

Minna Rawnak, Noora Saria

Sarveiskalvoon kohdistuva taittovirhekirurgia myopian ja astigmatian näönkorjausmenetelmänä

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi (AMK), SXE14S1

Opinnäytetyö

31.10.2017



Tekijät Otsikko	Minna Rawnak, Noora Saria Sarveiskalvoon kohdistuva taittovirhekirurgia myopian ja astigmatian korjausmuotona. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus.
Sivumäärä Aika	63 sivua Syksy 2017
Tutkinto	Optometrismi (AMK)
Koulutusohjelma	Optometrian koulutusohjelma
Suuntautumis- vaihtoehto	Optometria
Ohjaajat	Lehtori Juha Päällysaho Lehtori Kajsa Sten
<p>Myopia on maailmanlaajuisesti yleistynyt taittovirhe ja sen korjaaminen taittovirhekirurgialla on yleistynyt huomattavasti. Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda tiivis katsaus taittovirhekirurgiaan myopian ja astigmatian korjausmuotona. Tavoitteena oli arvioida, voiko taittovirhekirurgialla saavuttaa laadullisesti hyvä näönkorjauksen lopputulos sekä helpottaa suomenkielisen tiedon löytämistä optisen alan ammattilaisille ja opiskelijoille käsiteltävästä aiheesta.</p> <p>Työ toteutettiin kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui 12 tutkimusta menneen 10 vuoden ajalta. Valitut tutkimukset haettiin ScienceDirect ja PubMed -tietokannoista. Tutkimukset käsittelevät potilastyytyväisyyttä ja näön laatua taittovirheleikkauksen jälkeen sekä vertailevat eri leikkausmenetelmien tehokkuutta, ennakoitavuutta ja turvallisuutta.</p> <p>Tutkimustulosten mukaan taittovirhekirurgia on tehokas ja turvallinen myopian ja astigmatian korjausmenetelmä. Taittovirheleikkausten komplikaatoriskit ovat alhaiset ja tulosten ennustettavuus on hyvä. Tutkimustuloksista ei havaittu tilastollisesti merkittäviä eroja eri leikkausmenetelmien välillä. Potilastyytyväisyys on hyvä ja taittovirheen korjaaminen taittovirhekirurgialla tuo monia etuja silmälaseihin ja piilolaseihin verrattuna.</p> <p>Tutkimustuloksista voidaan päätellä, että huolellisella näön arvioinnilla ja potilasvalinnalla voidaan taata parempia leikkaustuloksia ja korkeampaa potilastyytyväisyyttä. Leikkausmenetelmät kehittyvät jatkuvasti ja taittovirhekirurgian arvioidaan lisääntyvän tulevina vuosina.</p>	
Avainsanat	taittovirhekirurgia, myopia, astigmatia



Authors Title Number of Pages Date	Minna Rawnak, Noora Saria Corneal Refractive Surgery as a Method for Correcting Myopia and Astigmatism. A Descriptive Literature Review. 63 pages October 2017
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Specialisation Option	Optometry
Instructors	Juha Päällysaho, Senior Lecturer Kajsa Sten, Senior Lecturer
<p>Myopia is the leading cause of refractive error and its prevalence is continuing to rise, which is why refractive surgery as an alternative optical correction of refractive errors is a current topic. The aim of this Bachelor's thesis was to create a review of corneal refractive surgery as a refractive correction of myopia and astigmatism. The aim was to assess whether refractive surgery can provide high visual quality and to ease professionals and students of optometry finding information about refractive surgery in Finnish.</p> <p>The study was conducted as a descriptive literature review. The literature searches were carried out by using Pubmed and ScienceDirect databases. The material used in the literature review was based on 12 researches carried out in the past 10 years. The researches studied the visual outcomes after refractive surgery, patient satisfaction and compared the efficacy, predictability and safety between different refractive surgery techniques.</p> <p>The study results lead to the conclusion that refractive surgery has a high level of efficacy, predictability and safety. There are no statistically significant differences in the outcomes among different refractive surgery techniques. The results showed that the risk of surgical and postoperative complications are low in refractive surgery. Patient satisfaction is high and correcting the refractive error with refractive surgery provides a number of advantages in contrast to spectacles and contact lenses.</p> <p>Based on the study results it can be concluded that careful patient assessment guarantees better surgical results in terms of visual outcomes and patient satisfaction. The technology is rapidly evolving and the demand for refractive surgery is expected to grow in the upcoming years.</p>	
Keywords	refractive surgery, myopia, astigmatism



Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sarveiskalvon rakenne	2
2.1	Kyynelfilmi	2
2.2	Sarveiskalvo	3
2.2.1	Sarveiskalvon hermotus	5
2.2.2	Sarveiskalvon paraneminen	5
2.2.3	Sarveiskalvon hermotuksen uusiutuminen	6
3	Silmän terveydentilan arviointi ja esitutkimukset	7
3.1	Näöntarkkuus	7
3.2	Matalamman ja korkeamman asteen taittovirheet	8
3.3	Taittovirheen ja korkeamman tason aberraatioiden määrittäminen	11
3.4	Sarveiskalvon kaarevuudet ja paksuus	12
3.5	Kuivasilmäisyys ja sen arvioiminen	13
4	Taittovirheleikkausmenetelmät	15
4.1	PRK (Photorefractive Keratectomy)	16
4.2	LASIK (Laser in situ Keratomileusis)	17
4.3	Epi-LASIK (Epikeratome Laser-assisted Keratomileusis)	18
4.4	LASEK (Laser-assisted Epithelial Keratomileusis)	18
4.5	Femtolasik	19
4.6	ReLEx SMILE (Small Incision Lenticule Extraction)	19
5	Postoperatiiviset tutkimukset ja yleisimmät leikkauskomplikaatiot	21
5.1	Jälkihoito	21
5.2	Jälkikontrollit	22
5.3	Taittovirheleikkausten yleisimmät komplikaatiot	26
5.3.1	Läppäleikkauksiin liittyvät komplikaatiot	28
5.3.2	Lentikkelin poistoon liittyvät komplikaatiot	32
6	Opinnäytetyön toteutus	33
6.1	Opinnäytetyön tutkimuskysymys, tarkoitus ja tavoite	33
6.2	Aineiston keruu	34
7	Tulokset	36



7.1	Leikkauksen tehokkuus, ennakoitavuus ja turvallisuus	39
7.2	Näön laatu leikkauksen jälkeen	46
7.3	Sarveiskalvon tuntoherkkyys ja kuivasilmäisyys	48
7.4	Asiakastyytyväisyys leikkaustulokseen	51
8	Pohdinta	55
8.1	Kirjallisuuskatsauksen reliabiliteetti	56
8.2	Jatkotutkimusaiheet	57
	Lähteet	58



1 Johdanto

Lisääntyvä likitaittoisuus, myopia, on maailmanlaajuinen ilmiö. Tutkimusten mukaan vuosituhaten alussa likinäköisiä oli 22.9 % maailman väestöstä. Tämän hetken arvion mukaan likinäköisten määrä on jo noin 30 % väestöstä ja määrän ennustetaan lisääntyvän tulevien vuosikymmenien myötä vaikuttaen jopa puoleen maailman väestöstä. (Fricke ym. 2016.)

Sarveiskalvoon kohdistuva taittovirheleikkaus on yleistynyt näönkorjausmenetelmänä Suomessa nopeasti ja leikkauksia tehdään arviolta noin 12 000–15 000 vuosittain (Holopainen – Tervo – Vuori-Heikkilä – Zalentein 2013). Maailmanlaajuisesti taittovirheleikkaus on yksi yleisimmistä vapaavalintaisista leikkauksista (Donnenfeld ym. 2016). Taittovirheleikkaus mahdollistaa tarkan näkemisen ilman silmälaseja tai piilolinsskejä, mikä monesti koetaan käytännöllisenä ja esteettisenä vaihtoehtona. Nykyaikaiset leikkaukset ovat tutkitusti tehokkaita ja turvallisia, mutta leikkauksissa on myös riski komplikaatioihin.

Optisen alan ammattilaiset kohtaavat enenevässä määrin taittovirheleikkauksen läpikäyneitä asiakkaita. Ymmärrys yleisimmistä taittovirhekirurgian menetelmistä, mahdollisista komplikaatioista ja leikkauksen vaikutuksesta näkemiseen on tarpeellista tietoa alan ammattilaisille. Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa selkeä ja ajankohtainen suomenkielinen katsaus nykypäivän taittovirhekirurgiaan. Kirjallisuuskatsauksella pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen ”Onko sarveiskalvoon kohdistuva taittovirhekirurgia laadullisesti hyvä myopian ja astigmatian korjausmuoto?”. Kirjallisuuskatsaus on tarkoitettu optometrian ammattilaisille ja opiskelijoille, eikä aikaisempia suomenkielisiä kirjallisuuskatsauksia ole aiheesta tehty.

Opinnäytetyö toteutetaan kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Työssä käsitellään likinäköisiä ja hajataittoisia terveitä silmiä, joissa on normaali binokulariteetti. Tutkimukset haetaan ScienceDirect- ja PubMed -tietokannoista ja tutkimusten tulee olla julkaistu menneen 10 vuoden aikana, jotta tieto on mahdollisimman ajankohtaista. Työssä on laaja teoriaosuus, jossa käydään läpi sarveiskalvon ja kyynelfilmin rakenne, taittovirheet ja muita näön laatuun vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi teoriaosuudessa käsitellään Suomessa tehtävät leikkausmenetelmät, leikkausten esitutkimukset ja jälkitarkastukset, sekä niiden yleisimmät komplikaatiot.

2 Sarveiskalvon rakenne

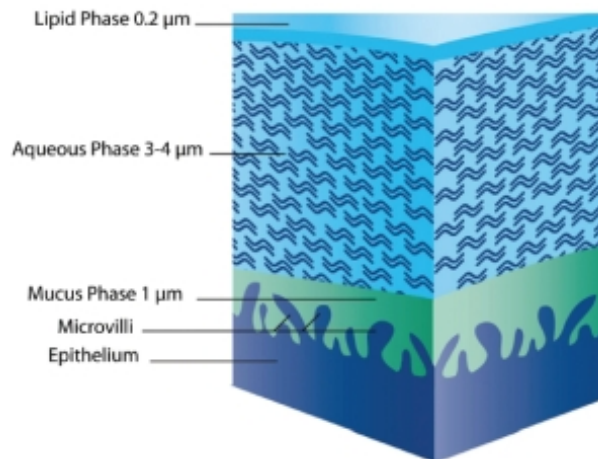
Sarveiskalvo muodostaa yhdessä kyynelfilmin kanssa optisesti laadukkaan valoa taittavan osan ja suojaa silmää vaurioilta ja patogeeneiltä. Sarveiskalvo on silmän merkittävin valoa taittava osa, kattaen 70 % koko silmän refraktiivisesta taittovoimasta. (Bauerman – Kaufman – Klyce 1997: 3.)

2.1 Kyynelfilmi

Kyynelfilmi kosteuttaa ja ravitsee silmän pintaa, sekä suojaa silmää ympäristöltä. Kyynelfilmi muodostaa tasaisen optisen pinnan sarveiskalvolle ja sen vakaus on edellytys laadukkaalle näkemiselle. Kyynelfilmi koostuu lipideistä, kyynelvedestä ja musiinista, joista uloimpana on lipidikerros. Lipidikerros estää kyynelnesteen haihtumista sarveiskalvolta. Lipidit ovat peräisin ylä- ja alaluomen meibomin rauhasista. Kyynelnesteen haihtumisen lisäksi, lipidit suojaavat silmää ilmassa olevilta mikrobeilta. Lipidikerros on hydrofobinen, estäen kyynelnesteen valumista pois silmän pinnalta. (Maskin – Thomas 2007: 31, 36.)

Kyynelfilmi koostuu suurimmaksi osaksi kyynelvedestä. Kyynelveden tuottaa pääasiassa pääkyynelrauhanen, joka sijaitsee silmäkuopassa yläluomen alla. Kyynelvesi koostuu suurimmaksi osaksi vedestä, ja huuhtoo siten tehokkaasti partikkeleita silmän pinnalta. Kyynelveden lysotsyymi on vahvasti antibakteerinen vaikuttaja, joka suojaa silmää bakteereilta. (Maskin – Thomas 2007: 33, 36.)

Alimpana kerroksena on geelimäinen musiinikerros, joka suojaa ja voitelee sarveiskalvon pintaa. Musiini on peräisin kovakalvon pikarisoluista. Musiinikerroksen avulla kyynelfilmi levittyy tasaisesti sarveiskalvon pinnalle. (Maskin – Thomas 2007: 36.) Alla oleva kuvio havainnollistaa kyynelfilmin rakennetta.



Kuvio 1. Kyynelfilmin Rakenne (© 2017 Contact Lens Spectrum)

Silmän kuivuminen, sekä mekaaniset ja emotionaaliset ärsykkeet aktivoivat kyynelnesteen tuotantoa. Silmien räpytyksen myötä kyynelfilmi levittyy tasaisesti silmän pinnalle ja kulkeutuu silmän sisänurkassa olevan kyynelpisteen kautta nenänieluun. (Maskin – Thomas 2007: 37–40.)

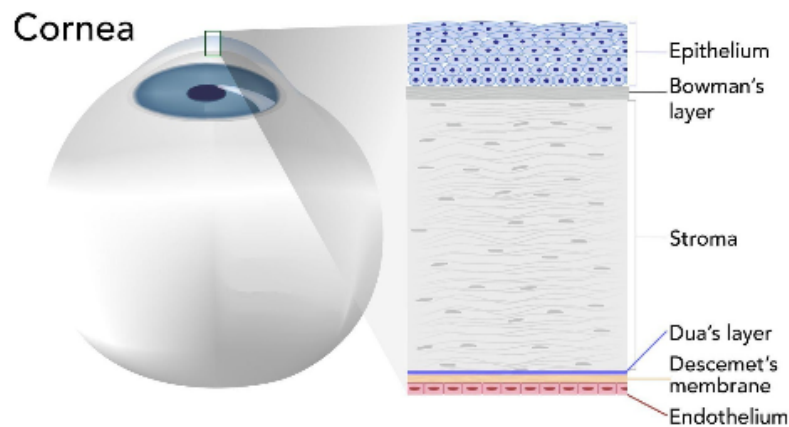
2.2 Sarveiskalvo

Sarveiskalvo on muodoltaan prolaatti, eli jyrkimmillään sarveiskalvon keskeisellä alueella ja loivenee periferiaa kohti (DeMonte – Terry 2011: 588). Sarveiskalvon keskeisen alueen kaarevuus on keskimäärin 43D (dioptriaa) (Bauerman ym. 1997: 3). Sarveiskalvo koostuu kuudesta kerroksesta, joista uloimpana on 55 mikrometriä paksu epiteelikerros, joka koostuu uusiutuvista epiteelisoluista (Murphy 2013; Lawrenson 2010: 10). Epiteelisolut ovat tiukasti kiinnittyneet toisiinsa, estäen nesteen läpäisyn sarveiskalvoon. Epiteelikerrosta verhoaa verkkomainen mikrovillikerros, joka auttaa kyynelfilmin tasaista levittäytymistä sarveiskalvon pinnalle. Pienikin sarveiskalvon tai kyynelfilmin epätasaisuus heikentää huomattavasti verkkokalvolle muodostuvan kuvan laatua. (Lawrenson 2010: 10.)

Epiteelin alla on Bowmanin kerros ja strooma. Bowmanin kerros on 15 mikrometriä paksu ja ylläpitää sarveiskalvo muotoa. Bowmanin kerroksen solut eivät uusiudu ja muodostavat arven vaurioituessaan. (DeMonte – Terry 2011: 591.) Strooman paksuus on 500 mikrometriä ja vastaa 90 % sarveiskalvon paksuudesta. Strooma koostuu suurim-

maksi osaksi vedestä ja kollageenisäikeistä. Kollageenisäikeet ovat tarkasti järjestäytyneet yhdensuuntaisiin lamelleihin, muodostaen vahvan suojaavan rakenteen. Lamelleja ympäröi keratotsyytit. Lamellien tarkka järjestys on edellytys sarveiskalvon läpinäkyvyydelle. (Lawrenson 2010: 12–13, 16.)

Vuonna 2013 löydettiin sarveiskalvon neljäs kerros, Duan-kerros, joka sijaitsee strooman ja Descemetin kalvon välissä. Duan-kerros on 15 mikrometriä paksu ja vahva rakenteeltaan. (Murphy 2013.) Seuraavassa kuvassa sarveiskalvon rakenne havainnollistettu piirroksena.



Kuvio 2. Sarveiskalvon kerrokset (Konan Medical 2017)

Sarveiskalvon sisemmät kerrokset ovat Descemetin kalvo ja endoteeli. Descemetin kalvo on 10 mikrometriä paksu, elastinen ja nopeasti muotoonsa palautuva. Endoteeli koostuu litteistä, kuusikulmaisista soluista, ja ylläpitää sarveiskalvon kirkkautta. (Bauerman ym. 1997: 9.) Kammionesteen ionit ja pienet molekyylit läpäisevät endoteelikerroksen. Sarveiskalvon nestetasapainon ylläpitämiseksi endoteelin tehtävänä on poistaa ioneja stroomasta endoteelipumpun avulla. Endoteelipumpun toiminta ylläpitää sarveiskalvon läpinäkyvyyttä ja estää strooman turvotusta. (Lawrenson 2010: 16.)

Endoteelisolut ovat uusiutumattomia soluja, jotka kuolevat iän myötä. Solun kuoltua, vieriset endoteelisolut venyvät ja paikkaavat solun kuolemasta syntyvän aukon. Tästä voi syntyä endoteelisolujen koon vaihtelua (polymegethism) ja muodon vaihtelua (pleomorphism). Endoteelisolujen kuolemaan voivat johtaa iän lisäksi piilolinssien pitkittynyt käyttö, sairaudet, traumat ja leikkauskomplikaatiot. (Lawrenson 2010: 14.)

2.2.1 Sarveiskalvon hermotus

Sarveiskalvo on kehon tiheimmin hermotettu pintakudos. Sarveiskalvon hermot aistivat kosketusta, kipua ja lämpötiloja, ja vastaavat merkittävästi räpytysrefleksistä, haavojen parantumisesta, sekä kyynelenesteen tuotannosta ja erityksestä. (Bakir – Jain – Shaheen 2014: 263.) Sarveiskalvon tuntohermot ovat peräisin kolmoishermon silmähaarasta ja kulkevat pääasiassa pitkiä siliaarihermoja myöten. Hermosäiekimput lävistävät perifeerisen sarveiskalvon säteittäisesti ja haarautuvat epiteelikerrosta kohti. Hermosäikeiden lävistäessä Bowmanin kerroksen hermopäätteet haarautuvat tiheäksi verkostoksi Bowmanin kerroksen ja epiteelikerroksen väliin. (Dick – Forrester – McMenamain – Pearlman – Roberts 2016: 20.)

Suurin osa sarveiskalvon hermojen aksoneista ovat myeliinittömiä. Myeliinilliset hermojen aksonit menettävät myeliinivaippansa noin 3 mm limbukselta. (Bauerman – Kaufman – Klyce 1997: 14.) Aksoneiden myeliinivaipan menettäminen on tärkeä osatekijä sarveiskalvon läpinäkyvyyden ylläpitämiseksi (Dick ym. 2016: 20).

2.2.2 Sarveiskalvon paraneminen

Sarveiskalvolla on tärkeä osa silmän suojaamisessa ja kuvan muodostamisessa verkkokalvolle. Sarveiskalvon täytyy pysyä kirkkaana ja vastustuskykyisenä patogeenejä vastaan. Sarveiskalvon pinnan rikkoontuessa sarja yhtäaikaista korjaustoimenpiteitä alkaa silmän solukoissa korjata vaurioitunutta kudosta. Kyynelneesteen määrän kasvu ja rakenteen muutos ovat ensimmäisiä reaktioita sarveiskalvon vahingoittuessa. (Dick – Forrester – McMenamain – Roberts 2008: 214–215.)

Sarveiskalvon epiteelin rikkoontuessa epiteelin pohjakerros solukko alkaa jakautua limbuksen alueella ja tuottaen mitoosin avulla uusia epiteelisoluja, jotka levittäytyvät vaurioituneelle alueelle reunoilta keskustaa kohden. Aluksi haavaa peittävä kerros on vain yhden solukerroksen paksuinen, joka muodostuu noin 24-36 tunnin aikana. Epiteelisolukko paksunee paranemisen myötä normaaliksi noin kuuden solukerroksen paksuiseksi. (Lee 2016.)

Epiteelikerros sitoutuu alempaan Bowmanin kerrokseen kollageenisäikeiden avulla. Kollageenisäikeet uusiutuvat vasta päivien päästä epiteelikerroksen kasvettua ja alkuperäisen sidoksen kestävyuden se saavuttaa vasta useiden kuukausien kuluttua. Bowmanin kerroksen solut eivät uusiudu. (Dick ym. 2008: 214–215.) Mikäli Bowmanin kerros vahingoittuu, korvaa tuhoutuneet solut joko epiteelin solut tai strooman solukko (Lee 2016).

Strooman keratosyyttisolut alkavat tuottaa kollageenia vaurioituneella alueella. Haavan paranemisen alkuvaiheessa strooman kollageenisäikeet eivät järjestäydy alkuperäisen järjestyksen mukaisesti, aiheuttaen sarveiskalvoon sameampia kohtia, jotka muuttavat valon kulkua sarveiskalvon läpi. Suuremmissa haavoissa säikeiden järjestys ei muutu alkuperäisen kaltaiseksi paranemisen myötä, mutta pienemmissä vaurioissa säikeet pyrkivät palaamaan yhdensuuntaisiksi lamelleiksi palauttaen sarveiskalvon läpinäkyvyyden. (Dick ym. 2008: 215.)

Descementin kalvon solut eivät vaurioituessaan pysty uusiutumaan. Sarveiskalvon endoteelisolukko ei myöskään pysty jakautumaan, mutta vaurioituneen alueen viereiset endoteelisolut levittäytyvät ja kasvattavat kokoaan peittääkseen vaurioalueen. (Dick ym. 2008: 216.)

2.2.3 Sarveiskalvon hermotuksen uusiutuminen

Tutkimuksissa on havaittu NGF-hermokasvutekijöiden (Nerve Growth Factor, NGF) olevan tärkeässä roolissa sarveiskalvon hermojen ylläpitämiseksi, sekä aksonien haaramiselle, venymiselle, hermosolujen kasvulle ja uusiutumiselle (Bakir – Jain – Shaheen 2014). Sarveiskalvon epiteelisolut, endoteelisolut, strooman solut, sekä limbuksen kantasolut syntetisoivat NGF-hermokasvutekijöitä. NGF on aivoperäinen hermokasvutekijä, joka edistää sympaattisten ja sensoristen hermojen kehitystä ja etenemistä. (Cao ym. 2014.)

Taittovirhekirurgia vaurioittaa sarveiskalvon hermoja. Leikkausten seuraukset riippuvat leikkausmenetelmästä, korjattavasta taittovirheen määrästä ja ennen leikkausta olemassa olevasta hermojen vauriosta. Hermojen palautuminen ja uusiutuminen voi leikkauksesta riippuen kestää muutamasta kuukaudesta useampaan vuoteen. (Bakir – Jain – Shaheen 2014.)

3 Silmän terveydentilan arviointi ja esitutkimukset

Taittovirheleikkausta edeltää aina kattava näön ja silmän terveydentilantutkimus, jotta asiakkaan soveltuvuus leikkaukseen saadaan varmistettua. Esitutkimuksilla varmistetaan, että asiakkaan taittovirhe on mahdollista korjata taittovirheleikkauksella tehokkaasti ja turvallisesti. Tutkimuksissa kartoitetaan myös asiakkaan mahdolliset riskitekijät erilaisille leikkauksesta johtuville komplikaatioille. (Hanratty 2015: 23.)

Selkeitä vasta-aiheita sarveiskalvoon kohdistuvalle taittovirheleikkaukselle ovat keratokonus, eli sarveiskalvon kartiopullistuma, glaukooma, harmaakaihi, uveiitti, aktiivinen tulehdus silmän alueella, diabeettinen retinopatia, verkkokalvon irtauma, raskaus, epilepsia ja tietyt käytettävät lääkeaineet. Myös asiakkaan mahdolliset mielenterveydelliset tekijät, kuten masennus, tulisi huomioida. Asiakkailla joilla on masennuksen oireita, kokevat enemmän epätyytyväisyyttä leikkauksen lopputulokseen. (Hanratty 2015: 46–47.)

Esitutkimuksen aikana olisi hyvä myös kartoittaa asiakkaan odotukset ja toiveet koskien leikkausta. Leikkausta harkitseville tulee kertoa, ettei taittovirhekirurgia korjaa presbyopiaa ja mahdollisesti leikkaustulos ei ole yhtä hyvä kuin silmälaseilla tai piilolinseillä saavutettu näöntarkkuus. Esitutkimukseen kuuluu myös silmänpohjan tutkiminen, jotta mahdolliset silmäsairaudet tai muutokset verkkokalvolla pystytään huomioimaan ennen leikkausta. (Manche 2012.)

3.1 Näöntarkkuus

Näkemisen laatua arvioidessa tulee huomioida monta eri tekijää. Monesti hyvä näkeminen määritellään ainoastaan korkea kontrastisen visuksen mukaan, joka kertoo fovean alueen kyvyn erottaa korkea kontrastisia yksityiskohtia toisistaan. Näkemiseen vaikuttaa kuitenkin lisäksi mm. vallitseva valaistus, mahdolliset häikäisyt, optiset aberratiot, väliaineiden kirkkaus, verkkokalvolle muodostuvan kuvan koko, sekä näköaivokuoren kyky tulkita mahdollista epäselvää kuvaa. (Grosvenor 2007: 12.)

Näöntarkkuudesta puhuttaessa käytetään mittayksikköä visus. Visus kertoo silmän kyvyn havaita kaksi lähekkäin olevaa yksityiskohtaa erillään toisistaan. Normaalin näön rajaksi on määritelty 1.0 visus tai sitä suurempi arvo, joka tarkoittaa että henkilö erottaa

kaksi kohdetta, jotka ovat yhden kulmaminuutin matkan päässä toisistaan. (Grosvenor 2007: 9-10.)

Näön laatuun vaikuttaa korkea kontrastisen visuksen lisäksi henkilön kontrastiherkkyys. Kontrastiherkkyys on pienimmän havaittavissa olevan kontrastikynnyksen käänteisarvo. Mitä matalampi kontrastiherkkyys henkilöllä on, sen enemmän kontrastia hän tarvitsee nähdäkseen. Matala kontrastiherkkyys heikentää nähdyn kuvan laatua, vaikka korkea kontrastinen visus on normaali. (Elliott 1998: 203, 208.)

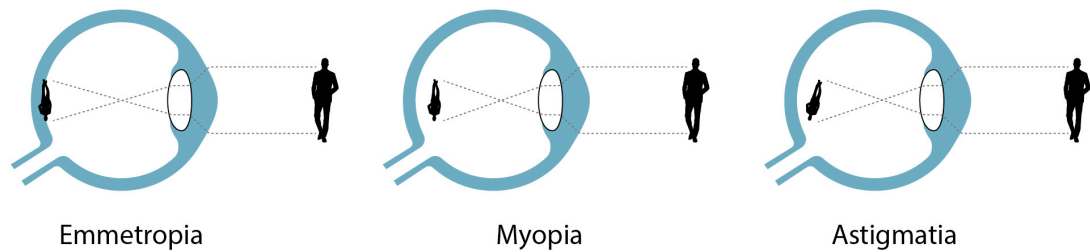
Lisäksi näkemiseen vaikuttaa valaistusolosuhteet ja siitä aiheutuva häikäisy. Häikäisy voidaan jaotella kahteen muotoon: estohäikäisyyn ja kiusahäikäisyyn. Kiusahäikäisy aiheuttaa silmissä epämukavuuden tunnetta, mutta ei estä näkemistä. Epämukavuuden tunne syntyy näkökentän suuresta luminanssista tai luminanssieroista. Estohäikäisy puolestaan heikentää näkemistä, sillä valonsäteet hajaantuvat silmässä. (Tiensuu 2010: 6.)

3.2 Matalamman ja korkeamman asteen taittovirheet

Näkemiseen vaikuttavat silmän valoa taittavat rakenteet ja niiden muodostaman kuvan laatu verkkokalvolle (Dick – Forrester – McMenamin – Roberts 2008: 264). Silmää, jossa ei ole taittovirhettä, kutsutaan emmetrooppiseksi. Näöntarkkuus kauas katsottaessa, oletetaan olevan 1.0 tai parempi emmetropiassa. Mikäli silmän taittavat osat ovat liian voimakkaat, muodostuu kuva verkkokalvon eteen, muodostaen epätarkan kuvan. Kyseistä taittovirhettä kutsutaan myopiaksi. Myopia voi myös johtua silmämunan liiallisesta pituudesta. Myopiaa pidetään lievänä, kun taittovirheen määrä on alle 4.00D, ja vahvana jos taittovirhe ylittää tämän rajan. (Grosvenor 2007: 13.)

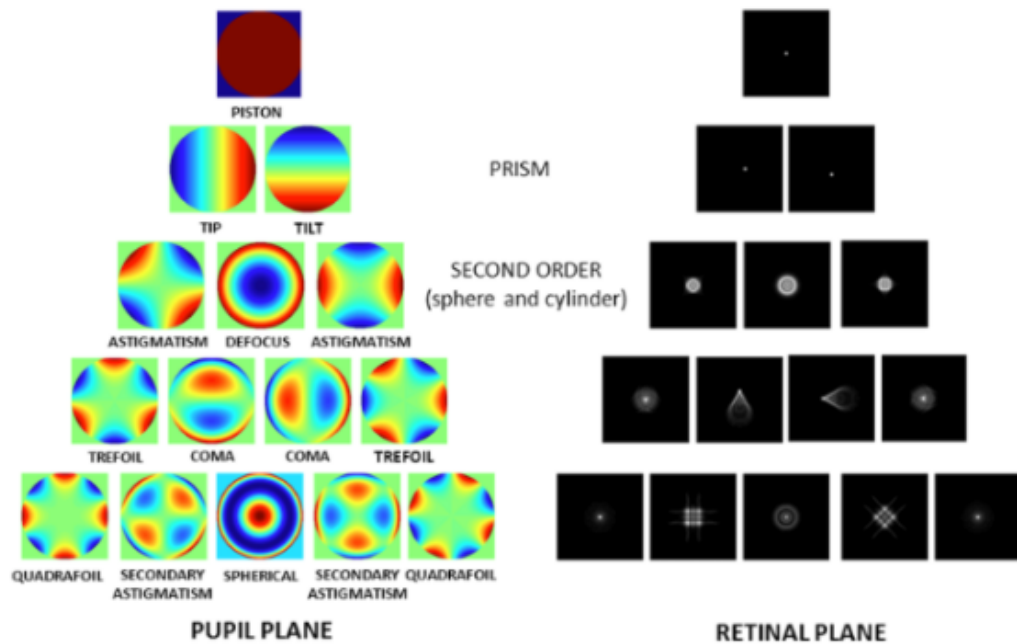
Myopian määrä saattaa kasvaa hämärässä valaistuksessa, jolloin tätä kutsutaan yömyopiaksi. Yömyopian yhdeksi syyksi arvellaan akkommodaation lisääntymistä hämärässä, kun kaukana olevan kohteen rajoja ei nähdä tarkasti, jolloin silmä pyrkii tarkentamaan kuvan akkommodaatiota lisäämällä. Toisen teorian mukaan yömyopia johtuu hämärässä kasvavasta pupillin koosta, joka vaikuttaa sfääriseen aberration määrään. Yömyopian määrä on normaalisti 0.50–1.00D. (Grosvenor 2007: 14-16.)

Astigmatia on taittovirhe jossa silmän taittavat osat eivät ole tasaisen pyöreitä vaan kaarevuuksiltaan eroavia, muodostaen kaksi eri tavalla taittuvaa kuvaa verkkokalvolle. Astigmatia jaotellaan kahteen eri tyyppiin; säännönmukaisessa astigmatiassa silmän vertikaalinen kaarevuus on jyrkempi kuin horisontaalinen kaarevuus. Säännönmukainen astigmatia on kaikkein yleisin astigmatian muoto. Säännönvastainen astigmatia taas omaa jyrkemmän kaarevuuden silmän horisontaalisessa suunnassa. Monesti astigmatian kaksi eri kaarevuutta sijaitsevat toisiinsa nähden 90 asteen kulmassa. Tätä kutsutaan säännölliseksi astigmatiaksi. Mikäli kaarevuusäteiden meridiaanit eivät noudata tätä sääntöä, kutsutaan astigmatiaa epäsäännölliseksi. (Grosvenor 2007: 17 – 18; Milivojević – Resan – Vukosavljević 2012: 194.) Seuraavassa kuviossa taittovirheet havainnollistettuna verkkokalvon tasolla.



Kuvio 3. Taittovirheen vaikutus verkkokalvolle muodostuvaan kuvaan.

Silmän taittovirheet voidaan jakaa alemman ja ylemmän asteen aberraatioihin. Alemman asteen aberraatioihin, kuvautumisvirheisiin, lasketaan myopia, hyperopia ja astigmatia. Korkeamman asteen aberraatioista puhutaan, kun taittovirhettä ei voida korjata perinteisillä näönkorjausmenetelmillä, kuten silmälaseilla tai piilolinseillä. Yleisimmät korkeamman asteen aberraatiot ovat coma, trefoil ja sfäärinen aberraatio. Korkeamman asteen aberraatioita pystytään tutkia aaltorintamatekniikalla. (Coe – Himebaugh – Thibos 2008: 766.) Korkeamman asteen aberraatiot esitetään yleensä Zernikelin polynomi pyramidissa (Doble – Fuensanta 2012). Seuraavassa kuviossa on korkeamman asteen aberraatiot kuvattuina niin sarveiskalvon tasolla, kuin myös niiden aiheuttamat kuvautumisvirheet verkkokalvon tasolla.



Kuvio 4. Zerniken korkeamman tason aberraatiopyramidi ja aberraatioiden aiheuttamat kuvautumisvirheet verkkokalvon tasolla (Doble – Fuensanta 2012)

Korkeamman asteen aberraatiot saattavat aiheuttaa näkemiseen kontrastiherkkyden laskua, häikäistymistä, valon sirontaa, halo-ilmiötä, näkemisen epätarkkuutta ja kaksoiskuvia. Aberraatiot aiheutuvat, kun valo kulkee silmän eri rakenteiden ja niissä sijaitsevien mahdollisten rakenteiden eroavaisuuksien läpi. Myös sarveiskalvon epäsäännöllinen muoto ja sarveiskalvon arpeumat saattavat aiheuttaa korkeamman tason aberraatioita. Lisäksi mykiön epäsäännöllinen kaarevuus tai mahdolliset samentumat voivat olla aberraatioiden aiheuttajia. (Vessel 2014.)

Korkeamman asteen aberraatioiden aiheuttama taittovirheen määrä on keskimäärin vain 0.3D. Aberraatioiden aiheuttamaan kuvan epätarkkuuteen vaikuttaa myös pupillin koko. Korkeamman asteen aberraatioiden haittavaikutus korostuu pupillin ollessa laaja. 3 mm tai sitä pienemmän pupillin korkeamman asteen aberraatiot vähenevät huomattavasti. Toisaalta myös pieni pupillin koko saattaa aiheuttaa valon hajontaa ja kuvan epätarkkuutta. (McRae – Williams 2001.) Normaali pupillin koko on 2–5 mm, ja pupillin koon pysyessä näiden arvojen sisällä, saavutetaan monesti tutkittavan paras näöntarkkuus (Grosvenor 2007: 13).

3.3 Taittovirheen ja korkeamman tason aberraatioiden määrittäminen

Tarkka refraktio tulee tehdä leikkausta edeltävien tutkimusten yhteydessä. Saatua refraktiota verrataan asiakkaan nykyiseen silmälasimääräykseen. 0.50D ero vanhaan korjaukseen on merkittävä ja tutkimus tulee uusia 6–12 kuukauden päästä, jotta saadaan varmuus refraction pysyvyydestä ennen leikkausta. (Hanratty 2005: 47.) Jotta refraktioon ei vaikuta mahdollinen akkomodaatiospasmi tai pseudomyopia, tulisi kaikille alle 30-vuotiaille tutkittaville käyttää 1% syklopentolaattia ja yli 30-vuotiailla 1 % tropicamidia (Manche 2012). Leikkauksella korjataan pienin miinus voimakkuus, joka tutkimuksessa saadaan mitattua (Hanratty 2005: 47).

Pupillin koko tulee mitata niin valoisassa (mesooppinen) kuin hämärässä (skotooppinen) valaistuksessa. Tiedon avulla määritetään leikattavan alueen halkaisija, joka vaikuttaa suoraan korjattavan kerroksen paksuuteen. Operoitava alue pyritään tekemään hieman suuremmaksi kuin hämärässä mitatun pupillin koko, jotta välttyttäisiin reuna-alueiden aiheuttamilta kuvan vääristymiltä leikkauksen jälkeen. (Hanratty 2005: 37.)

Aaltorintamamittauksella saadaan mitattua silmän taittovirhe ja korkeamman tason aberraatiot. Korkeamman tason aberraatioita ei pystytä korjaamaan perinteisillä silmälasilla, joten taittovirheleikkauksen yhteydessä huomioitavat aberraatiot ja niiden mukaan suunniteltu laserilla poistettava strooman määrä, saattaa tarjota paremman näönkorjauksen kuin silmälasit. Koska sarveiskalvo on elävä kudokseksi, ja kudoksen paranemisprosessi vaikuttaa leikkauksen lopputulokseen, ei tarkkaa tulosta voida taata ennen leikkausta. Mittaustuloksia tulee myös verrata sarveiskalvon topografiaan, koska joissakin tapauksissa aberraatiot aiheuttaa jokin muu silmän osa kuin sarveiskalvon pinta. (Hanratty 2005: 41–44.)

Binokulariteetti tulisi myös arvioida esitutkimuksissa, jotta varmistutaan asiakkaan sopivuudesta taittovirheleikkaukseen. Asiakkaalle on myös hyvä kertoa, kuinka taittovirhekirurgia eroaa näönkorjausmuotona silmälasista ja piilolinseistä. Korkean myopian omaavilla asiakkaille saattaa lähinäkemisen kanssa olla leikkauksen jälkeen ongelmia, koska silmälasien linssien prismaattinen vaikutus ei ole enää käytettävissä. Asiakkaalle tulee kertoa mahdollisten oireiden mahdollisuudesta leikkauksen jälkeen. (Hanratty 2015: 47.)

3.4 Sarveiskalvon kaarevuudet ja paksuus

Keratometriarvot antavat tietoa sarveiskalvon muodosta sarveiskalvon keskeiseltä alueelta. Jos keratometriarvot ovat alle 41D tai suurempia kuin 46D on suurempi riski läpän komplikaatioihin. Liian loiva (alle 35D) sarveiskalvo leikkauksen jälkeen laskee näkemisen laatua. Merkitys korostuu varsinkin hämärissä olosuhteissa, jolloin pupilli on normaalia laajempi. Keratometriarvojen avulla saadaan myös selville, onko astigmaattisuus epä-säännöllistä ja onko astigmatia sarveiskalvolla vai osittain myös mykiöllä. Suurta mykiön astigmaattisuutta voidaan korjata taittovirheleikkauksessa muotoilemalla sarveiskalvoa, mutta tämä tulee aiheuttamaan haasteita mahdollisen kaihileikkauksen yhteydessä. (Hanratty 2005: 23.)

Sarveiskalvon topografia antaa laajemmalta alueelta tietoa sarveiskalvon muodosta kuin keratometriarvot. Topografia kattaa koko sarveiskalvo alueen ja näin ollen tarjoaa enemmän tietoa mahdollisista poikkeamista sarveiskalvon muodossa. (Hanratty 2005: 23; Käypä hoito -suositus 2002: 542–543.) Tomografiassa mitataan myös sarveiskalvon takapinnan muoto. Mittaus antaa tärkeää tietoa mahdollisesta alkavasta keratokonuksesta, jota ei vielä pystyttäisi havaitsemaan sarveiskalvon etupinnan muodosta. (Hanratty 2005: 37.)

Sarveiskalvon paksuus mitataan pakymetrilla, jossa mittari mittaa ultraäänen avulla sarveiskalvon paksuuden. Normaalisissa silmässä sarveiskalvon ohuin alue on yleensä sarveiskalvon keskialueella (0.52 μm) ja reuna-alueille sarveiskalvo normaalisti paksunee (0.67 μm). (Dick – Forrester – McMenamin – Roberts 2008: 17.) Sarveiskalvon temporaalinen puoli on monesti ohuempi kuin nasaalinen puoli. Ennen paksuuden mittausta on hyvä tarkistaa topografiakuvista mahdolliset sarveiskalvon ohentuma-alueet ja mitaus suorittaa kyseisiltä alueilta keskeisen alueen sijasta. Leikkauksen jälkeen sarveiskalvon paksuuden tulisi olla vähintään 250 μm . Leikkausmenetelmissä joissa sarveiskalvoon muodostetaan erillinen läppä, lasketaan läpän paksuudeksi 110–180 μm . (Hanratty 2005: 52–53.) Taulukossa 1. nähtävissä leikkauksen aikana poistettava sarveiskalvon ablaation paksuus eri taittovirheen määrille ja kuinka leikkausalueen halkaisija vaikuttaa ablaation paksuuteen.

Taulukko 1. Tarvittava ablaation syvyys per dioptria eri halkaisijan omaaville leikkausalueille (Hanratty 2005: 53)

Korjattava taittovirhe	Tarvittavan ablaation syvyys 6 mm:n leikkausalueella	Tarvittava ablaation syvyys 7 mm:n leikkausalueella
-1.00	12 µm	16.3 µm
-2.00	24 µm	32.7 µm
-3.00	36 µm	49 µm
-4.00	48 µm	65.3 µm
-5.00	60 µm	81.7 µm
-6.00	72 µm	98 µm
-7.00	84 µm	114.3 µm
-8.00	96 µm	130.7 µm

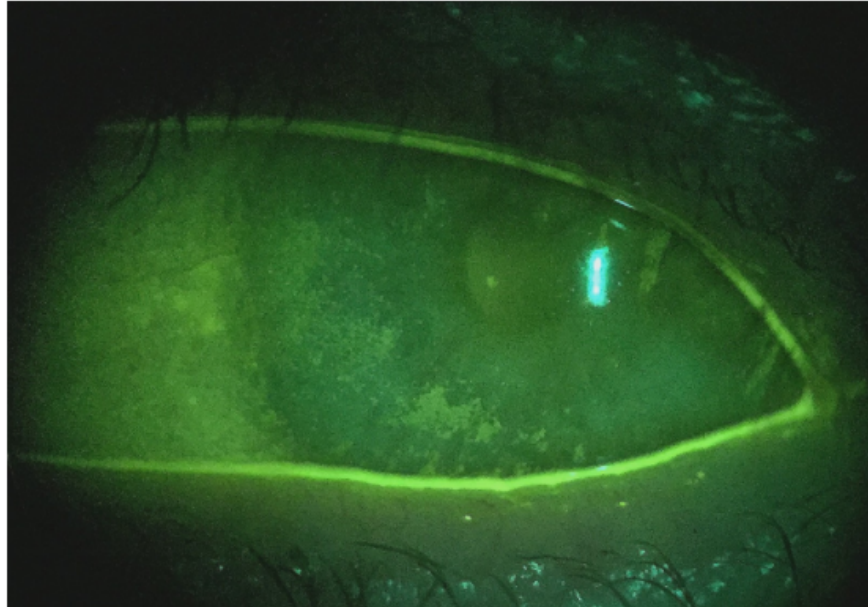
3.5 Kuivasilmäisyys ja sen arvioiminen

Kyynelnesteen määrä ja laatu tulisi arvioida huolellisesti ennen taittovirheleikkausta. Jos kyynelnesteen tuottaminen on alentunut tai laatu on heikko, tulee mahdollisuus Sjögrenin syndroomaan rajata pois ennen leikkaukseen menoa. Koska taittovirheleikkauksien yksi yleisimmistä komplikaatioista on lisääntynyt kuivasilmäisyys, tulee mahdollisten oireiden hoito aloittaa jo ennen leikkausta. (Azar – Rosenblatt – Sakimoto 2006: 1435.)

Epästabiili kyynelfilmi sekä häiriö kyynelveden tuotannossa tai sen poistumisessa johtavat kuivasilmäisyyteen. Kuivasilmäisyyden oireita ovat silmien kutina ja punoitus, roskan tunne, kipu, valonarkuus ja vaihteleva näöntarkkuus. Lisäksi kuivasilmäisyys aktivoi refleksikyyneleiden tuotantoa, jolloin silmät voivat tuntua vetisiltä. (Maskin – Thomas 2007: 42–44.)

Kyynelrauhasten vähäinen kyynelnesteen tuotanto tai kyynelnesteen liiallinen haihtuminen on yleisin syy kuivasilmäisyyteen. Jälkimmäisessä kyynelrauhasten erittämä kyynel-

neste muodostuu normaalisti, mutta meibomin rauhasen erittämä lipidi on vähäistä. Vähäisen musiinin tuotannosta johtuva kuivasilmäisyys on harvinaisempaa. Vähäinen musiinin tuotanto on usein sidekalvon tulehduksen, palovamman, trauman tai aliravitsemuksen seurausta. Kuivasilmäisyys voi aiheuttaa sarveiskalvon ja sidekalvon eroosiota. (Maskin – Thomas 2007: 31–33, 43.) Seuraavassa kuvassa on selkeästi havaittavissa kuivasilmäisyyden aiheuttamaa eroosioita sarveiskalvolla ja sidekalvolla.



Kuvio 5. Kuivasilmäisyyden aiheuttamaa eroosioita sarveiskalvolla ja sidekalvolla.

Vähäinen tai epätäydellinen silmien räpytys, piilolinssien käyttö, ympäristöolosuhteet ja tupakointi ovat myös yleisiä syitä kuivasilmäisyyteen. Lisäksi allergiat ja sairaudet sekä ikääntyminen ja silmäluomien asentopoikkeamat voivat johtaa kuivasilmäisyyteen. (Maskin – Thomas 2007: 45–53.)

Kuivasilmäisyys on yleistä taittovirheleikkauksen läpikäyneille. Taittovirheleikkauksessa sarveiskalvon kaarevuutta muutetaan loivemmaksi, jolloin leikkauksen jälkeen silmäluomet eivät liiku yhtä tasaisesti silmän pinnalla ja kyynelfilmin levittyminen heikentyy. Taittovirheleikkaukset vaurioittavat sarveiskalvon hermoja, jolloin hermot eivät yhtä aktiivisesti stimuloi pääkyynelrauhanen kyynelveden tuotantoa ja silmien räpytystä. Myös kovakalvon pikarisolut voivat vaurioitua, jolloin musiinin tuotanto vähenee ja muuttaa kyynelfilmin epävakaaksi. (Maskin – Thomas 2007: 121.)

4 Taittovirheleikkausmenetelmät

Taittovirhekirurgia on yleistynyt nopeasti ja Suomessa taittovirheleikkauksia tehdään arviolta 12 000 – 15 000 vuodessa. Valtaosa näistä leikkauksista tehdään yksityisissä sairaaloissa. Myopian korjauksessa sarveiskalvon kaarevuutta muotoillaan loivemmaksi, jotta sarveiskalvon taittovoima vähenisi. (Holopainen – Tervo – Vuori-Heikkilä – Zalentein 2013.)

Uusimmissa leikkaustyypeissä voidaan hyödyntää aaltorintama- tai topografiaohjausta, jolla pyritään korjaamaan myös korkeamman tason aberraatioiden aiheuttamia näköhäiriöitä, joita ei perinteisten silmälasien avulla pystytä korjaamaan (Holopainen – Tervo – Vuori-Heikkilä – Zalentein 2013).

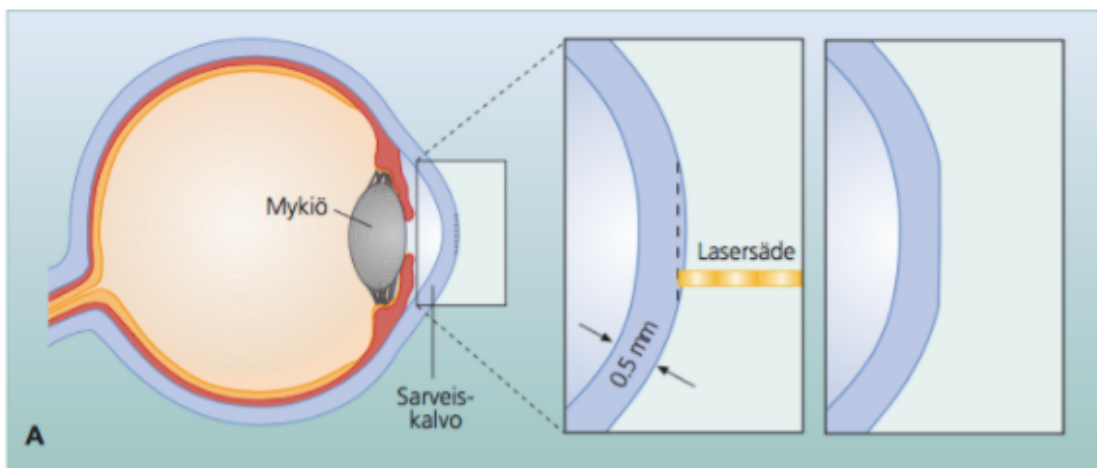
Sarveiskalvon ensimmäisiä uudelleen muotoilevia leikkauksia tehtiin 1960-luvulla. Ensimmäisissä leikkauksissa sarveiskalvosta leikattiin mikrokeratometrillä pala, joka jäädytettiin ja muotoiltiin halutunlaiseksi palan alapinnalta. Muotoiltu pala sulatettiin ja ommeltiin takaisin sarveiskalvoon. Jo 1980-luvulla leikkauksissa aloitettiin muotoilemaan irrotetun kudospalan alta paljastuvaa stroomaa, ei itse irrotettua kudospalaa. Nykyaikaisissa leikkauksissa kudospalaa ei enää irroteta kokonaan, vaan pala, läppä, jätetään nasaalisesta reunastaan kiinni ja käännetään sivuun strooman muotoilun ajaksi, jonka jälkeen läppä voidaan kääntää takaisin alkuperäiselle paikalleen. (Elo – Mäkinen – Pajari – Pietilä – Uusitalo 1999).

Sarveiskalvon hiontaan käytetään yleisesti eksimerlaseria. Eksimerlaser ei polta tai leikkaa, vaan laserista tuleva energia rikkoo kudoksen molekyyli sidoksia. Eksimerlaserin avulla pystytään toteuttamaan hyvinkin tarkkoja ja ohuita leikkauserroksia, samalla kun ympärillä oleva kudokse ei merkittävästi lämpene toimenpiteen aikana. Laserin säde pystytään kohdentamaan myös sarveiskalvon sisälle, jolloin voidaan tehdä sarveiskalvon sisäisiä korjaustoimenpiteitä ilman pintaan tehtävää viiltoa. (Huhtala ym. 2016: 2108.) Suomessa ensimmäinen eksimerlaserilla toteutettu leikkaus tehtiin vuonna 1991 (Sandberg-Lall n.d).

4.1 PRK (Photorefractive Keratectomy)

PRK-leikkausmenetelmässä sarveiskalvon epiteeli poistetaan joko mekaanisesti, alkoholilla tai laserilla (Transepithelial photorefractive keratectomy, T-PRK). Poistetun epiteelin alainen strooma muotoillaan eksimerlaserilla halutun muotoiseksi. (Friedman – Kaiser 2009: 529.) Leikkauksen jälkeen silmään asetetaan suojaava piilolinssi, joka poistetaan 3–7 päivää leikkauksen jälkeen, kun sarveiskalvon epiteeli on uusiutunut. PRK-menetelmää käytetään yleisesti lievän tai kohtalaisen myopian, tai lievän astigmatian korjaamisessa. (Maskin – Thomas 2007: 114–115.)

PRK-leikkauksessa sarveiskalvon epiteelin paranemisaika on pidempi kuin LASIK-leikkauksessa, ja lisäksi asiakas saattaa kokea enemmän epämukavuutta leikkauksen jälkeen, johtuen epiteelikerroksen poistosta ja sen hitaammasta parantumisesta (Friedman – Kaiser 2009: 529). Toiminnallinen näkö palautuu noin viikossa leikkauksen jälkeen, mutta näkö voi olla sumeaa muutaman viikon ajan. Silmän parantumiseen voi kulua useampi kuukausi. (Maskin – Thomas 2007: 115.) Näöntarkkuudet paranemisen jälkeen ovat hyvin samaa tasoa kuin LASIK-leikkauksessa lievän ja korkean myopian korjauksessa (Friedman – Kaiser 2009: 529). Seuraavassa kuviossa on havainnollistettu PRK-leikkaustoimenpide.

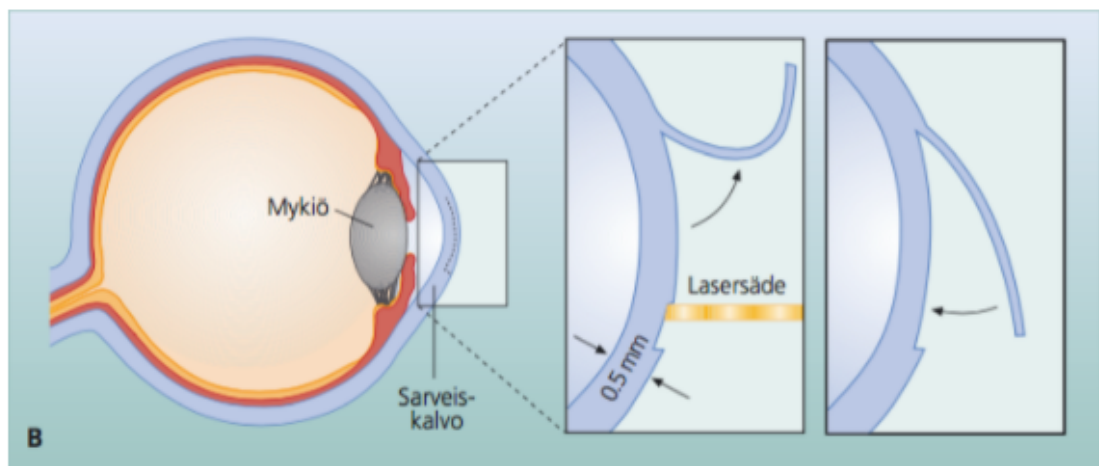


Kuvio 6. PRK-leikkaustoimenpiteessä epiteeli poistetaan ja strooma muotoillaan eksimerlaserilla halutun muotoiseksi (Käypä hoito -suositus 2002)

Leikkausmenetelmä sopii myös potilaille, joilla on ohut, litteä tai jyrkkä sarveiskalvo. Lisäksi menetelmä sopii potilaille, joiden silmät ovat syvällä silmäkuopassa. PRK-leikkausmenetelmässä ei ole läppään liittyviä komplikaatioita, kuten LASIK-leikkauksessa, joten menetelmä sopii paremmin urheilijoille ja fyysistä ammattia harjoittaville. (Maskin – Thomas 2007: 115.)

4.2 LASIK (Laser in situ Keratomileusis)

LASIK-leikkausmenetelmässä sarveiskalvon etupinnalle muodostetaan läppä, joka rajautuu sarveiskalvossa bowmanin kerroksen alle. Läppä tehdään sarveiskalvoon mekaanisella terällä tai mikrokeratometrilla. Leikkauksessa läppä siirretään sarveiskalvon päältä sivuun ja läpän alaista sarveiskalvon stroomaa muotoillaan eksimerlaserilla halutun muotoiseksi. (Azar – Rosenblatt – Sakimoto 2006: 1436.) Seuraavassa kuviossa on havainnollistettu LASIK-leikkaustoimenpide.



Kuvio 7. LASIK leikkaustoimenpiteessä epiteeliin muodostetaan läppä ja läpän alla oleva strooma muotoillaan eksimerlaserilla halutun muotoiseksi (Käypä hoito -suositus 2002)

LASIK-leikkauksella mahdollisen korjattavan myopian määrä vaihtelee, monesti leikkauksella pystytään kuitenkin korjaamaan jopa -14.00D (Huhtala ym. 2016: 2111). Jopa 6.00D astigmatia on mahdollista korjata LASIK-menetelmällä. Korkean myopian korjauksen esteenä on monesti liian ohut sarveiskalvon paksuus. (Hanratty 2015: 55.)

LASIK aiheuttaa vähemmän sarveiskalvon epiteeliin kudosaauriota, joka merkitsee myös asiakkaalle miellyttävämpää kokemusta ja nopeampaa epiteelikerroksen paranemista (Hanratty 2015: 55). Näkö palautuu noin päivässä ja epiteelikerros parantuu kuudessa viikossa (Maskin – Thomas 2007: 114). LASIK on yleisimmin käytetty leikkausmenetelmä taittovirhekirurgiassa (Huhtala ym. 2016: 2111).

LASIK-leikkauksessa laseroitavan alueen muotoa voidaan määrittää etukäteen topografian tai aaltorintamateknologian avulla. Kummallakin menetelmällä on tarkoitus saada minimoitua mahdolliset korkeamman tason aberraatiot leikkauksen jälkeen. Vaikka aaltorintamamittaus saakin useammasta mittauspisteestä tietoa sarveiskalvon alueelta, vaikuttaa mittaustulokseen myös muut silmän taittavat osat, kuten mahdolliset mykiöllä sijaitsevat aberraatiot. (Azar – Rosenblatt – Sakimoto 2006: 1435.) Topografiamittauksessa huomioidaan vain sarveiskalvon pinnan aiheuttamat aberraatiot, eikä mittaustulokseen vaikuta pupillin koko, akkommodaatio tai mykiön samentumat. Näin ollen topografian antamia tietoja voidaan pitää stabiilimpana kuin aaltorintamamittauksen antamia tietoja. Parhaaseen lopputulokseen päästään kuitenkin yhdistämällä tarkka refraktio, topografian tiedot ja aaltorintamamittaus, jolloin voidaan huomioida mahdolliset mykiöllä olevat aberraatiot. (Jain – Kumar – Malhotra – Moshirfar – Pasari 2016: 1302-1309.)

4.3 Epi-LASIK (Epikeratome Laser-assisted Keratomileusis)

Epi-LASIK-leikkausmenetelmässä sarveiskalvon epiteelikerros irrotetaan mekaanisesti stroomasta epikeratometrillä Bowmanin kerroksen yläpuolelta. Strooman laseroinnin jälkeen, epiteeli asetetaan takaisin leikkausalueen päälle (on-flap) tai läppä voidaan jättää asettamatta takaisin (off-flap). (Huhtala ym. 2016: 2111.)

Epiteelikerroksen irrottamista varten on suunniteltu epikeratometrejä, jotka leikkaavat tarkasti vain pelkän epiteelikerroksen, ilman leikkauksen yltämistä stroomaan. Jotta paikoilleen takaisin aseteltu epiteeli ei liikkuisi räpyttelyn yhteydessä, laitetaan leikkauksen päätteeksi suojaava piilolinssi pitämään epiteeliä paikoillaan. (Azar – Rosenblatt – Sakimoto 2006: 1437.)

4.4 LASEK (Laser-assisted Epithelial Keratomileusis)

LASEK on kehittyneempi muoto PRK-menetelmästä. Leikkauksessa sarveiskalvoon muodostetaan läppä etanolin avulla ja siirretään sivuun strooman muotoilun ajaksi, jonka jälkeen läppä asetetaan takaisin alkuperäiselle paikalleen. Lopputulosten vertailu LASEK- ja PRK-leikkausten välillä, parantumisajan jälkeen, ei anna merkittäviä eroja. LASEK-menetelmällä toteutetuissa leikkauksissa silmissä havaittiin 1–3 kuukauden jälkeen vähemmän arpisementumia. (Huhtala ym. 2016: 2110.)

Potilas saattaa tuntea kipua muutaman päivän ajan leikkauksen jälkeen. Epiteelin reunat paranevat noin viikossa, jolloin toiminnallinen näkö palautuu. Näöntarkkuuden palautumiseen voi kulua useampi kuukausi. (Maskin – Thomas 2007: 115–116.)

4.5 Femtolasik

Femtolasik-leikkausmenetelmässä sarveiskalvon pinnalle tehtävä läppä muodostetaan femtosekuntilaserilla, ei mikrokeratometrin mekaanisella terällä. Femtolasik-menetelmällä on mahdollista tehdä tarkempia ja ohuempia läppiä, kuin LASIK-menetelmällä ja menetelmän on havaittu aiheuttavan vähemmän kuivasilmäisyyttä, astigmatiaa ja läppäkomplikaatioita. (Aristeidou ym. 2015.)

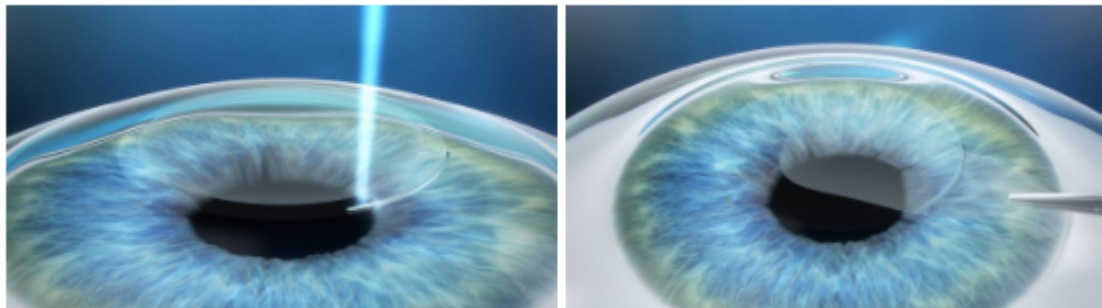
Femtolasik-menetelmässä sarveiskalvoon lähetetään pitkän aallonpituuden laserimpulsseja, kestoiltaan mitattuna femtosekunteinä, jotka aktivoivat sarveiskalvon fotodisruption. Fotodisruptiossa sarveiskalvon molekyylitasot erottuvat toisistaan, lopulta muodostaen läpän. Läpän muodostamisen jälkeen sarveiskalvon strooma muotoillaan halutunlaiseksi eksimerlaserilla. (Nema – Nema 2012: 468.)

4.6 ReLEx SMILE (Small Incision Lenticule Extraction)

ReLEx SMILE on markkinoiden uusin leikkausmenetelmä. Leikkausmenetelmässä pala stroomasta, lentikkeli, poistetaan femtosekuntilaserin avulla läpän alta (FLEx) tai mekaanisesti pienen viillon kautta (SMILE). (Asp 2012: 98.)

ReLEx-toimenpiteissä sarveiskalvoon lähetetään femtosekuntilaserimpulsseja, jotka muodostavat sarveiskalvolle kaasukuplia. Useampi kupla vierekkäin irrottavat lopulta sarveiskalvon kerrokset toisistaan. ReLEx FLEx-leikkausmenetelmässä sarveiskalvoon

asetetaan kontaktilasi, jonka asentoa ylläpitää imu. Toimenpide muistuttaa LASIK-leikkausmenetelmää, mutta muodostettava läppä on merkittävästi pienempi. ReLEx FLEx-toimenpiteessä lentikkeli poistetaan manuaalisesti, kun LASIK-menetelmässä lentikkeli poistetaan eksimerlaserilla (Asp 2012: 98). ReLEx SMILE-menetelmässä lentikkeli poistetaan mekaanisesti noin 2.5 mm laajan viillon kautta, ilman muodostettavaa läppää. (Shah – Shah – Vogelsang 2011: 116–118.) Seuraavassa kuviossa on havainnollistettu ReLEx SMILE-leikkaustoimenpide.



Kuvio 8. ReLEx SMILE-toimenpiteessä sarveiskalvon kerrokset erotetaan toisistaan femtosekuntilaserilla ja lentikkeli poistetaan pienen viillon kautta (Zeiss ReLEx SMILE n.d)

ReLEx-leikkausmenetelmät vaurioittavat sarveiskalvoa huomattavasti vähemmän, kuin PRK- ja LASIK-leikkausmenetelmät. Leikkaustoimenpide on nopea ja potilaalle mukavampi. ReLEx-leikkausmenetelmät ovat tutkitusti edeltäviä leikkausmenetelmiä tarkempia ja taittovirheen regressio, sekä aberraatioiden muodostuminen on vähäisempää. Lisäksi leikkauksen jälkeiset komplikaatiot, kuten kuivasilmäisyys, heikentynyt hämäränkö ja sarveiskalvon tuntoherkkyyden aleneminen, ovat vähäisempiä. Leikkausmenetelmät sopivat myös suuren myopian korjaamiseen. (Asp 2012: 99–100.)

5 Postoperatiiviset tutkimukset ja yleisimmät leikkauskomplikaatiot

Taittovirheleikkauksen jälkikontrollit sijoittuvat yleensä 3–5 päivän sekä 3 kuukauden ja 6 kuukauden päähän leikkauksesta. Mahdollisten komplikaatioiden tai asiakkaan epätyytyväisyyden johdosta jälkikontrolleja saatetaan tehdä useampi. Riippuen valitusta leikkausmenetelmästä sarveiskalvolla voidaan havaita normaaliin paranemisprosessiin liittyviä löydöksiä. Samalla seurataan sarveiskalvon mahdollisia patologisia muutoksia ja näöntarkkuuden kehitystä sekä potilaan subjektiivista kokemusta. (Hanratty 2005: 88–89.)

5.1 Jälkihoito

Näkö on sumeaa useamman viikon PRK-leikkauksen jälkeen ja näöntarkkuuden vaihtelua voi normaalisti esiintyä taittovirheleikkausten jälkeen (Manche 2012). Ensimmäisen viikon aikana leikkauksen jälkeen potilaan tulee välttää veden pääsyä silmiin. Tarvittaessa silmäripset ja luomireunat voidaan puhdistaa vanulapuilla ja keitetyllä vedellä. (Hanratty 2015: 53.) Potilaan tulee välttää saunomista ja liiallista kehon rasitusta. Ulosmentäessä silmiä on tärkeä suojella aurinkolaseilla haitallisilta UV-säteiltä. (Manche 2012.)

Välittömästi PRK-leikkauksen jälkeen silmään asetetaan suojaava silikonihydrogeeli piilolinssi 3–5 päivän ajaksi. Piilolinssi suojaa sarveiskalvoa silmäluomien hankaukselta ja ehkäisee sarveiskalvon arpisamentuman muodostumista ja sarveiskalvon eroosiota. (Hanneken – Murueta-Goyena Larranaga – Tomás-Juan 2014.) PRK-leikkauksen jälkeen potilas voi tuntea kipua muutaman päivän ajan sarveiskalvon pintahaavan vuoksi. Kivun lievittämiseen voidaan käyttää särkylääkkeitä, painosidosta ja anti-inflammatorisia silmätippoja. (Käypä hoito -suositus 2002: 543–544.)

LASIK-leikkauksen jälkeen potilas saattaa tuntea lievää ärsytystä pintapuudutteen vaikutuksen hävittyä. Oireet häviävät tavanomaisesti muutamassa tunnissa LASIK-leikkauksesta. PRK- ja LASIK-leikkauksen jälkihoidossa voidaan käyttää bakteeritulehdusilta suojaavia antibioottitippoja ja paikallista kortikosteroidihoitoa. (Käypä hoito -suositus 2002: 543–544.)

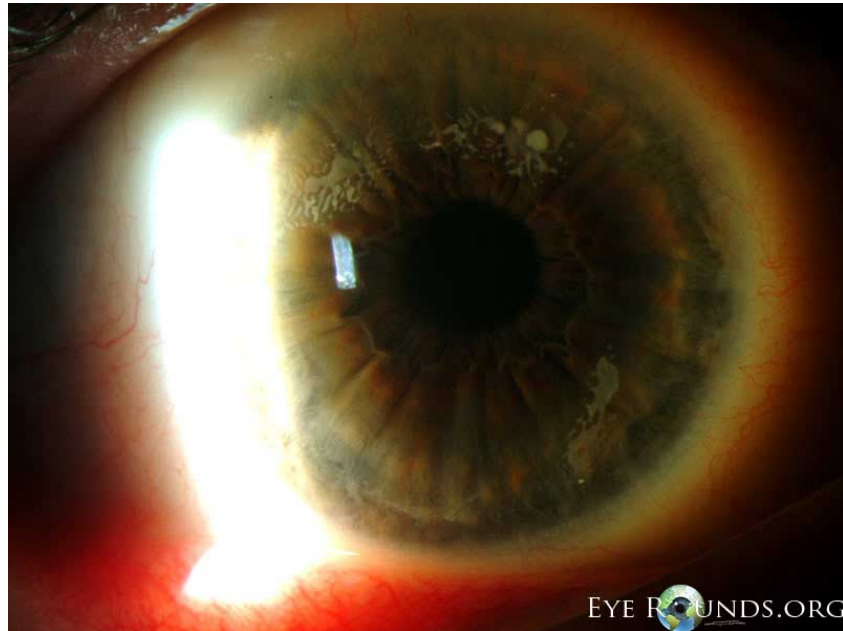
SMILE-leikkauksen jälkeen potilas saattaa tuntea lievää silmän kipua, pistelyä vuotamista leikkauksen jälkeisenä päivänä. Näkö on usein sumeaa 4–6 tuntia leikkauksesta, jonka jälkeen näkö alkaa parantua. Näöntarkkuus voi kuitenkin vaihdella useamman kuukauden ajan. (SMILE/LASIK Post op Instructions 2016.)

Kuivasilmäisyys on yleistä leikkauksen jälkeen, johtuen sarveiskalvon hermovaurioista, jonka vuoksi kostutustippoja tulee käyttää useamman kerran päivässä oireiden lievittämiseen. Kuivasilmäisyyden oireet vähenevät yleensä kahdeksan viikon kuluessa leikkauksesta. (Hanratty 2015: 55.) Asiakasta ohjeistetaan leikkauksen jälkeen välttämään silmien hieromista. Lämpäleikkauksen jälkeen silmien hieromista pitää välttää vähintään kuukauden ajan. Lisäksi suositellaan yöllä silmäsuojan käyttämistä ensimmäisen viikon ajan silmien hieromisen välttämiseksi ja komplikaatioiden ehkäisemiseksi. (Manche 2012.)

5.2 Jälkikontrollit

Ensimmäinen jälkikontrolli tehdään 3–5 päivää leikkauksen jälkeen. LASIK-potilailla voi esiintyä lievää silmän ärsytystä ja luomien turvotusta. PRK-potilailla esiintyy usein kipua, luomien turvotusta, silmien vuotamista ja valonarkuutta. Mikäli sarveiskalvon epiteeli on täysin uusiutunut, suojaava piilolinssi poistetaan silmästä (Manche 2012: 21). Piilolinssiin voi olla kertynyt sarveiskalvon epiteelin uusiutumisesta muodostunutta solujätettä. Potilas saattaa tuntea epämukavuuden tunnetta piilolinssin poiston jälkeen. (Hanratty 2015: 52, 54.)

Sarveiskalvolla voidaan normaalisti havaita lievää eroosiota viikon kuluessa leikkauksesta. Oireiden lievittämiseen käytetään kosteuttavia silmätippoja. (Manche 2012: 21.) PRK-leikkauksen jälkeen seurataan sarveiskalvon epiteelin uusiutumista, ja sen mahdollista samenumista ja uudissuonitusta. Myopian korjauksen jälkeen voidaan normaalisti havaita epiteelin paksuuntumista. Strooman parantumisen aikana seurataan mahdollista epiteelin liikakasvua tai kontrastinäön heikentymistä. (Hanneken – Murueta-Goyena Larranaga – Tomás-Juan 2014.) Alla olevassa kuvassa on jälkitarkastuksessa otettu kuva, jossa havaittavissa epiteelin sisäänkasvua läpän reunoilla.



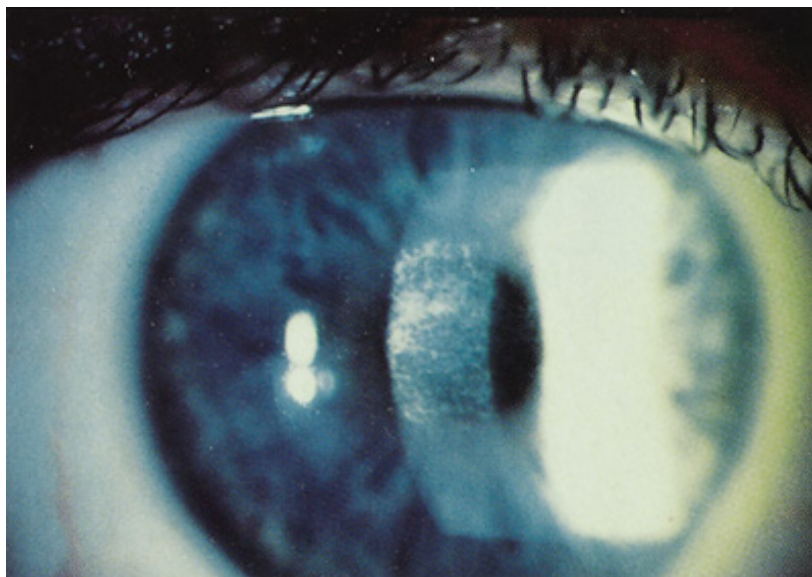
Kuvio 9. Epiteelin sisäänkasvua läpän reunoilla LASIK-leikkauksen jälkeen (EyeRounds.org University of Iowa: 2014)

Seuraavassa kuvassa epiteelin sisäänkasvua on tutkittu biomikroskoopin optisella leikkeellä. Kuvat ovat otettu eri potilaista.



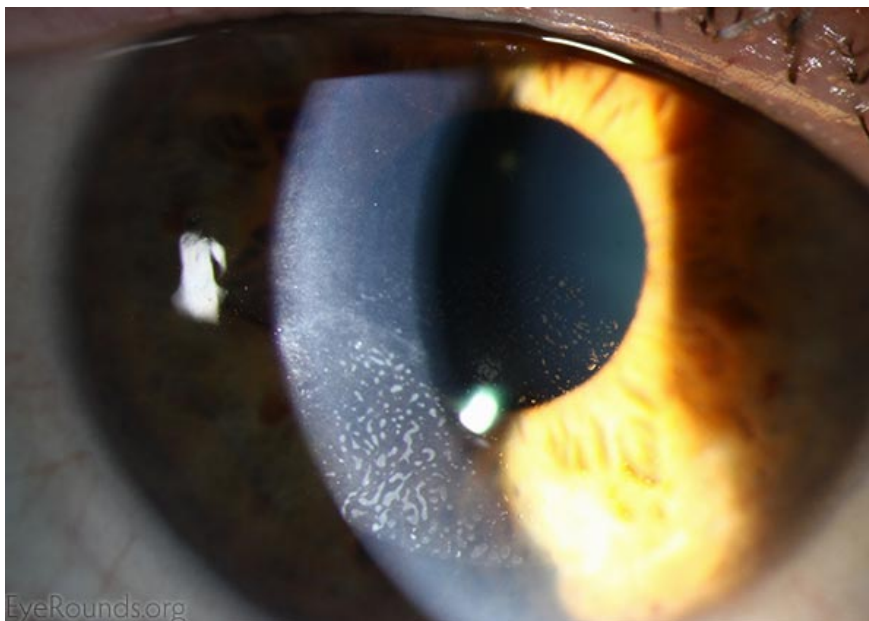
Kuvio 10. Sarveiskalvon epiteelin sisäänkasvua biomikroskoopin optisella leikkeellä tutkittuna. (EyeRounds.org University of Iowa: 2014)

PRK-leikkausmenetelmällä arpisamentuman, hazen, muodostuminen on todennäköisempää suuren myopian (yli -6.00D) korjauksessa. Lievän tai kohtalaisen myopian korjauksessa arpisamentuman muodostuminen on epätodennäköisempää. Arpisamentuman muodostumiseen vaikuttaa korjattavan taittovirheen lisäksi mm. haitallinen UV-B-säteily. (Hanneken – Murueta-Goyena Larranaga – Tomás-Juan 2014.) Seuraavassa kuvassa on havaittavissa sarveiskalvon arpisamentumaa.



Kuvio 11. Sarveiskalvon arpisamentuma, haze (American Academy of Ophthalmology © 2017)

Arpisamentuman muodostuminen on yleistä PRK- ja LASIK-leikkauksen jälkeen epiteelin uusiutumisen aikana, jolloin sarveiskalvon epiteelin pinta voi näyttää epätasaiselta ja muodostaa kehämäisiä kuvioita. Sarveiskalvolla voidaan lisäksi havaita lievää turvotusta. LASIK-leikkauksen jälkeen etenkin sarveiskalvon läppä saattaa olla turvonnut, jolloin läpässä voi esiintyä arpisamentuman lisäksi arpijuovia. Mitä suurempi taittovirheen korjaus on kyseessä, sen suurempi riski on läpän arpijuovien muodostumiseen, johtuen strooman muodonmuutoksesta ja läpän istuvuudesta. (Hanratty 2015: 53–54.) Alla on esitetty havainnollistavia kuvia epiteelin läpän turvotuksesta ja epiteelin sisäänkasvusta läppäleikkauksen jälkeen.



Kuvio 12. Lämpen reunan turvotusta ja sarveiskalvon epiteelin sisäänkasvua sarveiskalvon alaosassa. (EyeRounds.org University of Iowa: 2014)

Sarveiskalvon turvotus voi aiheuttaa häikäisyä, valon sirontaa ja halo-ilmiöitä kirkkaiden valolähteiden ympärillä. Potilas saattaa kokea näöntarkkuuden vaihtelua sarveiskalvon turvotuksesta, silmän kuivuudesta tai jäännösmyyopiasta johtuen. LASIK-leikkauksen jälkeen sidekalvolla saattaa esiintyä sidekalvonalaista verenvuotoa, joka häviää muutamassa päivässä tai viikossa. (Hanratty 2015: 53–55.)

Lämpen alle kerääntyy usein eritettä Meibomin rauhasista. Tällöin sarveiskalvo näyttää samealta ja siinä voi näkyä pieniä kiiltäviä pisaramaisia kuvioita. Eritteen vähentyessä sarveiskalvo näyttää öljymäiseltä. Erite häviää itsestään lämpen alta. Myös leikkauksesta voi jäädä jäännöksiä, kuten kuitua, lämpen alle, jotka häviävät vähitellen itsestään. Tarvittaessa, mikäli jäännökset osuvat näköakselille, voidaan läppä avata uudestaan. (Hanratty 2015: 54–55.)

Kuukauden kuluessa LASIK- ja LASEK-leikkauksesta näön pitäisi olla melko vakaa ja näöntarkkuus lähellä lopullista näöntarkkuutta. Näöntarkkuuden palautuminen on hieinan hitaampaa LASEK-leikkausmenetelmällä. Näöntarkkuuden laskua ei pitäisi esiintyä. Lämpen alle muodostuneiden jäännöksien ja eritteiden pitäisi olla lähes kokonaan hävinneet. Ensimmäisen kuukauden jälkeen tarkistetaan mahdollisen arpisamentuman muodostuminen ja varmistetaan, ettei lämpen reuna ole kasvanut sisäänpäin. Tämä näkyy

sisäänkasvun alkuvaiheessa maitomaisena muodostuksena läpän alla ja myöhemmin sisäänkasvu näkyy pieninä öljymäisinä pisaroina. Sarveiskalvon arpisamentuman muodostuminen osoittaa, ettei sarveiskalvo ole vielä täysin parantunut. (Hanratty 2015: 53, 55.)

Kolme kuukautta LASIK- ja LASEK-leikkauksen jälkeen näön tulee olla vakaa. Mikäli näöntarkkuus ei ole halutulla tasolla, voidaan korjaava toimenpide tehdä kun sarveiskalvo on täysin parantunut. Läpän sisäänkasvun tulisi kolmen kuukauden jälkeen vetäytyä ja läpän alla olevat jäännökset ja eritteet olla mitättömiä. (Hanratty 2015: 56.)

Kuukauden kuluttua PRK-leikkauksesta, lähes jokaisella potilaalla voidaan havaita sarveiskalvon arpisamentumaa. Ensimmäisen kuukauden ajan sarveiskalvon epätasaisuus aiheuttaa häikäisyä ja voi johtaa myopian regressioon. Lisäksi sarveiskalvon arpisamentuma heikentää kontrastinäköä ja hämäränäköä. (Hanneken – Murueta-Goyena – Larranaga – Tomás-Juan 2014.)

Kolme kuukautta PRK-leikkauksesta näöntarkkuus on lähellä lopullista näöntarkkuutta ja näön tulee olla melko vakaa. Potilaalla voi esiintyä lievää häikäistymistä ja halo-ilmiöitä. Sarveiskalvolla voidaan normaalisti havaita lievää arpisamentumaa. (Manche 2012: 23.) Arpisamentuma voi lisääntyä ensimmäisten 3–6 kuukauden aikana, jonka jälkeen samentuman pitäisi vähentyä. Patologisen arpisamentuman muodostuessa, sarveiskalvo muuttuu sameaksi ja sen kudokset paksuuntuvat. Lisäksi taittovirhe palautuu, näöntarkkuus laskee ja sarveiskalvolle muodostuu epäsäännöllistä astigmatiaa. (Hanneken – Murueta-Goyena – Larranaga – Tomás-Juan 2014.)

5.3 Taittovirheleikkausten yleisimmät komplikaatiot

Kaikissa kirurgisissa toimenpiteissä on aina riskinsä. Tärkeintä on varmistaa, että asiakas ymmärtää leikkauksen riskit, jotta hän voi päättää onko leikkauksesta saatava hyöty riskien arvoinen. (Hanratty 2005: 65.) Yksi yleisimmistä komplikaatioista sarveiskalvon taittovirheleikkauksissa on myopian alikorjaus (Grosvenor 2007: 397). Leikkauksen jälkeen esiintyvää taittovirheen palautumista, regressiota, ei yleensä tapahdu, jos taittovirhettä on ollut alun perin alle $-3.00D$ (Käypä hoito -suositus 2002: 545). Jos päädytään korjaavaan leikkaukseen jäljelle jääneen taittovirheen poistamiseksi, tulee aikaa kulua vähintään 3 kuukautta LASIK-leikkauksen jälkeen ja 6 kuukautta PRK leikkauksen jäl-

keen, ennen uuden leikkauksen tekemistä. Tarpeeksi pitkällä ajalla varmistetaan taittovirheen pysyvyys, jotta uusintaleikkauksella saadaan paras mahdollinen tulos. (Manche 2012.)

Monesti asiakas saattaa olla myös tyytymätön leikkauksen lopputulokseen epärealististen odotusten takia. Siksi ennen leikkausta käytävä keskustelu asiakkaan odotuksista on tärkeää. Joissakin tapauksissa visusarvot saattavat olla normaalit, mutta asiakas kokee näkönsä heikommaksi. Näiden tapausten aikana on tärkeää selvittää, minkälaisissa tilanteissa asiakas kokee heikkoa näkemistä. Ongelmaan saattaa auttaa valaistusolosuhteiden muuttaminen, paremman työskentelyetäisyyden määrittäminen tai joissakin tapauksissa tiettyyn työtehtävään määrättyt silmälasit. (Hanratty 2015: 46.)

Leikkauksiin liittyy myös aina tulehdusriski. Mahdollisia tulehduksia voidaan ennaltaehkäistä jo ennen leikkausta käytettävillä antibiooteilla ja leikkauksen jälkeen käytettävillä lääkkeillä. (Hanratty 2005: 65.) Sarveiskalvon bakteeritulehdus ja diffuusi lamellaarinen keratiitti vaativat hoitoa, mutta ovat hyvin harvinaisia komplikaatioita (Elo – Mäkinen – Pajari – Pietilä – Uusitalo 1999).

Taittovirheleikkauksessa sarveiskalvon kaarevuutta muutetaan loivemmaksi, jolloin leikkauksen jälkeen silmäluomet eivät liiku yhtä tasaisesti silmän pinnalla ja kyynelfilmin leviäminen heikentyy (Maskin – Thomas 2007: 121). PRK-leikkauksessa poistettavan epiteelikerroksen mukana poistuu myös sarveiskalvon hermoja. LASIK-menetelmässä hermovaurio leikkausalueella on pienempi ja läpän saranan osalta hermotus säästyy kokonaan. (Tervo – Tuunanen – Vannas – Vesaluoma 1998.)

Hermovaurioiden myötä sarveiskalvon tuntoherkkyys saattaa alentua hetkellisesti tai pysyvästi. Sarveiskalvon herkkyuden alentuminen aiheuttaa kuivasilmäisyyttä, sillä vaurioituneet hermot eivät yhtä aktiivisesti stimuloi pääkyynelrauhasten kyynelveden tuotantoa ja silmien räpytystä. Myös kovakalvon pikarisolut voivat vaurioitua, jolloin musiinin tuotanto vähenee ja muuttaa kyynelfilmin epävakaaksi. (Maskin – Thomas 2007: 121.)

Yleisin komplikaatio PRK-, LASEK ja epi-LASEK-leikkauksen yhteydessä on arpisamentuman muodostuminen sarveiskalvolle. Haava-alueelle muodostuu arpeumaa joka vaikuttaa lopulliseen näöntarkkuuteen huonontavasti. (Tervo – Tuunanen – Vannas – Vesaluoma 1998.) Lievää arpisamentumaa voidaan havaita lähes kaikissa sarveiskalvoissa edellä mainittujen leikkauksen jälkeen. Yleisin esiintymisaika on 1–4 kuukauden sisällä

leikkauksesta, mutta myöhäisemmän samentumisriskin takia asiakkaita tulisi seurata vuoden ajan leikkauksesta. (Käypä hoito -suositus 2002: 545.)

5.3.1 Lämpäleikkauksiin liittyvät komplikaatiot

Yleisin lämpäleikkauksen komplikaatio on liian ohueksi leikattu läppä. Ohueksi läpäksi määritellään läppä, jonka leikkausraja sijoittuu Bowmanin kerroksen ylle tai sen sisälle. Leikkausviihto tulisi tehdä Bowmanin kerroksen alle, jotta kyseinen kerros ei ole laseroinnin kohteena. Lämpän paksuus voidaan mitata ennen läpän siirtoa ja siirron jälkeen. Alle 60 µm on epäilyttävä, koska sarveiskalvon epiteelin paksuus on noin 50 µm. Ohuen läpän komplikaatiota esiintyi tutkimusten mukaan 0.3-0.75% LASIK-leikkauksissa. (Azar – Melki 2001: 95.)

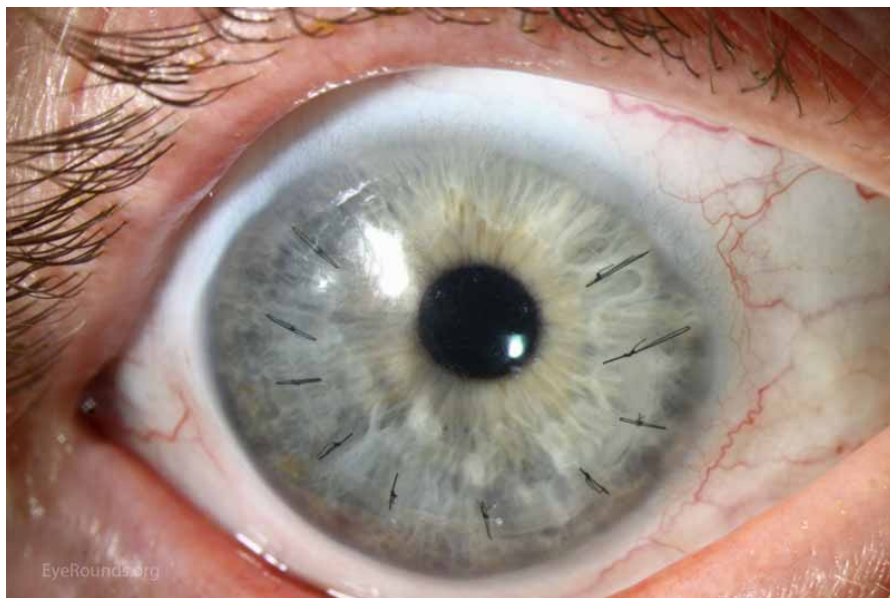
Epäsäännöllinen läppä voi olla puolittunut tai läpän reunaan voi olla muodostunut lovi. Epäsäännöllinen läppä saattaa aiheuttaa arpeumaa ja epäsäännöllistä astigmatiaa. Leikkauksen aikaisena komplikaationa epäsäännöllinen läppä on harvinaisempi kuin ohut läppä. Läppä voi myös muodostua keskeltä suunniteltua ohuemmaksi. Lämpäkomplikaatioiden ilmetessä yleensä leikkaus keskeytetään ja uusintaleikkaus voidaan suorittaa 10–12 viikon päästä, jolloin läppä muodostetaan syvemmälle sarveiskalvoon. (Azar – Melki 2001: 95, 97.)

Mikrokeratometrin terä saattaa kulkea osittain läpän leikkauksen yhteydessä joko epiteeli- tai Bowmanin kerroksessa, joka näin ollen muodostaa epiteelisoluille pääsyreitit läpän alle leikkauksen jälkeen. Komplikaation esiintyvyyden vaihteluväli on 0.2–0.56 %. (Azar – Melki 2001: 95.) Epiteelisolujen sisäänkasvun tai läpän alle pääsyn yleisyys on noin 2 %. Epiteelisolujen pääsy läpän alle voidaan ehkäistä varmistamalla, ettei instrumentit joilla käsitellään stroomaa, kosketa ympäröivää epiteeliä. Epiteelin kasvu reunoilta läpän alle estää läpän kiinnittymisen kunnolla paikalleen. Epiteelin kasvu läpän alle voidaan ehkäistä sijoittamalla läppä tiiviisti leikkausalueen päälle leikkauksen päätteeksi. (Hanratty 2005: 121.) Alla oleva kuva on otettu silmästä, jossa havaitaan epiteelin sisäänkasvua.



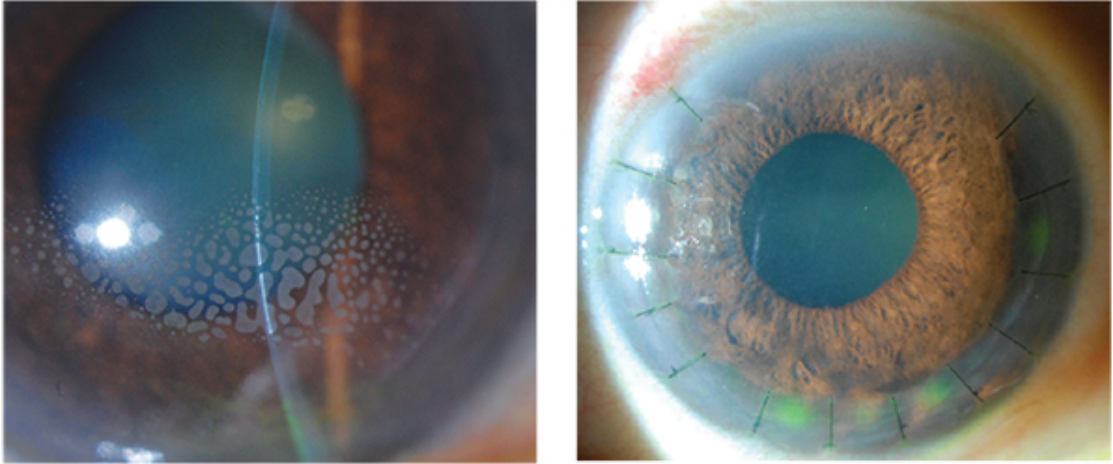
Kuvio 13. Epiteelin sisäänkasvua läpän alla LASIK-leikkauksen jälkeen (EyeRounds.org University of Iowa: 2014)

Seuraava kuva on otettu potilaasta, jolle on tehty korjausleikkaus sisäänkasvaneen epiteelin poistamiseksi. Läpän reuna on ommeltu leikkauksen päätteeksi.



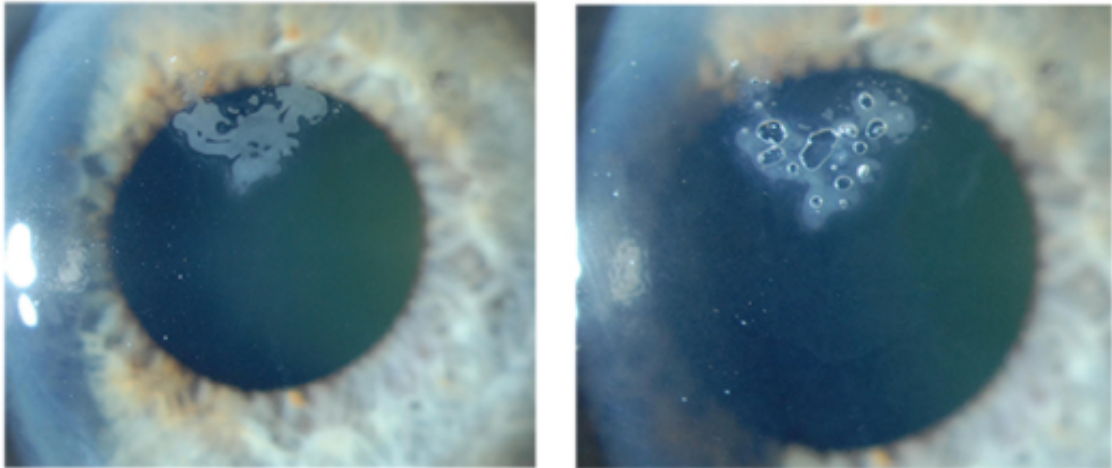
Kuvio 14. Uusintaleikkauksessa poistettu sisäänkasvanut epiteeli jonka jälkeen läpän reuna on ommeltu takaisin paikoilleen (EyeRounds.org University of Iowa: 2014)

Myös seuraavassa kuvaparissa on nähtävissä epiteelin sisääkasvua, sekä samasta silmästä otettu kuva sisäänkasvaneen epiteelin poiston jälkeen.



Kuvio 15. Ensimmäinen kuva epiteelin liikakasvusta läpän alla ja toinen kuva on otettu samasta silmästä korjausleikkauksen jälkeen. (Rapuano n.d)

Seuraavassa kuvaparissa epiteelin sisääkasvua on hoidettu laserilla. Laserhoito ei vaadi läpän nostamista.



Kuvio 16. Ensimmäisessä kuvassa havaittavissa epiteelin sisääkasvua. Toinen kuva otettu samasta silmästä heti laserhoidon jälkeen. (Rapuano n.d)

Sarveiskalvon ektasia on komplikaatio, jossa sarveiskalvo alkaa pullistua ulospäin, aiheuttaen myopiaa ja astigmatiaa (Azar – Rosenblatt – Sakimoto 2006: 1444). Komplikaation syynä on liian ohueksi leikattu sarveiskalvon strooma (paksuus alle 250 µm), joka heikentää sarveiskalvon luonnollista jäykkyyttä, josta johtuen sarveiskalvo ei pysy alkuperäisessä muodossaan (Hanratty 2005: 69). Ektasia muistuttaa keratokonuksen tyyppistä sarveiskalvon paikallista pullistumaa. Ektasia saattaa olla havaittavissa vasta pitkän ajan jälkeen leikkauksesta ja on erittäin harvinainen komplikaatio. (Azar – Melki 2001: 103.)

Jumiutunut mikrokeratometrin terä, sähkövika tai kontaktinlinssin imun irtoaminen kesken läpän leikkauksen aiheuttaa vaillinaisen läpän. Lämpän loppuun leikkaamista ei suositella, koska se saattaa muodostaa epäsäännöllisen tason stroomaan laserointia varten, ja aiheuttaa epäsäännöllistä astigmatiaa. Uusintaleikkauksessa pyritään leikkaamaan syvemmältä ja suuremmalla halkaisijalla kuin ensimmäisen läpän viilto. Komplikaatioiden esiintyvyys LASIK-leikkauksissa on 0.3–1.2 %. (Azar – Melki 2001: 97–98.)

Leikkauksen ablaatioalueen epäkeskeinen sijoittuminen saattaa aiheuttaa näöntarkkuuden alenemista, häikäistymistä ja halo-ilmiön lisääntymistä. Komplikaation esiintymiseen vaikuttaa leikkausalueen koko. Komplikaatiota esiintyy useammin suurien pupillien omaavilla potilailla. (Käypä hoito -suositus 2002: 545–546.)

Leikkauksen jälkeisiä läppään liittyviä komplikaatioita on myös useita. Leikkausalueen päältä siirtynyt läppä tulisi saada mahdollisimman pian aseteltua takaisin paikalleen, jotta riski tulehduksiin, pysyviin läpän taitoksiin tai epiteelin sisään kasvamiseen jäisi mahdollisimman pieneksi. Läppä saattaa siirtyä paikoiltaan jopa useamman kuukauden jälkeen leikkauksesta. Riski on kuitenkin suurempi paranemisen alussa. Silmien hierominen, silmien puristaminen tai silmän pinnan kuivuus altistaa läpän siirtymiselle. Suuremmat traumat silmän alueelle saattaa aiheuttaa läpän siirtymisen vielä usean kuukauden jälkeen leikkauksesta. Komplikaation yleisyys on 1.1–2.0 %. (Azar – Melki 2001: 98.) Lämpän siirtyminen tai rypistyminen aiheuttaa haamukuvia, näöntarkkuuden vaihtelua ja astigmatiaa. Epämukavuuden tunne on sitä suurempi, mitä enemmän läppä on siirtynyt alkuperäiseltä paikaltaan. (Hanratty 2005: 111.)

5.3.2 Lentikkelin poistoon liittyvät komplikaatiot

FLEx-leikkauksessa lentikkeli erotetaan läpän alla olevasta stroomasta. Erotettava lentikkeli voi kuitenkin tarttua ylläolevaan läppään, jolloin sen poistaminen on hankalaa. Myös SMILE-leikkauksessa pyritään poistamaan lentikkeli viillon alla olevasta stroomasta. Myös tässä toimenpiteessä irrotettava lentikkeli voi tarttua ylläolevaan sarveiskalvoon, jolloin sen poistaminen saattaa olla mahdotonta. (Shah – Shah – Vogelsang 2011: 119.) Poistettava lentikkeli voi leikkauksen aikana repeytyä, jolloin osa lentikkeliä voi jäädä stroomaan. Tämä voi aiheuttaa epäsäännöllistä astigmatiaa. (Shah 2015: 100.)

Kontakttilasin irtoaminen silmän pinnalta FLEx-leikkauksen aikana johtaa imun menettämiseen. Tämä johtuu tyypillisesti potilaan äkillisestä liikkeestä tai silmien puristamisesta. Myös kaasun tai nesteiden pääsy kontaktilasin alle estää imun syntymistä. Imun menettäminen hankaloittaa kontaktilasin asettamista takaisin alkuperäiseen asentoonsa. (Shah – Shah – Vogelsang 2011: 119.)

Leikkauksen jälkeisiin komplikaatioihin kuuluu mm. epiteelin sisäänkasvu ja lentikkelin epäkeskeisyys. Lentikkelin epäkeskeisyys voi johtaa epäsäännölliseen astigmatiaan tai korkeamman tason aberraatioihin. (Shah 2015: 101–102.)

6 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyö toteutettiin narratiivisena kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on yksi yleisimmin käytetyistä kirjallisuuskatsauksen muodoista. Menetelmällä tutkimuskysymykset, aineiston keruu ja aineiston valinta ovat väljempiä kuin systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa, jonka vuoksi tutkittavaa ilmiötä voidaan kuvata laaja-alaisemmin. Narratiivisessa kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa ei varsinaisesti tuoda uutta tietoa tutkitusta aiheesta, vaan katsauksessa ajantasaisestaan ja järjestetään jo tutkittua epäyhtenäistä tietoa helppolukuisesti kokonaisuudeksi. (Salminen 2011: 6–7.)

Narratiivinen kuvaileva kirjallisuuskatsaus voidaan toteuttaa kolmella eri tapaa: toimituksellisenä, kommentoivana tai yleiskatsauksena. Toimituksellinen katsaus on laajuudeltaan lyhyt ja käytetty aineisto suppeaa. Kommentoiva katsaus on keskustelua herättävä ja usein puolueellinen katsaus. Yleiskatsaus on toteuttamistavoista laajin. Yleiskatsaus on laajempi prosessi, jonka tavoitteena on tiivistää jo aiemmin tehtyjä tutkimuksia ja tuottaa ytimekäs ja johdonmukainen yhteenveto käsiteltävästä aiheesta. (Salminen 2011: 7.)

Opinnäytetyö toteutettiin yleiskatsauksena, sillä käsiteltävä aihe on laaja. Valitun metodin ja toteuttamistavan avulla, pystyimme tutkimaan ja kuvaamaan aihetta mahdollisimman monipuolisesti. Yleiskatsauksen tarkoituksena ei ole luoda uutta tietoa aiheesta, vaan yhtenäistää jo tutkittua tietoa selkeäksi ja yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, luoden ajankohtaisen katsauksen käsiteltävään aiheeseen.

6.1 Opinnäytetyön tutkimuskysymys, tarkoitus ja tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa selkeä ja ajankohtainen suomenkielinen katsaus taittovirhekirurgiaan. Kirjallisuuskatsauksella pyrittiin vastaamaan tutkimuskysymyseen: ”Onko sarveiskalvoon kohdistuva taittovirhekirurgia laadullisesti hyvä myopian ja astigmatian korjausmuoto?”. Kirjallisuuskatsaus on tarkoitettu optometrian ammattilaisille ja optometristiopiskelijoille, eikä aikaisempia suomenkielisiä kirjallisuuskatsauksia ole aiheesta tehty.

Aihe on ajankohtainen, sillä myopia on ilmiönä lisääntynyt merkittävästi viimeisimpien vuosikymmenien aikana. Myopian lisääntymisen myötä, myös sarveiskalvon taittovirhekirurgia on yleistynyt. Taittovirhekirurgian yleistymisen myötä optikkojen on tunnettava taittovirhekirurgian leikkausmenetelmät ja niihin liittyvät yleisimmät komplikaatiot.

6.2 Aineiston keruu

Kirjallisuuskatsauksen aineistot haettiin ScienceDirect- ja PubMed -tietokannoista. Aineiston etsinnän alkuvaiheessa käytimme myös GoogleScholar -tietokantaa, mutta päädyimme käyttämään vain ScienceDirect- ja PubMed -tietokantoja samankaltaisten hakutoimintojen ja selkeiden rajausmääritelmien johdosta. GoogleScholar -tietokannan kautta löydetyt tutkimukset ja kirjallisuuskatsaukset olivat löydettävissä suurimmaksi osaksi myös kahdesta muusta käyttämästämme tietokannasta.

Kaikki valitut tutkimukset olivat englanninkielisiä ja osa maksullisia julkaisuja. Maksulliset artikkelit saimme käyttööme Meilahden kampuskirjaston Terkon kautta. Käytetyt hakusanat olivat: corneal refractive surgery, refractive correction, myopia, vision quality, dry eye ja patient satisfaction. Hakusanoja on yhdistelty parhaan rajauksen aikaansaamiseksi.

Käsiteltävän aiheen rajauksen takia laadimme tarkat sisäänotto- sekä poissulkukriteerit. Sisäänottokriteerit olivat: tutkimus käsitteli myopia ja astigmatian korjausta, tutkimus oli julkaistu menneen kymmenen vuoden ajalla, englanninkieliset tieteelliset tutkimukset tai kokoavat kirjallisuuskatsaukset, hakusanat tulivat esiintyä otsikossa ja/tai abstraktissa, sekä tutkittavat omasivat terveet ja normaalin binokulariteetin silmät. Poissulkukriteerit olivat: ennen vuotta 2007 julkaistut tutkimuksen tai kirjallisuuskatsaukset, hyperopian tai presbyopian korjaus, muut kuin englanninkieliset tutkimukset, hakusanat eivät löydy otsikosta tai abstraktista, sekä silmäsairauden tai epänormaalin binokulariteetin omaavat silmät. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit ovat lueteltuna taulukossa 2.

Taulukko 2. Aineiston sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteerit	<ul style="list-style-type: none"> Myopia Astigmatia Julkaistu vuonna 2007–2017 Englanninkieliset Tieteellinen tutkimus tai kirjallisuuskatsaus Hakusanat otsikossa tai abstraktissa Terveet ja normaalin binokulariteetin omaavat silmät
Poissulkukriteerit	<ul style="list-style-type: none"> Hyperopia Presbyopia Vuonna 2006 julkaistu tai sitä vanhemmat Muun kuin englanninkieliset tutkimukset Tutkimus ei ole kirjallisuuskatsaus tai alkuperäistutkimus Hakusanat eivät löydy otsikosta tai abstraktista Epänormaali binokulariteetti tai todettu silmäsairaus

Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui yhteensä 12 tutkimusta viimeisten 10 vuoden ajalta. Rajasimme aineiston 12 tutkimukseen, sillä osa tutkimuksista oli laajempaa kirjallisuutta ja tutkimuksia käsitteleviä kirjallisuuskatsauksia. Katsaukseen valikoitui yhteensä 3 kirjallisuuskatsausta ja 9 alkuperäistutkimusta.

Kirjallisuuskatsauksen lisäksi halusimme liittää tekstin yhteyteen havainnollistavia kuvia. Kuvien käyttöoikeudet pyysimme kultakin julkaisijan taholta erikseen ja kuvien lähteet merkitsimme luvan antaman tahon pyytämällä tavalla.

7 Tulokset

Kirjallisuuskatsauksen aineisto koostuu 12 tutkimuksesta. Tutkimukset ovat listattuna taulukossa 3. Taulukossa ovat merkittynä tutkimuksen tekijät, julkaisupaikka, julkaisu- vuosi, tutkimuksen valintaan käytetty hakukone, tutkimuksen otsikko, tutkimusjoukko ja keskeisimmät tutkimustulokset.

Taulukko 3. Kirjallisuuskatsaukseen valitut tutkimukset

	Tutkimuksen tekijät, julkaisupaikka, julkaisu- vuosi ja haku- kone	Tutkimuksen ot- sikko	Tutkimusjoukko	Keskeiset tulokset
1	Jafarzadehpour, Ka- mali, Mobaraki, Shams, Journal of Current Ophtalmol- ogy, 2015, ScienceDi- rect	Comparison of quality of life be- tween myopic pa- tients with specta- cles and contact lenses, and pa- tients who have undergone refrac- tive surgery	154 myopian omaa- vaa silmälasien ja piilolinssien käyttä- jää, 32 taittovirhe- kirurgialla taittovir- heen korjannutta po- tilasta ja verrokkiryh- mänä 54 emmetro- pian omaavaa henki- löä.	Emmetropian omaavilla oli korkein mitattu elämänlaatu. Taittovirhekirurgian valin- neilla oli seuraavaksi korkein tulos ja alhaisin tulos silmäla- sien ja piilolinssien käyttäjillä.
2	Bharadwaj, Sarkar, Vaddavalli, PLoS One, 2016, PubMed	Image quality analysis of eyes undergoing LA- SER refractive surgery	Mittaukset tehtiin kahdelle testiryh- mälle: ensimmäi- seen ryhmään osal- listui 30 potilasta ja toiseen ryhmään 45 potilasta. Ensimmäisen ryhmän tu- loksia vertailtiin ver- rokkiryhmän emmet- ropian omaaviin hen- kilöihin.	Korkeamman tason aberraa- tiot lisääntyivät ja matala kontrastinen visus laski tait- tovirheleikkauksen jälkeen. Leikkausmenetelmällä ei ol- lut eroa tulokseen.

Taulukko jatkuu seuraavalla sivulla

	Tutkimuksen tekijät, julkaisupaikka, julkaisuvuosi ja hakukone	Tutkimuksen otsikko	Tutkimusjoukko	Keskeiset tulokset
3	Alakhlee, Alawad, Bamashmus, Hu-baish, Middle East African Journal of Ophthalmology, 2015, PubMed	Functional Outcome and Patient Satisfaction after Laser in Situ Keratomileusis for Correction of Myopia and Myopic Astigmatism	200 potilasta osallistui kyselytutkimukseen, koskien LASIK-leikkauksen tuloksen koettua laatua ja asiakastytyväisyyttä.	98.5% tutkittavista oli tyytyväisiä, tai erittäin tyytyväisiä LASIK-leikkaustulokseen.
4	Alió, Bao, Flitcroft, Gao, Huang, Huang, Lian, Marshall, Hu, Mcalinden, Song, Tu, Wang, Wen, Yu, Yu, Yu, Zhao, American Journal of Ophthalmology, 2017, ScienceDirect	Postoperative Efficacy, Predictability, Safety, and Visual Quality of Laser Corneal Refractive Surgery: A Network Meta-analysis	Kirjallisuuskatsaus. Meta-analyysi, joka kokoaa 48 eri tutkimuksen tulokset. Tutkimuksissa oli yhteensä 4234 potilasta (5256 silmää).	Eri leikkausmenetelmien välillä ei ole tilastollisesti eroa leikkaustuloksen, ennakoitavuuden tai turvallisuuden kannalta.
5	Bissen-Miyajima, Hayashi, Igarashi, Kamiya, Negishi, Kazuno, Masaki, American Journal of Ophthalmology, 2015, PubMed	A Multicenter Prospective Cohort Study on Refractive Surgery in 15 011 Eyes	Meta-analyysi, joka kokoaa 42 eri toimipisteen leikkaustulokset. Tutkimuksessa arvioitiin yhteensä 13 642 silmää.	Leikkaustekniikoiden välillä ei ole suurta eroa turvallisuuden, ennakoitavuuden ja tulosten välillä. Leikkauskomplikaatiot ovat kaikilla leikkausmenetelmillä vähäiset.
6	Goggin, Kandel, Khadka, Pesudovs, Clinical and Experimental Ophthalmology, 2017, PubMed	Impact of refractive error on quality of life: a qualitative study	48 potilasta, joista 39 oli silmälasien käyttäjää, 17 piilolinssien käyttäjää ja 17 oli valinnut korjausmuodokseen taittovirhekirurgian.	Tutkimustulokset osoittavat, että taittovirhe laskee koettua elämänlaatua. Taittovirheleikkaus nostaa koettua elämänlaatua näönkorjausmenetelmänä.

Taulukko jatkuu seuraavalla sivulla

	Tutkimuksen tekijät, julkaisupaikka, julkaisuvuosi ja hakukone	Tutkimuksen otsikko	Tutkimusjoukko	Keskeiset tulokset
7	Ayres, Cohen, Hammersmith, Laibson, Levinson, Rapuano, Journal of Cataract & Refractive Surgery, 2008, ScienceDirect	Referrals to the Wills Eye Institute after laser in situ keratomileusis: Reasons for patient dissatisfaction	109 potilasta (157 silmää) tutkittiin LASIK-leikkauksen jälkeen ja arvioitiin yleisimpiä syitä potilaan tyytymättömyyteen leikkaustulokseen.	Yleisimmät syyt potilaiden tyytymättömyyteen leikkauksitulokseen olivat huono kaukonäkö, kuivasilmäisyys ja silmän punoitus tai kipu, sekä häikäisy ja halo-ilmiöt. Tyypillisimmät oireiden diagnosit olivat kuivasilmäisyys tai blepharitis, epä säännöllinen astigmaattisuus ja epiteelin sisäänkasvu.
8	Chen, Wang, Yang, Zhang, Zhang, BMC Ophthalmology, 2017, Pubmed	Comparison of ocular higher-order aberrations after SMILE and Wavefront-guided Femtosecond LASIK for myopia	38 potilasta (65 silmää) tutkittiin SMILE- ja aaltorintamatekniikalla ohjatun Femtolasikleikkauksen jälkeen.	Korkeamman tason aberraatiot lisääntyivät taittovirheleikkauksen jälkeen. Leikkauksen menetelmällä ei ollut eroa tulokseen. Leikkauksen menetelmät ovat turvallisia, tehokkaita ja hyvin ennakoitavissa.
9	Behrens, Camacho, Quinto, Current Opinion in Ophthalmology, 2008, PubMed	Postrefractive surgery dry eye	Kirjallisuuskatsaus, joka kokoaa viiden eri tutkimuksen tulokset.	Refraktiivinen kirurgia on tutkitusti huomattu vaurioittavan sarveiskalvon hermoja. Kuivasilmäisyys on yksi yleisimmistä komplikaatioista PRK- ja LASIK-leikkauksen jälkeen.
10	Erickson, Erickson, Jara, Stapleton, Eye, The Scientific Journal of The Royal College of Ophthalmologists, 2011, PubMed	Visual and non-visual factors associated with patient satisfaction and quality of life in LASIK	104 potilaan kokemaa elämänlaatua ja tyytyväisyyttä leikkauksitulokseen mitattiin LASIK-leikkauksen jälkeen	Tyytyväisyys leikkauksitulokseen perustuu näkökykyyn, potilaan odotuksiin ja erityispiirteisiin, sekä saavutettuun korjaamattomaan visukseen. LASIK-leikkaus parantaa potilaiden kokemaa elämänlaatua.

Taulukko jatkuu seuraavalla sivulla

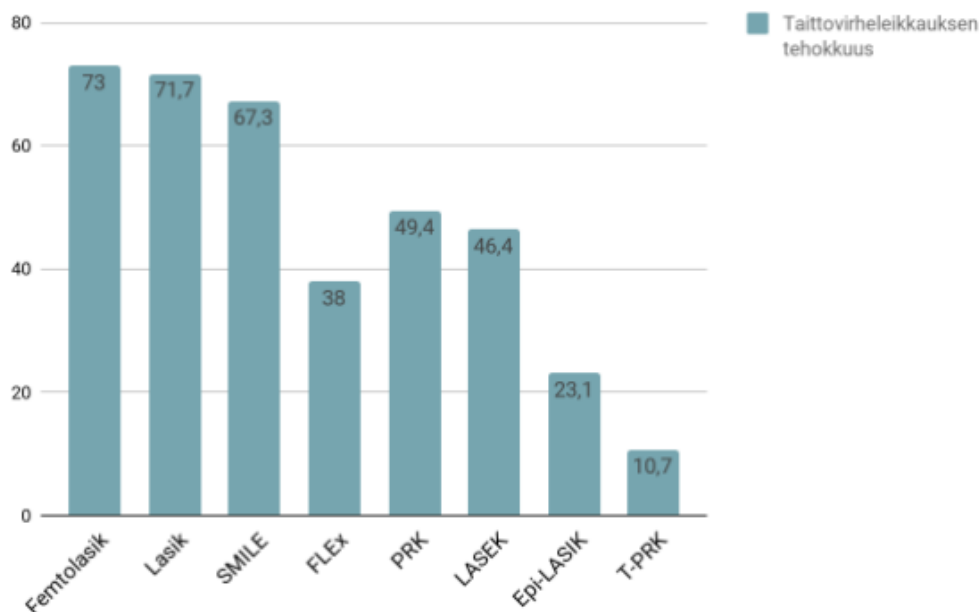
	Tutkimuksen tekijät, julkaisupaikka, julkaisuvuosi ja hakukone	Tutkimuksen otsikko	Tutkimusjoukko	Keskeiset tulokset
11	González-Méijome, Gutiérrez, Jiménez, Villa, British Journal of Ophthalmology, 2007, PubMed	Night vision disturbances after successful LASIK surgery	110 silmää tutkittiin LASIK-leikkauksen jälkeen	Korkeamman tason aberraatiot ja hämäränäön ongelmat lisääntyivät leikkauksen jälkeen. Tyypilliset hämärässä koetut ongelmat ovat häikäisy, kontrastinäön heikentyminen ja halo-ilmiöt.
12	Ang, Fenwick, Ho, Htoon, Koh, Lamoureux, Mehta, Tan, Journal Cataract & Refractive Surgery, 2015, PubMed	Vision-related quality of life and visual outcomes after small-incision lenticule extraction and Laser in situ Keratomileusis.	688 silmää tutkittiin LASIK-leikkauksen jälkeen ja 172 silmää SMILE-leikkauksen jälkeen.	LASIK- ja SMILE-leikkauksen menetelmien tulosten välillä ei ollut tilastollisesti suurta eroa 3 kuukauden päästä leikkauksesta.

7.1 Leikkauksen tehokkuus, ennakoitavuus ja turvallisuus

Alió ym. tekivät laajan meta-analyysin vuonna 2017, jossa tutkittiin sarveiskalvon taittovirhekirurgian tehokkuutta, ennakoitavuutta, turvallisuutta ja näön laatua leikkauksen jälkeen. Meta-analyysissä vertaillaan leikkaustuloksia kaikkien markkinoilla olevien leikkauksen menetelmien välillä myopian korjauksessa. Meta-analyysiin valikoitui yhteensä 48 tutkimusta. Tutkimuksissa oli yhteensä 4 234 potilasta (5 256 silmää) ja leikkauksen menetelminä oli PRK (1 392 potilasta), LASIK (1 036 potilasta), LASEK (900 potilasta), Femtolasik (500 potilasta), Epi-LASIK (131 potilasta), SMILE (110 potilasta), T-PRK (105 potilasta) ja FLEx (60 potilasta). Potilaat olivat ympäri maailmaa, 37.5 % Euroopasta, 27.1 % Aasiasta, 27.1 % Pohjois-Amerikasta ja 6.2 % Latinalaisesta Amerikasta. (Alió ym. 2017: 67–68.) Tutkimustulokset ovat esitetty SUCRA-asteikolla (Surface Under The Cumulative Ranking Curve).

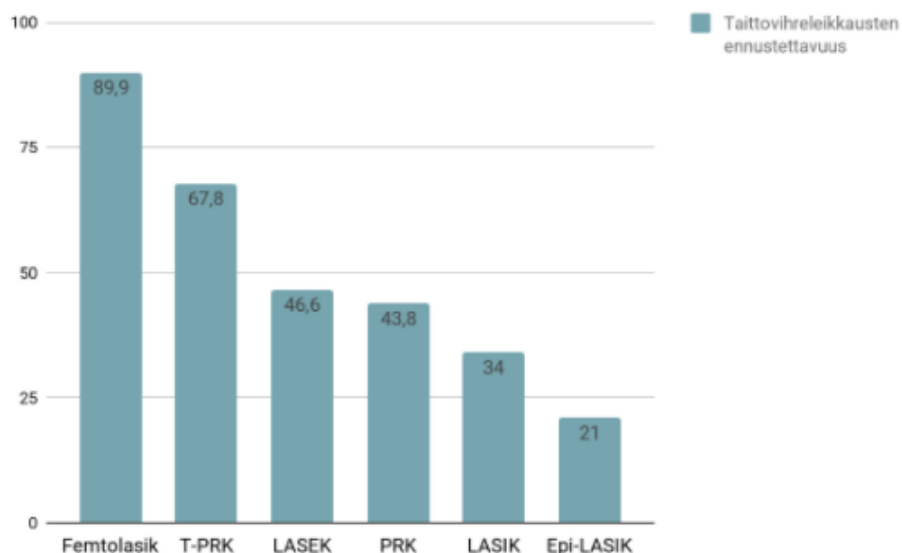
Meta-analyysissä tutkijat määrittivät taittovirheleikkauksen tehokkuuden 1.0 tai paremmalla visuksella ilman korjausta. Tutkimustulosten mukaan Femtolasik- (73 %), LASIK-

(71.7 %) ja SMILE-menetelmillä (67.3 %) saadaan parhaimpia tuloksia. T-PRK- (19.7 %) ja Epi-LASIK-menetelmillä (23.1 %) tutkimustulokset ovat heikompia. Tarkemmat tutkimustulokset ovat esitelty kuviossa 17. (Alió ym. 2017: 68–69.)



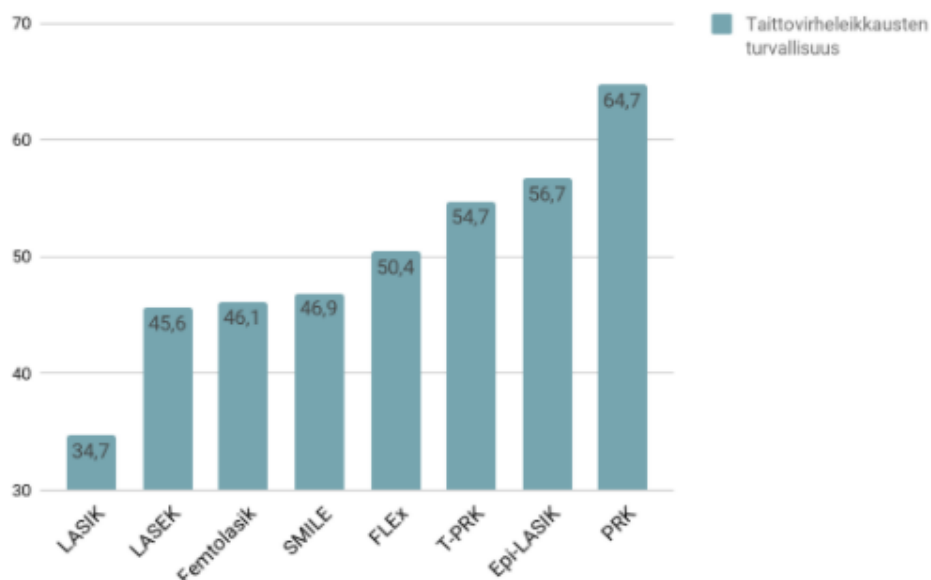
Kuvio 17. Taivutusleikkausten tehokkuus, SUCRA-asteikolla. Mitä isompi luku, sen parempi tulos (Alió ym. 2017: 72)

Ennakoitavuutta mitattiin tutkimalla, kuinka moni potilaista on saavuttanut halutun sfäärisen tuloksen $\pm 0.50D$ tarkkuudella. Tutkimustulosten mukaan Femtolasik-menetelmällä saadaan parhaimpia leikkaustuloksia (89 %). Epi-LASIK-menetelmällä (21 %) on saatu heikoimmat tutkimustulokset. Tarkemmat tutkimustulokset ovat esitelty kuviossa 18. (Alió ym. 2017: 68, 70.)



Kuvio 18. Taittovirheleikkausten ennakoitavuus, SUCRA-asteikolla. Mitä isompi luku, sen parempi tulos (Alió ym. 2017: 72)

Tutkijat määrittivät leikkauksen turvallisuuden mittaamalla, kuinka monen paras korjattu näöntarkkuus alentui kahdella rivillä tai enemmän. LASIK-menettelmällä tulokset ovat parhaimmat. Myös LASEK-, Femtolasik- ja SMILE-menettelmillä tulokset ovat hyviä. PRK-menettelmällä tulokset ovat heikompia. Tarkemmat tutkimustulokset ovat esitelty kuviossa 19. Pienempi luku viittaa parempaan tutkimustulokseen. (Alió ym. 2017: 68, 70.)



Kuvio 19. Taittovirheleikkausten turvallisuus, SUCRA-asteikolla. Mitä pienempi luku, sen parempi tulos (Alió ym. 2017: 72)

Lisäksi tutkijat analysoivat korkeamman tason aberraatioiden ja kontrastiherkkyiden muutosta leikkausten jälkeen. Tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkittävää eroa leikkausmenetelmien välillä. Pienemmällä pupillin koolla esiintyi vähiten korkeamman tason aberraatioita Femtolasik-leikkausmenetelmällä ja suuremmalla pupillin koolla vastaavasti PRK-leikkausmenetelmällä. LASIK-leikkausmenetelmällä esiintyi eniten korkeamman tason aberraatioita. (Alió ym. 2017: 70.)

Parhaimmat kontrastivisuudet mitattiin LASEK-leikkauksen potilailla. Huonoimmat kontrastivisuudet saavutettiin puolestaan PRK-leikkausten potilailla. Femtolasik- ja LASIK-menetelmällä tulokset jäivät heikommaksi. Epi-LASIK-menetelmällä leikkaustulokset vaihtelivat kaikista eniten. (Alió ym. 2017: 70.)

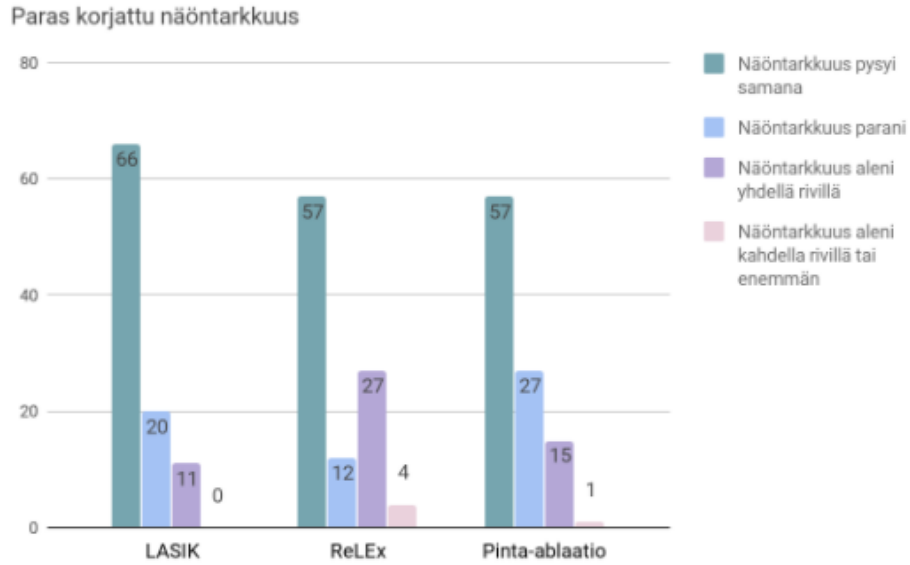
Tutkimuksen mukaan jokainen leikkausmenetelmä sarveiskalvon taittovirheen korjauksessa on tehokas, ennakoitavissa ja turvallinen. Sarveiskalvon strooman ablaatioleikkauksilla, LASIK- ja etenkin Femtolasik-menetelmällä, saadaan hyviä leikkaustuloksia leikkauksen tehokkuuden, ennakoitavuuden ja turvallisuuden kannalta. Kun taas otetaan huomioon näön laatu leikkauksen jälkeen huomioiden korkeamman tason aberraatiot ja kontrastiherkkyys, saadaan parempia tuloksia sarveiskalvon pinta-ablaatio -leikkausmenetelmillä (PRK, T-PRK, LASEK ja Epi-LASIK). Lentikkelileikkauksilla (FLEx ja SMILE)

saadaan kohtalaisia leikkaustuloksia. Lentikkelileikkauksista löytyy kuitenkin merkittävästi vähemmän tutkimusaineistoa, jolloin tutkimustulokset saattavat olla harhaanjohtavia. (Alió ym. 2017: 71–72.)

Leikkausmenetelmien tehokkuutta, ennakoitavuutta ja turvallisuutta on arvioitu muissakin tutkimuksissa ja meta-analyyseissä. Tutkimuksissa vertaillaan useimmiten kahta eri leikkausmenetelmää keskenään. Shortt ym. (2013) julkaisivat meta-analyysin LASIK- ja PRK-leikkausmenetelmien tehokkuuden ja turvallisuuden arvioimiseksi. Tutkimustulosten mukaan, LASIK-leikkauksen potilailla useampi saavuttaa 1.0 tai paremman näöntarkkuuden ja näöntarkkuuden laskua esiintyi vähemmän 6 kuukauden kuluttua leikkauksesta, kuin PRK-leikkauksen potilailla. Zhang ym. (2011) julkaisivat meta-analyysin arvioiden Femtolasik- ja LASIK-menetelmiä keskenään. Tutkimuksessa ei havaittu merkittävää eroa näiden kahden leikkausmenetelmän välillä. Alión ym. (2017) tutkimuksessa havaittiin kuitenkin Femtolasik-menetelmän olevan leikkauksen ennakoitavuuden kannalta kuitenkin parempi kuin LASIK-menetelmä. (Alió ym. 2017: 73–74.)

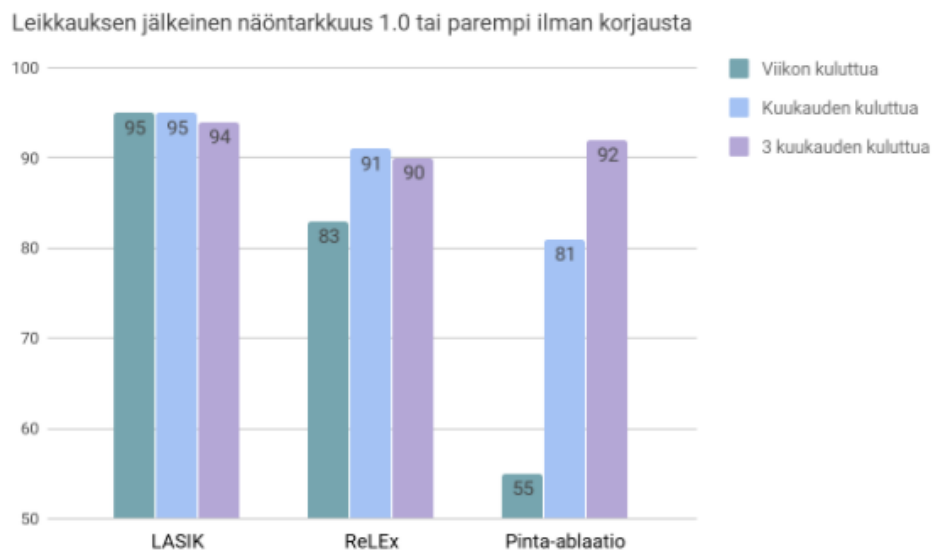
Bissen-Miyajima ym. tekivät laajan meta-analyysin vuonna 2016. Meta-analyysissä arvioitiin markkinoilla olevien leikkausmenetelmien turvallisuutta, tehokkuutta, ennakoitavuutta ja vakautta 1 viikon, 1 kuukauden ja 3 kuukauden kuluttua taittovirheleikkauksesta. Meta-analyysin tutkimukset ovat peräisin 42:lta suurelta japanilaiselta leikkaustaholta ja tutkimuksessa tutkittiin yhteensä 15 011 silmää, joista 13 642 leikattiin taittovirhekirurgialla. Kaikki potilaat olivat aasialaisia. Tutkimuksessa arvioitiin LASIK- (12 271 silmää), ReLEx- (885 silmää), T-PRK- (343 silmää), PRK- (141 silmää) ja Epi-LASIK-leikkausmenetelmiä (2 silmää). (Bissen-Miyajima ym. 2016: 159–161.)

Taittovirheleikkauksen turvallisuutta arvioitiin mittaamalla paras korjattu näöntarkkuus ja sen mahdollista alentumista 3 kuukauden kuluttua leikkauksesta. 66 % LASIK-potilaista, 57 % ReLEx potilaista ja 57 % pinta-ablaatiopotilaista (PRK, T-PRK ja Epi-LASIK) näöntarkkuus pysyi samana. Vastaavasti 11 % LASIK-potilaista, 27 % ReLEx-potilaista ja 15 % pinta-ablaatiopotilaista näöntarkkuus aleni yhdellä rivillä. 0 % LASIK-potilaista, 4 % ReLEx-potilaista ja 1 % pinta-ablaatio-potilaista näöntarkkuus aleni kahdella rivillä tai enemmän. 20 % LASIK-potilaista, 12 % ReLEx-potilaista ja 27 % pinta-ablaatiopotilaista näöntarkkuus parani yhdellä rivillä tai enemmän. Tutkimustulokset ovat esitelty kuviossa 20. (Bissen-Miyajima ym. 2016: 161–162.)



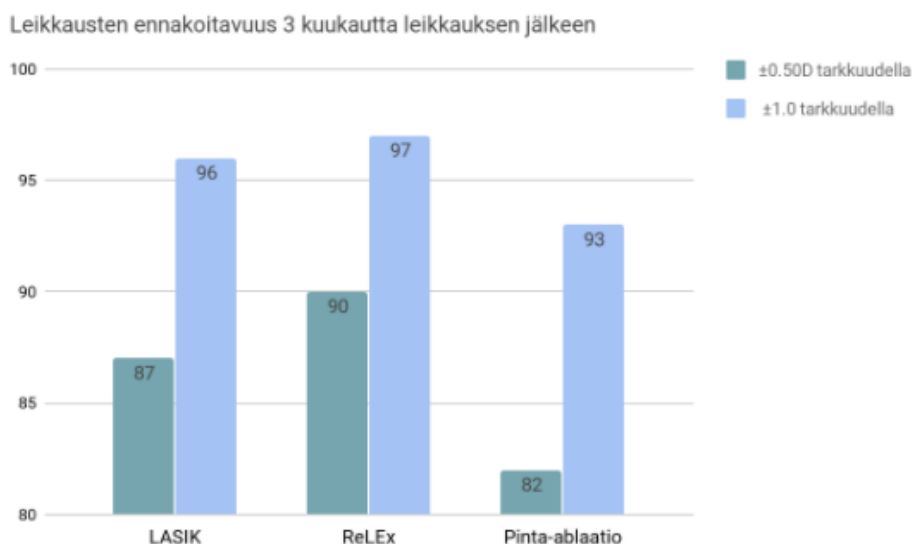
Kuvio 20. Paras korjattu näöntarkkuus taittovirheleikkauksen jälkeen (Bissen-Miyajima ym. 2016: 162)

Leikkauksen tehokkuutta arvioitiin mittaamalla näöntarkkuutta ilman korjausta. Viikon kuluttua taittovirheleikkauksesta 95 % LASIK-potilaista, 83 % ReLEx-potilaista ja 55 % pinta-ablaatiopotilaista saavutti 1.0 näöntarkkuuden. Kuukauden kuluttua vastaava määrä oli 95 % LASIK-potilaista, 91 % ReLEx-potilaista ja 81 % pinta-ablaatiopotilaista. Kolmen kuukauden kuluttua määrä oli 94 % LASIK-potilaista, 90 % ReLEx-potilaista ja 92 % pinta-ablaatiopotilaista. Tutkimustulokset ovat esiteltynä kuviossa 21. (Bissen-Miyajima ym. 2016: 161–163.)



Kuvio 21. Leikkauksen jälkeinen näöntarkkuus 1.0 tai parempi ilman korjausta (Bissen-Miyajima ym. 2016: 161–163)

Leikkauksen ennakoitavuutta arvioitiin mittaamalla sfäärinen ekvivalentti 3 kuukautta leikkauksen jälkeen. 87 % LASIK-potilaista, 90 % ReLEx-potilaista ja 82 % pinta-ablaatiopotilaista saavutti halutun sfäärisen ekvivalentin $\pm 0.50D$ tarkkuudella. Vastaavasti 96 % LASIK-potilaista, 97 % ReLEx-potilaista ja 93 % pinta-ablaatiopotilaista saavutti halutun sfäärisen ekvivalentin $\pm 1.0D$ tarkkuudella. Tarkemmat tutkimustulokset ovat esiteltynä kuviossa 22. (Bissen-Miyajima ym. 2016: 162–164.)



Kuvio 22. Leikkauksen ennakoitavuus (Bissen-Miyajima ym. 2016: 162–164)

Leikkauksen vakautta arvioitiin sfäärisen ekvivalentin muutoksella 1 viikon, 1 kuukauden ja 3 kuukauden kuluessa leikkauksesta. Tutkimustulosten mukaan leikkausmenetelmillä ei ollut tilastollisesti merkittäviä eroja ja leikkaustulokset ovat vakaat. (Bissen-Miyajima ym. 2016: 162, 166.)

Leikkauskomplikaatiot olivat vähäiset kaikilla leikkausmenetelmillä. Leikkausten aikaisien komplikaatioiden esiintyvyyttä oli kaikilla leikkausmenetelmillä alle 0.2 %. Leikkausten jälkeisten komplikaatioiden, kuten epiteelin sisäänkasvun, läpän komplikaatioiden, arpisamentuman, sekä subjektiivisten oireiden ja vakavaa kuivasilmäisyyden esiintyvyyttä oli

kaikilla leikkausmenetelmillä alle 1.8 %. Yhdessäkään leikkauksessa ei esiintynyt sarveiskalvon bakteeritulehdusta tai ektasiaa, tai muita näköä uhkaavia komplikaatioita. Uusintaleikkauksia tehtiin taittovirheen alikorjauksen (0.45 %), taittovirheen ylikorjauksen (0.09 %), astigmatian korjauksen (0.08 %), epiteelin sisäänkasvun (0.76 %), lamellaarisen sarveiskalvotulehduksen (0.43 %), läpän poimuttumisen (0.27 %) tai trauman (0.02%) takia. (Bissen-Miyajima ym. 2016: 162.)

Tutkimustulosten mukaan taittovirheleikkaus on turvallinen ja tehokas näönkorjausmenetelmä. Leikkausmenetelmien välillä ei ole tilastollisesti merkittäviä eroja. Taittovirheleikkausten ennakoitavuus on hyvä ja niiden leikkauskomplikaatiot alhaiset. Tutkimustulosten mukaan leikkaustulokset ovat vakaat leikkauksen jälkeen. (Bissen-Miyajima ym. 2016: 167.)

7.2 Näön laatu leikkauksen jälkeen

Taittovirheleikkaukset lisäävät tutkitusti sarveiskalvon korkeamman tason aberraatioiden määrää. Korkeamman tason aberraatioiden lisääntyessä, verkkokalvon kuvan laatu heikkenee ja näöntarkkuus, sekä kontrastiherkkyys saattavat laskea. Bharadwaj, Sarkar ja Vaddavalli (2016) tutkivat korkeamman tason aberraatioiden lisääntymisen vaikutusta näön laatuun taittovirheleikkauksen jälkeen. (Bharadwaj – Sarkar – Vaddavalli 2016.)

Tutkimuksessa mittaukset tehtiin kahdelle eri testiryhmälle. Ensimmäisessä ryhmässä tutkittiin lopputulokseen vaikuttavia muuttujia kuukausi taittovirheleikkauksen jälkeen ja vertailtiin tuloksia verrokkiryhmän tuloksiin. Toisessa ryhmässä tutkimusmittaukset tehtiin ennen taittovirheleikkausta ja kuukausi leikkauksen jälkeen ja vertailtiin muuttujien vaikutusta lopputulokseen. Ensimmäiseen testiryhmään osallistui 30 potilasta ja toiseen testiryhmään osallistui 45 potilasta. Potilaiden myopian määrä ennen leikkausta oli -2.0D – -9.0D. Myopia korjattiin LASIK- tai PRK-leikkausmenetelmällä ja jokaisessa leikkauksessa tavoitteena oli emmetropia. Kontrolliryhmien tutkittavat olivat emmetropian omaavia $\pm 0.50D$ tarkkuudella. (Bharadwaj – Sarkar – Vaddavalli 2016.)

Kaikkien tutkittavien sfäärinen taittovirhe korjattiin $\pm 0.5D$ tarkkuudella emmetrooppiseksi ja astigmatia väheni ≤ 1.0 dioptriaan leikkauksen jälkeen. Leikkauksen jälkeinen taittovirheen korrelaatio taittovirheeseen ennen leikkausta oli vähäinen. Ennen taittovirheen korjausta, tutkittavien korkeamman tason aberraatiot olivat keskimäärin saman suuruiset.

Leikkauksen jälkeen korkeamman tason aberraatiot lisääntyivät ja niiden määrä oli korkeampi verrokkiryhmään verrattuna. Korkeamman tason aberraatioiden määrä oli suurempi tutkittavilla, joilla oli voimakkaampi myopia ennen leikkausta, kuin lievän myopian omaavilla. (Bharadwaj – Sarkar – Vaddavalli 2016.)

Tutkimustulosten mukaan taittovirheleikkaus heikensi verkkokalvon kuvan laatua ja tutkittavien korkea kontrastinen visus oli keskimäärin huonompi, kuin verrokkiryhmän. Tutkimustulosten mukaan, matala kontrastinen visus oli merkittävästi heikompi leikkauksen jälkeen, kuin ennen leikkausta. Tutkijat eivät havainneet suurta korrelaatiota visuksen heikentymisen ja korkeamman tason aberraatioiden lisääntymisen välillä. (Bharadwaj – Sarkar – Vaddavalli 2016.)

Chen ym. (2017) vertailivat korkeamman tason aberraatioiden muutoksia SMILE- (23 potilasta) ja LASIK-leikkausten (15 potilasta) välillä. Tutkimuksessa mitattiin näöntarkkuutta ilman korjausta, näöntarkkuutta korjattuna, taittovirhettä ja korkeamman tason aberraatioita ennen taittovirheleikkausta ja 3 kuukautta leikkauksen jälkeen. (Chen ym. 2017.)

Tutkimustulosten mukaan näöntarkkuudella ilman korjausta ja korjauksella ei ollut eroa SMILE- ja LASIK-leikkausten välillä 3 kuukautta leikkauksen jälkeen. Myöskään sfäärillä ekvivalentilla ei ollut eroa kahden leikkausmenetelmän välillä. Sfäärinen ekvivalentti korjattiin halutulle tasolle kaikilla potilaille molemmilla leikkausmenetelmillä. 90 % SMILE-leikkauksen läpikäyneistä saavuttivat 1.0 näöntarkkuuden ja vastaavasti 88 % LASIK-leikkauksen läpikäyneistä. 97 % SMILE-leikkauksen läpikäyneistä saavuttivat halutun korjauksen $\pm 0.50D$ tarkkuudella ja vastaavasti 100 % LASIK-leikkauksen läpikäyneistä. (Chen ym. 2017.)

Korkeamman tason aberraatioiden määrä lisääntyi leikkauksen jälkeen molemmissa testiryhmissä. Korkeamman tason aberraatioiden lisääntymisen asteella oli suuri korrelaatio korjattavan myopian määrään. Chen ym. (2017) eivät havainneet merkittävää eroa näön laatuun LASIK- ja SMILE-leikkausmenetelmien välillä. Tutkimuksen mukaan molemmat leikkausmenetelmät ovat turvallisia ja tehokkaita menetelmiä sarveiskalvon taittovirheen korjaamiseen. (Chen ym. 2017.)

González-Méijome, Gutiérrez, Jiménez Ramón ja Villa tutkivat vuonna 2007 korkeamman tason aberraatioiden vaikutusta hämäränäön ongelmiin ja halo-ilmiöihin LASIK-leikkauksen jälkeen. Tutkimukseen osallistui 83 tutkittavaa. 55 tutkittavista korjasivat taittovirheen LASIK-menetelmällä. Tästä määrästä 15 rajattiin pois ennen leikkaustoimenpidettä ja 12 rajattiin pois leikkauksen jälkeen, johtuen sarveiskalvon poikkeavasta topografiasta tai ablaation epäkeskeisyydestä. Ennen leikkausta potilaiden sfäärinen voimakkuus oli keskimäärin -3.48D ja astigmatia -0.86D. (González-Méijome - Gutiérrez - Jiménez Ramón - Villa 2007.)

Tutkittavien mustuaisen koko mitattiin pimeäadaptaation jälkeen ja korkeamman tason aberraatioita mitattiin laajalla pupillilla. Lisäksi tutkittaville tehtiin tietokonemittaus, jossa mitattiin halo-ilmiön aiheuttamia näköhäiriöitä. Tutkittavat tulivat jälkitarkastukseen 3–6 kuukauden kuluessa leikkauksesta ja tutkimustuloksia verrattiin verrokkiryhmään, joka koostui 20:stä emmetropian omaavista henkilöistä. 98.79 % potilaista saavutti halutun korjauksen $\pm 1.0D$ tarkkuudella ja 93.97 % $\pm 0.5D$ tarkkuudella. (González-Méijome – Gutiérrez – Jiménez Ramón – Villa 2007.)

Tutkimuksessa havaittiin halo-ilmiöiden ja korkeamman tason aberraatioiden lisääntyvän LASIK-leikkauksen jälkeen. Tutkijat havaitsivat korkeamman tason aberraatioiden olevan suoraan korrelaatiossa halo-ilmiöihin. Halo-ilmiöt ja hämäränäön ongelmat voivat aiheuttaa häikäisyä, kontrastiherkkyuden alenemaa ja kuvan laadun heikentymistä. Jabbur ym. (2004) mukaan hämäränäön ongelmat ovat yleisin valituksen aihe taittovirhekirurgian läpikäyneille. Tutkimuksen mukaan jopa 43.5 % potilaista kokee leikkauksen jälkeen hämäränäön ongelmia. (González-Méijome – Gutiérrez – Jiménez Ramón – Villa 2007.)

7.3 Sarveiskalvon tuntoherkkyys ja kuivasilmäisyys

Taittovirheleikkaukset heikentävät sarveiskalvon tuntoherkkyyttä. Sarveiskalvon tuntoherkkyuden alentuminen heikentää räpytysrefleksiä, sekä hidastaa sarveiskalvon epiteelin parantumista ja altistaa sarveiskalvon tulehduksille. PRK-leikkauksessa epiteelikerros poistetaan kokonaan, jolloin hermosäikeiden päädyt vaurioituvat. Sekä PRK-, että LASIK-leikkauksessa, osa sarveiskalvon strooman hermosäikeistä varioituvat lasersäteiden myötä. Mitä suurempi myopian korjaus on kyseessä, sen suurempi haittavaikutus sillä on. (Behrens – Camacho – Quinto 2008: 337.)

Taittovirheleikkausten vaikutuksesta sarveiskalvon tuntoherkkyyteen on julkaistu monia tutkimuksia. Campos ym. (1992) tutkimuksessa tutkittiin sarveiskalvon tuntoherkkyyden palautumista PRK-leikkauksen jälkeen. Tutkimuksessa havaittiin, että potilailla, joilla oli alle -6.50D myopiaa ennen taittovirheen korjausta sarveiskalvon tuntoherkkyys palautui 95.7 % 3 kuukauden kuluessa leikkauksesta. Potilailla, joilla oli yli -9.00D myopiaa ennen taittovirheen korjausta tulos oli huonompi, 85.2 % palautui 3 kuukauden kuluessa leikkauksesta. (Behrens - Camacho – Quinto 2008: 337.)

Chuck ym. (2000) tutkivat vastaavasti sarveiskalvon tuntoherkkyyttä LASIK-leikkauksen (18 potilasta, myopia -1.50D – -11.25D) jälkeen. Tutkimuksessa mitattiin sarveiskalvon tuntoherkkyyttä sarveiskalvon keskeiseltä alueelta, sekä läpän temporaali ja nasaaliselta reunalta, ennen leikkausta ja leikkauksen jälkeen. Tutkimustulosten mukaan, tuntoherkkyys heikentyi jokaisessa mittauspisteessä leikkauksen jälkeen, etenkin keskeisellä sarveiskalvolla. Sarveiskalvon tuntoherkkyys palautui leikkauksen jälkeen kolmessa viikossa lähelle alkuperäistä. Tutkimuksessa ei havaittu suurta korrelaatiota tuntoherkkyyden alenemalla ablaation syvyyteen. (Behrens – Camacho – Quinto 2008: 337.)

Pérez-Santoja ym. (1999) tutkivat sarveiskalvon tuntoherkkyyden palautumista PRK- (18 potilasta, myopia -3.12D – -7.0D) ja LASIK-leikkauksen (17 potilasta, myopia -3.25D – -6.75D) jälkeen. Sarveiskalvon tuntoherkkyyttä mitattiin sarveiskalvon keskeiseltä alueelta, sekä 4:stä eri mittauspisteestä 2 mm keskeiseltä sarveiskalvolta. Tutkimuksessa havaittiin sarveiskalvon tuntoherkkyyden alenevan leikkausalueen kohdalta ensimmäisten kuukausien aikana LASIK-leikkauksen jälkeen. Sarveiskalvon tuntoherkkyys palautui 6 kuukauden kuluessa LASIK-leikkauksesta. PRK-leikkauksen jälkeen sarveiskalvon keskeisen alueen tuntoherkkyys palautui 3 kuukauden kuluessa ja tuntoherkkyys sarveiskalvon laita-alueilla palautui kuukauden kuluttua leikkauksesta. Tutkimustulosten mukaan, LASIK-leikkaus heikentää sarveiskalvon tuntoherkkyyttä enemmän, kuin PRK leikkaus, mutta 6 kuukauden kuluttua leikkauksesta eroa ei juurikaan enää ole. (Behrens – Camacho – Quinto 2008: 337.)

Matsui ym. (2001) tutkivat myös tuntoherkkyyden alentumista LASIK- (13 potilasta, myopia -4.38D – -11.00D) ja PRK-leikkausten (22 potilasta, myopia -2.0D – -7.75D) jälkeen. PRK-leikkauksen jälkeen sarveiskalvon tuntoherkkyys aleni lievästi 3 päivän kuluessa ja palautui 3 kuukauden kuluessa. Leikkaus ei aiheuttanut suurta muutosta sarveiskalvon tuntoherkkyyteen. LASIK-leikkauksen jälkeen sarveiskalvon tuntoherkkyys aleni

merkittävästi 3 päivän, viikon ja kuukauden kuluessa leikkauksesta. Sarveiskalvo palautui lievästi 3 kuukauden kuluessa leikkauksesta, mutta jäi merkittävästi alhaisemmaksi kuin ennen leikkausta. (Behrens - Camacho - Quinto 2008: 337.)

Myös Nejima ym. (2005) mukaan, LASIK-leikkaus vaurioittaa sarveiskalvon hermoja enemmän kuin PRK-leikkaus. Tutkimuksessa, sarveiskalvon tuntoherkkyys palautui noin 6 kuukauden kuluessa PRK-leikkauksesta, kun taas LASIK-leikkauksen jälkeen sarveiskalvon tuntoherkkyys ei palautunut vuoden kuluessa leikkauksesta. (Behrens - Camacho - Quinto 2008: 337.)

Kuivasilmäisyys on yksi taittovirheleikkausten yleisimmistä komplikaatioista. Vaikka kuivasilmäisyys on usein ohimenevää, aiheuttaa se monelle oireita ja voi laskea tyytyväisyyttä taittovirheen korjaukseen. (Behrens – Camacho – Quinto 2008: 335.) Kuivasilmäisyydestä taittovirheleikkausten jälkeen on julkaistu monia tutkimuksia ja aihe on laajalti tutkittu.

Lee ym. (2000) tutkimuksessa vertailtiin kyynelnesteen eritystä ja kyynelnesteen laatua PRK- (21 potilasta, myopia -2.50D – -6.0D) ja LASIK-leikkausten (25 potilasta, myopia -3.25D – -9.75D) jälkeen. Tutkimuksessa havaittiin kyynelerityksen vähentyneen enemmän ja kyynelnesteen olleen epävakaampi 3 kuukautta LASIK-leikkauksen jälkeen, kuin PRK-leikkauksen jälkeen. Ero kahden leikkausmenetelmän välillä tasoittui 6 kuukauden kuluessa leikkauksesta, mutta LASIK-leikkauksen läpikäyneiden potilaiden kyyneleritys ja kyynelnesteen laatu eivät koskaan palautuneet samalle tasolle, kuin ennen leikkausta. (Behrens – Camacho – Quinto 2008: 336.)

Nejima ym (2005), tutkivat sarveiskalvon suojamekanismia, kyynelnesteen eritystä ja kyynelnesteen laatua PRK- (15 potilasta) ja LASIK-leikkauksen (59 potilasta) jälkeen. Molemmat leikkausmenetelmät heikensivät sarveiskalvon suojamekanismia, vähensivät kyynelnesteen eritystä ja heikensivät kyynelnesteen laatua. Myös heidän tutkimuksessa, LASIK-leikkauksen jälkeen palautuminen kesti pidempään, kuin PRK-leikkauksen jälkeen. (Behrens – Camacho – Quinto 2008: 336.)

Konomi ym. (2008) mukaan kyynelnesteen määrällä ennen leikkaustoimenpidettä, on merkitystä sarveiskalvon parantumiseen LASIK-leikkauksen jälkeen. Riittävä kyynelnesteen määrä vähentää riskiä kroonisen kuivasilmäisyyden kehittymiseen. Tutkimuksessa potilaat jaettiin kahteen eri ryhmään: kuivasilmäiseen ja ei-kuivasilmäiseen ryhmään.

Kuivasilmäisyys leikkauksen jälkeen helpottui 3–9 kuukauden sisällä leikkauksesta. Kroonisen kuivasilmäisyyden omaavilla, kyynelnesteen määrä oli ollut merkittävästi alhaisempi ennen leikkausta, kuin ei-kuivasilmäisillä leikkauksen jälkeen. Tutkimuksessa havaittiin, että arvioimalla kuivasilmäisyyttä, kyynelnestettä ja kyynelnesteen laatua ennen leikkaustoimenpidettä, voidaan ennustaa kuivasilmäisyyden kehittymistä leikkauksen jälkeen. (Behrens – Camacho – Quinto 2008: 336–337.)

Toda ym. (2002) tutkimuksessa potilaat jaettiin myös vastaavasti kuivasilmäiseen ja ei-kuivasilmäiseen ryhmään. Tutkimuksessa mitattiin näöntarkkuutta korjattuna ja arvioitiin kuivasilmäisyyttä ja kyynelnesteen laatua LASIK-leikkauksen jälkeen. Näöntarkkuuden alentumisella ja komplikaatioiden esiintyvyydellä ei ollut eroa kahden ryhmän välillä. Kuivan silmän oireet lisääntyivät ja kyynelnesteen laatu heikkeni enemmän ryhmässä, jossa esiintyi kuivasilmäisyyttä ennen leikkausta, vuoden kuluessa leikkauksesta. Kuivan silmän oireet ja kyynelnesteen laatu palautuivat kuitenkin ennalleen molemmissa ryhmissä. Tutkimustuloksista voidaan päätellä, LASIK-leikkauksen olevan turvallinen myös kuivasilmäisille potilaille. (Behrens – Camacho – Quinto 2008: 338.)

Albietz ym. (2004) tutkivat kroonisen kuivasilmäisyyden vaikutusta myopian regressioon LASIK-leikkauksen jälkeen. Tutkimustulosten mukaan regressiota esiintyi kuivasilmäisillä potilailla (45 potilasta) 27 % ja ei-kuivasilmäisillä potilailla (520 potilasta) vain 7 %. Kuivasilmäisten leikkausten lopputulokset olivat merkittävästi huonommat, kuin ei-kuivasilmäisten. Tutkimustuloksista voidaan päätellä korjattavan myopian määrän, ablaation syvyyden, sekä kuivasilmäisyyden vaikuttavan myopian regressioon taittovirheleikkauksen jälkeen. (Behrens – Camacho – Quinto 2008: 338–339.)

Kuivasilmäisille potilaille refraktiivinen kirurgia ei välttämättä ole paras näönkorjaus muoto, sillä heillä on suurempi riski leikkauksen jälkeisiin komplikaatioihin kuten vaikeaan kuivasilmäisyyteen, vaihtelevaan näöntarkkuuteen, heikentyneeseen haavojen parantumiseen, sekä sarveiskalvon suuremmalle tulehdusalttiudelle (Behrens – Camacho – Quinto 2008: 338).

7.4 Asiakastytyväisyys leikkaustulokseen

Asiakkaan kokemaa näkemisen laatua ja subjektiivista kokemusta näönkorjausmenetelmistä määritetään useimmiten kyselytutkimuksilla. Kysely tulisi suorittaa ennen näönkor-

jausta, olkoon se toteutettu silmälasilla, piilolinssillä, taikka taittovirhekirurgialla ja kysely tulisi suorittaa uudelleen valitun näönkorjauksen jälkeen. Subjektivisesta näkemisestä tehtävä kyselytutkimus antaa tietoa asiakkaasta ja hänen odotuksistaan, joka vaikuttaa näönkorjausmenetelmän valintaan, varsinkin eri leikkaustyyppiä valittaessa. (McAlinden – Moore – Pesudovs 2010.)

Näkeminen on yksi ihmisen tärkeimmistä aisteista, jolla ympäröivästä maailmasta kerätään tietoa. Jafarzadehpourin, Kamalin, Mobarakin ja Shamsin (2015) tekemän tutkimuksen mukaan korjaamaton taittovirhe laskee elämänlaatua ja vaikeuttaa jokapäiväisiä toimia. Kuluneen vuosikymmenen aikana taittovirhekirurgia taittovirheen korjausmenetelmänä on yleistynyt ja on yksi vaihtoehto näönkorjausmenetelmäksi silmälasien ja piilolinssien ohella. (Jafarzadehpour – Kamali – Mobaraki – Shams 2015.)

Taittovirhekirurgian lopputuloksia mitataan useimmiten leikkauksen jälkeisellä vapaalla visuksella ja jäljelle jääneellä taittovirheen määrällä. Nämä tulokset eivät kuitenkaan ota huomioon asiakkaan kokemusta saavutetusta hyödystä ja subjektiivista kokemusta leikkauksesta ja sen onnistumisesta. Asiakkaan elämänlaatua mittaavat kyselyt ovat yleistyneet vasta viime vuosikymmenien aikana taittovirheleikkauksien yhteydessä. (Jafarzadehpour ym. 2015.)

Kyselytutkimuksen tulosten mukaan taittovirheleikkauksen valinneiden myopian taittovirheen omaavien asiakkaiden tyytyväisyys näönkorjaukseensa on korkeampi, kuin silmälasien tai piilolinssien käyttäjillä. Tutkimuksessa oli mukana 240 myopian omaavaa tutkittavaa. 154 henkilöä oli silmälasien ja piilolinssien käyttäjiä, 32 taittovirheleikkauksen läpikäyneitä ja 54 oli emmetrooppisen taittovirheen omaavia. Tutkimustuloksissa nostettiin esiin naisten suurempi osuus taittovirheleikkauksen läpikäyneiden joukossa. 63.4 % tutkimukseen osallistuneista naisista käytti silmälasia tai piilolinssiä ja 17.9 % naisista oli leikkauttanut taittovirheensä. Miehistä 69.4 % käytti silmälasia tai piilolinssiä ja 9.4 % oli valinnut taittovirhekirurgian. Yhdeksi syyksi naisten suuremmasta määrästä leikatujen joukossa epäiltiin korjausmenetelmän tarjoamia kosmeettisia hyötyjä. (Jafarzadehpour ym. 2015.)

Taittovirheen vaikutuksesta ihmisten hyvinvointiin ja koettuun elämänlaatuun on tutkittu Goggin, Kandelin, Khadkan ja Pesudovs tekemässä tutkimuksessa (2016). Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, kuinka taittovirhe vaikuttaa elämään ja koettuun elämänlaatuun.

tuun, kun taittovirhe on korjattu. Taittovirheen korjausmenetelminä tutkimuksessa oli silmälasit, piilolinssit ja taittovirhekirurgia. Tutkimuksen mukaan tutkittavien suurin huolenaihe taittovirhettä koskien oli silmälasien aiheuttamat kosmeettiset haitat, muuttuva refraktio, piilolinssien aiheuttamat ongelmat ja taittovirheleikkauksen jälkeiset komplikaatiot. Kaikki tutkimukseen osallistuneet kertoivat taittovirheen rajoittaneen tai hankaloittaneen päivittäistä elämää. Tutkimuksessa havaittiin, että taittovirhe vaikuttaa negatiivisesti tutkittavien elämänlaatuun. Ongelmia koettiin niin lukemisen, autolla ajamisen, urheilemisen ja vapaa-ajan toimien aikana. Eniten haittavaikutusta taittovirheestä kokivat silmälasien ja piilolinssien käyttäjät. Kaikki taittovirheleikkauksessa käyneet tutkittavat kokivat elämänlaatunsa parantuneen. Taittovirheleikkauksen läpikäyneet henkilöt kokivat eniten iloa silmälasista eroon pääsemisestä. (Goggin – Kandel – Khadka – Pesudovs 2016.)

Taittovirhe aiheuttaa myös taloudellista haittaa tutkimuksen mukaan. Tutkimukseen osallistuneet pitivät taittovirheleikkausta kalliina toimenpiteenä, mutta osan tutkittavien mukaan pidemmän päälle uusien silmälasien ja piilolinssien hankkiminen tulee kalliimmaksi kuin taittovirheleikkaus. (Goggin ym. 2016.)

Ayresin ym. (2008) tekemässä tutkimuksessa kartoitettiin leikkaustulokseen tyytymättömien asiakkaiden yleisimmät syyt tyytymättömyyteen LASIK-leikkauksen jälkeen. Tutkimukseen osallistui 109 tutkittavaa. Yleisimmät ongelmat olivat sumea kaukonäkö (63 %), kuivasilmäisyys (19 %), silmien punoitus ja kipu (7 %) ja häikäistyminen tai haloilmiöt (5 %). 44 tutkittavalla oli leikkauksen jälkeisiä komplikaatioita. Komplikaatioiden yleisimmät diagnoosit olivat kuivasilmäisyys tai blepharitis (27.8 %), epäsäännöllinen astigmatia (12.1 %) ja epiteelin sisäänkasvu (9.1 %). Kaikki tutkittavat tutkittiin vuoden sisällä leikkauksesta. (Ayres ym. 2008.)

2015 tehdyssä tutkimuksessa Alakhlee, Alawad, Bamashmus ja Hubaish arvioivat LASIK-leikkausmenetelmän potilaiden tyytyväisyyttä näkemiseensä leikkauksen jälkeen. Tutkimuksessa tehtiin kliinisiä tutkimuksia tyytyväisyyttä määrittäviä kyselyjen lisäksi. 98.5 % tutkittavista koki että leikkauksen päätavoitteet oli saavutettu ja heidän elämänlaatunsa oli korkeampi kuin ennen leikkausta. 1.5 % tutkittavista ilmoitti käyttävänsä silmälasia tai piilolinssiä kaukonäön korjaamiseen leikkauksen jälkeen. Lähinäön korjausta käytti 3 % tutkituista. Häikäistymiseen, hämärässä näkemiseen ja yöllä autoa ajamiseen liittyvissä kysymyksissä havaittiin enemmän tyytymättömyyttä tutkittavien keskuudessa. Hämäränäön osalta 3.5 % tutkittavista koki näön heikentyneen leikkauksen

jälkeen. Häikäistyminen oli 34 % mielestä pahempaa kuin ennen leikkausta, ja yöllä hämärässä ajamiseen liittyviä vaikeuksia koki 6.2 %. Suurimmat syyt valita taittovirheleikkaus näönkorjausmenetelmäksi olivat halu vähentää silmälasien käytön tarvetta, parantaa vapaata visusta, työtehtävien asettamat vaatimukset näön suhteen ja koetut piilolinsien käytön hankaluudet. (Alakhlee – Alawad – Bamashmus – Hubaish 2015.)

Vuonna 2011 toteutetussa tutkimuksessa tutkittiin kuinka LASIK-leikkaus vaikuttaa asiakkaiden kokemaan elämänlaatuun, näkemisen ja silmiin liittyviin ongelmiin, sekä psykologisiin ominaisuuksiin. Tutkimuksessa oli 104 potilasta, joilta oli korjattu myopia tai myooppinen astigmatia LASIK-menetelmällä. Leikkauksen jälkeen tutkittavat kokivat hyvinvointinsa ja elämänlaatunsa parantuneen verrattuna aikaisempaan. Mitä parempi korkeakontrastinen ja kontrastinäön visus oli leikkauksen jälkeen, sitä tyytyväisempi asiakas oli leikkaustulokseen oman kokemuksensa mukaan. (Erickson – Erickson – Lazon de la Jara – Stapleton 2011.)

2015 julkaistussa tutkimuksessa Marcus Ang ym. vertasivat SMILE- ja LASIK-leikkausten näönlaadullisia tuloksia toisiinsa. Tutkimuksessa 172 silmän taittovirhe oli leikattu SMILE-menetelmällä ja 688 silmän taittovirhe LASIK-menetelmällä. Tutkimuksessa verrattiin kahta eri leikkaustekniikkaa niin tehokkuuden, ennakoitavuuden ja turvallisuuden kannalta laadun lisäksi. Tekniikoiden välillä ei ollut suurta eroa asiakkaiden tyytyväisyydessä leikkauskokemuksen suhteen. Tutkimuksessa huomattiin kuitenkin LASIK-leikkauksen tuottavan enemmän pelon tunteita potilaalle ennen leikkausta, verrattuna SMILE-leikkaukseen. Leikkauksen jälkeen koettua näön sumuisuutta ja näöntarkkuuden vaihtelua esiintyi enemmän SMILE-leikkauksen läpikäyneillä potilailla ensimmäisen kuukauden aikana. Erot kuitenkin tasoittuivat kolmen kuukauden jälkikontrollikäyntiin mennessä. (Ang ym. 2015.)

8 Pohdinta

Opinnäytetyöhön valitut tutkimukset osoittavat että myopia on maailmanlaajuisesti nopeasti yleistyvä ilmiö, jonka vuoksi opinnäytetyön aihe on ajankohtainen. Taittovirheet laskevat tutkitusti koettua elämänlaatua ja vaikeuttavat jokapäiväistä toimintaa. Taittovirhekirurgia tarjoaa tehokkaan ja pitkäaikaisen korjauksen myopiaan ja astigmatiaan ja parhaimmillaan asiakas vapautuu silmälasien tai piilolinssien käytöstä kokonaan. Nykypäivänä asiakkaiden vaatimukset omaa näönkorjausmenetelmää kohtaan ovat nousseet. Taittovirheleikkauksen saatavuus ja yleistyminen ovat mahdollistaneet yhä useamman asiakkaan harkitsevan taittovirheleikkausta.

Näön laatua arvioidessa tulee huomioida myös asiakkaan subjektiivinen kokemus omasta näkemisestään. Asiakkaan lähtötilanne ja odotukset vaikuttavat suuresti koettuun leikkauksen onnistumiseen ja asiakastyytyväisyyteen. Asiakkaan kokemukseen vaikuttavat myös syyt valita taittovirhekirurgia. Yleisimpänä syynä on halu vapautua silmälasien käytöstä.

Leikkausmenetelmien kehittyessä ja tutkimustiedon lisääntyessä leikkaukset ovat osoitettu olevan tehokas ja turvallinen keino myopian ja astigmatian korjaamiseen. Leikkauksissa on kuitenkin aina riskinsä. Mahdolliset leikkauskomplikaatiot tulee muistaa ja asiakkaan odotukset leikkauksen lopputuloksesta tulee olla realistiset. Tarkasti tehdyillä esitutkimuksilla ja huolellisesti suoritettulla asiakasvalinnalla vältetään suurimmilta komplikaatioilta ja asiakkaan tyytymättömyydeltä leikkaustulokseen.

Tutkimustulosten mukaan LASIK on yleisimmin käytetty leikkausmenetelmä maailmanlaajuisesti. Tutkimusten mukaan, tuloksissa eri leikkausmenetelmien välillä ei ole kuitenkaan suurta eroavaisuutta. Eri leikkausmenetelmät ovat tehokkaita, turvallisia ja hyvin ennakoitavissa, sekä leikkauksen aikaiset ja jälkeiset komplikaatiot ovat vähäiset. Yleisimmät komplikaatiot ovat taittovirheen yli- ja alikorjaus, korkeamman tason aberraatioiden ja hämäränäön ongelmien lisääntyminen, sekä kuivasilmäisyys. Markkinoiden uusimmasta leikkausmenetelmästä, ReLEx SMILE-leikkauksesta ei löydy yhtä kattavaa tutkimustilastoa, kuin vanhemmista leikkausmenetelmistä.

Opinnäytetyö käsittelee laajasti taittovirhekirurgian vaikutusta näön laatuun. Työn toteutustavaksi valittiin kuvaileva kirjallisuuskatsaus, jotta työstä muodostuisi tiivis ja ajankoh-

tainen katsaus taittovirhekirurgiaan. Kuvailevalla kirjallisuuskatsauksella pystytään hyödyntämään paljon tietoa eri näkökulmia hyödyntäen. Työn haasteeksi muodostuikin saatavilla olevan tiedon rajaaminen ja tiiviin, mutta selkeän tekstin tuottaminen. Taittovirheleikkauksista ja niiden tehokkuudesta, tuloksista ja turvallisuudesta on tarjolla paljon tutkimuksia. Kirjallisuuskatsauksen aiheen rajaus täytyi tästä syystä tehdä tiukaksi, jotta työ ei muodostuisi liian laajaksi. Tiukkojen rajauskriteerien johdosta työn ulkopuolelle jäi paljon optikon työssä huomioitavia näköön vaikuttavia laadullisia tekijöitä.

8.1 Kirjallisuuskatsauksen reliabiliteetti

Työ toteutettiin kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus ei ole yhtä tarkasti määritelty kuin systemaattinen kirjallisuuskatsaus, jonka vuoksi työssä pystyttiin hyödyntämään paljon tutkimuksia erilaisilla painotuksilla. Opinnäytetyön suunnittelussa laadittiin työsuunnitelma, jossa määritettiin työn tutkimuskysymys ja käytettävät hakusanat, sekä hakukriteerit. Tutkimustuloksia tarkasteltiin objektiivisesti. Opinnäytetyöhön valitut tutkimukset ovat puolueettomia, yleispäteviä ja asenteista riippumattomia, eikä omat henkilökohtaiset kokemukset tai asenteet vaikuttaneet tutkimusten valintaan.

Taittovirhekirurgian epäonnistuneista leikkaustuloksista ei ole julkista tietoa saatavilla, jonka vuoksi opinnäytetyössä käytetyt tutkimukset käsittelevät pääosin onnistuneiden leikkauksien osuutta. Onnistuneen leikkauksen kriteerit ovat tutkimuksissa vaihtelevia, joka puolestaan vaikeutti tulosten vertailua. Kaikissa tutkimuksissa todettiin kuitenkin, ettei eri leikkausmenetelmien tuloksissa ole tilastollisesti merkittäviä eroavaisuuksia. Leikkauksien komplikaatioista ja asiakkaan kokemasta tyytymättömyydestä on myös rajallinen määrä tutkimuksia. Asiakkaan kokemukseen leikkauksesta vaikuttaa moni asia ja asiakkaan subjektiivisesti kokemaa hyötyä on hankala arvioida ja tilastollisesti mitata.

Taittovirhekirurgian onnistumista ja leikkauskomplikaatioita mittaavat tutkimukset ovat pääosin lyhyeltä aikaväliltä ennen leikkausta ja leikkauksen jälkeen. Jälkikontrolleja ei ole tapana järjestää enää ensimmäisen vuoden jälkeen taittovirheleikkauksesta. Tutkimuksissa ei huomioida mahdollista myopian regressioitumista ja sarveiskalvon paranemista pidemmällä aikavälillä. Sarveiskalvon paraneminen on aina yksilöllinen prosessi, ja elävän kudoksen paranemisprosessia ei voida varmasti ennakoita koskaan täysin.

8.2 Jatkotutkimusaiheet

Aiheen laajuuden takia jouduimme rajaamaan paljon optikon työssä huomioitavia näkemiseen vaikuttavia laadullisia tekijöitä katsauksen ulkopuolelle. Hyperopian korjaamisen taittovirhekirurgialla rajasimme pois kokonaan, sillä aiheesta ei löydy yhtä kattavaa tutkimustilastoa, kuin myopian ja myooppisen astigmatian korjaamiseen. Jatkotutkimusaiheeksi ehdotamme tutkimusta hyperopian korjauksesta taittovirheleikkauksella.

Toinen mahdollinen jatkotutkimusaihe on binokulariteetin huomioiminen taittovirhekirurgiassa. Optisen alan ammattilaisille on hyödyllistä tietää miten erinäisiä akkommodaatiohäiriöitä ja karsastuksia huomioidaan taittovirhekirurgiassa ja mitä binokulaarisia ongelmia taittovirhekirurgia yleisimmin aiheuttaa.

Nuorella iällä tehty taittovirheleikkaus voi vaikeuttaa myöhemmällä iällä tehtävää linssileikkausta. Jatkotutkimusaiheena voisi tutkia, miten aikaisemmin tehty sarveiskalvon taittovirheen korjaus vaikuttaa linssileikkauksen suunnitteluun ja onnistumiseen.

Lähteet

Alakhlee, Hisham – Alawad, Mohammed – Bamashmus, Mahfouth A. – Hubaish, Khammash 2015. Functional Outcome and Patient Satisfaction after in situ Keratomileusis for Correction of Myopia and Myopic Astigmatism. *Middle East African Journal of Ophthalmology*. 22 (1). 108–114. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25624684>>. Luettu 2.9.2017.

Alió, Jorge – Bao, Fangjun – Flitcroft, Ian – Gao, Rongrong – Huang, Yingying – Huang, Jinhai – Lian, Hengli – Marshall, John – Hu, Liang – Mcalinden, Colm – Song, Benhao – Tu, Ruixue – Wang, Qinmei – Wen, Daizong – Yu, Fangjun – Yu, Ayong – Yu, Ye – Zhao, Yune – Zhu, Senmiao 2017. Postoperative Efficacy, Predictability, Safety, and Visual Quality of Laser Corneal Refractive Surgery: A Network Meta-analysis. *American Journal of Ophthalmology* 178 (6). 65–78. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002939417301198>>. Luettu 15.8.2017.

American Academy of Ophthalmology 2017. Phototherapeutic Keratectomy. Verkko-dokumentti. <<https://www.aao.org/munnerlyn-laser-surgery-center/phototherapeutic-keratectomy-3>>. Luettu 25.9.2017.

Ang, Marcus – Ho, Henrietta – Fenwick, Eva – Lamoureux, Ecosse – Htoon, Hla – Koh, Jane – Tan, Donald – Mehta, Jodhbir 2015. Vision-related quality of life and visual outcomes after small-incision lenticule extraction and laser in situ keratomileusis. *Journal Cataract & Refractive Surgery*. 41. 2136–2144. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Vision-related+quality+of+life+and+visual+outcomes+after+small-incision+lenticule+extraction+and+laser+in+situ+keratomileusis>>. Luettu 4.9.2017.

Aristeidou, Antonis – McAlinden, Colm – Muller, Rodrigo – Paschalis, Eleftherios I. – Pineda, Roberto – Taniguchi, Elise V. – Tsatsos, Michael 2015. The evolution of corneal and refractive surgery with the femtosecond laser. Verkko-dokumentti. <<https://eandv.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40662-015-0022-6>>. Luettu 2.10.2017.

Asp, Sven 2012. Refractive Laser Lenticular Extraction: A New Paradigm. *Cataract & Refractive Surgery Today Europe* 38 (10). 98–100. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <http://crstoday.com/wp-content/themes/crst/assets/downloads/crst1012__F_Asp_Doane.pdf>. Luettu 25.5.2017.

Ayres, Brandon – Cohen, Elizabeth J. – Hammersmith, Kristin M. – Laibson, Peter R. – Levinson, Brett A. – Rapuano, Christopher J. 2008. *Journal Cataract & Refractive Surgery*. 34. 32-39. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.sciencedirect.com/science/http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088633500701752X?via%3Dihub>>. Luettu 30.8.2017.

Azar, Dimitri – Melki, Samir 2001. LASIK Complications: Etiology, Management and Prevention. *Survey of Ophthalmology* 46 (2). 95–116. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11578645>>. Luettu 22.5.2017.

Azar, Dimitri – Rosenblatt, Mark – Sakimoto, Tohru 2006. Laser eye surgery for refractive errors. *Lancet*. 367. 1432–1447. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16650653>>. Luettu 20.5.2017.

Bakir, May – Jain, Sandeep – Shaheen, Brittany Simmons 2014. Corneal Nerves in Health and Disease. *Survey of Ophthalmology* 59 (3). 263–285. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4004679/>>. Luettu 12.5.2017.

Bauerman, Roger W. – Klyce, Stephen D. – Kaufman, Herbert E. 1997. Functional Anatomy of the Cornea. Teoksessa Hamano, Hikaru – Kaufman, Herbert E. (toim.): *Corneal Physiology and Disposable Contact Lenses*. 3. painos. USA: Butterworth–Heinemann. 10–29.

Behrens, Ashley – Camacho, Walter – Quinto, Guilherme G. 2008. Postrefractive surgery dry eye. *Current Opinion in Ophthalmology* 19 (4). 335–340. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18545018>>. Luettu 20.8.2017.

Bharadwaj, Shrikant R. – Sarkar, Samrat – Vaddavalli, Pravin Krishna 2016. Image Quality Analysis of Eyes Undergoing LASER Refractive Surgery. *PLoS One* 11 (2). Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26859302>>. Luettu 28.8.2017.

Bissen-Miyajima, Hiroko – Hayashi, Ken – Igarashi, Akihito – Kamiya, Kazutaka – Negishi, Kazuno – Sato, Masaki 2016. A Multicenter Prospective Cohort Study on Refractive Surgery in 15 011 Eyes. *American Journal of Ophthalmology* 175 (3). 159–168. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002939416306067>>. Luettu 28.9.2017.

Cao, Guiqun – Deng, Jie – Deng, Yingping – Huang, Yongzhi – Ma, Ke – Yan, Naihong 2014. Effects of nerve growth factor on nerve regeneration after corneal nerve damage. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine* 7(11). 4584–4589. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4276247/>>. Luettu 3.9.2017.

Chen, Wiaoqin – Li, Xiaojing – Wang, Yan – Zhang, Jiamei – Zhang, Lin 2017. Comparison of ocular higher-order aberrations after SMILE and Wavefront-guided Femtosecond LASIK for myopia. *BMC Ophthalmology* 17 (42). Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5384151/>>. Luettu 29.8.2017.

Coe, Charles D. – Himebaugh, Nikole L. – Thibos, Larry N. 2006. Wavefront Refraction. Teoksessa Benjamin, William J. (toim.): *Borish's Clinical Refraction*. 2. painos. Butterworth Heinemann Elsevier. Missouri. 765–789.

Contact Lens Spectrum 2010. Tear Film Proteins: Examining Production, Role and Interaction With Contact Lenses. *Contact Lens Spectrum*. Verkkodokumentti. <[http://www.clspectrum.com/supplements/2010/april-2010/special-edition-2010/font-color-000000-special-edition-2010-font-\(12\)](http://www.clspectrum.com/supplements/2010/april-2010/special-edition-2010/font-color-000000-special-edition-2010-font-(12))>. Luettu 13.5.2017.

Cox, Ian – Guirao, Antonio – Hofer, Heidi – Li, Chen – MacRae, Scott M. – Porter, Jason – Yoon, Geunyoung – Williams, David R. 2001. How far can we extend the limits of human vision? Teoksessa MacRae, S. – Krueger, R – Applegate, R. (toim.): *Customized Corneal Ablation*. Thorofare: Slack Incorporated. 20–38.

Delmonte, Derek W. – Terry, Kim 2011. Anatomy and physiology of the cornea. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 37. 588–598. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21333881>>. Luettu 25.5.2017.

Dick, Andrew D. – Forrester, John V. – McMenamin, Paul G. – Roberts, Fiona 2008. *The eye: Basic science in practise*. 3. painos. Elsevier Saunders.

Dick, Andrew D. – Forrester, John V. – McMenamin, Paul G. – Pearlman, Eric – Roberts, Fiona 2016. *The Eye. Basic Sciences in Practice*. 4. painos. Elsevier.

Doble, Nathan – Vera-Díaz 2012. *The Human Eye and Adaptive Optics*. Teoksessa Tyson, Bob (toim.): *Topics in Adaptive Optics*. InTech. Saatavilla myös sähköisesti: <<https://www.intechopen.com/books/topics-in-adaptive-optics/the-need-for-adaptive-optics-in-the-human-eye>>. Luettu 23.10.2017.

Donnenfeld, Eric D. – Lindstrom Richard L. – Kohnen, Thomas – Potvin, Richard – Sandoval, Helga P. – Solomon, Kerry D. – Tremblay, David M. 2016. Modern laser in situ keratomileusis outcomes. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 42. 1224–1234. Saatavissa myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886335016302346>>. Luettu 7.9.2017.

Elliott, David B. 1998. Contrast Sensitivity and Glare Testing. Teoksessa Benjamin, William J. (toim.): *Borish's Clinical Refraction*. Philadelphia, Pennsylvania: W.B. Saunders Company. 203–241.

Elo, Juha – Mäkinen, Petri – Pajari, Seppo – Pietilä, Juhani – Uusitalo, Hannu 1999. LASIK-menetelmä silmän taittovirheiden hoidossa. *Lääketieteellinen aikakausikirja Duodecim* 115. 2455–2462. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.duo-decimlehti.fi/lehti///duo91151>>. Luettu 25.5.2017.

Erickson, D. – Erickson, P. – Lazon de la Jara, P. – Stapleton, F. 2011. Visual and non-visual factors associated with patient satisfaction and quality of life in LASIK. *Eye the Scientific Journal of The Royal College of Ophthalmologists*. 25 (9). 1194–1201. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21720417>>. Luettu 6.9.2017.

EyeRounds.com. University of Iowa Health Care. Epithelial ingrowth after LASIK. Verkodokumentti. <<http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/epithelial-ingrowth/index.htm>>. Luettu 23.10.2017.

Fricke, Timothy R. – Holden, Brian A. – Jong, Monica – Naduvilath, Thomas J. – Naidoo, Kovin S. – Sankaridurg, Padmaja – Resnikoff, Serge – Wilson, David A. – Wong, Tien Y. 2016. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 123 (5). 1036–1042. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161642016000257>>. Luettu 24.10.2017.

Friedman, Neil J. – Kaiser, Peter K. 2009. *The Massachusetts Eye and Ear Infirmary: Illustrated Manual of Ophthalmology*. 3. painos. Elsevier Saunders.

Goggin, Michael – Kandel, Himal – Khadka, Jyoti – Pesudovs, Konrad 2017. Impact of refractive error on quality of life: a qualitative study. *Clinical and Experimental Ophthalmology*. Verkodokumentti. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28370795>>. Luettu 7.9.2017.

- González-Méijome, José Manuel - Gutiérrez, Ramón - Jiménez, José Ramón - Vila, César. Night vision disturbances after successful LASIK surgery 2007. *The British Journal of Ophthalmology* 91 (8). 1031–1037. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1954826/>>. Luettu 4.9.2017.
- Grosvenor, Theodore 2007. *Primary Care Optometry*. 5. painos. Fifth Edition. St. Louis, Missouri: Butterworth-Heinemann.
- Hanratty, Michelle 2005. *LASIK A Handbook for Optometrists*. Elsevier Butterworth Heinemann.
- Hanneken, Ludger – Murueta-Goyena Larranaga, Ane – Tomás-Juan, Javier 2014. Corneal Regeneration after Photorefractive Keratectomy: A Review. National Center for Biotechnology Information. Verkkodokumentti. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4502084/>>. Luettu 29.5.2017.
- Hanratty, Michelle 2015. Shared care in refractive surgery – part 1. *Optometry in Practice* 14(1). 54–59.
- Hanratty, Michelle 2015. Shared care in refractive surgery – part 2. *Optometry in Practice* (2). 52–56.
- Hanratty, Michelle 2015. Shared care in refractive surgery – part 3. *Optometry in Practice* (2). 46–50.
- Holopainen, Juha – Tervo, Timo – Vuori-Heikkilä, Elisa – Zalentein, Waldir Neira 2013. Refraktiivisen laserkirurgian tulokset ovat hyviä - komplikaatoriski kuitenkin muistettava. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim*. 129. 901–902. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://duodecimlehti.fi/lehti/2013/9/duo10949>>. Luettu 25.5.2017.
- Huhtala, Anne – Mäkinen, Petri – Pietilä, Juhani – Poussu, Anssi – Rajala, Teppo – Saarinen, Esa – Savolainen, Pekka – Uusitalo, Hannu 2016. Laserit sarveiskalvokirurgiassa. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim*. 132. 2108–2114. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.duodecimlehti.fi/lehti///duo13418>>. Luettu 25.5.2017.
- Jafarzadehpour, Ebrahim – Kamali, Mohammad – Mobaraki, Hossein – Shams, Nas-taran 2015. Comparison of quality of life between myopic patients with spectacles and contact lenses, and patients who have undergone refractive surgery. *Journal of Current Ophthalmology*. 27. 32–36. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452232515000141>>. Luettu 6.9.2017.
- Jain, Arun Kumar – Kumar, Pawan – Malhotra, Chintan – Moshirfar, Majid – Pasari, Anand 2016. Outcomes of topography-guided versus wavefront-optimized laser in situ keratomileusis for myopia in virgin eyes. *Cataract Refract Surg*. 42. 1302–1311. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27697248>>. Luettu 3.8.2017.
- Konan Medical. *The Cornea*. Verkkodokumentti. <<https://konanmedical.com/cell-chek/specular-fundamentals/>>. Luettu 15.5.2017.
- Käypä hoito -suositus 2002. Taittovirheiden kirurginen hoito. Suomen Silmälääkäriyhdistys ry. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim*. 118. 538–547. Saatavilla myös

- sähköisesti osoitteessa: <<http://www.terveyskirjasto.fi/xmedia/duo/duo92834.pdf>>. Luettu 29.5.2017.
- Lawrenson, John G. 2010. The anterior eye. Teoksessa Efron, Nathan (toim.): Contact Lens Practice. 2. painos. Butterworth–Heinemann Elsevier. 10–27.
- Lee, Tarah N. 2016. The Ins and Outs of Corneal Wound Healing. Review of Optometry. Verkkodokumentti. <<https://www.reviewofoptometry.com/article/the-ins-and-outs-of-corneal-wound-healing>>. Luettu 30.8.2017.
- Manche, Edward E. Stanford Eye Laser Center. Guide to Co-Managed Care. Verkkodokumentti. <<http://eyelaser.stanford.edu/files/ComanagementManual.pdf>>. Luettu 24.9.2017.
- Maskin, Steven L. – Thomas, Pamela 2007. Reversing Dry Eye Syndrome. Practical Ways to Improve Your Comfort, Vision, and Appearance. New Haven, London: Yale University Press.
- McAlinden, Colm – Moore, Jonathan E. – Pesudovs, Konrad 2010. The Development of an Instrument to Measure Quality of Vision: The Quality of Vision (QoV) Questionnaire. Investigative Ophthalmology & Visual Science. 51(11). 5537–5545. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20505205>>. Luettu 10.9.2017.
- McRae, Scott M. – Williams, David R. 2001. Wavefront guided ablation. American Journal of Ophthalmology. 132 (6). 915–919. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11730658>>. Luettu 15.8.2017.
- Milivojević, Milorad – Resan, Mirko – Vukosavljević, Miroslav 2012. Wavefront aberrations. Teoksessa Shimon Rumelt (toim.): Advances in Ophthalmology. InTech. Saatavissa myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.intechopen.com/books/advances-in-ophthalmology/wavefront-aberrations>>. Luettu 23.10.2017.
- Nema, Hv – Nema, Nitin 2012: Textbook of Ophthalmology. 6. painos. Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.
- Murphy, John 2013. More Details on Dua's Layer of the Cornea. Review of Optometry. Verkkodokumentti. <<https://www.reviewofoptometry.com/article/more-details-on-dua-and-8217s-layer-of-the-cornea-41849>>. Luettu 19.4.2017.
- Rapuano, Christopher n.d. Artikkelissa Bethke, Walter (toim.): How to Eliminate Epithelial Ingrowth. Verkkodokumentti. <<https://www.reviewofophthalmology.com/article/how-to-eliminate-epithelial-ingrowth>>. Luettu 15.10.2017.
- Salminen, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Verkkodokumentti. <http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf>. Luettu 1.10.2017.
- Sandberg-Lall, Mari n.d. Taittoviati. Suomen silmälääkäriyhdistys ry. Verkkodokumentti. <http://www.silmalaakariyhdistys.fi/fin/silmataudit_ja_nakeminen/taittoviati/>. Luettu 2.8.2017.

Shah, Rupal 2015. Complications after SMILE and Its Management Including Re-treatment Techniques. Teoksessa Sekundo, Walter (toim.): Small Incision Lenticule Extraction (SMILE). Principles, Techniques, Complication Management, and Future Concepts. Springer International Publishing AG Switzerland.

Shah, Rupal – Shah, Samir – Vogelsang, Hartmut 2011. All-in-One Femtosecond Laser Refractive Surgery. Techniques in Ophthalmology 9 (4). 114-121.

SMILE/LASIK Post op Instructions 2016. Dougherty Laser Vision. Verkkodokumentti. <<https://www.doughertylaservision.com/wp-content/uploads/2013/09/SMILE-Post-op-Instructions-2.pdf>>. Luettu 24.9.2017.

Tervo, Timo – Tuunanen, Tiina – Vannas, Antti – Vesaluoma, Minna 1998. Sarveiskalvokirurgian nykymenetelmät taittovirheiden korjauksessa. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. 113. 1098-1107. Saatavilla sähköisesti myös osoitteessa: <<http://www.duodecimlehti.fi/lehti/1998/11/duo80248>>. Luettu 22.9.2017.

Tiensuu, Antti 2010. Uusi Valaistuskirja. Helsinki: Viherympäristöliitto ry.

Vessel, Madeleine 2014. High-Order Aberrations. All-About Vision. Verkkodokumentti. <<http://www.allaboutvision.com/conditions/aberrations.htm#top>>. Luettu 21.8.2017.

ZEISS ReLEx SMILE n.d. ZEISS. Verkkodokumentti. <<https://www.zeiss.com/meditec/int/products/ophthalmology-optometry/cornea-refractive/laser-treatment/femtosecond-laser-solutions/relex-smile.html#treatment-steps>>. Luettu 26.9.2017.