukooma jo sen varhaisessa vaiheessa. Kaksi artikkelia suosii makulan ja erityisesti gangliosolujen kuvantamista edenneissä glaukoomissa (Groves 2019a: 33; Groves 2019b: 29). Dong ym. tarjoaa näkökulman, ettei makulan arvioiminen olekaan välttämättä hyödyllistä glaukooman tunnistamisessa. Tätä perustellaan sillä, että glaukoomassa keskeinen näkö säilyy pitkään sairauden edetessä. (Dong ym. 2016: 559.) Makulaa kuvantamalla tulee huomioida asiakkaan mahdolliset muut makulaan vaikuttavat silmäsairaudet, sillä ne voivat virheellisesti ohentaa tai paksuntaa sitä (Reimold & Wroten 2021: 58).

Kolme artikkelia mainitsi BMO-MRW:n hyödyllisenä parametrina glaukooman yhteydessä (Groves 2019b: 29; Rixon & Kirk 2023: 38; Dong ym. 2016: 560). BMO-MRW:n kuvantaminen luo hyvin tarkan mitan näköhermon pään neuroretinaalisesta reunasta. Se voi tuottaa tarkan vastaavuussuhteen rakenteellisen ja toiminnallisen vaurion välillä erityisesti normaalipaineglaukoomassa ja niillä asiakkailta, joilla on näköhermon pään levyn verenvuotoja. Tämä rakenne on hyvin tosinnettavissa oleva sairauden vaiheesta riippumatta. Edenneen glaukooman seurannassa se on osoittautunut toimivan hieman heikommin, sillä BMO:n sijainti saattaa muuttua ajan saatossa. (Rixon & Kirk 2023: 38, 40.)

Kolme artikkelia painotti sitä, ettei OCT-kuvantamista tulisi käyttää ainoana diagnostisena välineenä, vaan sen tulisi olla täydentävä osa glaukooman arviointia (Groves 2019b: 34; Rixon & Kirk 2023: 38; Dong ym. 2016: 562). Kolmessa artikkelissa pyydettiin kiinnittämään huomiota otetun OCT-kuvan laatuun, jotta sitä voitaisiin luotettavasti arvioida (Groves 2019a: 33; Reimold & Wroten 2021: 60; Rixon & Kirk 2023: 43). Neljässä artikkelissa kuvailtiin OCT-kuvantamisessa mahdollisesti syntyviä artefakteja (Groves 2019a: 33; Reimold & Wroten 2021: 60–61; Rixon & Kirk 2023: 39; Dong ym. 2016: 557). Kuvantamisvirheet voivat esiintyä glaukoomamuutoksien kaltaisina tai päinvastoin aiheuttaa virheellisesti glaukoomaan viittaamattomia tuloksia. Artefaktien syyt voidaan luokitella potilaasta, operaattorista ja laitteesta riippuvaisiksi. (Rixon & Kirk 2023: 38–39.) Artefaktit voivat esiintyä kuvan kohinana ja kohdistusvirheinä. Ne voivat olla seurausta silmänliikkeistä, kuten mikrosakkadeista tai mykiön ja sarveiskalvon samentumista. Artefaktien minimoimiseksi tarvitaan oppinut OCT-laitteen käyttäjä. (Dong ym. 2016: 556–557.) Kaikki paitsi yksi artikkeli suositteli käyttämään useampaa kuvan-

tamisohjelmaa glaukooman tunnistamisessa ja seurannassa (Groves 2019a: 33; Reimold & Wroten 2021: 58; Groves 2019b: 34; Rixon & Kirk 2023: 38; Dong ym. 2016: 557).

Lisänostona yhdessä artikkelissa mainittiin lasiaisen mahdollinen vaikutus OCT-kuvien tulkintaan. Epiretinaalinen kalvo voi tehdä heijastavan nauhan sisempää rajakalvoa pitkin, joka saa hermosäiekerroksen näyttämään paksummalta kuin mitä se todellisuudessa on. Lasiaisveto voi vetää mukanaan myös hermosäiekerrosta, joka paksuntaa sitä. Tämä voi luoda valheellisen käsityksen siitä, ettei glaukooma ole edennyt, koska hermosäiekerros vaikuttaa normaalilta. Lasiaisvedon rauhoittuessa hermosäiekerros ohentuu, joka taas voi vaikuttaa glaukooman etenemiseltä. Tarkistamalla täsmääkö hermosäiekerroksen muutos makulan muutoksiin, voidaan varmistaa johtuvatko ne kuvantamisvirheistä vai todellisista glaukooman aiheuttamista muutoksista. (Groves 2019a: 33.) OCT-laitteiden kehitys on mahdollistanut myös silmän etuosan tarkan kuvantamisen. Uusien kuvantamisohjelmien ansiosta etuosan OCT-kuvantamisella voi olla mahdollista tunnistaa sulkukulmaglaukooma jopa goniolinssiä paremmin. (Dong ym. 2016: 557.)

7 Pohdinta

Opinnäytetyömme tavoitteena oli selvittää, mitä on OCT-kuvantaminen ja miten sitä voidaan hyödyntää, kun asiakkaalla on glaukoomaepäily tai –diagnoosi ja tehdä saaduista tuloksista suomenkielinen kooste. Selvitimme mikä kuvantamisohjelma tulisi valita ja miten OCT-kuvantamista voidaan hyödyntää glaukooman tunnistamisessa ja seurannassa. Tässä pohdinnassa käymme läpi työmme keskeisiä löydöksiä sekä pohdimme miten ne vastaavat tutkimuskysymyksiimme. Sen lisäksi tarkastelemme työn luotettavuutta ja etiikkaa, arvioimme opinnäytetyön prosessia ja esitämme mahdollisia jatkotutkimusehdotuksia.

Aineiston analyysin pohjalta käy ilmi, että kuvantamisohjelmat, joita tulisi hyödyntää glaukooman tunnistamisessa ja seurannassa ovat hermosäiekerroksen ja makulan kuvantaminen. Kaikki kuusi artikkelia nostivat nämä hyödyllisiksi mittauksiksi. Työn teoriaosuudessa tuli ilmi, että hermosäiekerroksen oheneminen ja gangliosolujen aksonien puutos voivat olla merkkejä glaukoomasta. Totesimme glaukooman tekevän muutoksia verkkokalvolla myös makulan sisempiin kerroksiin ja näköhermon päähän. (Vazquez & Huang 2016: 47.) Samat asiat ja perustelut nousevat ilmi sekä teoriaosuudessa että aineiston analyysissä, joten voimme pitää saamaamme tulosta loogisena ja luotettavana.

Tiesimme glaukooman tekevän muutoksia myös makulan alueelle, mutta siitä huolimatta mielestämme oli hiukan yllättävää, miten paljon makulan kuvantamista korostettiin ja miten tärkeää se on. Tämä johtunee siitä, että glaukoomasta puhutaan yleensä näköhermon päätä vaurioittavana sairautena, jonka vuoksi ennako-oletuksemme oli, että aineistoissa korostettaisiin erityisesti näköhermon pään ja hermosäiekerroksen kuvantamisen tärkeyttä.

Aineistossa puhuttiin paljon OCT-kuvantamisen kehityksestä ja sen kasvavasta hyödyistä glaukooman tunnistamisessa ja seurannassa. Teoriaosuudessa kuvasimme glaukooman tyypillisesti aiheuttavan vaurioita muun muassa näköhermon päähän ja sen tutkimisen olevan tärkeä osa glaukooman arviointia (Glaukooma. Käypä hoito -suositus 2023). Tästä syystä näköhermon pään OCT-kuvantamisen olisi voinut olettaa olevan yksi aineistosta nouseva kuvantamismenetelmä. Se mainittiinkin usein, mutta aineistosta nousi esiin myös näköhermon pään OCT-kuvantamisen kliinisen arvon kiistanalaisuus. Osa tutkimuksista piti näköhermon pään kuvantamista mainiona keinona erottaa terveet silmät varhaisesta glaukoomasta, kun taas osa tutkimuksista piti tätä heikkona menetelmänä. Nämä tutkimukset suosivat näköhermon päätä ympäröivän alueen arviointia hyödyllisenä menetelmänä. (Dong ym. 2016: 560.) Jo teoriaosuudessa OCT:n käytöstä näköhermon pään C/D-suhteen arvioinnissa nousi eriäviä mielipiteitä. Sitä on kritisoitu muun muassa siitä, ettei OCT:n näkymä vastaa mikroskoopin näkymää. (Fanelli 2022: 88.) Koska näköhermon pään OCT-kuvantamisesta tuli esiin eriäviä kantoja niin teoriaosuudessa kuin aineiston analyysissä, voidaan olettaa, että tulisi sitä kuvantamismenetelmänä käyttää harkiten. Emme odottaneet, että näköhermon pään kuvantamista pidettäisiin kiistanalaisena. Oletimme, että sen kuvantaminen olisi aina tärkeä osa glaukoomatutkimuksia. Tämä oli hyvä muistutus siitä, että aiheeseen on tärkeää tutustua kattavasti ennen kuin sitä alkaa hyödyntämään asiakastyössä.

Kolmessa aineistoon valitussa artikkelissa kerrottiin suhteellisen uudesta näköhermon päätä kuvantavasta parametrilla. Kyseessä on BMO-MRW eli Bruch's Membrane Opening-Minimal Rim Width. Se mittaa lyhimmän etäisyyden sisemmän rajakalvon ja Bruchin kalvon aukon välillä, mutta eroaa näköhermon pään OCT-kuvantamisesta siten, ettei se pohjaa tuloksiaan viitetasoon, vaan Bruchin kalvon aukon anatomiseen sijaintiin. (Groves 2019b: 29.) Sitä, etteivät BMO-MRW:n tulokset pohjautu viitetasoon, voidaan pitää luotettavampana mittaustuloksena. Oli mielenkiintoista lukea BMO-MRW:stä, sillä kyseessä on uudehko parametri, joka oli meille entuudestaan vieras. Se tuli meille ensimmäisen kerran vastaan työtä tehdessämme. Mielenkiinnolla jäämme seuraamaan miten sitä jatkossa tullaan hyödyntämään ja vakiinnuttaako se paikkansa glaukooman diagnostiikassa ja hoidon seurannassa.

Ensimmäinen tutkimuskysymyksemme oli, että mikä kuvantamisohjelma tulee valita, kun asiakkaalla on glaukoomaepäily tai –diagnoosi. Vastaukseksi kysymykseen saimme, että kuvantaa tulisi ainakin makula ja hermosäiekerros. On myös muita parametreja, joista on hyötyä ja näitä tulee käyttää harkinnan mukaan. Toinen tutkimuskysymyksemme oli, että miten OCT-kuvantamista voidaan hyödyntää glaukooman tunnistamisessa ja seurannassa. Vastaukseksi tähän kysymykseen ilmeni, että OCT:ta voidaan käyttää glaukooman tunnistamiseen ja taudin seurantaan ja parhaiten siitä on hyötyä, kun kuvannetaan useampia silmän eri alueita ja vertaillaan niiden tuottamaa tietoa. Kuvantamiset olisi hyvä tehdä tulosten luotettavuuden ja vertailtavuuden vuoksi aina samalla laitteella, sillä laitteissa ja niiden viitetietokannoissa on eroja. Glaukooman arviointia ei tulisi koskaan perustaa pelkän OCT:n varaan, sillä OCT-kuvantaminen on yksi diagnostinen väline muiden joukossa.

Työtä tehdessä meille heräsi ajatuksia OCT:n tulevaisuutta ajatellen muun muassa siltä kannalta, että voitaisiinko tekoälyä alkaa hyödyntämään vielä enemmän kuvien tulokinnassa. Mietimme myös voisiko etuosa-OCT:ta käyttää enemmän kammiokulman arvioinnissa. On kiinnostavaa nähdä, tullaanko OCT:ta hyödyntämään enemmän myös yleisseulovana menetelmänä, sillä sen avulla saattaisi saada tietoa esimerkiksi korkeasta verenpaineesta tai mahdollisesta diabeteksestä.

7.1 Luotettavuus ja eettisyys

Työssä noudatettiin Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeistuksen mukaista Hyvää tieteellistä käytäntöä (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023). Työn luotettavuutta lisää tutkimuskysymysten selkeä määrittely. Tutkimuskysymykset ovat määriteltä opinnäytetyön menetelmästä kertovassa osiossa. Olemme kertoneet mitkä tutkimuskysymyksemme ovat ja miten ne valikoituivat. Luotettavuutta olisimme voineet lisätä rajamalla sisäänottokriteereitä etsimään aineistoa esimerkiksi vain yhdestä OCT-laitteesta tai OCT-laitteiden käytöstä jossain tietyssä glaukoomatyypissä, jolloin tulokset olisivat olleet mahdollisesti paremmin verrannollisia keskenään. Kriteerinämme oli, että aineiston tulee liittyä OCT-kuvantamiseen ja glaukoomaan, mikä johtui valitusta menetelmästä, sekä työn tavoitteesta ja tarkoituksesta. Emme rajanneet aihetta niin suppeaksi, sillä aikomuksemme oli luoda yleiskuva siitä, mitä eri OCT-ohjelmia voidaan käyttää glaukooman yhteydessä ja missä tilanteissa mitäkin niistä käytetään. Halusimme että opinnäytetyötämme voi hyödyntää apuna mitä tahansa laitetta käytettäessä ja mitä tahansa glaukoomatyyppejä tutkittaessa. Aineiston hakua tehdessä huomasimme, että monet tutkimukset ovat hyvin spesifejä eli niissä tutkitaan vain jonkun tietyn laitteen toimintaa tai sitä, miten OCT:ta hyödynnetään esimerkiksi primaarissa avokulmaglaukoo-

massa. Mikäli olisimme rajanneet aiheen koskemaan vain yhtä laitetta, olisimme voineet paneutua tarkemmin ohjelmien tarkkoihin sisältöihin ja niiden luomiin analyysihin. Scoping-katsauksessa tarkoituksena on kuitenkin kartoittaa laajasti aiheen kirjoja eikä syventyä tarkasti johonkin ilmiöön, jonka vuoksi emme rajanneet aihetta niin spesifiksi. Aineiston haku tehtiin aluksi kahdessa eri tietokannassa: CINAHLissa ja PubMedissä, jotka valittiin sen perusteella, että ne ovat terveysalojen tietokantoja. Koska näistä kahdesta ei löytynyt tarpeeksi tutkimuskysymyksiimme vastaavia aineistoja, päädyimme käyttämään vielä kolmatta tietokantaa: World Wide Webiä. World Wide Webiä käytettiin, sillä se tarjoaa monipuolisen ja laajan valikoiman erilaisia aineistoja. Otimme huomioon sen, että World Wide Webiä käyttäessä täytyy olla erityisen huolellinen aineistojen laadun ja luotettavuuden arvioinnissa, sillä sieltä löytyy valtavasti erilaisia aineistoja, jotka eivät ole välttämättä luotettavia tai laadukkaita.

Aineistomme koostuu katsaus- ja konferenssiartikkeleista, sillä niiden sisältö vastasi parhaiten tutkimuskysymyksiimme. Tutkimusartikkeleita ei otettu mukaan, sillä ne eivät vastanneet tutkimuskysymyksiimme ollenkaan tai vastasivat niihin vain hyvin pieneltä osin. Luotettavuuden parantamiseksi valitsimme käyttämämme aineistot tarkasti ja käytimme vain ammattilaisille suunnattuja tieteellisiä artikkeleita, vaikka menetelmämme ja aiheemme kannalta olisi voinut olla perusteltua käyttää myös kuluttajille suunnattuja aineistoja. Varmistimme, että käyttämämme artikkelit ovat luotettavuudeltaan hyviä tarkistamalla esimerkiksi niissä käytetyt lähteet ja tarkastelemalla niitä kriittisesti. Luotettavuutta parantaa myös se, että opinnäytetyön tulokset ja johtopäätökset ovat toistettavissa ja jäljitettävissä. Tutkimuksen rakenne on kuvattu tarkasti taulukoimalla käytetyt hakusanat ja –lausekkeet, tietokannat ja saatujen tulosten määrä. Olemme myös sanallisesti kuvanneet, miten tiedonhaku tehtiin ja miten käyttämämme tietokannat valittiin ja miksi. Luotettavuutta parantaa katsauksen metodologian, tulosten ja johtopäätösten selkeä analyysi ja esittäminen. Luotettavuutta lisää se, että opinnäytetytyö on tehty objektiivisesti ja puolueettomasti eli tutkimustuloksiin ei vaikuttanut henkilökohtaiset mielipiteet tai ennakkokäsitykset. Ajatuksenamme oli ensin käyttää opinnäytetyösämme yhteistyökumppania, kuten jotakin OCT-laitevalmistajaa, mutta ajatuksesta luovuttiin, sillä se olisi saattanut heikentää luotettavuutta mahdollisen eturistiriidan tai puolueellisuuden vuoksi. Koska kyseessä olisi ollut yritys tai organisaatio, joka hyötyy taloudellisesti tiettyjen tuotteiden ja palveluiden markkinoinnista, olisi se voinut vaikuttaa siihen, miten tiettyjä tuloksia tulkitaan tai esitetään sekä myös siihen, että katsauksesta olisi jälleen tullut turhan suppea. Mikäli yhteistyökumppanin ottamiseen olisi päädytty, olisi eturistiriidat tunnistettu ja käsitelty asianmukaisesti, jotta luotettavuus ja uskottavuus olisi mahdollisimman hyvä. Plagioiminen on eettisesti väärin, jonka vuoksi kaikki käytetyt lähteet on merkitty asianmukaisesti.

7.2 Opinnäytetyön prosessin arviointi

Työn tekeminen aloitettiin keväällä 2023 ja tarkoituksena oli saada aihe rajattua kesään mennessä. Syksyllä 2023 tarkoituksena oli keskittyä teoreettisen viitekehyksen kirjoittamiseen sekä aineiston hakuun. Keväällä 2024 tarkoituksena oli tehdä analyysi ja viimeistellä työ lopulliseen muotoonsa. Meillä kesti pitkään, että saimme aiheen rajattua sopivaksi, jonka vuoksi suurin työ määrä kasaantui keväälle 2024. Meillä ei ole aiempaa kokemusta tällaisen työn tekemisestä, jonka vuoksi opettelimme paljon uutta ja se vei aikaa. Teknisiltä ongelmilta vältyimme kokonaan, mutta alussa haasteeksi meinasi muodostua se, ettei oikeita OCT-kuvia saa käyttää työssä, koska ne ovat biometristä tunnistetietoa. Alun perin ajatuksena oli tehdä työ niin, että siinä esitellään yleisimpiä löydöksiä OCT-kuvista ja niitä olisi havainnollistettu oikeilla kuvilla. Vaikka näin ei voitu tehdä, emme luopuneet ajatuksesta tehdä työ liittyen OCT-kuvantamiseen, vaan keksimme työlle erilaisen näkökulman. Mietimme mikä olisi sellainen aihe, josta pystyy kertomaan kattavasti ja ymmärrettävästi myös ilman kuvia tai enintään muutaman kuvan avulla. Tutustuimme OCT:n yleisimpiin käyttötarkoituksiin ja esiin nousi, että sitä käytetään apuna erityisesti erilaisien silmäsairauksien diagnosoinnissa sekä hoidon seurannassa. Täten päädyimme rajaamaan aiheemme OCT:n käyttöön jonkin yleisen silmäsairauden yhteydessä. Yleinen silmäsairaus valittiin sen vuoksi, että halusimme opinnäytetyöstämme olevan mahdollisimman paljon hyötyä mahdollisimman monille optisen alan toimijoille. Tämä toteutuu todennäköisemmin silloin, kun aiheemme käsittelee jotakin yleistä ilmiötä harvinaisen sijaan. Vaihtoehtoina meillä oli glaukooma sekä silmänpohjan kuiva tai kostea ikärappeuma, sillä nämä ovat yksiä yleisimpiä silmäsairauksia ja niiden diagnostiikassa, sekä hoidon seurannassa voidaan hyödyntää OCT:ta. Päädyimme valitsemaan glaukooman, koska se on yleinen silmäsairaus, jota monet sairastavat tietämättään, joten siihen on todennäköistä törmätä usein työelämässä. Mielestämme optometristien on tärkeä tietää miten OCT:ta voidaan hyödyntää glaukoomatapauksissa, mitkä merkit OCT-kuvissa viittaavat glaukoomaan sekä mitä kuvantamisia olisi hyvä tehdä, mikäli herää epäily siitä, että asiakkaalla saattaa olla glaukooma. Glaukooma on vaikea sairaus diagnosoida ja huomata erityisesti sen varhaisessa vaiheessa, jonka vuoksi on tärkeää, että optometristeillä on riittävästi tietoa ja taitoa osata huomata mahdolliset glaukoomamuutokset, jotta taudin seuranta ja hoito voidaan aloittaa ajoissa ja täten hillitä sairauden aiheuttamia haittoja. Opinnäytetyöhön valittu aihe on ajankohtainen, sillä OCT-kuvantaminen yleistyy jatkuvasti niin maailmalla kuin Suomessa. Suomessa osa optikkoliikkeistä tarjoaa nykyään kaikille näöntutkimusasiakkaille mahdollisuutta maksulliseen OCT-kuvantamiseen osana kokonaisvaltaista näöntutkimusta. Optometristi tulkitsee kuvat ja ohjaa lääkäriin, mikäli kuvissa il-

menee jotakin poikkeavaa. Optometristit eivät saa diagnosoida, mutta heidän tulee tietää, millainen on normaali OCT-kuva ja milloin kuvassa on jotain poikkeavaa. Poikkeavien löydösten kohdalla optometristin ei tarvitse osata nimetä löydöksiä, mutta hänen olisi hyvä osata arvioida sen kiireellisyysaste. Optometristi voi osaltaan sujuvoittaa silmälääkärin työtä tutkimalla asiakkaan mahdollisimman kattavasti. Tämä tarkoittaa sitä, että optometristin tulee tietää, miten esimerkiksi glaukooma ilmenee ja mihin silmän osiin sairaus vaikuttaa, jotta hän osaa tehdä tarvittavat kuvantamiset ja tutkimukset sekä kirjata saadut tulokset selkeästi. Tämä säästää sekä silmälääkärin että asiakkaan aikaa ja nopeuttaa mahdollisen diagnoosin tekoa ja hoidon aloittamista. Opinnäytetyön aihe on myös ammattietiikan kannalta merkittävä ja perusteltavissa. Optometrian Eettisen Neuvoston laatimat optikon ammatin harjoittamisen eettiset ohjeet osoittavat, että optometristin tulisi terveydenhuollon ammattilaisena toimia aina asiakkaan parhaan edun mukaisesti, noudattaa korkeimpia eettisiä standardeja toiminnassaan, ottaa vastuu omasta toiminnastaan ja päätöksistään, pyrkiä jatkuvasti parantamaan käytäntöjään asiakkaiden parhaaksi, jotta turvataan asiakkaiden terveys, hyvinvointi ja turvallisuus, aktiivisesti seurata toimialan kehitystä, huolehtia tarvittavasta lisä- ja jatkokoulutuksesta ja edistää väestön hyvää näkemistä sekä ennaltaehkäisevästi huolehtia silmien terveydentilasta (Optometrian Eettinen Neuvosto 2014: 4). Työn menetelmäksi valitsimme scoping-kirjallisuuskatsauksen. Tavoitteenamme oli luoda kooste olemassa olevan kirjallisuuden pohjalta aiheesta, jota ei ole vielä kattavasti tarkasteltu, jonka vuoksi scoping-katsaus oli kirjallisuuskatsauksen lajeista meidän työhömme sopivin. Scoping-katsausta käyttämällä pystyimme kattavimmin hyödyntämään saatavilla olevaa aineistoa.

Kun olimme rajannut aiheen ja pääsimme aloittamaan työn kirjoittamisen, huomasimme pian, että erityisesti aineiston haku ja analyysi tuotti päänvaivaa. Teimme harjoitushakuja ja saimme aina joko liian paljon tai liian vähän tuloksia. Valitsimme tarkemmin luettavaksi aineistoja otsikon ja abstraktin perusteella, mutta osoittautui, että ne eivät olleet työhömme sopivia. Tässä kohtaa tuntui hiukan epätoivoiselta, mutta emme lannistuneet, vaan jatkoimme harjoitushakujen tekemistä. Lopulta löysimme sopivat hakusanat, lausekkeet ja tietokannat, joiden avulla saimme kerättyä riittävästi aineistoa, joka vastaa tutkimuskysymyksiimme, sekä täyttää scoping-katsauksen laadulliset kriteerit. Aineistot löydettyämme seuraava vaihe oli niiden analysointi. Emme olleet täysin ymmärtäneet mitä analyysi pitää sisällään, mutta työmme ohjaava opettaja Kajsa Stenpiti meille ohjaustuokioita, joiden avulla analyysin tekeminen selkiytyi ja pääsimme työssämme eteenpäin. Analyysin teko jäi maaliskuuhun 2024 eli hyvin loppuvaiheeseen, jolloin meillä olisi alkuperäisen suunnitelman mukaan pitänyt olla enää työn viimeistelyä tehtävänä. Maaliskuu 2024 oli hyvin työn täyteinen, sillä olimme päättäneet saada opinnäytetyömme aikataulussa valmiiksi, mikä tarkoitti paljon työtä sen eteen.

Koemme kehittyneemme erityisesti tieteellisessä kirjoittamisessa. Kummallakaan ei ollut paljoa aiempaa kokemusta siitä, joten koko työn tekeminen oli sen opettelua. Luetelo oppimistamme asioista olisi lähes loputon, mutta opimme paljon esimerkiksi yhteiskirjoittamisesta, prosessinhallinnasta, tieteellisen tiedon hakemisesta, lähdeviittausten teosta, tekijänoikeuksien huomioinnista sekä oman osaamisen reflektoinnista. Optometrian ammattilaisina kehityimme siten, että syvensimme asiantuntemustamme. Tiedämme nyt huomattavasti enemmän OCT-kuvantamisesta ja siitä, miten sitä voidaan hyödyntää erityisesti glaukoomatapauksissa sekä miten glaukooma saattaa vaikuttaa silmän eri osiin. Myös monet työelämässä tarvittavat taidot, kuten ongelmanratkaisukyky, projektinhallinta, itsenäinen työskentely sekä kirjalliset viestintätaidot kehittyivät valtavasti tämän prosessin aikana. Opimme itsestämme sen, että emme opinnäytetyöprosessin alkaessa olleet kovin hyviä projektinhallinnassa, kuten aikatauluttamisessa taikka kyenneet itsenäiseen työskentelyyn välttämättä niin hyvin, kuin tällaisen työn tekeminen vaatii. Meidän tutkimus- ja analyttiset taitomme, kuten aineiston keruu, analysointi ja tulosten tulkinta vaativat kehittämistä. Koemme, että hallitsimme kirjalliset viestintätaidot eli selkeän ja ammattimaisen kirjallisen ilmaisun hyvin. Nekin tietysti kehittyivät entisestään ja kaikki nämä edellä luetellut taidot ovat kehittyneet työn tekemisen aikana todella paljon. Jos nyt aloittaisimme uuden opinnäytetyöprosessin, olisi työskentelymme huomattavasti johdonmukaisempaa ja tehokkaampaa. Työn tekeminen oli arvokas kokemus ammatilliselle kehityksellemme ja opimme paljon itsestämme. Aiomme varmasti hyödyntää opittuja taitoja niin työelämässä kuin arkielämässämmekin.

Mielestämme työmme onnistui hyvin sen tavoitteessa. Selvitimme, miten OCT-kuvantamista voidaan hyödyntää glaukoomatapauksissa sekä mikä kuvantamisohjelma tulisi milloinkin valita. Työmme tulokset vaikuttavat tulevaisuudessa toivottavasti mahdollisimman monen optisen alan ammattilaisen toimintatapoihin ja käytäntöihin siten, että opinnäytetyömme luettuaan he uskaltavat hyödyntää OCT-kuvantamista työssään ja ymmärtävät sen työlleen tuoman lisäarvon. Sen lisäksi he osaavat glaukoomaepäilyn sattua kohdalle valita oikeanlaisen kuvantamisohjelman ja ohjata asiakkaan tarvittaessa jatkotutkimuksiin, mikäli asiakkaan OCT-kuvissa ilmenee jotain mahdollisesti glaukoomaan viittaavaa. Toivomme, että tulevaisuudessa joku opiskelija saa inspiraation jatkojalostaa työtämme jatkotutkimusehdotuksiemme mukaisesti.

7.3 Jatkotutkimusehdotukset

Työtä tehdessämme jatkotutkimusehdotuksiksi nousi kirjallisuuskatsaus OCT-A valo-kerroskuvauksesta, sillä emme käsitelleet aihetta meidän työssämme kovin paljoa.

OCT-A:sta löytyy kattavasti tutkimustietoa englanniksi ja aihe on hyvin mielenkiintoinen, sillä todennäköisesti tulevaisuudessa menetelmän hyödyntäminen yleistyy. Muita jatkotutkimusehdotuksia ovat OCT:n hyödyntäminen skleraalisten linssien sovituksessa tai ylipäättään etuosa-OCT. Nämä olisivat hyviä jatkotutkimuksia samoista syistä kuin OCT-A eli sillä kyseessä on mielenkiintoinen aihe, jota tulevaisuudessa tullaan optometristienkin toimesta todennäköisesti enemmän hyödyntämään. Molemmista löytyy paljon tutkimustietoa englanniksi, mutta ei toistaiseksi vielä suomeksi juurikaan. Jatkokutkimusehdotukseksi nousi myös yleisimmät löydökset ja miten ne ilmenevät OCT-kuvissa. Siitä olisi varmasti hyötyä erityisesti optometristeille, jotka ottavat työssään OCT-kuvia ja tulkitsevat niitä. Työn avulla saataisiin lisättyä tietoa yleisimmistä löydöksistä sekä varmuutta OCT-kuvien tulkintaan. Tulee kuitenkin huomioida, että oikeita OCT-kuvia ei voida käyttää eli mikäli kuvia halutaan sisällyttää työhön, täytyy ne piirtää tai luoda tietokoneella.

Lähteet

Arksey, Hillary & O'Malley, Lisa 2005. Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology* 8 (1). 19–32. <<https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>> Viitattu 24.1.2024

Arya, Malvika & Waheed, Nadia K. 2019. *Optical Coherence Tomography Angiography*. Julkaisussa: *The Retina Illustrated*. Thieme Medical Publishers, Incorporated. 13. E-kirja. <<https://ebookcentral.proquest.com/lib/metropolia-ebooks/detail.action?docID=5979633>> Viitattu 24.2.2024

Aumann, Silke & Donner, Sabine & Fischer, Jörg & Müller, Frank 2019. *Optical Coherence Tomography (OCT): Principle and Technical Realization*. Julkaisussa Bille, Josef F. (toim.). *High Resolution Imaging in Microscopy and Ophthalmology*. Cham (CH): Springer. 59–86. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-16638-0_3> Viitattu 13.3.2024

Charters, Lynda 2019. Macular OCT: A must for treating glaucoma patients. *Ophthalmology Times* 44 (20). 19–20. <<https://www.opthalmologytimes.com/view/macular-oct-must-treating-glaucoma-patients>> Viitattu 23.3.2024

Chen, Youxin & Peng, Xianzhao 2023. *Atlas of Swept Source OCT and OCT Angiography*. Singapore: Springer. <<https://doi-org.ezpr oxy.metropolia.fi/10.1007/978-981-19-4391-1>> Viitattu 24.1.2024

Chhablani, Jay & Krishnan, Tandava & Sethi, Vaibhav & Kozak, Igor 2014. Artifacts in optical coherence tomography. *Saudi Journal of Ophthalmology* 28 (2). 81–87. <<https://doi.org/10.1016/j.sjopt.2014.02.010>> Viitattu 2.4.2024

Dong, Zachary M. & Wollstein, Gadi & Schuman, Joel S. 2016. Clinical Utility of Optical Coherence Tomography in Glaucoma. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 57 (9). 556–567. <<https://doi.org/10.1167/iovs.16-19933>> Viitattu 28.3.2024

Fanelli, James L. 2022. OCT's Role in Glaucoma. *Review of Optometry*. 88–89. <<https://www.reviewofoptometry.com/article/octs-role-in-glaucoma>> Viitattu 19.3.2024

Fletcher, Erica L. & Greferath, Ursula & Guennel, Philipp & Huynh, Mario & Findlay, Quan D. & Jobling, Andrew I. & Phipps, Joanna A. & Brandli, Alice A. & Wang, Yao Mei & Mills, Samuel A. & Kakavand, Kiana & Delongh, Robb U. & Vessey, Kirstan A. 2020. *Animal Models of Diseases of the Retinal Pigment Epithelium*. Julkaisussa Klettner, Alexa Karina & Dithmar, Stefan (toim.). *Retinal Pigment Epithelium in Health and Disease*. Cham (CH): Springer, 325–348. <<https://doi.org/10.1007/978-3-030-28384-1>> Viitattu 1.3.2024

Fujimoto, James G. & Pitris, Costas & Boppart, Stephen A. & Brezinski, Mark E. 2000. Optical Coherence Tomography: An Emerging Technology for Biomedical Imaging and Optical Biopsy. *Neoplasia* 2 (1–2). 9–25. <<https://doi.org/10.1038%2Fsj.neo.7900071>> Viitattu 18.3.2024

Fujimoto, James. & Swanson, Eric. 2016. The Development, Commercialization, and Impact of Optical Coherence Tomography. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 57 (9). 1–13. <<https://doi.org/10.1167%2Fiovs.16-19963>> Viitattu 19.5.2023

Glaukooma. Käypä hoito -suositus 2023. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Silmälääkäriyhdistys ry:n ja Suomen Glaukoomaseura ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. <www.kaypahoito.fi> Viitattu 6.3.2024

Glaukoomayhdistys ry. Mikä on glaukooma? <<https://www.glaukoomayhdistys.fi/glaukooma-eli-silmanpainetauti/>> Viitattu 27.3.2024

Groves, Nancy 2019a. OCT finds niche in glaucoma diagnosis, management. *Ophthalmology Times* 44 (10). 33–34. <<https://www.opthalmologytimes.com/view/oct-finds-niche-glaucoma-diagnosis-management>> Viitattu 30.3.2024

Groves, Nancy 2019b. Keys to integrating, interpreting different types of OCT scans. *Ophthalmology Times* 44 (9). 29 & 34. <<https://www.opthalmologytimes.com/view/keys-integrating-interpreting-different-types-oct-scans>> Viitattu 30.3.2024

Keh, Sharon & Frantzis, Irene & Seviaryn, Yana 2023. An Overview of Anterior Segment OCT. *Review of Optometry*. 62–66. <<https://www.reviewofoptometry.com/article/an-overview-of-anterior-segment-oct>> Viitattu 30.3.2024

Kivelä, Tero 2011. Silmän rakenne ja toiminta. Julkaisussa Saari, Matti (toim.). *Silmätautioppi*. 6. uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy

Kromer, Robert & Spitzer, Martin Stephan 2017. Bruch's Membrane Opening Minimum Rim Width Measurement with SD-OCT: A Method to Correct for the Opening Size of Bruch's Membrane. *Journal of Ophthalmology*. 1–8. <<https://doi.org/10.1155/2017/8963267>> Viitattu 1.4.2024

Kunnela, Arja 2023. 8 Kirjallisuuskatsaukset. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. <<https://help.jamk.fi/opinnaytetyon-ohjaus/fi/kirjallisuuskatsaukset/>> Viitattu 23.1.2024

Kytö, Janne P. & Tommila, Petri 2005. Silmänpohjan valokerroskuvaus. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim* 121 (15). 1645–1652. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo95129>> Viitattu 19.5.2023

Lok, William & Horler, Mike 2020. Essentials of OCT. Viewpoint online. 1–5. <<https://viewpoint.online/wp-content/uploads/2020/09/CET-Essentials-of-OCT.pdf>> Viitattu 19.3.2024

Mahababi, Navid & Al Khalili, Yasir 2023. *Neuroanatomy, Retina*. National Library of Medicine. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545310/>> Viitattu 26.2.2024

Nguyen, Kevin H. & Patel, Bhupendra C. & Tadi, Prasanna 2023. *Anatomy, Head and Neck: Eye Retina*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542332/>> Viitattu 6.3.2024

OEN 2019. Hyvä optometristin tutkimuskäytäntö -ohjeistus. Optometrian eettinen neuvosto. <<https://naery.fi/wp-content/uploads/2021/03/oen-hyva-optometristin-tutkimuskaytanto-ohjeistus.pdf>> Viitattu 27.3.2024

Optometrian Eettinen Neuvosto 2014. Optikon ammatin harjoittamisen eettiset ohjeet. Optometrian Eettisen Neuvoston toimintaohjeet –lausunnot, suositukset ja kannanotot. <<https://naery.fi/wp-content/uploads/2021/03/oen-kootut-toimintaohjeet-lausunnot-suositukset-ja-kannanotot.pdf>> Viitattu 31.3.2024

Pham, Mai T. & Rajić, Andrijana & Greig, Judy D. & Sargeant, Jan M. & Papadopoulos, Andrew & McEwen, Scott A. 2014. A scoping review of scoping reviews: advancing the approach and enhancing the consistency. *Research Synthesis Methods* 5 (4). 371–385. <<https://doi.org/10.1002/jrsm.1123>> Viitattu 23.1.2024

Reimold, Julia & Wroten, Chris 2021. OCT Interpretation for Glaucoma: Don't Get Fooled. *Review of Optometry*. 56–61. <<https://www.reviewofoptometry.com/article/oct-interpretation-for-glaucoma-dont-get-fooled>> Viitattu 23.3.2024

Remington, Lee Ann & Goodwin, Denise 2022. *Clinical Anatomy and Physiology of the Visual System*. 4. painos. St. Louis: Elsevier. 111–139.

Rixon, Andrew & Kirk, Abbey 2023. Seeing Glaucoma Through OCT's Eye. *Review of Optometry*. 36–43. <<https://www.reviewofoptometry.com/article/seeing-glaucoma-through-octs-eye>> Viitattu 30.3.2024

Salminen, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan Yliopiston julkaisuja. <<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-476-349-3>> Viitattu 19.5.2023

Schuster, Bradley L. 2022. How Glaucoma Affects the Optic Nerve. *Glaucoma Research Foundation*. <<https://glaucoma.org/articles/how-glaucoma-affects-the-optic-nerve>> Viitattu 19.3.2024

Scuderi, Gianluca & Fragiotta, Serena & Scuderi, Luca & Iodice, Clemente Maria & Perdicchi, Andrea 2020. Ganglion Cell Complex Analysis in Glaucoma Patients: What Can It Tell Us? *Eye and Brain* 12. 22–44. <<https://doi.org/10.2147/EB.S226319>> Viitattu 23.3.2024

Seppänen, Matti 2021. Silmänpainetauti (glaukooma). *Lääkärikirja Duodecim*. <<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00452>> Viitattu 6.3.2024.

Shan, Jing & DeBoer, Charles & Xu, Benjamin Y. 2019. Anterior Segment Optical Coherence Tomography: Applications for Clinical Care and Scientific Research. *Asian-Pacific Journal of Ophthalmology* 8 (2). 146–157. <<https://doi.org/10.22608/APO.201910>> 29.3.2024

Suhonen, Riitta & Axelin, Anna & Stolt, Minna 2016. Erilaiset kirjallisuuskatsaukset. Julkaisussa Stolt, Minna & Axelin, Anna & Suhonen, Riitta (toim.). *Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä*. 2. korjattu painos. Turun Yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja. Tutkimuksia ja raportteja A. 7–22.

Szalai, Eszter & Nickerson, John M. & Grossniklaus, Hans E. 2020. RPE Histopathology and Morphometry. Julkaisussa Klettner, Alexa Karina & Dithmar, Stefan (toim.). *Retinal Pigment Epithelium in Health and Disease*. Springer Cham, 3–18. <<https://doi.org/10.1007/978-3-030-28384-1>> Viitattu 27.2.2024

Teussink, Michel M. & Donner, Sabine & Otto, Tilman & Williams, Krysten & Tafreshi, Ali 2019. State-of-the-art commercial Spectral-Domain and Swept-Source OCT technologies and their clinical applications in ophthalmology. *Heidelberg Engineering Academy*. <https://media.heidelbergengineering.com/uploads/Products-Fachartikel/200425-002_General_Publication_Whitepaper-State-Of-The-Art-OCT_EN.pdf> Viitattu 19.3.2024

Topcon Corporation 2015. User Manual 3D Optical Coherence Tomography. <<https://www.manualslib.com/manual/1656542/Topcon-Dri-Oct-1-Triton.html#product-DRI%20OCT-1%20Triton%20plus>> Viitattu 1.4.2024

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023. Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK). <<https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/hyva-tieteellinen-kaytanta-htk>> Viitattu 31.3.2024

Vaajanen, Anu & Gielen, Fabian & Tuulonen, Anja 2017. Glaukooma ja vaihtoehtohoidot. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 133 (16). 1476–83. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo13857>> Viitattu 19.3.2024

Vazquez, Luis E. & Huang, Linda Y. 2016. RNFL Analysis in the Diagnosis of Glaucoma. Glaucoma Today. 47–48. <<https://glaucomatoday.com/articles/2016-may-june/rnfl-analysis-in-the-diagnosis-of-glaucoma>> Viitattu 12.3.2024