



Ilari Haverinen ja Joonas Havukainen

Moniteholinssileikkaus:

Vaikutus lähinäköön ja mahdolliset näköhäiriöt

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Sosiaali- ja terveystieteiden ammattikorkeakoulututkinto

Optometrian tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

31.03.2025

Tiivistelmä

Tekijät:	Ilari Haverinen ja Joonas Havukainen
Otsikko:	Moniteholinssileikkaus: Vaikutus lähinäköön ja mahdolliset näköhäiriöt
Sivumäärä:	49 sivua
Aika:	31.03.2025
Tutkinto:	Optometrismi (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Optometrian tutkinto-ohjelma
Ohjaajat:	Lehtori Kajsa Sten Lehtori Johanna Valtanen

Opinnäytetyön tarkoituksena on kerätä ja tuoda saataville tietoa moniteholinssileikkauksen vaikutuksista lähinäköön sekä mahdollisista näköhäiriöistä, joita leikkaus voi aiheuttaa. Työn tavoitteena on tarjota leikkausta harkitseville henkilöille kattavaa ja ajankohtaista tietoa. Lisäksi se tarjoaa optometristeille ajantasaista tietoa, jotta he voivat ohjeistaa potilaitaan parhaalla mahdollisella tavalla. Työn painopiste on trifokaalisissa moniteholinsseissä, mutta se tarkastelee myös uudemman teknologian EDOF-linssejä, jotka korjaavat ikänäköisyyttä laajennetulla syväterävyydellä. Opinnäytetyö on toteutettu yhteistyössä Metropolia Ammattikorkeakoulun kanssa.

Katsaukseen valitut tutkimukset ovat vertaisarvioituja, avoimesti saatavilla olevia englanninkielisiä julkaisuja, jotka on julkaistu vuoden 2020 jälkeen. Tutkimuksia haettiin PubMed- ja ProQuest-tietokannoista. Valitut tutkimukset käsittelevät trifokaalilinssejä laajalla otannalla ja vertailevat EDOF- ja trifokaalilinsien tuloksia. Dysfotopsiaa käsittelevien tutkimuksien valinnassa keskityttiin tutkimuksiin, joissa tarkastellaan yleisimpiä moniteholinssien aiheuttamia näköhäiriöitä.

Opinnäytetyön toteutusmenetelmäksi valikoitui kartoittava kirjallisuuskatsaus, koska se mahdollistaa aiheen laaja-alaisen tarkastelun. Katsauksen perusteella moniteholinssileikkauksen vaikutukset vaihtelevat potilaskohtaisesti sekä linsstityypeittäin. Yleisesti ottaen trifokaalisilla linsseillä saavutettiin hyvä lähinäkö ilman silmlaseja, mutta ne aiheuttivat jonkin verran näköhäiriöitä, kuten dysfotopsiaa ja kontrastiherkyyden alenemista. Kontrastiherkkyys pysyi kuitenkin suurimmalla osalla normaalin rajoissa.

Moniteholinssileikkauksen vaikutukset lähinäköön ja mahdolliset näköhäiriöt tulisi ottaa huomioon leikkausta harkittaessa ja potilasta tiedottaessa. Optisen alan ammattilaisten on tärkeää kertoa leikkausta harkitseville asiakkaille moniteholinssileikkauksen vaikutuksista lähinäköön ja sen aiheuttamista mahdollisista näköhäiriöistä.

Avainsanat: moniteholinssileikkaus, lähinäkö, dysfotopsia

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla

Abstract

Authors: Ilari Haverinen and Joonas Havukainen
Title: Multifocal intraocular lens surgery: Impact on near vision and potential visual disturbances
Number of Pages: 49 pages
Date: 31 March 2025

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

The purpose of this thesis was to collect and make available information about how multifocal intraocular lens surgery affects near vision and what potential visual disturbances it can cause. The goal was to provide individuals considering the surgery with up-to-date information. The thesis also aimed to provide optometrists with up-to-date information so that they can educate patients in the best possible way. The focal point of this review was trifocal intraocular lenses, but it also examined newer EDOF lenses which correct presbyopia by using an extended depth of focus. This thesis was conducted in collaboration with Metropolia University of Applied Sciences.

The studies selected for this review are peer-reviewed, openly accessible publications in English, published after 2020. Publications were searched from PubMed and ProQuest databases. The selected studies examined trifocal lenses with large sample sizes and compared the use of EDOF and trifocal lenses. When selecting the studies discussing dysphotopsia, the goal was to discover the most common visual disturbances related to multifocal intraocular lenses.

The research method was a scoping review to examine the subject in a comprehensive way. The review points to the conclusion that the effects of multifocal intraocular lens surgery vary by patient and by lens type. In general, the near visual acuity achieved with trifocal intraocular lenses was good, but they caused some visual disturbances such as dysphotopsia and reduced contrast sensitivity. However, the contrast sensitivity was still within the normal range.

The effects of multifocal intraocular lens surgery should be accounted for when considering the surgery and when informing the patient. It is important for optometry professionals to inform individuals considering the surgery about its effects on near vision and possible visual disturbances it may cause.

Keywords: multifocal intraocular lens surgery, near vision, dysphotopsia

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

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ikänäköisyys	2
2.1	Ikänäköisyyden kehittyminen	2
2.2	Mykiö	3
3	Moniteholinssileikkaus	3
3.1	Yleistä moniteholinssileikkauksesta	3
3.2	Intraokulaarilinssileikkauksen vaiheet	4
3.2.1	Esivalmistelut	4
3.2.2	Leikkauksen suorittaminen	6
3.2.3	Leikkauksen viimeistely	11
3.3	Intraokulaarilinssileikkauksen mahdolliset komplikaatiot	11
3.3.1	Jälkikaihi	11
3.3.2	Epätarkka näkeminen tekomykiöllä	12
3.3.3	Kystoidinen makulaödeema	13
3.3.4	Muut komplikaatiot	14
3.4	Moniteho- ja muut presbyopiaa korjaavat tekomykiöt	15
3.4.1	Diffraaktiiviset monitehoiset tekomykiöt	15
3.4.2	Refraktiiviset monitehoiset tekomykiöt	17
3.4.3	Tooriset monitehoiset tekomykiöt	18
3.4.4	EDOF-linssit	18
4	Dysfotopsiailmiöt	20
4.1	Moniteholinssileikkauksen aiheuttamat dysfotopsiailmiöt	20
4.2	Näköjärjestelmän adaptoituminen dysfotopsiailmiöihin	21
5	Kartoittava kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä	22
6	Kartoittavan kirjallisuuskatsauksen toteutus	23
6.1	Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset	23
6.2	Tietokantojen ja hakulausekkeiden valinta sekä aineistonkeruu	23
7	Tutkimusten kuvaus	25
8	Yhteenveto tutkimuksista	35
9	Pohdinta	37

9.1	Pohdinta tutkimusten tuloksista	37
9.2	Opinnäytetyöprosessin arviointi	38
9.3	Eettisyys	39
9.4	Tulosten hyödyntäminen ja jatkotutkimusehdotukset	40
	Lähteet	41

1 Johdanto

Moniteholinssileikkaus on yleistynyt ja tulee todennäköisesti lähitulevaisuudessa yleistymään entisestään. Tähän on vaikuttanut väestön vanheneminen ja sen kautta ikänäköisyyden yleistyminen. Myös uudenlaisten linssirakenteiden ja -materiaalien myötä leikkaus on tullut vaihtoehdoksi myös sellaisille ihmisille, joille sitä ei olisi välttämättä aiemmin suositeltu. Aiheen ajankohtaisuus ja mielenkiintoisuus olivat pääsyy sen valitsemiseen. Moniteholinssileikkaus on houkutteleva vaihtoehto kaihista ja ikänäköisyydestä kärsiville henkilöille, koska sillä voidaan päästä jopa täysin eroon silmälasien tarpeesta.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kerätä ja tuoda saataville tietoa moniteholinssileikkauksen vaikutuksista lähinäköön sekä mahdollisista näköhäiriöistä, joita leikkaus voi aiheuttaa. Työn tavoitteena on tarjota leikkausta harkitseville henkilöille kattavaa ja ajankohtaista tietoa. Työn tutkimuskysymyksillä halutaan selvittää moniteholinssileikkauksen vaikutuksista lähinäköön ja millaisia mahdollisia näköhäiriöitä se voi aiheuttaa.

Työn pääpaino on moniteholinssileikkauksen jälkeisessä lähinäössä ja näköhäiriöissä, mutta siinä sivutaan myös kauko- ja välitaisyksien näköä, kontrastiherkkyttä ja muita linssileikkauksen näkövaikutuksia. Siinä keskitytään pääasiassa monitehoisiin tekomykiöihin, mutta myös uudemman teknologian EDOF-linssit ovat mukana tarkastelussa, vaikkakin vähemmässä määrin.

Työn lähestymistapa on tarkastella olemassa olevaa tietoa aiheesta kartoittavalla kirjallisuuskatsausmenetelmällä. Työ koostuu teoreettisesta tietopohjasta, tutkimusten esittelystä, ja niiden pohjalta tehdystä pohdinnasta ja johtopäätöksistä. Teorian käsittelyosuudessa kerrotaan ikänäköisyydestä, linssileikkauksen vaiheista, linssiteknologiasta ja näköhäiriöistä. Tämän jälkeen työssä edetään tutkimusten käsittelyosuuteen ja johtopäätöksiin.

2 Ikänäköisyys

2.1 Ikänäköisyyden kehittyminen

Ikänäköisyys eli presbyopia tarkoittaa iän myötä tapahtuvaa akkommodaation heikkenemistä. Tämän myötä ihminen ei enää näe lähelle terävästi. Tämä normaali ihmisen fysiologiaan liittyvä prosessi alkaa jo nuoruudessa, mutta lähinäön avustusta tarvitaan vasta myöhemmin elämässä, usein vasta viidenkymmenen ikävuoden kohdalla, jolloin aletaan puhua presbyopiasta. Kun lähipiste siirtyy akkommodaation heikkenemisen myötä lähinäkemisen kannalta epäkäytännöllisen kauas, tulee tarve korjaavalle linsille. Presbyopiaa korjataan pluslinssillä ja sen korjaamiseen voidaan käyttää lukulaseja tai monitehoisia silmäläsejä. On todennäköistä, että ensimmäiset silmälasit, jotka kehitettiin mahdollisesti jo 1300-luvulla, olivat presbyopian korjaamiseen tarkoitettuja. Presbyopia aiheuttaa usein korjaamattomana silmien väsymistä ja lähinäön sumeutta. (Pallikaris ym. 2012)

Presbyopian ilmenemisikä vaihtelee määritelmästä ja ihmisestä riippuen. Eurooppalaisilla presbyopian ensimmäiset oireet alkavat yleensä ihmisen neljännellä ikävuosikymmenellä ja on kuuteenkymmeneen ikävuoteen mennessä edennyt jo pitkälle. Joillain ensimmäiset oireet voivat alkaa jo alle 40-vuotiaana. (Pallikaris ym. 2012) Erityisesti kehittyvissä maissa korjaamaton presbyopia on ongelma. Niissä tietoisuuden ja saavutettavissa olevien hoitovaihtoehtojen puutteen vuoksi jopa 50 % yli 50-vuotiaista on hoitamaton presbyopia. Myös kehittyneissä maissa tämä luku on jopa 34 %. (Wolffsohn ja Davies, 2018)

Akkommodaatio on dioptrinen muutos silmän refraktiossa, jonka saa aikaan sädelihasten supistuminen ja rentoutuminen. Sädekehän lihakset muokkaavat mykiön muotoa siten, että valo taittuu verkkokalvolle. Refraktation muutoksen aikaansaa siis lähes täysin tämä muutos mykiön paksuudessa ja kaarevuudessa. Myös lasiaisella on tärkeä osa akkommodaatioissa antaen muutoksille energiaa lasiaisnesteiden virtauksien kautta. (Wang & Ming. 2016, s 13).

2.2 Mykiö

Mykiö on silmän sisällä värikalvon takana sijaitseva läpinäkyvä kaksoiskovera linssi. Sen tärkein toiminto on kyky muuttaa muotoaan erittäin nopeasti, jotta pystymme tarkentamaan katseen kaukaa lähelle. Mykiön muodonmuutoksen mahdollistaa silmän sädelihaksen supistuminen. Tällöin siinä ja mykiön etuosassa, takaosassa ja kohtisuoraisella akselilla kiinni olevat ripustinsäikeet löystyvät, ja mykiön muoto muuttuu kuperammaksi, jolloin valon taittovoima lisääntyy. Näin ollen verkkokalvolle saapuva tieto nähdystä saadaan muodostettua lähietäisyydeltä. Mykiön kasvaminen ja laajeneminen koko ihmiselämän ajan aiheuttaa sen, että linssin muodonmuutoskyky heikkenee, joka johtaa yleensä keski-iässä ilmenevään ikänäköisyyteen eli vaikeuteen nähdä lähelle. (Freddo ym. 2017:10.)

Toisena tärkeänä toimintona mykiö tukee värikalvoa ja pupillireunaa niin, että ne yhdessä muodostavat kammionesteen yksisuuntaisen virtauksen takakammion etukammion kohden. Mykiössä ei ole verisuonitusta, hermotusta tai lymfaattista imusuonistoa. (Freddo ym. 2017:10.)

3 Moniteholinssileikkaus

3.1 Yleistä moniteholinssileikkauksesta

Monitehotekomykiöiden teknologia on kehittynyt todella nopeasti viime vuosina ja silmä lääkäreiden asentamien ikänäköisyyttä korjaavien silmänsisäisten intraokulaarilinsien (IOL) valikoima on kasvanut. Samalla myös potilaiden näkemisen vaatimukset ovat aiempaa toiveikkaampia. Kaihileikkauksen yhteydessä tehdyllä monitehotelinssileikkauksella asiakkaat haluavat usein päästä täysin eroon silmälaseista. Valon dispersio kohdistuu ja jakautuu monitehotekomykiössä eri etäisyyksille kohdistettaessa, jolloin normaali valon kulkeutuminen silmään muuttuu. Aivoille välittyy useampia kuvia samanaikaisesti, ja erilaisten kuvien käsittelyssä vaaditaan hermoston visuaalisten syötteiden keskitettyä säätöä. Tämä aivojen mukautuminen (neuroadaptaatioprosessi) voi olla potilaille turhauttava ja aikaavievä. Heille voi tulla myös ajoittaisia näkemisen häiriöitä, esimerkiksi näön sumentuminen, haloilmiöt, matalampi kontrasti näöntarkkuus ja häikäisy. Yleensä moniteholinssileikkauksissa potilastyytyväisyys on kuitenkin korke-

alla tasolla. Onnistuneeseen lopputulokseen vaikuttaa suuresti tarkkojen esitietojen selvittäminen, potilaan valinta, näkemisen laatu, oikea leikkaustekniikka, potilaalle sopiva linssiteknologia ja mahdollisten komplikaatioiden jälkihoito. (Sieburth 2019.)

Monitehotekomykiöt sopivat parhaiten ikänäköisille ihmisille, joilla on suuri näkemisen tarve kauko- ja lähietäisyyksille, ja jotka haluavat kokonaan eroon lähilaseista. Potilaan on oltava täysin motivoitunut leikkaukseen ja hänen persoonallisuutensa on hyvä selvittää linssileikkauksoperaation neuvonnassa ennen leikkausta. Potilaan elämän tyyli on hyvä selvittää. Esimerkiksi silmään sattunut vamma leikkauksen jälkeen voi saada intraokulaarilinssin pois paikaltaan tai sen keskiöityminen heikkenee. (Sieburth 2019.)

Yeu & Cuzzo (2020) tutkimuksen mukaan potilaiden, joilla neuroottisuutta vallitsevana persoonallisuuspiirteenä olivat tyytymättömiä leikkauksen lopputulokseen. Tyytyväisimmät potilaat olivat vallitseviltaan persoonallisuuspiirteiltään tunnollisia ja suostuvaisia. Persoonallisuudeltaan perfektionistit, ja erityisesti erittäin tarkkaa näöntarkkuutta vaativat potilaat ovat todennäköisesti tyytymättömiä moniteholinssileikkauksen lopputulokseen. Heille leikkaus on kuitenkin mahdollinen leikkausta edeltävän neuvonnan myötä. Persoonallisuudeltaan rennot potilaat hyväksyvät näkemisen laadun kompromisseja sillä ehdolla, että he eivät enää ole silmälasiriippuvaisia. (Yeu & Cuzzo 2020.)

3.2 Intraokulaarilinssileikkauksen vaiheet

Tohtori Ang kertoo artikkelissaan kaihin olevan yleisin syy tekomykiön asentamiseen. Intraokulaarilinssin eli tekomykiön avulla korvataan potilaan oma luonnollinen mykiö, jolloin kaihin aiheuttamat samentumat poistuvat ja näkeminen paranee huomattavasti. (Ang 2024.) Kaihileikkauksessa suoritettu leikkauksoperaatio on teknisesti sama kuin kirkkaan mykiön vaihto leikkaus (CLE=Clear Lens Exchange). (London Vision Clinic, 2024.)

3.2.1 Esivalmistelut

Ennen leikkausta potilaalle suoritetaan A-tyyppin ultraääni biometria skannaus. Sen avulla määritetään asiakkaalle ihanteellinen tekomykiö. Piilolinssien käyttö on lopetettava 2 viikkoa ennen mittausta, koska ne vaikuttavat sarveiskalvon muotoon. (Ang 2024.) Mittauksella saadaan selville esimerkiksi sarveiskalvon kaarevuus, silmämunan aksiaalinen pituus, etukammion syvyys, linssin paksuus ja lasiaistilan pituus. (Sen &

Tripathy 2024.) Asiakkaalle tehdään optinen koherenssitomografia eli OCT-kuvaus, jolla tutkitaan mahdollisia makulan alueen silmäsairauksia esimerkiksi diabeettinen retinopatia, silmänpohjan ikärappeuma, ryppykalvo. Sarveiskalvon epäsäännöllisyydet mitataan sarveiskalvo topografia skannauksella. Tietyissä tapauksissa suoritetaan B-tyypin ultraääni kuvaus, josta selvitetään esimerkiksi silmän kasvaimet tai verkkokalvon irtauma. Muun muassa pitkälle kehittynyt kaihi voi olla todella läpinäkemätön ja vaikeuttaa kliinistä tutkimusta, jolloin tämä skannaus on tärkeä suorittaa. (Ang 2024.)

Leikkauksen suorittava silmäsairaala tai yksityinen leikkausklinikka ohjeistaa potilaan lääkityksen säätämisestä ja paastoamisen ajankohdasta ennen leikkausta. Leikkausprosessin neljä vaihetta ovat esisisääntulo ennen leikkausta, anestesiaosasto, leikkusali ja heräämö. (Ang 2024.)

Esisisääntulossa hoitaja varmistaa potilaalle leikkauksen vaiheet, kysyy lääkeaineallergioista, mittaa verenpaineen, pulssin ja veren happisaturaation. Hoitaja laittaa potilaalle pupilleja laajentavat ja sarveiskalvon puuduttavat (silmän pinnan puuduttavat) silmätipat leikkausta varten. (Ang 2024.)

Potilas siirretään anestesiaosastolle, jossa anestesiahoitajan tai leikkaavan silmälääkärin kanssa valitut anestesia lääkeaineet annetaan ennen leikkausoperaatiota. Anestesian riskeistä on kerrottu potilaalle. Pidetään tauko, jolloin varmistetaan potilaan tietämys sijainnistaan ja suoritettavasta operaatiosta. Laskimokanyyli asennetaan kämmenselälle ja rauhoittava sedatiivinen lääke annetaan. Silmän ympärille annetaan vielä Injektiona silmän täysin puuduttava paikallispuudute. (Ang 2024.) Yleisesti annettu anestesia on mieto, koska leikkaus on hyvin ei invasiivinen ja nopea. Suonensisäiset tai suun kautta annettavat lääkkeet auttavat rentoutumaan ja asiakas on hereillä leikkauksen ajan. Tietyissä tapauksissa on tarvetta nukuttaa potilas leikkauksen ajaksi, jolloin lääkäri tai anestesiahoitaja vaivuttaa potilaan keinotekoiseen tajuttomuudentilaan sedatiiveilla suonensisäisesti. Anestesiahoitaja tarkkailee asiakkaan hengitystä, sydämen sykettä, verenpainetta ja elon merkkejä leikkauksen aikana. Tarvittaessa potilaalle laitetaan hengityspotki tai anestesiaamaski helpottamaan hengityksessä. Nukutuksen aikana kivun tuntemuksia ei ole. Nukutus vaihtoehtoa käytetään yleisesti erityisten mentaalisten ja emotionaalisten tarpeiden omaavilla ihmisillä, akuutista ahdistuksesta kärsiville ja lapsille. (Brar 2024.)

Seuraavassa vaiheessa asiakas siirretään leikkaussaliin, jossa aluksi varmistetaan asiakkaan tietoisuus tehtävästä leikkauksesta ja oikea sijainti. Silmät puhdistetaan anti-septisellä aineella ja steriili peitto laitetaan silmien päälle vähentämään infektioiden mahdollisuutta. Silmäluomet aukaistaan ja silmänluomenlevitin asennetaan leikattaviin silmiin, jotta luomet pysyvät auki koko leikkauksen ajan sekä silmälääkärin on turvallista suorittaa leikkaus. (Ang 2024.)

3.2.2 Leikkauksen suorittaminen

Kaihileikkaus voidaan suorittaa erilaisilla leikkausmenetelmillä, ja sen valinnassa vaikuttavat potilaan henkilökohtaiset mieltymykset, kaihin vakavuus aste sekä silmän terveydentila. Yleisin kaihileikkauksen muoto on fakoemulsifikaatioleikkaus, jossa leikkaustoimenpide on invasiivisuudeltaan vähäinen, komplikaatioiden riskit ovat pienet sekä paraneminen on nopeaa. (Centre For Sight 2023.)

Silmälääkärit Buratto & Brint & Sorce kertovat kirjassa kaihileikkauksen fakoemulsifikaatioleikkaustekniikan kehittäjänä olleen silmälääkäri ja kirurgi Charles D. Kelman, jonka pohjalle nykyinen fakoemulsifikaatiokirurgia perustuu. Idean leikkaustekniikkaan Kelman sai hammaslääkäreiden käyttämästä ultraäänilaitteesta. Tekniikka kehitettiin, jotta iso linssi (mykiö) voitaisiin poistaa pienen leikkaushaavan kautta. Fakoemulsifikaatioleikkaustekniikoita on monenlaisia, joita sovelletaan tapauskohtaisesti kaihityyppien mukaan. (Buratto ym. 2014.)

Kirurgi tekee sarveiskalvolle viillon Mikrokirurgisella veitsellä, jonka kautta mykiötä päästään käsittelemään. Viillon pituus vaihtelee yleensä 1.6 millimetristä 3 millimetriin ja syvyydeltään noin 0.3 millimetriä. Tapauksissa, joissa mykiö on kaihin vuoksi jäykistynyt tai kovettunut, on kirurgin mahdollisesti tehtävä pidempi viilto, jotta sen palaset saadaan poistettua turvallisesti. (Parikh 2024.)

Viillon jälkeen kirurgi injektoidaan etukammion tilaan OVD:tä (Ophthalmic Viscosurgical Device) eli oftalmologista viskoosia ainetta, joka muodostaa uuden etukammion, korvaten etukammionesteeseen. Viskoelastisia aineita tarvitaan jokaisessa leikkauksen vaiheessa ja niitä käytetään monissa eri kaihileikkauksissa, muun muassa fakoemulsifikaatioissa, ekstrakapsulaarisessa kaihin poistossa, manuaalisen pienen viillon kaihileikkauksessa ja intrakapsulaarisessa kaihin poistossa. Kapsuloreksiksen aikana käytetään korkea-

viskoosista ja elastista ainetta ylläpitämään etukammiotilaa. Ytimen kaivamisessa käytetään korkean viskositeetin ainetta, jolla on matala pintajännite ja matala molekulaarinen paino. Tämä aine suojaa myös sarveiskalvon endoteelia päällystämällä sen. Korteksin poistossa käytetään viskositeettiainetta, jolla on matala pintajännitys. Sillä täytetään kapselipussi. Aine myös suojaa takakapselia. Tekomykiön asentamisen aikana käytetään korkeaviskositeettista ja -elastista ainetta. Sen tehtävänä toimivat kapselipussin täyttäminen, takakapselin suojaaminen ja etukammion huolto. (Kaur & Gurnani 2024.)

Silmään tehdään yleensä pääviilto leikkauvälaineille, fakoemulsifikaatioinstrumentille ja linssin injektorille. Viereen tehdään sivuviilto apuinstrumenteille, manipulaattoreille, puudutusaineen laittamiselle, huuhtelu- ja imulaitteille, joka toimii myös apuna silmän stabiloinnissa. Fakoemulsifikaatioleikkauksessa huolellisesti suoritettu ja tarkkaan suunniteltu pääviilto vaikuttaa silmän etuosien nestetasapainoon ja tekee perustan leikkauksen vaiheille. Sen onnistumisella on tärkeä rooli leikkauksen jälkeiselle ajalle. Hyvin onnistunut viilto on vesitiivis ja itsestään parantuva, jolloin infektioiden riski on pieni. Heikosti rakennettu viilto nostaa riskiä komplikaatioille leikkauksen aikana tai sen jälkeen. Onnistunut pääviilto edesauttaa nopeaa paranemista, leikkauksen sujuvuutta ja hyvää näkemisen laatua potilaalle. Sivuviilto tehdään optimaaliselle etäisyydelle pääasiallisesta viillosta, ja viillon tason on tärkeä olla paralleelista iiriksen tason kanssa, jotta iiristä tai etukapselia ei vahingoiteta. Tylppä kirurginen veitsi voi irrottaa descementin kalvon tai aiheuttaa iatrogenisia (parantajan aiheuttamia) leikkauksen komplikaatioita. Silmän kuuluisi olla normaaliasennossa viiltoja tehdessä, ja ei dominoivalla kädellä voidaan stabilisoida silmämunaa. Jos silmä painautuu sitä viillettäessä, voi viillosta tulla tarkoituksenmukaista pidempi ja voi tapahtua iatrogeninen repeämä. (Ryburn ym. 2004.)

Pääviilto voidaan tehdä selkeällä sarveiskalvon- tai kovakalvonviiltotekniikalla. Kovakalvonviiltotekniikkaa käytetään yleensä mikrosarveiskalvotapauksissa, vähäisen endoteelisolujen määrän omaavilla. Tekniikkaa käytetään usein manuaalisissa pienen viillon kaihileikkauksissa, ja leikkauksen jälkeistä endoftalmiittia esiintyy vähemmän verrattuna selkeän sarveiskalvoviiltotekniikkaan. Kovakalvonviiltotekniikalla aiheutuu verenvuotoja, koska sidekalvoa joudutaan viiltämään ja veren kertyminen etukammiotilaan on mahdollista (hyphema). Tällä tekniikalla suoritettujen silmien näkeminen parantuu hitaammin. Selkeän sarveiskalvonviiltotekniikan (Clear corneal incision CCL) etuna on

nopea näkemisen parantuminen leikkauksen jälkeen ja lyhyt operaatioaika. Silmä paranee tällä tekniikalla usein itsestään ilman tikkejä ja sen avulla voidaan korjata potilaan astigmaattista taittovirhettä. Etuna on myös pienempi hypheman riski ja haavan vakaus leikkauksen aikana. Sarveiskalvonviiltotekniikan mahdolliset haitat potilaalle ovat korkeampi endoftalmiitin esiintyvyys, säännöllisen ja epäsäännöllisen astigmatian aiheutuminen potilaalle, sarveiskalvon eroosio, sarveiskalvon turvotus, endoteelisolujen menetyt, descementin kalvon irtoaminen, haavan vuotaminen ja silmänpaineen laskeminen. (Ryburn ym. 2004.)

CCL on yleisesti käytetyin viiltotekniikka modernissa kaihileikkauskirurgiassa. Tekniikkaan kuuluu monia modifikaatioita leikkauksen arkkitehtuurin, akselin, koon, muodon ja sijainnin suhteen, jotka vaikuttavat haavan paranemiseen, haavan vahvuuteen ja leikkauksesta aiheutuneeseen astigmatiaan. Leikkausta muunnellaan tapauskohtaisesti ja astigmatian tuottamista vältetään, jos asiakkaalla ei astigmaattiset silmät. Astigmaattisuutta korjaava viilto tehdään, jos asiakkaalla on astigmaattisuutta ennen leikkausta. (Ryburn ym. 2004.)

Mykiön etukapseliin tehdään aukko kapsuloreksiskirurgisella tekniikalla (capsulorhexis), josta kaihin sumentama linssi voidaan poistaa. 1800-luvun puoliväliin asti kaihin sumentama linssi poistettiin työntämällä se lasiaistilaan, kunnes Jacques Daviel keksi linssin poistamisen repimällä sen kystotomilla. Seuraava merkittävä kehitys kaihileikkauksiin saatiin Cornelius Binkhorstin keksittyä silmänsisäisen linssin, joka voitiin asentaa kapselipussiin ja osittain iirikseen tukeutuen. Hänen suorittamiensa leikkausten ongelmana oli parhaan viilto muotojen tekeminen kapsulotomiassa (kapselin avaaminen). Monet kirurgit ovat käyttäneet erilaisia tekniikoita kapsulotomiassa esimerkiksi ”jouluukuusi” ”kirjekuori” ja ”purkin avaaja”, mutta ne tuottavat usein kapselipussin supistumista ja repeämiä. Howard Gimbelin ja Thomas Neuhannin 1990-luvulla kehittämä continuous curvilinear capsulorhexis (CCC), eli jatkuvasta käyräviivaisesta kapsuloreksis tekniikasta tuli vakiintunut tekniikka kapsulotomiassa. Tällä tekniikalla repeämiä kapselipussiin tulee pienemmällä todennäköisyydellä, koska tekniikalla venytetään etukapselia aukon muodostamiseksi ja kirurgisia voimia kohdistuu etukapseliin vähemmän. (Wildes ym. 2025.)

Kapsuloreksis aloitetaan täyttämällä silmä OVD-aineella, jotta etukapseli menee liitteämmäksi ja tällöin kapselin repeäminen periferiaan reunoille estetään. Kystotomilla

tai kapsuloreksis pihdeillä tehdään lävistys etukapselin keskelle ja viilletään käyräviivaisesti. Kun haluttu ympärysmitta on saavutettu, etukapselia nostetaan alapuolelta pää repeämän reunaa kohti ja painetaan ylöspäin sekä eteenpäin repeämän lisäämiseksi. Ulkonevan läpän avulla suoritetaan kapsuloreksis ja se voidaan tehdä kystomeilla tai kapsuloreksis pihdeillä. Kystomeilla tehtynä luodaan kärkiosalla tarpeeksi painetta ja kitkaa, jotta pyöreää repeämää saadaan tehtyä. Kapsuloreksis pihdeillä tehtynä läpystä otetaan kiinni ja repeämää luodaan pyöreällä liikkeellä. Mitä kauempana työstetty läppä on repeävästä kohdasta, on vedon kohdistuttava mahdollisimman keskeisesti, jotta repeämän muoto pysyy oikeana. Tämän takia on tärkeää jatkuvasti kiinnittää uudelleen kystomen päätä lähelle repeävää kohtaa. Kun repeämä saadaan täydeksi ympyräksi, saadaan samalla etukapseliaines kasattua ulkoreunoilta keskelle. Kapsuloreksiksen koko määräytyy asennettavan silmänsisäisen linssin koosta. Yleensä aukko tehdään 5.0–5.2 mm kokoiseksi, jolloin 6.0 mm linssi peittyi reunoilta. (Wildes ym. 2025.)

Seuraavaksi kaihille tehdään yleensä hydrodissektio eli linssin irrottaminen kapselista useiden nesteavusteisten virtausten avulla, jotka ovat tarkasti kohdistettu piirakan muotoisessa kuviossa. Toimenpide mahdollistaa linssin liikuttelun ja pyörittelyn tarvittaessa ja kapselipussille aiheutuu vähemmän stressiä. Tarvittaessa tehdään hydrodelineaatio eli mykiöön injektoidaan nestettä, jolla mykiön kovempi ydin ja pehmeämpi ulkoinen epinukleus erotellaan. Tekniikka suoritetaan usein pehmeissä ja keskikovissa kaiheissa. Se auttaa ytimen jakamisessa ja fakoenergiaa tarvitaan vähemmän, jolloin sarveiskalvon endoteeli on paremmassa suojassa kuumuudelta ja vaurioilta. (Christenbury ym. 2023.)

Yleisesti käytetyin kaihin samentaman linssinpoistotekniikka on nykyisin fakoemulsifikaatioleikkaus. Siinä käytetään fakoemulsifikaatio-instrumenttia, jonka teräksinen tai titaaninen kärki värähtelee ultraääni taajuudella. Fakoemulsifikaatio-instrumentin teräksinen tai titaaninen kärki värähtelee ultraäänitaajuudella, ja sillä saadaan linssi hajoitettua. Toimenpiteen aikana voidaan käyttää pilkkomis- tai hajoitusinstrumenttia sivuviillon kautta, jotta linssiä saadaan pilkottua pienemmiksi palasiksi. Fakoemulsifikaatio-instrumentilla myös imetään kortikaalista materiaalia pois kapselipussista. Kun linssin ydin ja kortikaalinen materiaali on saatu täysin hajotettua, suoritetaan niiden poisto kapselipussista yhdellä välineellä, jossa kaksoiskastelu- ja imukärki, tai erillisillä kastelu-, ja imuinstrumenteilla. (Gibson & Hoffer 2020.)

Perinteinen ekstrakapsulaarinen kaihin poisto (ECCE = Extracapsular Cataract Extraction) on harvemmin suoritettu linssinpoistotekniikka, mutta sitä käytetään edelleen erityäin kypsien eli kovien kaihiin poistamisessa. Leikkauksessa joudutaan tekemään isompi viilto (10–12 mm), jotta linssi saadaan poistettua ja siinä on myös ommeltava tikit, koska haava ei parane itsestään. (Gibson & Hoffer 2020.)

Linssin poistamisessa voidaan käyttää myös manuaalista pienen viillon kaihileikkaustekniikkaa (MSICS=Manual Small Incision Cataract Surgery tai SICS=Small Incision Cataract Surgery). Sen etuna ovat: pieni leikkaus haava (5–7 mm), haava paranee ilman tikkejä, edullisempi verrattuna fakoemulsifikaatioleikkakseen, erinomainen käytettäväksi kehitysmaissa, tarvitaan vähemmän teknologiaa, nopea leikkausaika (alle 10 minuuttia) ja määrällisesti verrattavissa olevat lopputulokset sekä komplikaatiot fakoemulsifikaatioleikkausten kanssa. (Feldman ym. 2024.)

Silmäkirurgi Devgan kertoo artikkelissaan, että linssin poistamisen jälkeen on suositeltavaa kiillottaa etukapselin alapuolinen pinta mikroskooppisen pienistä linssin jäänteistä. Jos epiteelisoluista koostuvia linssin jäänteitä ei poisteta kiillottamalla, ne voivat aiheuttaa fibroosia eli arpikudosta kapseliin, kapselin supistumista, etukapselin samentumista ja takakapselin samentumista. Devganin mukaan olemassa paljon ristiriitaista tutkimustietoa etukapselin kiillottamisen hyödyistä tai haitoista takakapselin samentumaan liittyen. Kapselin supistumisesta linssi voi mennä vinoon asentoon, josta aiheutuu aberraatioita (valon virheellistä taittumista), linssiperäistä hajataitteisuutta ja vaikutus lopulliseen refraktioon. Etukapselin supistumiseen alttiilla silmillä, kuten pseudoexfoliaation omaavilla kapselin kiillotus vähentää riskiä. Kapselin kiillotus suoritetaan imemällä kastelu- ja imuinstrumentilla tai mekaanisella kitkalla käyttäen instrumenttia, jota hangataan etukapselin kehällä samalla kun kapselipussi täytetään OVD-aineella. Jalkapedaalilla voidaan säätää vähäisempi virtaus ja imuteho kastelu ja imuinstrumenttiin, jotta voidaan välttää kapseliin tarttumiset ja zonuloiden eli linssin kiinnikkeiden heikentäminen, josta voi aiheutua linssin epäkeskiöityminen tai siirtymä. Linssin asentamisen jälkeen voidaan vielä kiillottaa takakapselia, etukapselia ja kapselin reuna-alueita. Kiillotuksessa on pudistettava mahdollisimman paljon ja toimittava hellävaraisesti vahingoittamatta linssin kiinnikkeitä tai herkkää kapselipussia. Suurin osa potilaista hyötyy kapselin kiillotuksesta. (Devgan, 2023.)

Taiteltua linssiä käytetään yleensä fakoemulsifikaatioleikkauksissa, koska siinä on pienempi pääviilto, ja ekstrakapsulaarisissa leikkauksissa linssi voidaan asentaa ei taiteltuna isomman viillon kautta. Taiteltavat linssit injektoidaan pääviillon kautta kapselipussiin patentoidulla injektorilaitteella, jossa linssi on valmiiksi sisällä taiteltuna tai injektorilla, johon linssi taitellaan ja ladataan. (Gibson & Hoffer, 2020.)

Välillä perifeerinen iridektomia saatetaan suorittaa potilaille, joilla on riski pupilliblokin aiheuttamalle silmänpaineen nousulle. Yksi tai kaksi reikää tehdään iirikseen manuaalisesti tai YAG-laser-iridotomialla ennen kaihileikkausta tai sen jälkeen. Manuaalisesti tehdyistä rei'istä voi johtaa silmän verkkokalvolla valoa, joka voi aiheuttaa näkemisen haittoja. Aivot kuitenkin oppivat kompensoimaan tilan ja näkemisen häiriötä ei enää koeta kahden kuukauden jälkeen. (Gibson & Hoffer, 2020.)

3.2.3 Leikkauksen viimeistely

Silmänsisäisen linssin asennuksen jälkeen kirurgi tarkistaa, että viilloista ei vuoda nestettä, koska haavan vuoto nostaa riskiä mikrobien pääsyyn silmään ja riski endoftalmiitille kasvaa. OVD-aineita poistetaan silmästä kastelu- ja imuinstrumentilla, jonka jälkeen haavat suljetaan ja silmää kostutetaan. Steroidien ja antibioottien yhdistelmäsimätippoja tiputetaan potilaan silmiin ja kaihileikatut silmät suojataan silmäsuojuksella/kilvellä. (Gibson & Hoffer 2020.) OVD-aineiden poistamisella varmistetaan se, että sekundaarista glaukoomaa ei aiheuteta potilaalle. Sen jälkeen tehdään etukammion muodostaminen, johon injektoidaan intracameral moxifloxacin -ainetta. (Gurnani & Kaur 2023.) Intracameral moxifloxacin vähentää merkittävästi endoftalmiitin esiintymistä potilailla (Anderson ym. 2022).

3.3 Intraokulaarilinssileikkauksen mahdolliset komplikaatiot

3.3.1 Jälkikaihi

Linssileikkausoperaation jälkeen jälkikaihi, eli mykiön takakapselin samentuma on mahdollinen. Se voidaan hoitaa jälkikaihin laseroinnilla (YAG-laser eli Yttrium-Aluminium-Garnet laser). Näin ollen saadaan poistettua jälkikaihin aiheuttamat leikkauksen jälkeiset näkemisen häiriöt. Mahdollinen linssin vaihto on pidettävä vaihtoehtona, jotta asiakastyytyväisyys taataan. (Sieburth 2019.)

Jälkikaihin laseroinnissa joudutaan avaamaan takakapselia, mikä johtaa siihen, että linssin vaihto myöhemmin on riskialttiimpaa ja vaikeammin suoritettava kirurgille. Asiakkaan näkemisen oireita on seurattava hyvin ennen jälkikaihin laserointia. Yleisesti kolme kuukautta linssileikkauksen jälkeen suurin osa näkemisen häiriöistä, esim. ääreisnäön tummat varjot ja näön tummuminen, helpottuvat. Häikäisy ja rajoittunut valo eivät välttämättä parane aina, ja näitä ei jälkikaihin laserointi paranna. Joten potilaiden, joilla on sumeaa näkemistä, häikäisyä ja haloilmiöitä olisi tärkeää odottaa vähintään 3 kuukautta leikkauksen jälkeen, ennen kuin tehtäisiin laserointi. Jos laserointi ei auta näkemisen häiriöihin ja linssi joudutaan kuitenkin vaihtamaan, on asiakkaalla suurempi riski takakapselin repeämälle, vaihtelevalla näkemisen selkeydelle, infektioille, pidentyneelle paranemisajalle, kystoidiselle makulaturvotukselle ja verkkokalvon irtaumalle. (Wesolosky ym. 2018.) Jälkikaihia voi ilmentyä noin 20–50 %:lla asiakkaista 2–5 vuoden aikana kaihileikkauksen jälkeen. (DeMonte 2024.)

3.3.2 Epätarkka näkeminen tekomykiöllä

Moniteholinssileikkauksessa on tärkeää saada refraktio oikein, jotta potilaan näöntarkkuus on leikkauksen jälkeen paras mahdollinen. Lundström ym. (2018) korostavat tutkimuksessaan esivalmistelun tärkeyttä ja kertovat miten virheet leikkausvaiheessa voivat johtaa epätarkkaan näkemiseen tai muihin ongelmiin, kuten jälkikaihiin. He keskittyvät tutkimuksessaan selvittämään mitkä tekijät voivat ennustaa tällaisten komplikaatioiden riskiä. Tällaisia leikkauksen jälkeisille refraktiovirheille altistavia tekijöitä ovat heidän mukaansa huono leikkausta edeltävä näöntarkkuus, aikaisemmat silmäleikkaukset sekä silmänsairaudet. Myös Garay-Arambury ym. (2022) totesivat tutkimuksessaan, että aiemmat silmäleikkaukset ennustavat leikkauksen jälkeisiä refraktiovirheitä. He mainitsivat altistavaksi tekijäksi myös kaihin kovuuden. Refraktiovirheet vaikuttavat merkittävästi potilaan linssileikkauksen jälkeiseen näköön (Khoramnia ym. 2022). Ne voivat heikentää näköä sekä kauko-, lähi-, että välietäisyyksillä, ja ne vaikuttavat populaatioon perustuvien tutkimusten mukaan 11–14 %:iin potilaista. Erityisesti hämäränäkö voi linsileikkauksen myötä huonontua, heikentäen potilastyytyväisyyttä (Khoramnia ym. 2022).

Leikkausoperaatiossa ei saisi tapahtua virheitä, jotta näöntarkkuus olisi leikkauksen jälkeen paras mahdollinen. Linssin oikea sijoittuminen on tärkeää. Xu ym. (2022) havaitsivat tutkimuksessaan, että silmän biometrisillä ominaisuuksilla on vaikutusta siihen, mi-

ten hyvin linssi saadaan asettumaan silmään. Näistä tekijöistä tärkeitä ovat heidän mukaansa white-to-white -etäisyys (sarveiskalvon halkaisija) ja α -kulman (silmän aksiaalisen ja optisen akselin välinen kulma) suurus. Linssin desentraatio, eli epätäydellinen keskiöityminen voi aiheuttaa wavefront aberratioita (valon taittumisen poikkeamia) ja heikentää näön laatua. (Xu ym. 2022)

Toinen näkemisen osa-alue, johon linssileikkaus voi vaikuttaa, on kontrastiherkkyys. Queiroz ym. (2023) tutkivat näöntarkkuutta, kontrastiherkkyyttä ja potilastyytyväisyyttä monitehoisten diffraktiivisten tekomykiöiden asentamisen jälkeen. Tutkimuksessa oli mukana 20 potilasta, joita arvioitiin yhden, kolmen ja kuuden kuukauden kuluttua leikkauksesta. Kontrastiherkkyden osalta tutkimuksessa huomattiin sen olleen normaalin alarajoilla, kun mitattiin matalia ja korkeita spatiaalitaajuuksia. Välitaajuuksilla mitattuna kontrastiherkkyys oli tutkimuksessa normaalin rajoissa. Näöntarkkuus ja kontrastiherkkyys paranivat asteittain yhden ja kuuden kuukauden välillä leikkauksen jälkeen. Potilastyytyväisyys oli kyselyn perusteella korkealla tasolla. (Queiroz ym. 2023) Mesci ym. (2010) vertailivat tutkimuksessaan monofokaalisia, akkomodoivia, refraktiivisia ja diffraktiivisia tekomykiöitä ja niiden vaikutusta kontrastiherkkyteen. He huomasivat, että henkilöillä, joilla oli toispuoleinen kaihi, refraktiivisilla linsseillä kontrastiherkkyys oli huomattavasti parempi kuin muilla tutkimuksessa olleilla linsseillä. He kertovat johtopäätöksissään myös, että monitehotekomykiöitä käyttäneillä ryhmillä binokulaarinen kontrastiherkkyys oli parempi kuin monokulaarinen kontrastiherkkyys. Myös Gundarsen ym. (2020) tutkivat kontrastiherkkyyttä erityyppisillä tekomykiöillä. He vertailivat toorisia trifokaalitekomykiöitä toorisiin EDOF-linsseihin. Tutkimuksessa ei havaittu merkittäviä eroja näiden linssityyppien välillä.

3.3.3 Kystoidinen makulaödeema

Usein ilman ongelmia suoritettun kaihileikkauksen jälkikomplikaationa voi esiintyä kystoidista makulaödeemaa noin 6–10 viikkoa leikkauksen jälkeen. Nykyaikaisella fakoemulsifikaatiotekniikalla esiintyvyyden on 1–2 % luokkaa. Se ilmaantuu, kun verkkokalvon perifoveaalisisissa kapillaareissa läpäisevyys lisääntyy ja veri-verkkokalvoeste häiriintyy, jolloin kystoidisia tiloja alkaa muodostumaan Henlen säiekerroksen ja ulkoisen plexiform kerroksen imiessä ja pitäessä nesteitä. Nesteen kerääminen aiheuttaa mekaanista häiriötä Müllerin soluille, josta aiheutuu potilaan keskeisen näön heikentymistä ja skotoomia (näkökenttäpuutoksia). Diagnostiikka ja kystoidisen makulaödeeman seuranta suoritetaan yleensä makulan OCT-kuvauksella. (Miller ym. 2025.)

Rotsos & Moschos (2008) kertovat artikkelissaan, että fluoreseiiniangiografiakuvantamisella voidaan havaita veri-verkkokalvoesteen vahingoittuminen ja nesteen kerääntyminen verkkokalvolla solunsisäisesti ja ulkoisesti. He kertovat silmänpohjan fluoreseiiniangiografia kuvantamisen olevan erinomainen kystoidisen makulaödeeman diagnosoinnissa ja lisäksi sen avulla hoidon suunnittelun tarkkuus paranee. Rotsos & Moschos (2008) mukaan potilaan näöntarkkuutta heikentävästi vaikuttavat kystoidien peittämät alueet, mutta kystoidien etäisyydellä fovean avaskulaariseen alueeseen (tarkan näön alue) ei ole havaittu yhteyttä näöntarkkuuden kanssa. (Rotsos & Moschos 2008.)

Feldman ym. (2024) mukaan vuodot fluoreseiiniangiografiakuvantamisessa eivät ole yhteydessä näöntarkkuuden heikkenemisen kanssa. He myös mainitsevat artikkelissaan oireiden olevan näön tarkkuuden heikkenemisen ja skotooman lisäksi kontrastiherkkyden heikentyminen, värinäön menetys, metamorfopsia (kuvien vääristymät) ja mikropsia (ympäristön pienenä näkeminen). Riskitekijänä kystoidiselle makulaödeemalle on Irvine-Gass tulehdusprosessi, joka esiintyy 20 %:ssa kaihileikkauksista, joissa silmänsisäinen linssi asennetaan. Näissä tapauksissa makulaödeema häviää kuitenkin yllättäen 95 % tapauksista kuuden kuukauden sisällä leikkauksen jälkeen. Kliinisesti merkittävä näöntarkkuuden alenema esiintyi 1 %:lla tulehduksen saaneilla, ja 20 %:lla, jos leikkaus on ollut vaativa. (Feldman ym. 2024.)

3.3.4 Muut komplikaatiot

Linssileikkaus voi aiheuttaa aiemmin mainittujen lisäksi muitakin komplikaatioita. Kuivasilmäisyys on oire, mistä jotkut kärsivät leikkauksen jälkeen. Han ym. (2014) tutkivat kaihileikkauksen mahdollista yhteyttä Meibomin rauhasten toimintahäiriöön. Kuivasilmäisyyden oireet olivat merkittävästi pahemmat leikkauksen jälkeen kuin ennen sitä. Luomireunan poikkeavuudet lisääntyivät yhden ja kolmen kuukauden jälkeen leikkauksesta. Meibomin rauhasten erityis oli heikompi kolmen kuukauden kohdalla, mutta niiden rakenteessa ei havaittu muutoksia, mikä viittaa linssileikkauksen aiheuttaneen meibomin rauhasten toimintahäiriötä. Myös TBUT (tear break-up time), eli kyynelkalvon hajoamisaika heikentyi tutkittavilla. (Han ym. 2014 s. 1144–1148.)

Sarveiskalvoturvotus kuuluu myös linssileikkauksen mahdollisiin haittavaikutuksiin. Briceño-Lopez ym. (2023) systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa todetaan, että linssileikkauksen jälkeinen sarveiskalvoturvotus liittyy fakoemulsifikaation aikana tapahtuvaan endoteelisolukatoon. He toteavatkin myös, että endoteelisolutiheys voi ennustaa

riskiä leikkauksen jälkeiselle sarveiskalvoturvotukselle. Sarveiskalvoturvotus vaikuttaa näkemisen osa-alueisiin, kuten kontrastiherkkyteen ja näöntarkkuuteen merkittävästi. (Briceno-Lopez ym. 2023.)

Kaihileikkauksen jälkeinen silmänpaineen nousu on yleistä erityisesti potilailla, joilla on korkea silmänpaine jo ennen leikkausta, tai taipumusta siihen. Sama pätee myös glaukoomasta kärsiviin henkilöihin ja henkilöihin, joiden silmässä on suuri aksiaalinen pitemuus (Kim ym. 2011)

Linssileikkauksen jälkeinen endoftalmiitti on vakava komplikaatio, joka voi ilmetä joillain potilailla. Se saa alkunsa yleensä mikrobiflooran, sienten tai bakteerien tunkeutumisesta silmään. Sen oireina voi olla näöntakkuuden heikentymistä, silmän punoitusta ja kipua viikon tai kahden kuluttua leikkauksesta. Endoftalmiittia voidaan ehkäistä potilaiden huolellisella seulonnalla ja arvioinnilla ennen leikkausta. Jälkiseurannalla, nopealla hoitoon pääsyllä ja varmistamalla potilaan sitoutumisella hoitoon, voidaan estää tilan eteneminen pahemmaksi. Leikkaurutiiniin kuuluu silmän etukammioon annosteltavat antibiootit silmänsisäisen infektion ehkäisyyn. (Althiabi ym. 2022.)

3.4 Moniteho- ja muut presbyopiaa korjaavat tekomykiöt

Tässä luvussa tarkastellaan pääasiallisesti erilaisia monitehotekomykiötyyppejä sekä presbyopian korjaavien tekomykiöiden kategoriaan kuuluvia EDOF-linssejä. Luvussa kerrotaan silmänsisäisten linssien (tekomykiö) toiminnasta yleisellä tasolla. Lisäksi on pyritty selvittämään linssien vaikutukset lähinäköön.

3.4.1 Diffraktiiviset monitehoiset tekomykiöt

Silmänsisäisesti asennettavia diffraktiivisia monitehotekomykiöitä ovat esimerkiksi kaksitehoiset (bifokaaliset) ja kolmitehoiset (trifokaaliset) diffraktiiviset linssit. Vuonna 2005 Alconin markkinoille tuoma kaksiteholinssi ReSTOR käyttää linssin tekniikkana apodisaatiota, jossa linssin lähipainotteisen keskeisen alueen ympärillä on pituudeltaan laskevia samankeskisiä renkaita, jotka muodostavat valon diffraktiota kauko- ja lähietäisyyksille (Patel ym. 2024). Renkaat laskevat linssin keskialueelta periferiaan mentäessä (Alió & Pikkell, 2019, s.38). Apodisaatio on diffraktiivisissa linseissä käytetty linssimuotoilu. Rakenteen ansiosta linssi toimii yhteydessä pupillin laajanemisen ja supis-

tumisen kanssa. Pupillin ollessa laajentuneena linssin apodisoitunut diffraktiivinen periferia aktivoituu, jolloin linssin periferian matalaportainen alue suuntaa energiaa kaukokokukseen ja vähemmän lähelle. Vastakkainen reaktio tapahtuu supistuneella pupililla, jolloin lähifokus on vahvistuneena. (Alió & Pikkel, 2019, s.38–39.)

Fisherin (2011) tutkimuksen perusteella uudemman teknologian AcrySof IQ ReSTOR diffraktiivisilla moniteholinsseillä enemmistö potilaista saavutti silmälasiriippumattomuuden ja erinomaisen lähinäön korjauksen. Tämän teknologian linseistä oli kahta versiota +3 D ja +4 D lähilisällä (D=dioptria), joilla potilaat kokivat näössään 63–65 % häikäisyn ja haloilmiöiden olevan poissa tai lievää. Yöllä näkemisessä ei ollut ongelmia tai keskitasoista vaikeutta oli 83–88 %:lla potilaista. Molemmissa ryhmissä 78–81 % potilaista saavutti silmälasiriippumattomuuden. Useita näkemisen häiriöitä on saatu poistettua tämän tyyppin linseillä, joten potilastyytyväisyys on ollut hyvällä tasolla. (Fisher, 2011.)

American Medical Opticsin (AMO) valmistama silmänsisäisen Tecnis -diffraktiivisen moniteholinssin rakenne koostuu asfäärisestä etuosasta ja takaosan diffraktiivisista renkaista, jotka fokusoivat valoa kauko- ja lähietäisyyksiltä. Potilaan pupillin koolla on vähemmän merkitystä näillä linseillä, mutta välialueille näkeminen voi olla vaikeaa. (Patel ym. 2024.)

Salerno, Tiveron Jr. & Alió (2017) kertovat diffraktiivisten moniteholinssien muodostuvan mikrorakenteisista samankeskisistä renkaista, jotka lähenevät toisiaan keskeltä periferiaan mennessä. Niillä saadaan hyvä kauko- ja lähinäkö, mutta välialueen näkeminen voi toisinaan olla heikkoa. Diffraktiiviset moniteholinssit eivät ole vaativia pupillidynamiikan tai linssin keskiöitymisen suhteen. Näillä linseillä kontrastiherkkyys heikkenee merkittävästi, mutta se pysyy kuitenkin normaaliarvojen sisällä. (Salerno Ym. 2017.)

Moniteholinssien optiikassa on käytössä kiertosymmetriset linssin muodot, joihin kuuluu suurin osa refraktiivisista, ja kaikki diffraktiiviset moniteholinssit. Kiertosymmetriasta poikkeavat muodot ovat käytössä tietyissä refraktiivisissa malleissa. Tietyissä linseissä käytetään asfääristä muotoa, jolla vähennetään sfäärisiä aberraatioita ja parannetaan kontrastiherkkyttä. (Salerno Ym. 2017.)

Trifokaalisissa diffraktiivisissa linseissä on kaksitehoisiin verrattuna kolmas fokusalue, jolla saadaan parannettua välialueelle näkemistä. Monien tutkimusten mukaan korkean asteen aberraatioiden ja näöntarkkuuden on havaittu olleen samalla tasolla kaksitehoisten kanssa. Trifokaalisissa linseissä on testeissä havaittu kaukonäöntarkkuuden olevan heikompi ja haloilmiöitä näkökentässä enemmän verrattuna kaksitehoisiin teko-linseihin. (Patel Ym.; 2024.)

3.4.2 Refraktiiviset monitehoiset tekomykiöt

Refraktiivisilla silmänsisäisillä moniteholinseillä pystytään katsomaan kaikkiin etäisyyksiin, koska niissä muodostuu useita fokusointikohtia eli polttopisteitä. AMO:n kehittämässä toisen sukupolven refraktiivisessa moniteholinssissä ReZoom on vyöhykemäisiä rakenteita, jolla on pystytty laajentamaan ja pienentämään näköalueita sekä asfääristä siirtymää näköalueiden välillä, jolloin näkemisen häiriöitä on saatu vähennettyä. Linseillä on saavutettu hyvää näkemisen laatua kaikille etäisyyksille. Rajoittavana tekijänä on pupillin koko linssien vyöhykemäisen rakenteen takia. (Patel Ym.; 2024.)

Salerno, Tiveron Jr. & Alió (2017) mukaan refraktiivisten moniteholinssien kehämäiset vyöhykkeet eri voimakkuuksilla saavat aikaan hyvän kauko- ja välialueiden näkemisen, mutta lähinäkeminen voi jäädä toisinaan vajavaiseksi. He kertovat tutkimuksessaan linssien olevan erittäin vaativia keskiöitymisen suhteen, ja että niiden kanssa voi esiintyä heikentynyttä kontrastiherkkyttä sekä haloilmiöitä ja häikäisyä. Salerno ym. (2017) ja Patel ym. (2017) ovat samaa mieltä pupillin koon dynamiikan vaikutuksista refraktiivisissa linseissä. (Salerno Ym. 2017.)

Fernández ym. (2022) kertovat tutkimuksessaan silmänsisäisen refraktiivisen trifokaalilinssin AT LISA tri 839MP tehokkuudesta presbyopian korjaamisessa ja potilastyytyväisyydestä. He analysoivat 36 kaihitonta potilasta, joille asennettiin trifokaalilinssit molempiin silmiin. Tutkimuksen tuloksista selvisi, että silmälasista pääsi eroon kaukonäöntarkkuuden suhteen 87,5 %, välinäöntarkkuuden 84,4 % ja lähinäöntarkkuuden 78,1 % potilaista. Potilaista 78,1 % oli tyytyväisiä silmälasittomaan näöntarkkuuteensa. Potilaista Neljällä tutkimuksen potilaista oli dyfotoptisia ilmiöitä näössään: haloilmiöt ja häikäisy keskivakavana tai vakavana sekä yleisimpänä tähtisädeilmiö. Kahdella potilaalla nämä ilmiöt vaikuttivat vakavana vaikeutena yöllä ajamisessa, sekä keskivakavana ja kohtalaisena vaikeutena pienen tekstin lukemisessa ja lähityössä. Kaksi nel-

jästä potilaasta oli tyytyväisiä näköönsä ilmiöistä huolimatta. Yhdelle potilaista leikkauksella ei ollut vaikutusta elämänlaatuun, mutta toinen heistä sen sijaan ei ollut tyytyväinen näköönsä leikkauksen jälkeen. Fernandez ym. (2022) mukaan tutkimusten tulokset kuitenkin viittasivat korkeaan potilastyytyväisyyteen, ja linssi mahdollisti enemmistölle potilaista erinomaisen näön kauas, välialueille ja lähelle ilman silmälaseja. (Fernandez ym. 2022.)

3.4.3 Tooriset monitehoiset tekomykiöt

Toorisia silmänsisäisiä linssejä suositellaan, jos potilaalla on sarveiskalvon astigmatiaa 1 dioptria tai enemmän. Linsseillä voidaan korjata aiempaa silmien astigmatiaa sekä vähentää leikkauksen jälkeisen astigmatian määrää. Monitehoisilla toorisilla intraokulaarilinsseillä voidaan saada korjattua astigmatian lisäksi näkeminen kauas, välialueelle ja lähelle. Kontraindikaatioita tooristen linssien asentamiselle voivat olla arvet tai ektasiat sarveiskalvolla, säännönvastainen astigmatia, taipumus silmän tahattomille liikkeille, ripustinsäikeiden heikkous, pupillien heikko laajeneminen, aikaisemmat lasiaisverkkokalvokirurgiset toimenpiteet ja repeämä takakapselissa. Nämä tekijät voivat aiheuttaa potilailla tyytymättömyyttä saavutettuun lopputulokseen. Feldman ym. (2024) esittelevät artikkelissaan eri valmistajien intraokulaarisia toorisia moniteholinssejä, ja esimerkiksi Symphony Toric ja Odyssey Toric linsseillä potilaan hajataittoa voidaan korjata 1.50D – 3.75D (D=dioptria) sylinterivoimakkuuksien verran. (Feldman, 2024.)

3.4.4 EDOF-linssit

EDOF-linssit (EDOF=Extended Depth of Focus) ovat uutta teknologiaa, jotka kuuluvat ikänäköisyyttä korjaavien silmänsisäisten linssien kategoriaan. Niiden tarkoituksena on parantaa syväterävyyttä ja fokuksen syvyyttä muodostamalla linssiin yhden pidennetyn fokuksen. Tällä tekniikalla pyritään poistamaan lähi- ja kaukokuviin päällekkäisyyksiä, joita monitehoisissa linsseissä tapahtuu, ja näin ollen haloilmiöitä saadaan vähennettyä. Parhaimmillaan linsseillä voisi olla mahdollista saavuttaa optimaalinen väli- ja lähialueen näkeminen sekä olla heikentämättä kaukonäkemistä. (Micheletti ym. 2023.)

Micheletti Ym. (2023) kertovat artikkelissaan kolmesta erilaisesta EDOF-linssi teknologiasta. Ensimmäisenä teknologiana mainitaan pienen apertuurin EDOF-linssit ns. aidot EDOF-linssit, joissa pieni apertuuri lisää syväterävyyttä ja fokuksen syvyyttä neulanreikä efektin avulla. Tämän takia valoa pääsee vähemmän silmään, jolloin linsseillä on

vaikeampi nähdä hämärässä. Artikkelissa toisena he mainitsevat diffraktiiviset moniteho-EDOF linssit luokiteltuna EDOf-efektin linseiksi. Niissä käytetään asfääristä etupintaa ja diffraktiivista takapintaa, jossa echellette kuviointi pidentää yksittäistä fokuksipistettä. Pidentetty fokalalue auttaa melkein kaiken valon pääsyn linssin lävitse ja kro-maattiset aberraatiot vähenevät. Kolmantena EDOf-linssikategoriana artikkelissa mainitaan valon säteitä muokkaavat EDOf-linssit, joita ei voida luokitella aitoihin EDOf-linsseihin. Linsseissä geometrinen muutos keskeisellä optisella alueella aiheuttaa voimakkuuden muutoksen keskeiseltä alueelta linssin periferiaan mentäessä. Sädettä saadaan muokattua nostamalla keskeisen alueen voimakkuutta linssissä, tai aaltorintamamodulaatioefektin pidentäytällä fokuksipisteellä. Artikkelissa mainitaan kaksi tämän tekniikan linssiä ja ensimmäinen EyHance ICBOO tarjoaa sulavaa siirtymää voimakkuudessa periferiasta lähelle ilman rajapintoja ja mahdollisesti etäisyysominaisuudet, välinäköalueen sekä minimaaliset monofokaalisiin linsseihin verrattavat fotooppiset vaikutukset. Toinen mainittu linssi RayOne EMV käyttää fokuksen syvyyden parantamiseen positiivisten sfääristen aberraatioiden voimistamista samalla kun linssin periferia pysyy aberraatio-neutraalina. Linssillä on mahdollista saavuttaa 1.25 D pidentetty näkölaajuus, kun linssileikkaus tehdään emmetroopille. Intraokulaaristen EDOf-linssien ja moniteholinssien on osoitettu vähentäneen silmälasiriippuvuutta, mutta linsseillä on havaittu häikäisyä, haloja ja fotooppisia ilmiöitä. (Micheletti ym. 2023.)

Kanclerz ym. (2020) esittävät tutkimuksessaan EDOf-linsseissä saavutetun näöntarkkuuden kauas ja lähelle olevan hyvää, mutta lähinäkö jää heikoksi suurimmalla osalla linsseistä. Heidän mukaansa on kuitenkin tutkimuksia, joissa potilaat ovat olleet tyytyväisiä lähinäkönsä. Yksi tapa kompensoida joidenkin potilaiden heikkoa lähinäköä EDOf linsseillä, on hyödyntää mini-monovisionia tai diffraktiivisten low ADD-linssien käyttö mix-and-match-linssiyhdistelmästrategialla. Siinä yhdistellään EDOf -ja trifokaalilinssejä säädettynä joko samoille, tai eri näköalueille. Mini-monovision voi aiheuttaa kaukonäön heikentymistä ja haloilmiöiden lisääntymistä. Silmänsisäisten EDOf-linssien ja moniteholinssien yhdistelmäratkaisut ovat lupaavia tekniikoita erityisesti lasiriippuvuudesta eroon haluaville. Tutkimuksessa on todettu neuroadaptiivisuuden olevan iso haaste moniteholinsseillä ja EDOf-linsseillä. Aitojen EDOf-linssien aberraatiot lähinäön vahvistamiseen voivat olla joillekin potilaille vaikeita sietää. Kanclerz Ym. (2020) kertovat havainnoistaan muista tutkimuksista, joissa on saatu selville, että EDOf-linsseillä fotooppisia ilmiöitä olisi vähemmän verrattuna monitehoisiin intraokulaarilinsseihin. He myös kertovat EDOf-linsseillä dysfotopsia ilmiöitä esiintyvän vähemmän kuin monitehoisilla linsseillä. Kanclerz Ym. (2020) ehdottavat linsseille, joissa on yhdistelty

eri optisia muotoiluja käytettävän vaihtoehtoista terminologiaa hybridilinsit, jotta EDOF-linssi terminologia olisi selkeämpää. (Kanclerz ym. 2020.)

4 Dysfotopsiailmiöt

Dysfotopisilla ilmiöillä tarkoitetaan tekomykiöön liittyviä näköhäiriöitä, joissa valoa heijastuu linssin reunaosasta ei toivottuun kohtaan verkkokalvoa. Ne koetaan yleensä ylimääräisinä kuvina, tai haloilmiöinä (Houser ym. 2024). Seuraavissa kappaleissa käsitellään dysfotopsiailmiöitä ja niiden suhdetta moniteholinssileikkaukseen.

4.1 Moniteholinssileikkauksen aiheuttamat dysfotopsiailmiöt

Dysfotopsia on yksi tyytymättömyyden aiheuttaja pienellä joukolla linssileikkauspotilaita. Se voi ilmetä joko positiivisena dysfotopsiana (PD), tai negatiivisena dysfotopsiana (ND). Positiivisella dysfotopsialla tarkoitetaan esimerkiksi haloilmiöitä, häikäisyä, tähtisädeilmiöitä, valokaaria, valokuovia tai valonvälähdyksiä. Negatiivinen dysfotopsia puolestaan ilmenee kaarimaisena varjona näkökentän temporaaliperiferisellä alueella. (Grzybowski 2024.) Yksi henkilö voi kärsiä samaan aikaan sekä ND:stä, että PD:stä (Mohammed 2025). Tekomykiön tyyppi voi vaikuttaa dysfotopsiailmiöiden laatuun. Aiheuttajia ei täysin tunneta, mutta positiivinen dysfotopsia vaikuttaa liittyvän tekomykiön materiaaliin, tyyppiin ja sijaintiin. (Houser ym. 2024.) Mohammed (2025) toteaa, että riskialttiita linssityyppejä ovat erityisesti ovaalin tai neliönmuotoiset linssit, sekä teräväreunaiset linssit. Pohjasyy on se, miten linssi vaikuttaa valon aistimiseen näköjärjestelmässä. Linssimateriaaleista akryyli- tai vettä hylkivät rakenteet lisäävät PD:n riskiä. Näiden lisäksi riskin voivat aiheuttaa pieni optinen alue, korkea refraktio ja suuri pupillin koko. Mohammed (2025) käsittelee tässä linssileikkauksia yleisesti, mutta ei ota kantaa monitehoiseen tekomykiöön erityisesti. Hänen mukaansa negatiivinen dysfotopsia aiheutuu valon taitumisesta kahteen eri kohtaan verkkokalvolla, ja niiden väliin jäävästä raosta, joka koetaan aiemmin kuvatun kaltaisena varjona.

Buckhurst ym. (2017) toteavat kirjallisuuden näyttävän, että nimenomaan monitehoiset tekomykiöt aiheuttavat dysfotopsiailmiöitä potilaille. Sen sijaan heidän mukaansa ei ole varmaa, millainen moniteholinssityyppi kannattaa valita ilmiöiden minimoimiseksi. He tutkivat dysfotopsiailmiöitä valonhajontametodilla ja eivätkä huomanneet pupillin koon vaikuttavan valonhajontaan tekomykiössä. Tämä on ristiriidassa Mohammedin (2025)

lödösten kanssa. Toisaalta Buckhurst ym. (2017) saivat tämän tuloksen tutkiessaan sfäärisiä linssejä

Dysfotopsiailmiöitä on mahdollista korjata uudella leikkauksella, jossa tekomykiö poistetaan, ja vaihdetaan uuteen. Tällaisella vaihdolla pystytään ehkäisemään sekä positiivista että negatiivista dysfotopsiaa. Usein vanhan tekomykiön tilalle vaihdetaan suurempi tekomykiö. Kahdenkymmenen potilaan otannasta 75 prosenttia koki täydellisen parannuksen leikkauksen jälkeen ja 20 prosenttia osittaisen parannuksen. Potilaista yhdeksän kärsi positiivisesta ja kymmenen negatiivisesta dysfotopsiasta. Yksi potilas kärsi molemmista tyypeistä. (Luyten 2024.)

4.2 Näköjärjestelmän adaptoituminen dysfotopsiailmiöihin

Mohammed (2025) toteaa kaihileikkausten jälkeisten dysfotopsiailmiöiden olevan yleisiä, ja että ne menevät ohi itsestään ensimmäisen vuoden aikana leikkauksen jälkeen, usein viikkojen sisällä leikkauksesta. Bhogal-Bharma ym. (2024) pyrkivät tutkimukseensa selvittämään, miten häikäisyoireet muuttuvat ajan myötä, ja mitkä tekijät voivat ennustaa kenellä näitä oireita esiintyy voimakkaimmin. He saivat selville, että objektiivisesti mitattu valohajonta jatkoi vähenemistä leikkauksen jälkeen, kun taas subjektiivisesti koetut oireet eivät merkittävästi vähentyneet ensimmäisen kuukauden jälkeen. Tästä he tulivat johtopäätökseen, että leikkauksen jälkeisen alkuvaiheen muutokset subjektiivisessa kokemuksessa näköhäiriöiden lievenemisessä ovat todennäköisesti tulosta leikkauksen paranemisprosessista eikä neuroadaptaatiosta. Tutkimuksessa verrattiin oireita kaihipotilaille ennen linssileikkausta, ja kuukauden ajan leikkauksen jälkeen.

Coco-Martin ym. (2019) selvittivät narratiivisessa katsauksessaan, voisiko videopelejä hyödyntää neuroadaptaatiossa, eli aivojen totumisessa moniteholinssileikkauksen aiheuttamiin dysfotoptisiin ilmiöihin ja parantaa leikkauksen jälkeen alentunutta näöntarkkuutta. Heidän mukaansa niistä voi mahdollisesti olla apua, mutta tarvitaan lisää tutkimusta, ennen kuin aiheesta voidaan tehdä johtopäätöksiä. Myös visuaalisen harjoittelun mahdollista roolia on tutkittu moniteholinssileikkauksen jälkeisen neuroadaptaation edistämisessä. Esimerkiksi Pinero ym. (2023) tutkivat Gabor patch -kuvioihin perustuva visuaalista harjoittelua kolmitehoisten moniteholinssien asentamisen jälkeisten visuaalisten häiriöiden, kuten kontrastiherkkyuden alenemisen ja häikäisyn parantamiseen. He havaitsivat, että harjoitukset voivat edistää neuroadaptaatiota ja parantaa

näitä häiriöitä. Tämä tukee Coco-Martin ym. (2019) havaintoja videopelien mahdollisesta vaikutuksesta neuroadaptaatioissa.

5 Kartoittava kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on kerätä ja arvioida jo olemassa olevaa teoriaa aiheeseen liittyvistä laadukkaista tutkimuksista sekä kehittää sen valossa uutta teorianäkökulmaa. Tutkimuksen suunnan johtavaksi tekijäksi valitaan tutkimuskysymykset tai tutkimusongelma. Kirjallisuuskatsauksen avulla saadaan muodostettua kokonaiskuvaa tutkitusta aiheesta. Teoriatiedon historiallista kehitystä pystytään seuraamaan ja kuvaamaan tutkimusmenetelmän avulla. (Salminen 2023.)

Opinnäytetyö kuuluu kirjallisuuskatsauksen piiriin. Tässä luvussa esittelemme kuvailevan kirjallisuuskatsauksen alatyypin, scoping-katsauksen, eli kartoittavan kirjallisuuskatsauksen, mikä soveltui erinomaisesti opinnäytetyömme aiheen tarkasteluun ja tiedonkeruuseen. Tähän lukuun sisältyy myös työssä käytetyt tietokannat, hakusanat ja tutkimusten poissulku- ja sisäänottokriteerit.

Kartoittavassa kirjallisuuskatsauksessa tutkitaan laajoja tutkimusaineistoja. Katsauksen eteneminen tapahtuu iteratiivisesti, eli samoja vaiheita toistetaan useaan otteeseen, jotta päästään päämäärään. Tutkittaviksi kohteiksi voidaan valita muun muassa asiantuntijakäsitykset, kirjallisuuskatsaukset, käsitteiden väliset suhteet ja tutkimusten aukot. Merkityksellinen tieto pyritään löytämään useita lähteitä käyttäen. Tavoitteena onkin laaja-alainen tarkastelu tutkittavasta aiheesta, joten tutkimuksen laatu ei ole pääpainotuksena. Kartoittavalla kirjallisuuskatsauksella voidaan löytää tutkimuksista tietoa ja saada informoitua tulevaa tutkimusta aihealueen kirjallisuuden syvyydestä ja laajuudesta. Menetelmällä voidaan löytää olennaisia asioita tekijöistä, jotka liittyvät tarkasteltavaan käsitteeseen. (Salminen 2023.)

Tutkittavan ongelman ja tutkimuskysymyksen selvittämiseksi tulee ottaa huomioon katsaustyyppin soveltuvuus. Vaikka kartoittavaa katsausta käytetään eri tarkoitukseen, kuin systemaattista, on siinä silti käytettävä tarkkoja ja läpinäkyviä tutkimustapoja, koska ne ovat luotettavien tutkimustulosten perusta. Kartoittava kirjallisuuskatsaus voi toimia hyvänä perustana systemaattiselle kirjallisuuskatsaukselle, jolla voidaan varmistaa sisäänottokriteerien ja tutkimuskysymysten merkityksellisyys. (Munn ym. 2018.)

6 Kartoittavan kirjallisuuskatsauksen toteutus

6.1 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tarkoituksena on kerätä ja tuoda saataville tietoa moniteholinssileikkauksen vaikutuksista lähinäköön sekä mahdollisista näköhäiriöistä, joita leikkaus voi aiheuttaa. Työn tavoitteena on tarjota moniteholinssileikkausta harkitseville henkilöille kattavaa ja ajankohtaista tietoa. Lisäksi se tarjoaa optometristeille kootusti ajantasaista tietoa aiheesta, jotta he voivat ohjeistaa potilaitaan parhaalla mahdollisella tavalla. Tämä tekee työstä hyödyllisen sekä yksilöllisellä tasolla sekä yhteiskunnan ja lääketieteellisen yhteisön kannalta.

Opinnäytetyössä pyrimme vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitkä ovat moniteholinssileikkauksen vaikutukset lähinäköön?
2. Millaisia dysfotoptisia ilmiöitä näkemisessä leikkauksen jälkeen yleisemmin esiintyy?

6.2 Tietokantojen ja hakulausekkeiden valinta sekä aineistonkeruu

Opinnäytetyössä käytettiin lähteinä ainoastaan englanninkielisiä julkaisuja, jotka olivat kokonaisuudessaan saatavilla ilman maksumuuria. Aineistot rajattiin vuoden 2020 jälkeisiin julkaisuihin, jotta saatiin kerättyä mahdollisimman tuoretta ja merkityksellistä tietoa. Luotettavuuden varmistamiseksi opinnäytetyöhön valittiin ainoastaan vertaisarvioituja tutkimuksia.

Tutkimusten haussa käytettiin kahta eri hakualustaa: PubMed Centralia ja ProQuest Centralia, koska niistä löytyi suuri määrä tutkimuksia aiheeseen liittyen. Tiivistelmän perusteella tarkasteluun otetut tutkimukset olivat kaikki laadukkaita, ja niistä valittiin aiheeseen parhaiten soveltuvat tutkimukset, jotka analysoitiin tarkasti.

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen haussa käytettiin seuraavia hakutermejä: multifocal intraocular lens surgery AND near vision OR reading vision AND effects OR outcomes.

Toisen tutkimuskysymyksen haussa käytettiin seuraavia hakutermejä: dysphotopsia OR visual disturbances OR glare OR blurred vision AND multifocal intraocular lens surgery

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Englanninkieliset julkaisut	Julkaisukieli muu kuin englanti
Ihmisiin kohdistuvat tutkimukset	Ei ihmisiin kohdistuvat tutkimukset
Julkaisuvuosi 2020–2025	Ennen 2020 julkaistut tutkimukset
Vertaisarvioidut	Ei vertaisarvioidut tutkimukset
Avoimen saatavuuden tutkimukset	Maksulliset tutkimukset

Leikkauksen vaikutukset lähinäköön	Hakupäivämäärä	Laaja haku	Otsikon perusteella jatkoon valitut	Tiivistelmän perusteella jatkoon valitut	Katsaukseen valitut tutkimukset
PubMed & ProQuest Central	4.3.2025	343 kpl	90 kpl	18 kpl	3kpl
Dysfotopiset ilmiöt	Hakupäivämäärä	Laaja haku	Otsikon perusteella jatkoon valitut	Tiivistelmän perusteella jatkoon valitut	Katsaukseen valitut tutkimukset
PubMed & ProQuest Central	6.3.2025	92 kpl	22 kpl	17kpl	4kpl

7 Tutkimusten kuvaus

Opinnäytetyön tutkimusten valinnassa on huomioitu tutkimusten hyvä laatu ja monipuolisesti erilaisia moniteholinssimalleja, jotta saatiin analysoitavaksi laaja-alaisesti tutkimustietoa aiheesta. Aiheeseen liittyen löytyi hyvin kattavasti tutkimustietoa, ja tutkimuskysymykset johdattivat valitsemaan tässä kappaleessa esitellyt tutkimukset.

Carreñon Ym. (2020) chileläinen tutkimus käsittelee intraokulaarisen kolmitehoisen moniteholinssin vaikutusta näöntarkkuuteen, refraktioon, defokuskäyrään (linssin suorituskyky eri etäisyyksille), ja kontrastiherkyyden muutoksia kirkkaassa sekä hämärässä valaistuksessa isolla otannalla. Tutkimus on suoritettu yksiryhmäisenä retrospektiivisenä ei-satunnaistettuna potilaskertomusten tarkasteluna. Tarkasteltuina oli kahden kirurgin kaihileikkaukset ja refraktiivisen linssin vaihtoleikkaukset. Potilailla ei ollut aiempaa patologiaa silmissä poissulkien kaihi, ja tiedoissa ei ollut aiempia silmäkirurgisia toimenpiteitä. Trifokaalisia tekomykiöitä (Panoptix) asennettiin molempiin silmiin hajataiton korjauksella (tooriset) 100:lle ja ilman toorisuutta 250:lle potilaalle. Ikäjakaumaltaan ei-tooriset olivat 67.6 ± 9.3 ja tooriset 63.9 ± 9.0 -vuotiaita. Moniteholinsseillä saavutetun refraktio korjauksen sfäärinen ekvivalentti oli 0.50 D sisällä ja moniteholinssit toorisuudella 94 %:lla jäännöshajataitto oli $\leq 0.50D$. 80,6 % kaikista potilaista saavutti binokulaarisen näöntarkkuuden 0,8 (0.1 logMAR) kaikille testatuille etäisyyksille 4 m, 60 cm ja 40 cm. Leikkauksissa käytettiin 127 potilaalla ei-toorisissa ja 53 potilaalla toorisissa Femtosekuntilaser teknologiaa (FLACS = femtosecond laser assisted cataract surgery). Leikkauksissa käytettiin Femtosekuntilaser teknologiaa (FLACS=femtosecond laser assisted cataract surgery) 127 ei-toorisessa ryhmässä ja 53:lla potilaalla toorisessa ryhmässä. Kaihipotilaiden ja linssinvaihtopotilainen keskimääräinen sfäärinen ekvivalentti arvo oli tilastollisesti eroavainen mutta kliinisesti merkityksetön. Keskimääräisten sfääristen ekvivalenttiarvojen erot eivät olleet tilastollisesti merkittäviä tooristen tai ei-tooristen linssien sekä FLACS tai manuaalisella kirurgialla suoritettujen leikkausten välillä. Kirkkaassa ja hämärässä valaistuksessa testatuissa kontrastiherkkyksissä oli tilastollisia eroavaisuuksia kaihileikkausten ja linssinvaihtoleikkausten välillä sekä tooristen ja ei-tooristen linssien välillä, mutta niitä ei pidetty kliinisesti merkittävänä. Toorisilla moniteholinsseillä saavutettiin hieman paremmat tulokset kontrastiherkkydessä kirkkaassa ja hämärässä valaistuksessa ei-toorisiin verrattuna kaikilla spatiaali-
taajuuksilla. (Carreno ym. 2020.)

Tutkimuksen rajoittavina tekijöinä oli Carreno ym. (2020) mukaan potilaiden valikoituminen ainoastaan yhdestä yksiköstä. Defokuskäyrä (defocus curve), näöntarkkuus ja kontrastiherkkyys on mitattu tutkimuksissa ainoastaan binokulaarisesti korjaamattomasta näkemisen tilasta, mikä rajoittaa vertaamista muihin saman alan kirjallisuuden tutkimuksiin. Tutkimuksessa keskityttiin objektiivisiin tuloksiin ja esimerkiksi potilaiden subjektiivista näkemisen laatua tai näkemisen häiriöitä ei selvitetty potilailta. (Carreno Ym. 2020.)

Tutkijat Carreno ym. (2020) tulivat tutkimuksessaan loppupäätelmään, että trifokaaliset moniteholinssit (Panoptix) toorisina ja ei-toorisina takaavat potilaille hyvän toiminallisen näön sekä näöntarkkuuden kauas, välialueille ja lähelle ilman silmälasikorjausta. Linseillä potilaat saavuttavat hyvän kontrastiherkkyuden sekä laajat näköalueet. He pitävät tutkimustaan merkittävänä kyseisen moniteholinssin kannalta, koska siinä on hyödynnetty laajaa kliinisten tutkimusten otantaa. (Carreno ym. 2020.)

Karuppiah ym. (2022) intialainen tutkimus vertaa neljää erilaista silmänsisäistä linssiä niiden kliinisten tulosten perusteella. Tutkimuksessa vertailussa olivat ei-tooriset monitehoiset trifokaalilinssit AT LISA ja Eyecryl SERT sekä EDOF-linssit Eyecryl SERT ja Eyhance. Se oli tehty retrospektiivisenä vertailevana tutkimuksena, jossa potilaille asennettiin yksi neljästä tutkimuksen linseistä. Kun linssileikkauksesta oli kulunut 30 päivää, jokaisen linssiryhmän potilailta arvioitiin korjattuna ja ei-korjattuna lähinäöntarkkuus (40 cm), kaukonäöntarkkuus (6 m) sekä välinäöntarkkuus (60 cm) ei-korjattuna ja kaukonäönkorjauksella monokulaarisesti (yhellä silmällä). Lisäksi kontrastiherkkyys ja defokuskäyrä arvioitiin potilailta. Tutkimukseen valitut olivat 40-vuotiaita tai sitä vanhempia henkilöitä, joilla odotettu leikkauksen jälkeinen hajataiton määrä oli ≤ 1.00 D. Tutkimukseen ei otettu potilaita, joilla on ollut esimerkiksi aiempia silmäkirurgisia toimenpiteitä, sarveiskalvon astigmatiaa >2.00 D, silmän patologioita, sarveiskalvon epä-säännöllisyyksiä, kapselipussin vakauteen vaikuttavia silmänsairauksia tai systeemistä sairautta, mitkä voisivat vaikuttaa näkemisen lopputulokseen. Tutkimuksessa oli mukana 115 potilasta, jotka oli jaettu neljään ryhmään. Kussakin ryhmässä tutkittiin 30 silmää, eli yhteensä 120 silmää. Kolmelletoista potilaalle tehtiin FLACS ja 107:lle potilaalle suoritettiin linssileikkaus perinteisillä leikkausmenetelmillä ja manuaalisella kapsuloreksistekniikalla. Leikkauksen aikana tai jälkeen ei ollut komplikaatioita. Tutkimuksessa käytetty AT LISA Trifocal 839MP IOL (Carl Zeiss AG) on moniteholinssi asfäärisellä optiikalla ja diffraktiivisella rakenteella sekä lähilisällä $+3.33$ D ja välialueen $+1.66$ D linssivoimakkuuksilla. Toinen trifokaalinen moniteholinssi Eyecryl SERT TRHFY600

(Biotech Healthcare Group) samankaltaisilla linssirakenteilla kuin AT LISA, mutta voimakkuuksiltaan lähilissä +3.50 D ja välialue +1.85 D. EDOF-linsseistä Eycryl SERT model PLHFD6 (Biotech Healthcare Group) on kaksoiskupera linssi asfäärisellä etupinnalla. Lisäksi linssissä on välialueen näkemistä parantava laajennettu fokuksen syvyys (EDOF) linssin akromaattisella takaosan diffraktiopinnalla. Toinen EDOF-linssi tutkimuksessa on The TECNIS Eyhance IOL (Johnson and Johnson vision) ICB00 sfäärisellä takapinnalla. Linssi parantaa välialueen näkemistä uniikilla asfäärisellä etupinnalla, jossa optinen halkaisija on 6 mm ja voimakkuuden muutokset ovat linssin periferiasta keskelle. Kaikki testatut linssit ovat hydrofobisia (vettä hylkiviä) akryylilinssejä. (Karuppiah ym. 2022.)

Karuppiah Ym. (2022) havaitsivat tuloksista, että kuukausi linssileikkauksen jälkeen kaikilla linssityypeillä kaukonäön tarkkuudessa ilman korjausta tai korjauksella ei ollut tilastollisesti merkittävää eroavaisuutta. EDOF-linsseillä oli tilastollisesti merkittävästi parempi näöntarkkuus välialueilla verrattuna monitehoisiin. Lähinäöntarkkuus korjattuna ja ilman korjausta oli tilastollisesti merkittävästi heikompi EDOF-linsseillä verrattuna monitehoisiin. Tutkimuksen potilaat, joille oli asennettu AT LISA-trifokaalilinssi, saavuttivat näöntarkkuuden LogMar 0.068 ($\approx V$: 0.85). Eycryl SERT trifokaalilinsseillä saavutettu näöntarkkuus oli LogMar 0.071 ($\approx V$: 0.8). Eyhance EDOF-linsseillä potilaat saavuttivat näöntarkkuuden LogMar 0.07 ($\approx V$: 0.85). Eycryl SERT EDOF-linsseillä potilaat saavuttivat näöntarkkuuden LogMar 0.09 ($\approx V$: 0.81).

Tutkimuksessa EDOF-linsseillä saavutettiin tilastollisesti merkittävästi parempi kontrastiherkkyys trifokaalisiin linsseihin verrattuna. Trifokaalisten linssien ryhmistä häikäisyä ja haloilmiöitä kokivat 43 % AT LISA ja 47 % Eycryl SERT potilaista. EDOF-linssiryhmistä oireita kokivat 11 % Eyhance IOL ja 9 % Eycryl SERT EDOF IOL potilaista. (Karuppiah ym. 2022.)

Tutkimusta rajoittavia tekijöitä olivat satunnaistamisen puute sekä rajoitettu määrä potilaita, mitkä voivat vaikuttaa tutkimuksen yleistettävyyteen. Linssit olivat ei-toorisia, joten tuloksissa jäännöshajataitto on voinut olla vaikuttamassa näköön. Potilastytyväsyyttä ei tutkittu ja tutkimus tehty on retrospektiivisesti. (Karuppiah ym. 2022.)

Loppupäätelmänä Karuppiah ym. (2022) toteavat, että kaikilla linsseillä saavutettiin hyvä kaukonäöntarkkuus ja näkemisen laatu. Trifokaalisilla linsseillä saavutettiin pa-

remppi lähinäöntarkkuus verrattuna EDOF-linsseihin ja EDOF-linsseillä saavutettiin parempi välinäöntarkkuus ja kontrastiherkkyys. Molemmat trifokaalit soveltuvat mahdollisesti potilaille, jotka vaativat hyvän kaukonäön, välialueen näön ja lähinäön. EDOF-linssejä tutkijat suosittelevat erityisesti tietokoneella työskenteleville potilaille. Tutkijat pitävät tärkeänä silmälääkäreiden syvällistä perehdyttämistä erilaisiin linssityyppeihin, jotta oikeanlainen linssi osataan valita potilaan aktiviteettien, elämäntyylin ja työvaatimusten mukaan. Lisäksi heidän mielestään olisi hyvä tehdä lisää vertailevia tutkimuksia, jotta potilaille saadaan lisää tietoa linseistä ja heitä voidaan opettaa paremmin. (Karupiah ym. 2022.)

Cano-Ortiz ym. (2024) tutkimuksessa selvitettiin optimoidun trifokaalisen tekomykiön vaikutuksia näkemiseen, sekä potilastyytyväisyyttä. Kyseinen tutkimus oli prospektiivinen yksikeskustutkimus. Siinä seurattiin kolmen kuukauden ajan 29 potilasta, joille asennettiin molempiin silmiin Liberty 677CMY -trifokaalilinssit. Linssi on optimoitu versio aiemmasta Liberty 677MY -mallista. Tutkimukseen osallistuneet potilaat olivat kaikki yli 50-vuotiaita, eikä heillä ollut kaihina lisäksi muita silmäsairauksia. Leikkaukset suorittivat kolme kokenutta kirurgia. He käyttivät yleisesti käytössä olevaa leikkaustekniikkaa, eli mikroviillolla tehtyä fakoemulsifikaatiota ilman tikkejä.

Potilaiden näöntarkkuus mitattiin kolmelta eri etäisyydeltä ilman silmälaseja (UDVA, UIVA, UNVA, ja niiden kanssa (CDVA, DCIVA, DCNVA). Potilaista 80 % saavutti tutkimuksessa hyvän lähinäön 20/25 (V: 0.8) ilman silmälasikorjausta ja heistä 91,7 % kertoi olevansa tyytyväisiä lähinäkönsä. Väli- ja kaukonäkönsä oli tyytyväisiä 95,8 % potilaista. Erilaisia tilanteita kuvaavien kysymysten osalta 87,5 % oli tyytyväisiä näkönsä auton kojelaudan numeroiden ja mittariston katsomiseen. 95,9 % oli tyytyväisiä kuvien katsomiseen ja tekstin lukemiseen älypuhelimien tai tabletin näytöltä. Kysymykseen ruokalistan lukemisesta hämärässä ravintolassa oli 91,7 % vastaajista sanonut olevansa tyytyväisiä näkönsä. (Cano-Ortiz ym. 2024.)

Tutkimuksessa selvitettiin myös potilaiden kokemien leikkausten jälkeisten näköhäiriöiden esiintyvyyttä ja haitta-astetta. Kyselyssä oli erikseen kysymykset haloilmiöistä, tähtisäteistä ja häikäistymisestä. Haloilmiöt olivat yleisin näköhäiriö ja niitä esiintyi 62,5 %:lla potilaista, mutta heistä suurin osa (83,3 %) koki niiden olevan lieviä tai kohtalaisia. Myöskään tähtisäteitä- ja häikäisyä ei suurin osa niitä kokeneista potilaista kokenut häiritseviksi. (Cano-Ortiz ym. 2024.)

Pusnik ym. (2022) kertovat artikkelissaan kaihileikkauksen aiheuttamista dysfotopsia ilmiöistä potilailla ja erilaisia teorioita niitä aiheuttavista tekijöistä. Artikkelissa kerrotaan positiivisten dysfotopsioiden (PD) esiintyvän potilailla haloilmiöinä, valon välähdyksinä, valorenkaina, häikäisyä, valokuovina, tähtisädeilmiöinä tai valokaarina. Negatiivisina dysfotopsioina (ND) artikkelissa kerrotaan kaarimaiset varjot tai viivat, jotka olivat usein näkökentän temporaalialueella. Tutkijoiden mukaan PD:tä juuri leikkauksen jälkeen kokee 67 % ja niistä vain 2,2 % kokee oireita vuosi leikkauksen jälkeen. Näistä tapauksista korjaavia linssileikkauksia tarvitsee vain 0,07 %. ND:tä esiintyy juuri leikkauksen jälkeen 26 %:lla, ja vuosi leikkauksesta oireita esiintyy vain 0,13–3 %:lla potilaista. PD-ilmiöistä häikäisy johtuu usein linssin korkeasta taitekertoimesta ja linssin heijastelusta. Valorenkaat tai haloilmiöt ovat usein monitehotekomykiön ongelmia. Valokuovat ja tähtisädeilmiöt johtuvat tutkijoiden mukaan usein linssin takaisinsironnasta ja mikrosakka- deista (pienet ja nopeat silmän liikkeet) ja ilmiöitä korostaa linssin korkea taitekerroin. Valokaaret ilmenevät usein iltaisin, kun nähdään linssin reuna, ja valonvälähdykset silloin kun nähdään reuna-alueiden valon heijastukset linssin reunalta. Potilaat kokevat ilmiöitä yleensä hämärässä valaistuksessa pupilli laajentuneena ja ne ilmaantuvat usein, kun valonsäteet tulevat silmään vinosta suunnasta. ND ilmaantuu potilailla yleensä kirkkaassa valossa pupilli supistuneena. Tutkijat kertovat, että sen tarkkaa syytä ei ole pystytty varmistamaan. Ilmiön ilmaantuessa potilailta on hyvä selvittää mahdolliset neuro-oftalmologiset tai silmän patologiat. ND on havaittu ilmenevän vasemmassa silmässä ja naispotilailla. Sen ilmenemisen syyksi on epäilty anatomiset piirteet, linssin ominaisuudet tai kaihileikkauksen tekniikat. Tutkijat arvelevat, että pitkäkestoisen ja ohimenevän ND:n taustalla saattavat olla eri mekanismit. (Pusnik ym. 2022.)

Moniteholinsseillä on havaittu enemmän PD-ilmiöitä verrattuna yksitehoisiin linsseihin tutkijat Pusnik ym. (2022) kertovat. Heidän mukaansa näkemiseen eri etäisyyksille muodostuu katkoksia, joista aiheutuu häikäisyä, haloilmiöitä ja kontrastiherkkyden heikentymistä. Nämä ilmiöt voivat aiheutua moniteholinssien muodostamista epätarkoista kuvista. Artikkelissa kerrotaan tutkimuksesta, jossa oli verrattu kolmea erilaista moniteholinssiä, ja 6 kuukautta moniteholinssileikkauksen jälkeen 65–79 % potilaista koki haloilmiöitä sekä 43–64 % potilaista häikäisyoireita. Tähtisädeilmiöt olivat potilailla harvinaisempia PD-ilmiöitä. Tutkimuksessa on ilmaistu teoriaa, jossa pienempi määrä diffraktiorenkaita takaisi potilaille paremman näön ja suurempi määrä renkaita aiheuttaisi potilaille enemmän dysfotoptisia oireita. Artikkelissa Pusnik Ym. (2022) kertovat, että kuukausi presbyopiaa korjaavien linssileikkausten jälkeen potilaista keskimäärin 66 %

on tyytyväisiä dysfotopsian ilmaantumisen asteeseen ja 70 % on tyytyväisiä näkemisen laatuunsa. Tutkijat kuitenkin ilmaisevat, että useimmiten dysfotopiset ilmiöt ovat ohimeneviä ja häviävät viikkojen kuluttua tai vuoden sisällä linssileikkauksesta. Moniteholinssileikkausten lisääntymisen myötä potilastyytymättömyys tapaukset ovat lisääntyneet usein dysfotopsiailmiöiden takia, joten Pusnik ym. (2022) tutkijoiden mielestä leikkaavan kirurgin on tärkeä kertoa potilaalle näistä ilmiöistä ja niiden harmittomuudesta ennen linssileikkausta. PD-ilmiöihin voidaan käyttää konservatiivisia tai lääkinnällisiä hoitomuotoja, mutta häiritsevissä ja pitkäaikaisissa tapauksissa linssinvaihtoleikkaus voi auttaa. (Pusnik Ym. 2022.)

Seuraavaksi esitellyssä Dominikaanisessa tasavallassa suoritetussa tutkimuksessa Espailat ym. (2021) käsittelevät fotooppisia ilmiöitä, jotka ilmenneet potilailla moniteholinssileikkauksen jälkeen. Moniteholinssileikkauksesta ilmenneet fotooppiset ilmiöt luokitellaan positiivisiksi dysfotopsioiksi.

Espailat ym. (2021) selvittävät tutkimuksessaan ennustettavia tekijöitä PanOptix trifokaalilinssin aiheuttamiin haloilmiöihin ja häikäisyyn potilailla leikkauksen jälkeen. Sen tarkoituksena on tuoda lisää ymmärrystä ilmiöistä, auttaa potilaiden ennako-odotusten käsittelyssä ja lisätä potilastyytyväisyyttä. Tutkimuksessa käytetty linssi on AcrySof IQ PanOptix (Alcon), jossa on ei-apodisoitu diffraktiivinen trifokaalinen monitehorakenne, jolla näkeminen lähelle, välialueelle ja kauas on mahdollistettu. Linssi jakaa valon kolmelle fokuksipisteelle pienen ja suuren pupillin olosuhteissa. Tutkimus on tehty 70 kaihipotilaan otannalla, jossa molempiin silmiin on asennettu moniteholinssi kaihileikkauksessa. Potilaista 57,1 % oli naisia keskimääräiseltä iältään 62,2 vuotta ja miehiä 42,9 % keskimääräiseltä iältään 66,9 vuotta. Potilaat on valikoitu yhdeltä klinikalta retrospektiiviseen tutkimukseen, ja leikkaukset on suorittanut yksi silmäkirurgi vuosien 2017–2019 välillä. Kaihileikkaukset on suoritettu fakoemulsifikaatioleikkauksella (Centurion Vision System) tai femtosekuntilaserialaser (LenSx) avusteisena. Tutkimukseen on otettu vain ≥ 45 -vuotiaita potilaita, kappakulma (optisen akselin ja katsesuunnan välinen kulma) ≤ 0.58 μm , sarveiskalvon koma-aberraatio (korkeamman asteen optinen poikkeama) ≤ 0.4 μm , sarveiskalvon trefoil-aberraatio (korkeamman asteen optinen poikkeama) ≤ 0.3 μm , sarveiskalvon korkean asteen aberraatioiden kokonaismäärä ≤ 0.5 μm , sarveiskalvon sfäärinen aberraatio ≤ 0.3 μm ja pupilli hämärässä enimmillään 6 mm kokoinen. Sisäänottokriteerinä on myös potilaiden halu silmälasiriippumattomuuteen kaikille etäisyyksille. Valituilla potilailla ei saanut olla keskivoimakasta tai voimakasta kuivasilmäi-

syyttä, silmän patologioita (poissulkien kaihi), systemaattisia sairauksia, jotka vaarantaisivat leikkauksen turvallisuuden tai kirurgisen suorituskyvyn, aiempia kirurgisia komplikaatioita silmissä, epätodellisia odotuksia, eikä perfektionistisia persoonallisuuspiirteitä. Tutkimuksessa on selvitetty subjektiivinen tyytyväisyyskysely (sisältäen fotooppiset ilmiöt) yhden ja kuuden kuukauden jälkeen leikkauksesta. Keskeisimmät mittauskohteet yhden ja kuuden kuukauden jälkitarkastuksissa olivat fotooppiset ilmiöt, joille tutkijat tarkastelivat ennustavia tekijöitä. Tutkituille suoritettiin ennen leikkausta ja sen jälkeen aberrometriamittaus (optisten poikkeavuuksien tutkiminen), sarveiskalvon topografia (sarveiskalvon kaarevuus ja muoto) ja refraktointi. (Espaillat ym. 2021.)

Espaillat ym. (2021) tutkijoille selvisi, että sukupuolella ei ollut merkitystä haloilmiöiden ja häikäisyn esiintymiseen. Ilmiöiden esiintyvyys ja voimakkuus lisääntyivät nuoremmilla potilailla. Jälkikaihin esiintyvyys potilailla oli vähäistä, ollen yhden kuukauden jälkeen leikkauksesta 0,7 % ja kuuden kuukauden kohdalla 6,0 %. Jälkikaihi ei aiheuttanut häikäisyä, haloja tai näöntarkkuuden heikentymistä. Tutkimuksen potilaista kahdelle on tehty jälkikaihin YAG-laserointi. Silmistä 94,4 % oli ≤ 0.50 D sisällä sfäärisestä ja 98,6 % oli ≤ 0.75 D sisällä hajataiton korjaustavoitteesta. 97–100 % potilaista saavutti silmälasiriippumattomuuden kaikilla etäisyyksillä yhden ja kuuden kuukauden välillä. Lisäksi 98,5–98,6 % potilaista suosittelisi leikkausta muille henkilöille. Tutkijat selvittivät häikäisyn ja halo-ilmiöiden esiintyvyyttä neljässä potilasryhmässä: ei ilmiöitä, lieviä, keskivaikeita ja vaikeita ilmiöitä. Tutkimuksessa keskivaikeasta tai vaikeasta häikäisystä kärsi yhden kuukauden kuluttua leikkauksesta 33,3 prosenttia potilaista. Kuuden kuukauden kuluttua tämä osuus laski 24,1 prosenttiin. Haloilmiöistä kertoi kuukauden jälkeen kärsineensä 24,6 prosenttia ja kuuden kuukauden jälkeen 15,5 prosenttia potilaista. He havaitsivat korkeiden sarveiskalvon koma-arvojen ja koman kokonaisarvojen olevan yhteydessä lisääntyneisiin lieviin haloilmiöihin kuuden kuukauden kohdalla. Tämä johti tutkijoiden päätelmään, että mitä vähemmän potilaalla on koma-aboraatiota, sitä pienempi todennäköisyys on lievien haloilmiöiden esiintymiselle. Halojen ja häikäisyn esiintyvyyttä ja poissaoloa analysoitiin tutkimuksessa, jossa havaittiin korkeamman etukammion syvyyden potilailla enemmän haloja. Tilastoissa chord μ (silmän optisen akselin ja visuaalisen akselin välinen poikkeama) arvo oli korkea haloilmiöitä kokeneilla potilailla. Haloja ilmentyi vähemmän paksummilla linsseillä. Poikkeavat esiintyvyys havainnot tehty kuukausi leikkauksen jälkeen. Espaillat ym. (2021) selvittivät 1 ja 6 kuukauden tutkimustilastoja näöntarkkuuteen ja refraktioon liittyen. He päättelivät, että mitä korkeampi korjattu paras näöntarkkuus potilaalla oli ennen leikkausta, sitä vaikeammat häikäisyt tai haloilmiöt hänellä esiintyivät. (Espaillat ym. 2021.)

Espaillat ym. (2021) kertoivat teoriasta kappakulmaan ja moniteholinsseihin liittyen. Jos potilaan kappakulma on suurempi kuin puolet moniteholinssin keskimmäisen diffraktio renkaan halkaisijasta, valon säteet voivat päästä yhden tai useamman monitehorenaan lävitse aiheuttaen heijastus ilmiöitä. Tämän takia tutkimukseen valittujen potilaiden kappakulma on ≤ 0.58 mm (PanOtitin linssin diffraktio renkaan kaarevuus säde). Espaillat ym. (2021) tutkimus ei osoittanut yhteyttä potilaiden kappakulman ja häikäisyn tai halojen suhteen. Tutkijat raportoivat, että diffraktiivisten moniteholinssien on esitetty mahdollisesti aiheuttavan haloja tai häikäisyä, jos potilaan chord μ arvo on ollut >0.6 mm (Espaillat ym. 2021.)

Espaillat ym. (2021) kertovat tutkimuksen rajoittavina tekijöinä olleen kontrolliryhmän puuttuminen, se että kohteena oli vain yksi klinikka, ja se että jälkitarkastusaika oli liian lyhyt. Adaptoituminen linssihin vie aikaa ja fotooppiset oireet vähenevät ajan myötä. He mainitsevat, että neuroadaptaatio moniteholinsseihin on todistettu magneettikuvantamisella, jossa pitkäaikaisen adaptaation myötä vähemmän aivojen alueita on tarvittu näkemisen eri tehtäviin. Tutkimuksen vahvuutena on ollut objektiivisten ja subjektiivisten tietojen keruu sekä se, että potilaat olivat yhden kirurgin leikkaamia (ei kirurgien välistä vaihtelua). (Espaillat ym. 2021.)

Tutkimuksen tilastollinen analyysi vahvisti kausaliteetin parhaan näöntarkkuuden ennen leikkausta ja fotooppisten ilmiöiden esiintymisen välillä. Näillä korkeamman parhaan näöntarkkuuden ennen leikkausta omaavilla potilailla oli korkeammat odotukset leikkauksen jälkeen, ja he raportoivat enemmän fotooppisia ilmiöitä. Ennen leikkausta heikoimmin nähneet potilaat ottivat mielellään vastaan näön parantumisen, ja heillä esiintyi vähemmän fotooppisia ilmiöitä. Espaillat ym. (2021) toivat lisää tietoa linssileikkausta ennakoivista tekijöistä fotooppisten ilmiöiden suhteen, jotta potilaiden odotukset voitaisiin käsitellä paremmin ja lisätä potilaiden tyytyväisyyttä linssileikkaukseen. (Espaillat ym. 2021.)

Lee ym. (2022) Etelä-Korealaisessa tutkimuksessa on selvitetty uudenlaisten diffraktiivisten moniteholinssien linssimateriaalin hydroxyethyl methacrylate (HEMA) vaikutuksista potilaiden subjektiivisten fotooppisten haloilmiöiden ja häikäisyn tasoon, kontrastiherkyyteen ja linssien optiikkaan. Tutkimus on suoritettu retrospektiivisellä menetelmällä potilastiedoista koottuna. Molempien silmien linssileikkauksissa vain oikea silmä on otettu mukaan tilastointiin. Linssi oli asennettu kaikille potilaille fakoemulsifikaatioleikkauksella femtosekuntilaser avusteisesti. Leikkaukset on suorittanut yksi kirurgi

Seoulbalgeunesang klinikalla. Tutkimuksen otanta on 135 potilasta, ja heidät jaettu kahteen ryhmään asennettujen linssien mukaan: Acrysof Panoptix (TF) ryhmä 64 ja Clareon Panoptix (CN) ryhmä 71 potilasta. Kontrollikäynnit leikkauksen jälkeen potilaille päivän, viikon, kuukauden ja kahden kuukauden kuluttua linssileikkauksesta. Tutkimuksen tilastollinen kliininen tieto kerätty kahden kuukauden kohdalta. Lee ym. (2022) tutkimuksen potilaat olivat yli 65-vuotiaita, ja heillä ei ollut silmän rakenteellisia sairauksia poissulkien kaihi. Muita poissulkukriteerejä olivat takakapselin sumentumat ja takakapselin aiemmat repeämät. Leikkauksen jälkeen potilailla ei saanut olla refraktiivirheenä hajataittoa ja sfäärinen ekvivalentti piti olla suurempi kuin 0.5 D, jottei niistä aiheudu näöntarkkuuden alenemaa tai fotooppisia ilmiöitä, jotka vaikuttaisivat tutkimuksen tarkkuuteen. Potilastapaukset, joissa toorisella moniteholla ei täysin saada korjattua asiakkaan korkeaa astigmaattisuutta on jätetty pois tutkimuksesta. Erittäin vakavan asteen kaihin omaavat potilaat, joiden paras korjattu näöntarkkuus jää matalaksi ennen leikkausta, on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle. Lee ym. (2022) kertoivat, että potilaille asennetut moniteholinssit ovat trifokaaliset diffraktiiviset hydrofobiset akryyli moniteholinssit Acrysof Panoptix (Alcon) (TFNT=linssin tuotekoodi, TF ryhmä) ja uudemman linssiteknologian sekä hydroxyethyl methacrylate materiaalia sisältävä Clareon Panoptix (Alcon) (CNWT=linssin tuotekoodi, CN ryhmä). (Lee ym. 2022.)

Tutkijat Lee ym. (2022) toteavat, että defokuskäyrässä ei ollut tilastollista eroavaisuutta tutkimusryhmien TF:n ja CN:n välillä. Näöntarkkuudessa, linssinpinnan sumeudessa ja takakapselin sameudessa ei ollut eroa ryhmien välillä. Tutkijat esittävät, että linssimateriaalin kirkkaudella voisi olla vaikutusta näkemiseen, vaikka valokynällä tai mikroskooppilla tutkiessa sameutta ei havaittu. Kontrastinäön testauksessa tutkijat havaitsivat CN ryhmällä olevat tilastollisesti merkittävästi paremmat tulokset kuin TF ryhmällä kaikilla mittausasoilla. Potilaiden subjektiivisesta kyselystä selvisi, että TF ryhmällä 3,1 %:lla ja CN ryhmällä 9,9 %:lla ei ollut ollenkaan fotooppisia ilmiöitä. Yleisimpänä olivat kohtalaiset ilmiöt, ja niitä oli TF ryhmällä 45,3 %:lla ja CN ryhmällä 40,8 %:lla. Vakavampaa fotooppista ilmiötä oli TF ryhmällä 25 %:lla ja CN ryhmällä 11,3 %:lla ja sen esiintyminen TF ryhmällä oli merkittävästi korkeampi. (Lee ym. 2022.)

Tutkijat Lee ym. (2022) kertovat tutkimuksen rajoittavina tekijöinä olevan retrospektiivinen menetelmä, lyhyt seuranta-aika sekä tutkimuskohteiden vähyys. Tutkijat mainitsevat myös sfäärisen ja toorisen korjauksen vaativien potilaiden yhdistämisen tässä tutkimuksessa olleen mahdollinen vääristävä tekijä, jota jatkotutkimuksia tekevien olisi hyvä

välttää. Tutkijat huomioivat, että lyhyt potilaiden seuranta-aika ei anna tietoa uuden teknologian linssimateriaalin pidemmän ajan vakaudesta ja paremmuudesta, joten jatkotutkimuksia ja pidempiä seuranta-aikoja tarvitaan. (Lee ym. 2022.)

Tutkimus kertoo ensimmäisenä Clareon Panoptix:sta moniteholinssissä käytetyn uudemman linssimateriaalin toimivuudesta potilailla. Lee ym. (2022) mielestä kliinisesti merkittävintä oli kontrastiherkkyden paremmuus verrattuna aiempaan Acrysof Panoptix linssiteknologiaan. Tutkijoiden mukaan Clareon Panoptix linssillä on hyvät edellytykset pitkän ajan vakauteen, vakaat optiset tulokset ja hyvin verrattava suorituskyky vakiintuneisiin moniteholinsseihin. (Lee ym. 2022.)

Botta ym. (2024) tutkivat kaiholeikkauksen jälkeistä potilastyytyväisyyttä dysfotopistien ilmiöiden kuten haloilmiöiden ja häikäisyn osalta. Kyseessä oli monikeskustutkimus, jossa käytettiin RayPro-tietokannan potilastyytyväisyyskyselyitä. Tutkimuksessa käytettiin 2589 potilaan vastauksia 119 sairaalasta ja 26 eri maasta. Tyytyväisyyttä mitattiin viikon, kolmen kuukauden ja 12 kuukauden jälkeen leikkauksesta sähköisellä kyselyllä. Tutkimuksessa selvitettiin dysfotopsiailmiöiden, silmälasiriippumattomuuden ja hoito paikan vaikutusta potilastyytyväisyyteen.

Dysfotopsiailmiöiden huomattiin vaikuttavan potilastyytyväisyyteen merkittävästi. Kolmen kuukauden kuluttua leikkauksesta potilastyytyväisyyteen vaikuttivat negatiivisesti sekä päivisin että öisin koetut dysfotopsiailmiöt. 12 kuukauden kuluttua leikkauksesta ilmiöiden negatiivinen vaikutus tyytyväisyyteen vahvistui. Silmälasiriippumattomuuden ei sen sijaan havaittu kyselyn perusteella vaikuttavan merkittävästi potilastyytyväisyyteen. Tämä piti paikkansa sekä kauko-, lähi- että välietäisyyksien osalta.

Tutkimuksen johtopäätöksissä todetaan dysfotopsiailmiöiden vaikuttavan merkittävästi potilastyytyväisyyteen, ja että niiden vaikutus vahvistui ajan myötä. Silmälasiriippumattomuus vaikutti vähäisesti potilastyytyväisyyteen. Potilaan tyytyväisyys leikkauksen suorittaneeseen kirurgiin ja sairaalaan oli kohtalaisesti yhteydessä tyytyväisyyteen leikkauksen lopputulokseen. (Botta ym. 2024)

8 Yhteenveto tutkimuksista

Valitut tutkimukset käsittelevät pääasiassa trifokaalisten tekomykiöiden vaikutuksia näkemiseen, näöntarkkuuteen eri etäisyyksille, kontrastiherkkyteen, linssileikkauksen jälkeisiin dysfotopsiailmiöihin ja muihin leikkauksen jälkeisiin havaintoihin potilailla. Erilaisissa tutkimuksissa on vertailtu intraokulaarilinssien optista suorituskykyä eri linssien välillä, tutkittu yksittäistä moniteholinssiä, vertailtu moniteholinssien suorituskykyä EDOF-linsseihin, uudemman linssimateriaalin suorituskykyä ja dysfotopsioiden ilmentymistä potilaiden näkemisessä sekä dysfotopsiaa mahdollisesti aiheuttaviin tekijöihin kaihileikkauksessa. Muutamissa tutkimuksissa on ollut mukana linssileikkauksen jälkeisiä tuloksia potilastyytyväisyydestä. Tutkimukset ovat pääosin retrospektiivisiä tutkimuksia, jossa tutkijat ovat valikoineet potilastietoja tutkimukseensa tiettyjä kriteerejään noudattaen.

Kaikissa käsitellyissä tutkimuksissa oli saavutettu trifokaalisilla tekomykiöillä keskimäärin hyvä näöntarkkuus lähietäisyydelle ilman silmälasikorjausta. Sen sijaan EDOF-linsseillä näöntarkkuus lähelle oli keskimäärin heikompi verrattuna trifokaalisiin moniteholinsseihin. Suurin osa potilaista ei leikkauksen jälkeen tarvinnut silmälasikorjausta lähitai muille etäisyyksille tämän tyyppisillä tekomykiöillä. Cano-Ortiz ym. (2024) tutkimuksessa 80 % potilaista oli saavuttanut hyvän 20/25 lähinäön ($\approx V$: 0.8). Samansuuntaisia tuloksia olivat saaneet myös Carreno ym. (2020). tutkimuksessaan tooristen ja sfääristen trifokaalisten tekomykiöiden vaikutuksista näköön isossa populaatiossa. Heidän tutkimuksessaan 80,6 % potilaista saavutti lähi- ja muille etäisyyksille 0,8 desimaalin näöntarkkuuden eli 20/25. Myös Karuppiah ym. (2022) tutkivat muun muassa lähinäön tarkkuutta trifokaalisilla tekomykiöillä ja heidänkin saamansa tulokset olivat hyvät lähinäön tarkkuuden osalta. Tässä vertailututkimuksessa potilaat, joille oli asennettu AT LISA-trifokaalilinssi, saavuttivat LogMar asteikolla 0.068 ($\approx V$: 0.85) näöntarkkuuden. Eycryl SERT trifokaalilinsseillä oli saavutettu LogMar 0.071 näöntarkkuus ($\approx V$: 0.85). Tutkimuksessa oli raportoitu tämän linssin osalta LogMar 0.71, mutta se on todennäköisesti desimaalivirhe, ottaen huomioon miten linssiä on muuten tutkimuksessa käsitelty. Potilastyytyväisyyden osalta trifokaalilinsseillä saadut tulokset olivat hyviä. Cano-Ortiz ym. (2024) tutkimuksessa 91,7 % potilaista kertoivat olevansa tyytyväisiä lähinäkönsä ja esimerkiksi älypuhelimelta kuvien katsomiseen ja tekstin lukemiseen liittyvään kysymykseen 95,9 % oli vastannut olevansa tyytyväisiä. Muissa näistä tutkimuksista potilastyytyväisyyttä ei ollut käsitelty.

Käsitellyissä dysfotopsiaan liittyvissä tutkimuksissa oli tutkittu dysfotopsiailmiöiden vaikutusta potilastyytyväisyyteen linssileikkauksen jälkeen, millaisia ilmiöitä voi esiintyä ja mitkä tekijät saattavat ennustaa niiden esiintyvyyttä. Pusnik ym. (2023) kertovat, että kuukauden kuluttua leikkauksesta keskimäärin 66 % potilaista olivat tyytyväisiä dysfotopsian ilmaantumisen asteeseen ja 70 % oli tyytyväisiä näkemisensä laatuun. Tutkijat kuitenkin kertovat ilmiöiden olevan ohimeneviä ja että ne useimmiten häviävät joissain viikoissa tai vuoden sisällä leikkauksesta. Sen sijaan Botta ym. (2024) tulivat kyselyyn perustuvassa tutkimuksessaan johtopäätökseen, että kaihileikkauksen jälkeiset dysfotopsiailmiöt vaikuttavat merkittävästi potilastyytyväisyyteen, ja tämä negatiivinen vaikutus vahvistui ajan myötä. Viimeinen kysely oli tehty 12 kuukauden jälkeen leikkauksesta. Espailat ym. (2021) tutkivat halojen ja häikäisyn esiintyvyyttä potilailla trifokaalisen tekomykiön kanssa. Tutkimuksessa keskivaikeasta tai vaikeasta häikäisystä kärsi yhden kuukauden kuluttua leikkauksesta 33,3 prosenttia potilaista. Kuuden kuukauden kuluttua tämä osuus laski 24,1 prosenttiin. Haloilmiöistä kertoi kuukauden jälkeen kärsineensä 24,6 prosenttia ja kuuden kuukauden jälkeen 15,5 prosenttia potilaista. Lee ym. (2022) vertailivat tutkimuksessaan kahta erityyppistä linssiä fotooppisten ilmiöiden esiintyvyyden suhteen. Fotooppiset ilmiöt, eli tässä tapauksessa haloilmiöt ja häikäisy olivat yleisempiä vanhemmalla linssimallilla (TF) kuin uudemmalla linssimallilla (CF). Uudemman CF-linssin saaneella ryhmällä keskivaikeita ja vaikeita ilmiöitä esiintyi yhteensä 49,3 % ja vanhemman TF-linssin saaneella ryhmällä 70,3 %. Ennustavia tekijöitä käsitelivät tutkimuksessaan Espailat ym. (2021). He tulivat johtopäätökseen, että mitä korkeampi oli paras korjattu näöntarkkuus ennen leikkausta, sitä vaikeammaksi potilaat kokivat häikäisy- ja haloilmiöt ja sitä enemmän he raportoivat kokevansa fotooppisia ilmiöitä. Tutkijat eivät havainneet sukupuolella olevan merkitystä haloilmiöiden ja häikäisyn esiintyvyyteen. Nuoremmilla potilailla ilmiöitä sen sijaan esiintyi enemmän ja ne koettiin voimakkaammiksi.

Tutkimukset viittaavat useilla eri trifokaalisella tekomykiöllä saavutettavan yleisesti hyvää näöntarkkuus lähelle. Trifokaalisen moniteholinssileikkauksen jälkeen kaikissa tutkimuksissa saavutettiin korkea silmälasiriippumattomuus. Dysfotoptisista ilmiöistä tutkimusten perusteella yleisimpiä ovat haloilmiöt ja häikäisy. Ne vaikuttavat tutkimusten perusteella olevan yksi isoimmista tyytymättömyyden aiheuttajista linssileikkauksen jälkeen, mutta mahdollisesti vähenevät ajan kuluessa. Toisaalta Botta ym. (2024) tutkimuksessa niiden negatiivinen vaikutus potilastyytyväisyyteen kasvoi ajan myötä.

9 Pohdinta

9.1 Pohdinta tutkimusten tuloksista

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, miten moniteholinssileikkaus vaikuttaa lähinäköön ja millaisia dysfotopsiaa ilmiöitä se yleisimmin aiheuttaa. Katsauksessa käsiteltyjen tutkimusten perusteella trifokaalisella tekomykiöllä saavutetaan pääosin hyvä näöntarkkuus lähietäisyydelle ja korkea silmälasiriippumattomuus. Nimenomaan monitehoiset tekomykiöt, eli tässä tapauksessa trifokaaliset tekomykiöt, ovat tutkimusten perusteella ihanteellinen vaihtoehto lähinäön tarkkuuden kannalta. EDOF-tekomykiöillä, jotka eivät pääasiassa ole täysin monitehoisia, ei saavutettu yhtä hyvää näöntarkkuutta lähelle. Myös potilastyytyväisyys oli katsauksemme perusteella korkealla tasolla. Sitä oli tutkittu kyselyn avulla yhdessä käsitellyssä tutkimuksessa. Tulokset ovat siis lupaavia trifokaalisten moniteholinssien osalta, sekä lähinäön tarkkuuden, että potilastyytyväisyyden osalta. Silti on otettava huomioon, että tulokset voivat vaihdella yksilökohtaisesti ja komplikaatioiden kuten jälkikäihin mahdollisuus on aina olemassa. Moniteholinssileikkauksen jälkeen esimerkiksi kontrastiherkkyys voi osalla potilaista heikentyä, vaikuttaen lähinäön tarkkuuteen erityisesti hämärissä olosuhteissa. Myös leikkausvaiheen virheet refraktiossa tai linssin keskiöitymisessä voivat vaikuttaa negatiivisesti lähinäön tarkkuuteen ja potilaan tyytyväisyyteen.

Työn toisella tutkimuskysymyksellä oli tarkoitus selvittää, millaisia dysfotopsiaa ilmiöitä moniteholinssileikkauksen jälkeen yleisimmin esiintyy. Yleisimmät tutkimuksissa havaitut dysfotopsiaa ilmiöt olivat positiiviseen dysfotopsiaan lukeutuvat haloilmiöt ja häikäisy. Niiden esiintyvyys vaikutti vähentyvän ajan myötä potilailla. Toisaalta yhdessä tutkimuksessa (Botta ym. 2024) huomattiin negatiivinen vaikutus dysfotopsioiden ja potilastyytyväisyyden välillä, joka kasvoi ajan myötä. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että vaikka tutkimuksen tuloksissa näin todetaan, siitä ei suoraan voi tehdä johtopäätöstä, että dysfotopsiaa ilmiöiden määrä kasvaisi ajan myötä. Muissa käsitellyissä tutkimuksissa, kuten Pusnik ym. (2022) huomattiinkin, että ilmiöt vähenivät ajan myötä. Mahdollisesti siis ilmiöistä kärsivät potilaat, ovat yhä epätyytyväisempiä lopputulokseen, mitä pidempään ne jatkuvat. Pusnik ym. (2022) toteavat Häiritsevissä ja pitkäaikaisissa tapauksissa linssinvaihtoleikkaus voi auttaa. Dysfotopsiaa ilmiöt voivat myös häiritä joitain ihmisiä enemmän kuin toisia. Espallat ym. (2021) huomasivat että hyvä näöntarkkuus ennen leikkausta ja korkeat odotukset voivat vaikuttaa siihen, kuinka paljon, ja miten voimakkaasti positiiviset dysfotopsiaa ilmiöt koetaan. Vaikka dysfotopsiaa ilmiöt ovatkin

melko yleisiä, linssiteknologian kehittymisen myötä niiden esiintyvyys todennäköisesti vähenee. Esimerkiksi Lee ym. (2022) tutkimuksessa Alconin uudemmallalla linssimallilla saatiin positiivisten dysfotopsiailmiöiden kannalta paremmat tulokset. Pusnik ym. (2022) kertovat tärkeänä huomiona dysfotopsiailmiöihin liittyen sen, että kirurgi informoi potilasta niiden mahdollisuudesta ja harmittomuudesta ennen leikkausta. Vaikka ne ovatkin heidän mukaansa useimmiten ohimeneviä, voivat ne joskus jäädä myös pitkäaikaisemmaksi haitaksi.

Kaikissa katsauksen lähinäköön keskittyvissä tutkimuksissa leikkaavia kirurgeja oli ollut kolme tai vähemmän, mikä vähentää leikkauksien vaihtelevuutta ja näin ollen tekee tutkimuksista lähteinä luotettavampia. Myös dysfotopsiaan keskittyvissä tutkimuksissa oli vain yksi leikkaava kirurgi, poislukien monikeskustutkimuksen potilastyytyväisyydestä. Työn vahvistaviin tekijöihin lukeutuu se, että katsaukseen oli valittu myös tutkimuksia suurella otannalla. Esimerkiksi Carreño ym. (2020) tutkimuksessa oli 250 potilaan otanta. Katsauksessa olleissa tutkimuksissa oli myös sekä monikeskus-, että yksikeskustutkimuksia monipuolisuuden vuoksi. Työn yhtenä heikkoutena voidaan pitää sitä, että suurin osa käsitellyistä tutkimuksista oli retrospektiivisiä, koska niistä ei aina saa yhtä luotettavaa tietoa, kuin prospektiivisistä tutkimuksista. Toisaalta mukana oli myös yksi prospektiivinen tutkimus. Moniteholinssileikkaukseen liittyen retrospektiivisiä tutkimuksia on yleisesti ottaen suuri osa, koska ne mahdollistavat pitkäaikaisen tarkastelun kustannustehokkaasti. Missään käsitellyssä tutkimuksessa ei ole käytetty takia ollut saattunaistamista eikä kontrolliryhmiä. Dysfotopsiailmiöiden kannalta tutkimukset olivat korkeintaan vuoden mittaisia, joten sitä pidemmällä aikavälillä ilmiöiden muutoksista ei tullut katsauksessamme tietoa. Karupiah ym. (2022) tutkimuksessa on mahdollisesti desimaalivirhe liittyen Eyecryl SERT trifocal korjaamattoman lähinäön tarkkuuden LogMar tuloksissa. LogMar 0.71 tarkoittaa mahdollisesti LogMar 0.071. Tutkimuksessa nimittäin kerrotaan tämän linssin kanssa näöntarkkuuden olleen parempi, kuin vertailukohtana olleilla EDOF-linsseillä.

9.2 Opinnäytetyöprosessin arviointi

Opinnäytetyöprosessi alkoi syksyllä 2023. Ensimmäisenä vaiheena oli työn suunnittelu. Aiheen ideoinnissa käytettiin apuna ajatuskarttaa. Tutustuimme alustavasti aiheeseen liittyvään tutkimuskirjallisuuteen. Aihe valikoitui sen ajankohtaisuuden vuoksi ja oli molempien tutkijoiden mielestä mielenkiintoinen. Opinnäytetyön toteuttamistavaksi valikoi-

tui kartoittava kirjollisuuskatsaus. Alustavasti tutkimuskysymyksiä oli kolme, mutta neuroadaptaatioon liittyvä tutkimuskysymys rajautui pois. Tässä vaiheessa mietittiin tutkimuksen rajausta, teoreettista viitekehystä ja työn rakennetta. Opinnäytetyön toteutusvaihe alkoi teoreettisen viitekehyksen kirjoittamisella tammikuussa 2024. Prosessin aikana suoritettiin erilaisia opinnäytetyöpajoja: lähteiden hyödyntäminen ja viittaustekniikka sekä kielenhuolto. Opinnäytetyön raportointi- ja julkaisuvaihe siirtyivät 6 kulkautta alkuperäisestä tavoitteesta eteenpäin.

Työssä onnistuttiin selvittämään vastaukset tutkimuskysymyksiin, ja kokoamaan hyödyllistä tietoa aiheesta. On kuitenkin hyvä huomioida, että tämä on kummankin tekijän ensimmäinen laaja tieteellinen kirjoitus. Aiheesta löytyi varsinkin lähinään osalta paljon tutkimustietoa, mikä oli osaltaan helpottava tekijä hakuvaiheessa. Toisaalta tutkimusten paljous edellytti erityisen huolellista seulontaa. Teorian selvittämisen vaiheessa tekijöille tuli paljon uutta tietoa, minkä vuoksi teoreettisen viitekehyksen kirjoittaminen oli aikaa vievää. Asiantuntemus aiheesta kehittyi tutkimusprosessin aikana syventäen ymmärrystä moniteholinssileikkauksesta, eri linssivaihtoehdoista ja niiden vaikutuksista näköön. Prosessi myös kehitti tiedonkeruun, analysoinnin ja soveltamisen taitoja.

9.3 Eettisyys

Kirjallisuuskatsauksessa pyrittiin varmistamaan se, että siinä esitetty tieto on faktapohjaista, jotta se ei aiheuttaisi vääriä tulkintoja linssileikkauksissa kävijöille tai niitä suorittaville ammattilaisille. Tutkimusta ei kohdistettu ainoastaan tiettyyn ihmisryhmään, vaan käsitellyt tutkimukset olivat laaja-alaisia ja sisälsivät eri ikäisiä ja etnisyyden omaavia tutkittavia. Näin varmistettiin monipuoliset tutkimustulokset siitä, miten moniteholinssileikkaus toimii erilaisilla ihmisillä.

Tutkimuksissa voi joskus ilmetä eturistiriitoja. Esimerkiksi suhteet linssivalmistajien kanssa tai rahoitus yrityksiltä voivat vääristää tutkimuksia ja niiden tuloksia. Tässä kirjallisuuskatsauksessa oli tärkeä havaita ja poissulkea tutkimukset, joissa objektiivisuus ja puolueettomuus eivät toteutuneet. Tutkimusten valinnassa niiden läpinäkyvyyteen kiinnitettiin huomiota.

Tutkimuksen tiedonkeruu, analysointi ja tulosten esittely tehtiin rehellisesti ja tarkasti, jotta eettisyys taattiin. Opinnäytetyössä käytetyt lähteet valittiin kriittisellä tarkastelulla ja niiden laatu varmistettiin.

Työssä on huomioitu se, että lääketieteellistä yhteisöä ja potilaita ei johdeta harhaan manipuloimalla tutkimuksia tai valikoimalla mitä löydöksiä ilmoittaa.

9.4 Tulosten hyödyntäminen ja jatkotutkimusehdotukset

Tätä kirjallisuuskatsausta voivat hyödyntää optisen alan ammattilaiset, kuten optometristit ja silmälääkärit. Siihen kerätystä tiedosta voi olla apua esimerkiksi potilaiden neuvonnassa moniteholinssileikkaukseen liittyen. Koottu tieto voi myös tukea jatkotutkimuksia ja kliinistä työtä. Ensimmäisenä jatkotutkimusehdotuksena on dysfotopsiailmiöiden esiintyvyys ja vakavuusasteen tutkiminen pitkällä aikavälillä. Toisena jatkotutkimusehdotuksena on tehdä kattava tutkimus moniteholinssileikkauksen jälkeisestä neuroadaptaatiosta. Kolmantena jatkotutkimusehdotuksena on tehdä tutkimus EDOF- ja akkommodatiiviisten linssien materiaalin kestävydestä ja silmän fysiologisten muutosten vaikutuksesta niiden toimintaan. Viimeisenä jatkotutkimusehdotuksena on monitehoisten tekomykiöiden ja EDOF-linssien yhdistelmien toimivuus näöntarkkuuden ja potilastytyvyyden kannalta.

Lähteet

Alió Jorge L., MD, PhD, Pikkell Joseph, MD, 2019. Multifocal Intraocular Lenses: The Art and the practice, 2nd edition. <<https://link-springer-com.ezproxy.metropo-lia.fi/book/10.1007/978-3-030-21282-7>>. Viitattu 01.03.2025.

Althiabi Saad, Aljbreen Abdulaziz J, Alshutily Asma, Althwiny Faisal A, 2022. Postoperative Endophthalmitis After Cataract Surgery: An Update. Cureus. PubMed Central. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8913541/>>. Viitattu 29.03.2025.

Anderson Johanna, MPH, Young Sarah, MPH, Cockerham Glen, MD, Chomsky Amy, MD, and Parr Nicholas J., PhD, MPH, 2022. Evidence Brief: Intracameral Moxifloxacin for Prevention of Endophthalmitis After Cataract Surgery. National Library of Medicine. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK581595/>>. Viitattu 27.02.2025.

Ang Brian, 2024. Cataract Surgery Steps: From Start to Finish. Vision and eye health. <<https://www.vision-and-eye-health.com/cataractsurgery-steps/>>. Viitattu 20.09.2024.

Ang Brian, 2024. Intraocular Lens Implants and Cataract Surgery. Vision and eye health. <<https://www.vision-and-eye-health.com/intraocularlens/>>. Viitattu 20.09.2024.

Bhogal-Bhamra, G.K., Aujla, M., Kolli, S., Sheppard, A.L. & Wolffsohn, J.S., 2024. Glare prediction and mechanism of adaptation following implantation of hydrophilic and hydrophobic intraocular lenses. *Frontiers in Ophthalmology*, 15(1), pp.1–9. <<https://doi.org/10.3389/fopht.2024.1310468>>. Viitattu 2.3.2025.

Botta, J., Barsam, A., Dmitriew, A., Zaldivar, R., Wiley, W.F. & Windsor, S., 2024. Factors influencing outcome satisfaction after cataract surgery: patient-reported insights from the RayPro database. *BMC Ophthalmology* <<https://doi.org/10.1186/s12886-024-03800-3>>. Viitattu 25.3.2025.

Brar Amarpreet M.D, 2024. Cataract Surgery Anesthesia: Options, Preparation and What to Expect. Nvision. <<https://www.nvisioncenters.com/cataract-surgery/anesthesia/>>. Viitattu 27.09.2024.

Briceno-Lopez, C., Burguera-Giménez, N., García-Domene, M. C., Díez-Ajenjo, M. A., Peris-Martínez, C., & Luque, M. J., year. Corneal Edema after Cataract Surgery. *Journal of Clinical Medicine*. <[10.3390/jcm12216751](https://doi.org/10.3390/jcm12216751)>. Viitattu 28.2.2025.

Buckhurst, P. J., Naroo, S. A., Davies, L. N., Shah, S., Drew, T. & Wolffsohn, J. S., 2017. Assessment of dysphotopsia in pseudophakic subjects with multifocal intraocular lenses. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. <<https://doi.org/10.1136/bmjophth-2016-000064>>. Viitattu 27.2.2025.

Buratto Lucio, MD; Brint Stephen F. MD, FACS; ja Sorce Rosalia, MD; 2024. Cataract Surgery with Phaco and Femtophaco Techniques. <<https://www.proquest.com/docview/2134918053/bookReader?accountid=11363&sourcetype=Books>>. Viitattu 06.10.2024.

Cano-Ortiz, A., Sánchez-Ventosa, Á., Villalba-González, M., González-Cruces, T., Prados-Carmona, J.J., Díaz-Mesa, V., Piñero, D.P. & Villarrubia-Cuadrado, A., 2024. Clinical and patient reported outcomes of an optimized trifocal intraocular lens. *Journal of Clinical Medicine* 13, <<https://doi.org/10.3390/jcm13144133>>. Viitattu 26.3.2025.

Carreño Edgardo, Carreño Edgardo A, Carreño Rodrigo, Carreño Maricarmen, López Veronica, Potvin Richard, 2020. Refractive and Visual Outcomes After Bilateral Implantation of a Trifocal Intraocular Lens in a Large Population. *PubMed Central*. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7012329/>>. Viitattu 17.03.2025.

Centre For Sight, 2023. Cataract Surgery. <<https://www.centreforsight.net/december-01/types-of-cataract-surgery/>>. Viitattu 02.10.2024.

Christenbury Joseph, MD Patel Alpa S., M.D., DelMonte Derek W, MD, Mohan Hridya, 2023. Hydro Manoeuvres in Cataract Surgery. *American Academy of Ophthalmology*. <https://eyewiki.org/Hydro_Manoeuvres_in_Cataract_Surgery>. Viitattu 24.02.2025.

Coco-Martin, M. B., Valenzuela, P. L., Maldonado-López, M. J., Santos-Lozano, A., Molina-Martín, A. & Piñero, D. P., 2019. Potential of video games for the promotion of neuroadaptation to multifocal intraocular lenses: a narrative review. *PubMed*. <<https://doi.org/10.18240/ijo.2019.11.18>>. Viitattu 27.2.2025.

Derek W DeMonte, MD ,2024. Posterior Capsule Opacification. American Academy of Ophthalmology, EyeWiki. <[://eyewiki.org/Posterior_Capsule_Opacification](https://eyewiki.org/Posterior_Capsule_Opacification)>. Viitattu 18.09.2024.

Devgan Uday, 2023. Capsule polishing may offer benefits during cataract surgery. Ocular Surgery News, Healio. <<https://www.healio.com/news/ophthalmology/20230215/capsule-polishing-may-offer-benefits-during-cataract-surgery>>. Viitattu 27.02.2025.

Dr. Berdahl John. 2023. Which Lens for Which Patient? <<https://www.reviewofophthalmology.com/article/which-lens-for-which-patient>>. Viitattu 9.12.2023.

Espaillet Arnaldo, Coelho Constanca, Batista Michael J Medrano, Perez Obniel, 2021. Predictors of Photoc Phenomena with a Trifocal IOL. PubMed Central. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7882435/#s0005>>. Viitattu 21.03.2025.

Feldman Brad H., M.D., Garg Pooja G., MD, Shah Vinay A. M.D., Kim Leo A., MD, PhD, Lee Sun Young (Sunny), MD, PhD, Tripathy Koushik, MD (AIIMS), Dr. Hossain Kabir, Do Diana V., MD, Lim Jennifer I MD, Serhan Hashem Abu. Cystoid Macular Edema. American Academy of Ophthalmology, EyeWiki. <https://eyewiki.org/Cystoid_Macular_Edema>. Viitattu 13.03.2025.

Feldman Brad H., M.D., Patel Alpa S., M.D., Tripathy Koushik, MD (AIIMS), Singh Sudhir, DeMonte Derek W, MD, Dr. Hossain Kabir, Houser Kourtney, MD, Gurnani Bharat MBBS,DNB,FCRS,FICO(UK), FAICO (Cornea, AIIMS, AIOS), FAICO (Refractive Surgery, AIIMS, AIOS), MRCS (Ed), MNAMS, Ehrlich Joshua, MD, MPH, Sollenberger Eric L., MD, 2024. Manual Small Incision Cataract Surgery. American Academy of Ophthalmology, EyeWiki. <https://eyewiki.org/Manual_Small_Incision_Cataract_Surgery>. Viitattu 27.02.2025.

Feldman Brad H., M.D., Patel Alpa S., M.D., Tripathy Koushik, MD (AIIMS), DeMonte Derek W, MD, Morkin Melina, MD, Stelzner Sadiqa K, MD, FACS, Verkade Angela, MD, 2024. Toric IOLs. American Academy of Ophthalmology, EyeWiki. <https://eyewiki.org/Toric_IOLs#Multifocal_lenses>. Viitattu 11.03.2025.

Fernández Joaquín, Sánchez José F Alfonso, Nieradzick Mark, Valcárcel Beatriz, Burguera Noemí, Kapp Alexander, 2022. Visual performance, safety and patient satisfaction after bilateral implantation of a trifocal intraocular lens in presbyopic patients without cataract. PubMed Central. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9364506/>>. Viitattu 12.03.2025.

Fisher, B.L., 2011. Presbyopia-correcting intraocular lenses in cataract surgery—a focus on ReSTOR intraocular lenses. Journal-Presbyopia-correcting Intraocular Lenses in Cataract Surgery—A Focus on ReSTOR Intraocular Lenses. <<https://touchophthalmology.com/wp-content/uploads/sites/16/2015/07/fisher.pdf>>. Viitattu 12.03.2025.

Freddo Thomas F. and Chaum Edward, 2017. Anatomy of the Eye and Orbit: The Clinical Essentials. Chapter 10. Crystalline Lens and Zonules. <<https://ebookcentral.proquest.com/lib/metropolia-ebooks/detail.action?docID=5568207>>. Viitattu 12.04.2024.

Garay-Aramburu, G. Bergado-Mijangos, R., Irizar-Amilleta, R., Saez-Espejo, B., Serano-Zurbitu, L., Arakama-Alustiza, J., Gutiérrez-Soto, M., Ojanguren-Zugazaga, M.E., Areitio-Garcia, L., & Molpeceres-Uriszar, A., 2022. Risk factors for predicted refractive error after cataract surgery in clinical practice. Retrospective observational study. <<https://doi.org/10.1016/j.oftale.2022.02.004>>. Viitattu 7.3.2025.

Gibson C. Michael, M.S., M.D. [1]; Hoffer Kenneth J., M.D. [2], Clinical Professor of Ophthalmology, UCLA, St. Mary's Eye Center Associate, 2020. Cataract surgery. Wikidoc. <[https://www.wikidoc.org/index.php/Cataract_surgery#:~:text=Intracapsular%20cataract%20extraction%20\(ICCE\)%20involves,remains%20permanently%20in%20the%20eye](https://www.wikidoc.org/index.php/Cataract_surgery#:~:text=Intracapsular%20cataract%20extraction%20(ICCE)%20involves,remains%20permanently%20in%20the%20eye)>. Viitattu 27.02.2025.

Grzybowski, A., 2024. Negative and positive dysphotopsia. Acta Ophthalmologica. (vain tiivistelmä) <<https://doi.org/10.1111/aos.16442>>. Viitattu 27.2.2025.

Gundersen, K.G. & Potvin, R., 2020. Comparing visual acuity, low contrast acuity and contrast sensitivity after trifocal toric and extended depth of focus toric intraocular lens implantation. Clinical ophthalmology. <<https://doi.org/10.2147/OPHTH.S253250>>. Viitattu 28.2.2025.

Gurnani Bharat; Kaur Kirandeep, 2023. Phacoemulsification. National Library of Medicine, StatPearls. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK576419/>>. Viitattu 27.02.2025.

Han, K.E., Yoon, S.C., Ahn, J.M., Nam, S.M., Stulting, R.D., Kim, E.K., & Seo, K.Y., 2022. Evaluation of dry eye and meibomian gland dysfunction after cataract surgery. American Journal of Optometry. <<https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.02.036>>. Viitattu 6.3.2025.

Houser, K., Percelay, P. J., Lovett, R., Patel, A. S., DelMonte, D. W., McMillan, J., Christenbury, J., & Verkade, A., 2024. Dysphotopsia. Eyewiki. <<https://eyewiki.org/Dysphotopsia>>. Viitattu 10.2.2025.

Kabir, Do Diana V., MD, Lim Jennifer I MD, Serhan Hashem Abu, 2024. Cystoid Macular Edema. American Academy of Ophthalmology, EyeWiki. <https://eyewiki.org/Cystoid_Macular_Edema>. Viitattu 11.03.2025.

Kanclerz Piotr, Toto Francesca, Grzybowski Andrzej, Alio Jorge L, 2020. Extended Depth-of-Field Intraocular Lenses: An Update. PubMed Central. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7299221/>>. Viitattu 11.03.2025.

Karuppiyah Preethi, Varman N V Arulmozhi, Varman Aadithreya, Balakumar Dinesh, 2022. Comparison of clinical outcomes of trifocal intraocular lens (AT LISA, Eyecryl SERT trifocal) versus extended depth of focus intraocular lens (Eyhance, Eyecryl SERT EDOF). <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9672785/>>. Viitattu 18.03.2025.

Kaur Kirandeep; Gurnani Bharat MD; 2024. Viscoelastics. National Library of Medicine. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK578189/>>. Viitattu 06.10.2024.

Khoramnia, R., Auffarth, G., Łabuz, G., Pettit, G. ja Suryakumar, R., 2022. Refractive Outcomes after Cataract Surgery Diagnostics. <<https://doi.org/10.3390/diagnostics12020243>>. Viitattu 5.3.2025.

Kim, J.Y., Jo, M.-W., Brauner, S.C., Ferrufino-Ponce, Z., Ali, R., Cremers, S.L. & Henderson, B.A., 2011. Increased intraocular pressure on the first postoperative day following resident-performed cataract surgery. *Eye*. <10.1038/eye.2011.93>. Viitattu 9.3.2025.

Lee Yong Woo, Choi Chul Young, Moon Kun, Jeong Yong Jin, An Sang Il, Lee Je Myung, Lee Jong Ho, Seong Min Cheol, 2022. Clinical outcomes of new multifocal intraocular lenses with hydroxyethyl methacrylate and comparative results of contrast sensitivity, objective scatter, and subjective photic phenomena. PubMed Central. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9494844/>>. Viitattu 23.03.2025.

Liberdade C. Salerno, Mauro C. Tiveron, Jr., and Jorge L. Alió. 2017 *Taiwan Journal Ophthalmology* 2017. Multifocal intraocular lenses: Types, outcomes, complications and how to solve them. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5747227/>>. Viitattu 9.12.2023.

London Vision Clinic, 2024. Is Cataract Surgery the Same as Lens Replacement? <<https://www.londonvisionclinic.com/is-cataract-surgery-the-same-as-lens-replacement/>>. Viitattu 25.09.2024.

Lundström, M., Albrecht, S., & Stenevi, U., 2018. Risk factors for refractive error after cataract surgery – An analysis of 282,811 cataract extractions reported to the European Registry of Quality Outcomes for Cataract and Refractive Surgery. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. <https://strathprints.strath.ac.uk/63929/1/Lundstrom_etal_JCRS_2018_Risk_factors_for_refractive_error_after_cataract_surgery.pdf>. Viitattu 8.3.2025.

Luyten, G., 2024. IOL exchange for positive and negative dysphotopsia. *Acta Ophthalmologica*, [internet] 18. tammikuuta. (vain tiivistelmä) <<https://doi.org/10.1111/aos.16444>>. Viitattu 27.2. 2025.

Mesci, C., Erbil, H.H., Olgun, A., Aydin, N., Candemir, B. & Akçakaya, A.A., 2010. Differences in contrast sensitivity between monofocal, multifocal and accommodating intraocular lenses: long-term results. *Clinical & Experimental Ophthalmology*. (vain tiivistelmä) <<https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2010.02357.x>>. Viitattu 10.3.2025.

Micheletti J. Morgan, MD, Feldman Brad H., M.D., Patel Alpa S., M.D., Masters Jordan Scott, MD, Tripathy Koushik, MD (AIIMS), DeMonte Derek W, MD, McMahon Jeffrey F., MD, Reddy Vandana, MD, Pouly Severin, M.D., Christenbury Joseph, MD, Thulasi Praneetha, MD, 2023. Extended Depth of Focus IOLs. American Academy of Ophthalmology. EyeWiki. <https://eyewiki.org/Extended_Depth_of_Focus_IOLs>. Viitattu 10.03.2025.

Miller Kelly, choi Jamie., Patel Alpa S., M.D., Tripathy Koushik, MD (AIIMS), DeMonte Derek W, MD, Baartman Brandon, MD, Randolph Jessica, M.D., Wildes Michael, MD, 2025. Cataract Surgery Complications. American Academy of Ophthalmology. EyeWiki. <https://eyewiki.org/Cataract_Surgery_Complications> Viitattu 11.03.2025.

Mohammed, Mohammed A., 2025. Dysphotopsia after uneventful phacoemulsification. Egyptian Journal of Ophthalmology. <https://doi.org/10.4103/ejos.ejos_15_24>. Viitattu 27.2.2025.

Munn Zachary, Peters Micah D. J., Stern Cindy, Tufanaru Catalin, McArthur Alexa and Aromataris Edoardo. 2018. <<https://bmcmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12874-018-0611-x>>. Viitattu 9.12.2023.

Pallikaris, I., Plainis, S. & Charman, W. N., 2012. Presbyopia: Origins, effects, and treatment. [ei ilmaista pääsyä] <<https://ebookcentral.proquest.com/lib/metropolia-ebooks/reader.action?docID=3404717>>. Viitattu 20.11.2023.

Parikh Max, MD, 2024. How do They Do Cataract Surgery? Cataract Surgery from Pre-Op to Post-Op. Nvision. <<https://www.nvisioncenters.com/cataract-surgery/steps/>>. Viitattu 06.10.2024.

Patel Alpa S., M.D., Aref Ahmad A., MD, MBA, Masters Jordan Scott, MD, Hwang Frank S., MD, Tripathy Koushik, MD (AIIMS), DeMonte Derek W, MD, Houser Kourtney, MD, 2024. Presbyopia-correcting IOLs. American Academy of Ophthalmology. EyeWiki. <https://eyewiki.org/Presbyopia-Correcting_IOLs#Refractive_IOLs>. Viitattu 01.03.2025.

Piñero, D. P., Maldonado-López, M. J., Molina-Martin, A., García-Sánchez, N., Ramón, M. L., ym. (2023). Randomised placebo-controlled clinical trial evaluating the impact of

a new visual rehabilitation program on neuroadaptation in patients implanted with trifocal intraocular lenses. *International Ophthalmology*, 43(11).

<<https://doi.org/10.1007/s10792-023-02809-9>>. Viitattu 2.3.2025.

Pusnik Ambroz, Petrovski Goran, Lumi Xhevat, 2022. Dysphotopsias or Unwanted Visual Phenomena after Cataract Surgery. PubMed Central.

<<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9866410/#B62-life-13-00053>>. Viitattu 19.03.2025.

Rotsos, T. G., & Moschos, M. M. 2008. Cystoid macular edema. *Clinical Ophthalmology*, 2(4), 919–930. <<https://doi.org/10.2147/ophth.s4033>>. Viitattu 11.03.2025.

Ryburn Cullen, MD Patel Alpa S., M.D., Tripathy Koushik, MD (AIIMS), DelMonte Derek W, MD, Kuriakose Robin K, MD, Stelzner Sadiqa K, MD, FACS, 2024. Incision Construction. American Academy of Ophthalmology. EyeWiki. <https://eyewiki.org/Incision_Construction>. Viitattu 22.02.2025.

Salerno Liberdade C 1, Tiveron Jr Mauro C 1, Alió Jorge L 1,2, 2017. Multifocal intraocular lenses: Types, outcomes, complications and how to solve them. *Taiwan J Ophthalmol*. National Library of Medicine. PubMed Central. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5747227/>>. Viitattu 02.03.2025.

Salminen Ari. 2023. <<https://osuva.uwasa.fi/handle/10024/15470>>. Viitattu 9.12.2023.

Sen Srishty, Tripathy Koushik, 2024. Ultrasound Biometry. StatPearls. National Library of Medicine. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK599551/>>. Viitattu 20.09.2025.

Sieburth Rebecca and Chen Ming. 2019. Intraocular lens correction of presbyopia. *Taiwan Journal Ophthalmology*. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6432854/>>. Viitattu 26.08.2024.

Wang, X. & Ming, Y., 2016. Refractive lens exchange: A surgical treatment for presbyopia. [e-kirja] Chapter 2, p. 13. Thorofare, NJ: SLACK Incorporated. Viitattu 12.12.2023.

Wesolosky JD, Tennant M, Rudnisky CJ, Schriebl SM, Leydolt C, Stifter E, Menapace R, Steinert R, Diagourtas A, Petrou P, Georgalas I, Becker, Menapace R, Gimbel HV, Neuhann T., Chang D., Ewe SY, Abell RG, Vote BJ, Mastropasqua L, Toto L, Calienno

R, Mattei PA, Mastropasqua A, Vecchiarino L, Di Iorio D, Chang DF, Mamalis N, Werner L., Lelie Sabbagh, Contributing Editor 2018. What's wrong with doing a YAG? <<https://www.reviewofophthalmology.com/article/pco-whats-wrong-with-doing-a-yag>> Viitattu 26.08.2024.

Wildes Michael, MD Barrientos Luis C, Patel Alpa S., M.D., O'Brien Chris, MD MBA, DeMonte Derek W, MD, 2025. Capsulorhexis Technique. American Academy of Ophthalmology. EyeWiki. <https://eyewiki.org/Capsulorhexis_Technique>. Viitattu 23.02.2025.

Wolffsohn, J. S. & Davies, L. N., 2018. Presbyopia: Effectiveness of correction strategies. British Journal of Ophthalmology. <<https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2018.09.004>>. Viitattu 2.12.2023.

Xu, Y., Li, M., Zhang, M., Zhang, J., Xu, D., & Wang, L. (2022). Risk factors associated with intraocular lens decentration after cataract surgery. American Journal of Ophthalmology. <<https://doi.org/10.1016/j.ajo.2022.05.005>>. Viitattu 15.3.2025.

Yeu Elizabeth MD, Cuozzo Susan MA, CMPP, 2020. Matching the Patient to the Intraocular Lens. American Academy of Ophthalmology. <[https://www.aaojournal.org/article/S0161-6420\(20\)30843-5/fulltext](https://www.aaojournal.org/article/S0161-6420(20)30843-5/fulltext)>. Viitattu 18.02.2025.