



Femtosecond vs. mikrokeratomi

Kahdella eri läpäntekomenetelmällä saatujen tulosten vertailu
myooppisiin silmiin tehdyissä LASIK-leikkauksissa

Optometrian koulutusohjelma,
optometrismi
Opinnäytetyö
31.10.2008



Marjut Alho
Saara Humalajärvi

Koulutusohjelma		Suuntautumisvaihtoehto	
Optometria		Optometrismi	
Tekijä/Tekijät			
Alho, Marjut ja Humalajärvi, Saara			
Työn nimi			
Femtosecond vs. mikrokeratomi – Kahdella eri läpäntekomenetelmällä saatujen tulosten vertailu myooppisiin silmiin tehdyissä LASIK-leikkauksissa			
Työn laji	Aika	Sivumäärä	
Opinnäytetyö	Syksy 2008	44 + 7 liitettä	
TIIVISTELMÄ			
Opinnäytetyön tarkoitus oli vertailla taittovirhekirurgisten LASIK-leikkausten tuloksia, joiden tekemiseen oli käytetty kahta eri sarveiskalvon läpäntekomenetelmää. Nämä menetelmät olivat mekaaninen mikrokeratomi ja femtosecondlaser. Tuloksia on vertailtu leikkauksen jälkeen noin yhden kuukauden ja kuuden kuukauden jälkitarkastuksissa saatuja refraktioarvoja, sfäärisiä ekvivalentteja sekä näöntarkkuusarvoja ilman silmälasikorjausta ja silmälasikorjauksen kanssa. Opinnäytetyö oli laadultaan kvantitatiivinen. Tutkimusaineisto on kerätty Eiran sairaalan potilasasiakirjoista ja syötetty DatagraphMed-ohjelmaan. Aineisto on käsitelty SPSS-tilastointiohjelmalla. Tutkimusjoukko koostui sadasta henkilöstä eli 200:sta Eiran sairaalassa leikatusta myooppisesta silmästä. Silmistä sata oli leikattu mikrokeratomi-läpäntekomenetelmällä ja sata femtosecondlaserilla. Kaikki leikkaukset suoritti silmäkirurgi Harri Koskela touko-syyskuussa 2007. Opinnäytetyön perusteella mikrokeratomi- ja femtosecondläpäntekomenetelmillä saavutetut näöntarkkuus- ja voimakkuusarvot eivät eroa tilastollisesti merkittävästi. Molemmilla leikkausmenetelmillä tapahtui regressiota, sillä refraktiotulos oli myooppisempi toisessa jälkitarkastuksessa. Molemmilla läpäntekomenetelmillä näöntarkkuudet paranivat toisessa jälkitarkastuksessa ensimmäiseen jälkitarkastukseen verrattuna. Mikrokeratomilla ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen välillä tapahtuva muutos ei ollut tilastollisesti merkittävä, kun taas femtosecondilla oli melkein merkittävä. Femtosecondilla kuitenkin saavutettiin ilman silmälasikorjausta paremmat näöntarkkuusarvot kuin mikrokeratomilla ensimmäisessä sekä toisessa jälkitarkastuksessa. Tutkimustulosten perusteella ei voida esittää kummalla läpäntekomenetelmällä saavutettaisiin paremmat tulokset näöntarkkuudessa tai refraktioarvoissa. Menetelmissä saattaa olla kuitenkin eroa turvallisuudessa ja miellyttävyydessä, joiden perusteella menetelmistä voisi löytyä eroavaisuuksia.			
Avainsanat			
Femtosecond, mikrokeratomi, taittovirhekirurgia, läpäntekomenetelmä			

Degree Programme in		Degree
Optometry		Bachelor of Health Care
Author/Authors		
Marjut Alho and Saara Humalajärvi		
Title		
Femtosecond vs. Mikrokeratomy		
Type of Work	Date	Pages
Final project	Autumn 2008	44 + 7 appendices
ABSTRACT The aim of our study was to compare corneal refractive error surgery LASIK made by two different corneal flap creation methods. These methods were mechanical mikrokeratome and femtosecondlaser. We compared the visual acuities and refractive errors in one month's and six months' follow-ups. The type of our study was quantitative and it was implemented in co-operation with hospital Eira. We received patient files for our use from hospital Eira. We transferred the data that we needed into the DatagraphMed -programme from where we transferred the data to the SPSS. The target group of our study was 200 myopic eyes that all have been operated by Harri Koskela, the ophthalmic surgeon, in the hospital Eira during May-September 2007. One hundred eyes were operated using mikrokeratome and another hundred eyes using femtosecondlaser. The results of our study showed that there were no statistical differences between the flap creation methods in visual acuities and refraction errors achieved after the operation in one month's and after six months' follow-ups. In both of the flap creation methods a small regression occurred. In both methods the refraction error was more myopic in the second follow-up. In both methods the results of visual acuities were better in the second follow-up. The change in the visual acuities between the first and the second follow-up was not statistically significant in the operation done with mikrokeratome, though in femtosecond it was almost significant. In the operation performed with femtosecond the visual acuities were better in the first and second follow-ups. According to the results of our study it is impossible to say which one of the methods achieve better results in visual acuity and refraction. There might be some difference between the methods in safety and comfortability during the operation.		
Keywords		
Flap creation method, mikrokeratome, femtosecond, LASIK, acuity		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	KÄSITTEET	2
3	SARVEISKALVON RAKENNE	4
3.1	Epiteeli	5
3.2	Bowmanin kerros	6
3.3	Strooma	7
3.4	Descemetin kalvo	7
3.5	Endoteeli	8
3.6	Kyynelfilmi	8
3.7	Hermotus	9
3.8	Sarveiskalvon aineenvaihdunta	9
4	TAITTOVIRHEKIRURGIA	10
4.1	Taittovirhekirurgian historiaa	10
4.2	LASIK-tekniikka	11
4.3	Excimer	12
4.4	Wavefront -menetelmä	13
4.5	Zyoptix®LASIK	13
5	LAITTEISTO	13
5.1	Mikrokeratomi	13
5.2	Moria M2 -mikrokeratomi	15
5.3	Femtosecond	16
5.4	Leonardo Da Vinci –femtosecondlaser	17
5.5	Mikrokeratomin ja femtosecondin eroavaisuudet läpänteossa	18
6	LEIKKAUSTULOS	20
6.1	Alikorjaus	20
6.2	Ylikorjaus	21
6.3	Regressio	21
7	MUITA AIHEESEEN LIITTYVIÄ TUTKIMUKSIA	21
8	TUTKIMUSONGELMAT	22
8.1	Opinnäytetyömme tavoitteet	22
9	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	23

9.1	Opinnäytetyön eteneminen	23
9.2	Tutkimusjoukko	25
9.3	Tutkimusmenetelmä ja tutkimusaineiston kerääminen	25
9.4	Tutkimusaineiston analysointi	26
9.5	Aineiston analyysimenetelmät	27
10	TUTKIMUSTULOKSET	28
10.1	Tutkimusjoukko	28
10.2	Refraktioryhmät ennen leikkausta	29
10.3	Visukset ennen leikkausta	29
10.4	Refraktiot ensimmäisessä jälkitarkastuksessa	29
10.5	Näöntarkkuudet ensimmäisessä jälkitarkastuksessa ilman korjausta ja korjauksella	30
10.6	Refraktiot toisessa jälkitarkastuksessa	30
10.7	Näöntarkkuudet toisessa jälkitarkastuksessa ilman korjausta ja korjauksella	32
11	TILASTOLLINEN VERTAILU	33
11.1	Näöntarkkuuden muutos ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen välillä	33
11.2	Ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen välinen muutos sfäärisissä ekvivalenteissa	34
11.3	Sfääristen ekvivalenttien kerkiarvojen ero mikrokeratomin ja femtosecondin välillä	34
11.4	Näöntarkkuudet ennen leikkausta ja toisessa jälkitarkastuksessa	35
12	TULOSTEN YHTEENVETO	35
13	POHDINTA	36
13.1	Luotettavuuden arviointi	36
13.2	Tutkimustulokset	37
13.3	Prosessi	38
	LÄHTEET	40

LIITTEET 1-7

1 JOHDANTO

Taittovirhekirurgian tarkoituksena on muokata sarveiskalvon taittovoimaa, jolloin silmän taittovirhe korjaantuu. Maailmalla tehdään vuosittain miljoonia laserleikkauksia ja jatkuvasti lisääntyvä määrä myöoppeja hakeutuu leikkauksiin. Suomessa on arvioitu, että vuonna 2006 tehtiin 7000 taittovirheleikkausta myöopeille (Moilanen 2008: 11). Taittovirheleikkaus on päiväkirurginen toimenpide, joka perustuu sarveiskalvon pintakerroksen alle tapahtuvaan laserointiin. Ennen laserointia sarveiskalvoon muodostetaan läppä, jonka alle jäävää sarveiskalvon kerrosta laseroidaan. Läpän teko on yksi merkittävä osa LASIK-leikkausta (Kaiserman – Maresky – Bahar – Rootman 2008: 417). Tämä läppä voidaan tehdä kahdella eri menetelmällä; perinteisellä mekaanisella mikrokeratomilla tai uudemmalla femtosecondlaserilla. Femtosecond-läpäntekomenetelmä on yksi uusimmista menetelmistä taittovirhekirurgiassa. Femtosecond-menetelmässä mekaanisella terällä tehdyn läpän korvaa laserointi. Kummassakin läpäntekomenetelmässä läpän alle tehtävä taittovirhekirurginen laserointi on tehty samalla excimer-laserilla.

Opinnäytetyömme käsittelee näitä kahta eri läpäntekomenetelmää ja niiden leikkaustuloksien eroja. Tutkimusaineisto koostuu Eiran sairaalassa leikatusta myooppisista silmästä (n=200), joihin on vuoden 2007 aikana tehty laserleikkaus käyttäen joko mikrokeratomia tai femtosecond-läpäntekomenetelmää. Jätimme hyperoopit tutkimuksemme ulkopuolelle, koska Eiran sairaalassa ei ole tehty tutkimuksemme kannalta riittävästi taittovirhekirurgisia leikkauksia hyperoopeille käyttäen femtosecondlaseria. Tarkoituksena on vertailla näöntarkkuus- ja refraktioarvoja noin yhden ja kuuden kuukauden jälkeen mikrokeratomilla ja femtosecondlaserilla tehdyistä LASIK-leikkauksista. Selvitämme myös paljonko leikkauksien jälkeisissä sfäärisissä ekvivalenteissa on hajontaa nollasta ja kuinka paljon leikkaustulokset muuttuvat ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen välillä. Haluamme tutkia onko näiden kahden läpäntekomenetelmän välillä merkittävää eroa.

Halusimme tehdä taittovirhekirurgiaan liittyvän opinnäytetyön henkilökohtaisesta kiinnostuksesta aiheita kohtaan, sekä siksi, että se on alana nopeasti kasvava ja kehittyvä. Idean työmme aihepiirille saimme optometristi Päivi Salmelalta, joka teki taittovirhekirurgian aiheuttamiin komplikaatioihin liittyvän opinnäytetyön syksyllä

2007. Lähestyimme Eiran sairaala ja leikkaavaa silmäkirurgia Harri Koskelaa, koska koulumme on aiemminkin tehnyt yhteistyötä hänen kanssaan. Saimme tilauksen työllemme Harri Koskelalta, joten työmme on työelämälähtöinen. Aiheemme on ajankohtainen, koska taittovirhekirurgisten leikkausten määrä kasvaa ja kilpailu alalla on huomattavaa.

Harri Koskela toivoi meidän vertailevan mikrokeratomilla ja femtosecondlaserilla saatujen näöntarkkuus- ja refraktioarvojen eroja. Lämpen fyysinen rakenne sekä monet muut tekijät, kuten lämpen tasaisuus, saattavat vaikuttaa LASIK-leikkauksilla saatuihin näöntarkkuus- ja refraktiotuloksiin.

Opinnäytetyömme koostuu teoria- ja tutkimusosuudesta. Teoriaosuudessa selvitämme opinnäytetyössämme käytettäviä käsitteitä, sarveiskalvon anatomiaa sekä taittovirhekirurgiassa käytettävää laitteistoa ja leikkausmenetelmiä. Tutkimusosuudessa käsittelemme työhömmme liittyvät tutkimusongelmat, tutkimuksen toteutuksen ja kulun sekä tutkimuksen tulokset ja analysoimme niitä.

2 KÄSITTEET

Määrittelemme tässä kappaleessa opinnäytetyömme kannalta oleellisia käsitteitä taittovirheisiin ja taittovirheiden merkitsemiseen liittyen.

Ametropia eli taittovirhe johtuu siitä, että silmän etuosien taittovoima on epäsuhteessa silmän pituuteen, jolloin kuva, jonka tulisi taittua verkkokalvolle, taittuukin sen taakse tai eteen. Tällöin verkkokalvolle tuleva kuva on epätarkka. (Arlainstituutti 2006; Benjamin 2008: 3.) Taittovirheettömässä eli emmetrooppisessa silmässä paraleelit valonsäteet kohtaavat verkkokalvolla. Taittovirhe voidaan korjata täydentävällä tai korjaavalla linssillä, jolloin polttopiste vastaa silmän kaukopistettä. (Benjamin 1998: 3.) Taittovoiman yksikkö on dioptria (D), joka ilmaisee linssin polttovälin käänteisarvon (Arlainstituutti 2006).

Astigmaattisessa silmässä valonsäteet taittuvat eri leikkaussuunnissa eri tavalla, esimerkiksi yhdessä suunnassa valonsäteet taittuvat verkkokalvon eteen ja toisessa

suunnassa verkkokalvon taakse. Astigmatia aiheuttaa kuvan epätarkkuutta riippumatta katseltavan kohteen etäisyydestä. (Arlainstituutti 2006.)

Astigmatia voidaan jakaa säännölliseen tai epäsäännölliseen astigmatiaan. Säännöllisessä astigmatiassa suurimman ja pienimmän refraktiivisen taittovoiman meridiaanit ovat 90 asteen kulmassa toisistaan. Epäsäännöllisessä astigmatiassa suurimman ja pienimmän refraktiivisen taittovoiman meridiaanit ovat toisiinsa nähden jossain muussa kuin 90 asteen kulmassa. (Benjamin 1998: 10-12.)

Astigmatia johtuu useimmiten sarveiskalvon pintamuodon toorisuudesta. Luomen aiheuttama paino on yksi merkittävimmistä sarveiskalvon hajataitteisuuteen vaikuttavista tekijöistä. Hajataitteisuus voi myös johtua mykiön pintojen toorisuudesta tai kallistumisesta. (Benjamin 1998: 12.)

Hyperopia eli kaukotaitteisuus on taittovirhe joka johtuu joko silmän liian lyhyestä aksiaalisesta pituudesta taittovoimaan nähden tai silmän taittavien osien liian vähäisestä taittovoimasta (Benjamin 2008: 9).

Myopia eli likitaitteisuus on taittovirhe, jossa paraleelit valonsäteet kohtaavat ennen verkkokalvoa (Rosenfield – Gilmart 1998: 1). Tällöin silmän taittovoima on liiallista sen aksiaaliseen pituuteen nähden. Tämä voi johtua joko silmän suhteellisen pitkästä aksiaalisesta pituudesta tai yhden tai useamman silmän taittavan osan liiallisesta taittovoiman määrästä. (Benjamin 1998: 3.) Myooppi pystyy näkemään lähelle hyvin, mutta kauas katsominen on epätarkkaa (Arlainstituutti 2006). Kaukaisin tarkkana nähty piste on kaukopiste, josta metreissä verkkokalvolle lasketun etäisyyden käänteisarvo kertoo silmän taittovirheen dioptreina (Benjamin 1998: 3).

Myopia voi olla synnynnäistä tai kehittyä myöhemmällä iällä. Useimmiten myopia kuitenkin kehittyy kuusivuotiaasta teini-ikäisyyteen asti. Myopia voi myös kehittyä 20 ja 40 ikävuoden välissä tai myöhemminkin. (Benjamin 1998: 7.)

Regressio tarkoittaa taittovirhekirurgisen leikkauksen jälkeistä refraktiivisen voimakkuuden palautumista (Benjamin 2006: 1359).

Sfäärinen ekvivalentti (sf ekv.) on sfäärinen keskiarvo hajataitteisuudesta tai sfäärisen ja hajataitteisuuden yhteisvoimakkuudesta. Sfäärinen ekvivalentti saadaan yhdistämällä puolet hajataitteisuuden määrästä sfääriseen voimakkuuteen. (Fannin – Grosvenor 1996: 40.)

Visus eli näöntarkkuus kertoo pienimmän juuri erotettavissa olevan kohteen kulmakoon. Näöntarkkuuteen vaikuttavat optiset tai neuraaliset tekijät tai niiden yhdistelmä. Optinen rajoite näöntarkkuudelle on esimerkiksi pupilliaukon koko. Neuraalisia rajoitteita on verkkokalvon reseptorien sijainti sekä verkkokalvon solujen ja sieltä aivokuorelle lähtevien näköratojen vuorovaikutus. Näöntarkkuuden määrittämiseen on useita eri tapoja. (Benjamin 1998: 217-219.)

Näöntarkkuus ilmoitetaan desimaaliarvona, joka pohjautuu Snellenin murtolukuun. Snellenin murtoluku kertoo optotyypin kulmakoon ottaen huomioon optotyypin korkeuden ja testietäisyyden. Arvo, joka kertoo optotyypin korkeuden, on etäisyys, jossa kirjaimen korkeus vastaa viittä kulmaminuuttia. Näöntarkkuus on testietäisyys jaettuna etäisyydellä, jossa optotyyppi vastaa viittä kulmaminuuttia. (Benjamin 1998: 220.)

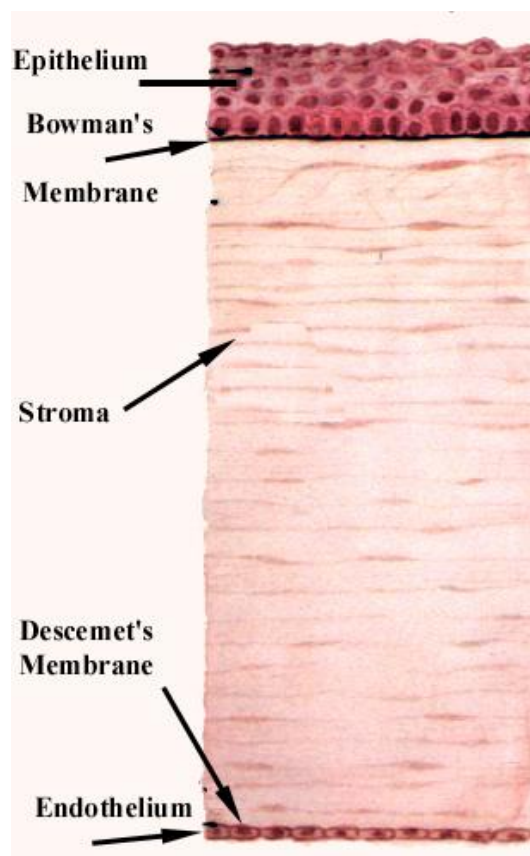
3 SARVEISKALVON RAKENNE

Sarveiskalvo on yhdessä kyynelnesteen kanssa silmän voimakkaimmin valoa taittava osa. Sarveiskalvon epiteeliä huuhtelee ja suojaa kyynelfilmi. Tärkein sarveiskalvon ominaisuus on sen läpinäkyvyys ja arkojen silmän sisäosien suojaaminen traumailta sekä infektoilta. Sarveiskalvon läpinäkyvyys johtuu sen sileydestä ja kerrosrakenteiden säännöllisyydestä sekä verisuonten ja myeliinitupellisten hermojen puuttumisesta. Terveen silmän uloimmat epiteelisolut muodostavat säännöllisen kuperan pinnan kyynelnesteen tasoittaessa epiteelin epätasaisuudet (kuvio 1). (Forrester - Dick - McMenamin - Lee 1999: 14.)

Aikuisen sarveiskalvo on vertikaalisesti halkaisijaltaan keskimäärin 11,7 millimetriä ja horisontaalisesti 10,6 millimetriä. Sarveiskalvo on perifeerisesti noin 0,67 millimetrin ja keskiosassa 0,52 millimetrin paksuinen. (Forrester ym. 1999: 14.) Sarveiskalvon

kaarevuuden säde on keskimäärin normaalissa sarveiskalvossa 7,8 millimetriä. (Hamano - Kaufman 1997: 3).

Normaali sarveiskalvo koostuu viidestä kerroksesta (Forrester ym. 1999: 14). Normaalisti sarveiskalvolla ei ole verisuonitusta, lukuunottamatta sarveiskalvon ja kovakalvon yhdistymiskohtaa (Buratto - Brint 1997: 7). Silmän taittovoima redusoivassa silmämallissa on noin +60.00 dioptriaa, josta sarveiskalvon taittovoima on +42.36 dioptriaa (Obstfeld 1982: 53-55).



KUVIO 1. Sarveiskalvon rakenne (Virginia Polytechnic Institute & State University 2008).

3.1 Epiteeli

Sarveiskalvon etummaisimpana kerroksena on epiteelikerros, joka on kerrostunut viidestä tai kuudesta kerroksesta (Forrester ym. 1999: 14-15). Sarveiskalvon epiteelikerros suojaa silmää ympäristöltä (Hamano - Kaufman 1997: 3). Epiteelin paksuus on 50-60 μm eli mikrometriä. Lähekkäin olevat solut pysyvät kiinni useiden

desmosomien avulla. Epiteelin tyvikalvon alimmat basaalisolut kiinnittyvät hemidesmosomimien ja ankkurikompleksien avulla. (Forrester ym. 1999: 14-15.)

Epiteelisolun tärkeimmät ominaisuudet ovat mekaanisen suojan luominen ulkopuolisille haittatekijöille ja mikro-organismeille; se luo sileän läpinäkyvän optisen pinnan, jonka päällä kyynelfilmi levittyy (Buratto - Brint 1997: 2). Epiteeli reagoi nopeasti uusiutumalla korjatakseen rikkoutumisia (Forrester ym. 1999: 14-15). Mikäli sarveiskalvon epiteeli on poistettu tai vaurioitunut, on sarveiskalvon korjautuminen nopeampaa, jos epiteelikerroksen limbaaliset solut säilyvät rikkoutumattomina. Sarveiskalvon kerrostuneesta rakenteesta johtuen on halkaisijaltaan useiden millimetrien laajuiset vauriot mahdollista korjata. (Buratto - Brint 1997: 5; Hamano - Kaufman 1997: 5.)

Epiteelin kokonaispaksuudesta yhteensä vajaa puolet on yksittäinen palstoitettuja basaalisoluja sisältävä kerros. Näissä perifeerisissä basaalisoluissa tapahtuu mitosi, joka korvaa epiteelin soluja. Uusien solujen syntyessä vanhat solut siirtyvät pintaa kohti menettäen palstoitetun muotonsa ja lopulta irtautuvat jätteenä kyynelfilmiin. (Hamano - Kaufman 1997: 5.) Epiteelin solujen kierto kestää noin yhden viikon ja vaatii suuren määrän rakenteellisten solujen tuotantoa (Buratto - Brint 1997: 5).

Epiteelikerroksen pohjimmainen kalvo sijaitsee rajakkain Bowmanin kerroksen kanssa. Tätä noin 65 µm paksuista kalvoa eristävät basaaliset epiteelisolut (Hamano - Kaufman 1997: 7). Basaalisolujen lisäksi epiteelikerroksessa on neuroneita, melanosyyttejä, modifioituja makrofageja eli Lagerhansin soluja ja ajoittain leukosyyttejä. Lagerhansin solut sijaitsevat sarveiskalvon epiteelin perifeerisillä alueilla. Silmän yliherkkyydessä ja immuunireaktiossa on Lagerhansin soluilla merkittävä rooli. (Buratto - Brint 1997: 4.) Epiteeli ei arpeudu johtuen sen erinomaisesta kyvystä uusiutua (Kanski 2003: 96).

3.2 Bowmanin kerros

Bowmanin kerros on yhteinen ja se sijaitsee epiteelin ja strooman välissä (Buratto - Brint 1997: 5). Bowmanin kerros loppuu äkillisesti limbuksessa (Forrester ym. 1999: 15). Bowmanin kerros koostuu hienoista, epäsäännöllisesti järjestäytyneistä kollageenisäikeistä, jotka ovat tyyppisiä I, III, V ja VI. Se on paksuudeltaan 8-12 µm.

Bowmanin kerroksen takapinta yhdistyy stroomaan ja ohut basaalilamina erottaa etupinnan epiteelikerroksesta. (Forrester ym. 1999: 15.) Bowmanin kerros syntyy epiteelin uudistumattomista basaalosoluista, joten vammat aiheuttavat arpeutumista ja siten sameita alueita (Buratto - Brint 1997: 6).

3.3 Strooma

Strooma on sarveiskalvon paksuin kerros; sen paksuus on 500-900 μm . Se koostuu suurimmaksi osaksi kollageenisistä lammelleista, joita on 200-250 kerrosta, lamellien välisistä keratosyyteistä, proteoglykaaneista, perusaineksesta (GAG) sekä muista makromolekyyleistä, kuten glycoproteiineista. (Forrester ym. 1999: 15-16; Buratto - Brint 1997: 6.) Proteoglykaanit ovat molekyylejä, jotka ylläpitävät kollageenisäikeiden tarkan järjestyksen (Buratto - Brint 1997: 6). Kollageenisäikeiden säännönmukainen järjestäytyneisyys tekee sarveiskalvosta läpikuultavan. Strooma on normaalisti veretön ja verisuoneton. Sensorisia hermosäikeitä on strooman etummaisissa kerroksissa. (Forrester ym. 1999: 15-16.) Kollageenisäikeet ulottuvat limbukselta limbukselle muodostaen litteän lamellin. Kollageenisäikeet ovat suurimmaksi osaksi tyypin I kollageenia, mutta stroomassa on jonkin verran myös tyyppisiä III ja IV. Strooman tehtävänä on myös toimia suojaavana kudoksena kollageenisäikeidensä takia sekä ylläpitää sarveiskalvon muotoa. (Buratto - Brint 1997: 6.)

3.4 Descemetin kalvo

Descemetin kalvo on paksuudeltaan 8-12 μm ja sen rakenne on ohut ja homogeeninen. Se sijaitsee taaimmaisen strooman ja endoteelin välissä, josta se voi irrota. Descemetin kalvo muistuttaa rakenteeltaan endoteelin tyvikalvoa. Perifeerisesti descemetin kalvo on yhtenäinen trabekkelin kortikaalisen alueen kanssa. (Forrester ym. 1999: 17.) Descemetin kalvo koostuu suurimmaksi osaksi tyypin IV kollageenista sekä glykoproteiineista kuten fibronektiinistä (Buratto - Brint 1997: 6-7).

Descemetin yli levittyvät endoteelisolut muodostavat kalvon ja näin ollen toimivat suojana leukosyyttien invaasiota ja sarveiskalvon strooman verisuonia vastaan. Kalvo ei kuitenkaan estä veden ja muiden pienten molekyyliden kulkua. (Buratto - Brint 1997: 7.)

3.5 Endoteeli

Endoteeli on sarveiskalvon taaimmaisoin kerros ja sen paksuus on 4-6 µm. Endoteeli toimii nestepumppuna ja sillä on tärkeä osa ylläpitää sarveiskalvon kosteustasapainoa ja siten myös läpinäkyvyyttä. Endoteelissa on aktiivinen nestetasapaino ja aineenvaihdunta, josta merkinä endoteelisoluissa on suuri määrä sytoplasmisia organelleja, kuten mitokondrioita. Sarveiskalvon endoteelisoluilla on alhainen uusiutumiskapasiteetti, joten vierekkäiset solut korvaavat nopeasti menetetyt solut. Endoteelisolukerroksessa on noin 350 000 solua, jonka nuorelle sarveiskalvolle tyypilliset tiheät ja säännöllisesti järjestäytyneet kuusikulmaiset solut korvautuvat vanhemmiten kooltaan suuremmilla ja muodoltaan erilaisilla soluilla, mikä johtaa strooman turpoamiseen ja samentumiseen. (Forrester ym. 1999: 17; Buratto – Brint 1997: 3.)

Normaalisti toimiva endoteelipumppu ylläpitää sarveiskalvon strooman kosteustasapainoa ja estää sitä turpoamasta. Selvästi lisääntynyt kosteustasapainon vähentyminen voi aiheuttaa sarveiskalvon läpinäkyvyyden heikkenemistä. Pitkittyneenä tämä voi johtaa sarveiskalvon sameutumiseen. (Hamano - Kaufman 1997: 28.)

3.6 Kyynelfilmi

Normaalin kyynelkalvon rakenne koostuu päällimmäisestä lipidikerroksesta, keskimmäisestä vesikerroksesta sekä alimmasta musiinikerroksesta, joka sijaitsee suoraan sarveiskalvon tai sidekalvon päällä (Hamano - Kaufman 1997: 27).

Kyynelfilmin tarkoitus on ylläpitää sidekalvon ja sarveiskalvon kosteutta ajoittaisen räpytyksen levittäessä kyynelenesteen sarveiskalvon ja sidekalvon päälle (Forrester ym. 1999: 76). Kostuttamisen lisäksi kyynelfilmin päätehtäviä ovat toimia silmän ensimmäisenä taittavana pintana, huuhdella silmän pinnalta solujätteet sekä vieraat aineet, ravita sarveiskalvoa ja liukastaa silmän pinta. Kyynelfilmistä noin 25% poistuu haihtumalla. Kyynelfilmi sisältää elektrolyyttejä, proteiineja, steroleja, vitamiineja sekä proteiineja ja useita aineenvaihdunnan tuotteita. Kyynelfilmin pH on 7,14-7,82 ja normaalisti kyyneleitä erittyy tunnissa 1,2 µl/min. (Hom - Bruce 2006: 3.)

3.7 Hermotus

Sarveiskalvon runsasta määrää tuntohermosyitä hermottaa yksi kolmoishermon haaroista (Forrester ym. 1999: 17). Sarveiskalvon hermot haarautuvat sädekehähermosta. 70-80 haaraa saa alkunsa kovakalvon perikorneaalisessa verkostossa. Yhdistyessään sidekalvon hermoihin ne menettävät myeliinituppensa 0,5 millimetrin päässä limbuksesta. (Buratto - Brint 1997: 7.) Hermojen haarat erkaantuvat etummaiseen sarveiskalvon stroomaan rengasmaisesta hermopunoksesta limbuksen lähellä, jossa ne menettävät myeliinituppensa ja muodostavat epiteelinalaisen hermopunoksen (Forrester ym. 1999: 17).

3.8 Sarveiskalvon aineenvaihdunta

Nestekierto sarveiskalvon strooman läpi on tärkeä nestetasapainon ja ravitsemuksen kannalta. Diffuusio tapahtuu kolmen eri pinnan; sarveiskalvon etu- ja takapinnan sekä limbuksen läpi. Kyynelfilmi kuljettaa happea ja huolehtii aminohappojen, hiilihydraattien ja lipidien saannista. Limbaalinen suonitus on sarveiskalvon ravitsemuksessa toissijainen. Epiteeli läpäisee vettä, happea ja hiilidioksidia, mutta on melkein läpäisemätön muille aineille, kuten glukoosille. Limbaalinen verenkierto ravitsee sarveiskalvon perifeerisiä alueita. Sarveiskalvon keskialueilla nestevaihto vallitsee sarveiskalvon takapinnan ja verestä suodattuneen kammionesteen välillä. Endoteeli toimii pumppuna, joka siirtää vettä stroomasta ja pitää sen kirkkaana. Happi imeytyy kyynelneesteeseen ja levittyy sarveiskalvolle. Sarveiskalvon epiteeli käyttää glukoosia energian lähteenä ja aminohappoja ravintona. Molemmat tulevat epiteelille kammionesteestä epiteelin ja strooman läpi. Strooma absorboi vettä kahdella tavalla, osmoottisen paineen avulla (GAG) ja silmän sisäisen paineen (IOP) avulla, joka työntää kammionestettä stroomaan. Endoteeli vastustaa tätä hydrofiilistä suuntausta ja pitää strooman kirkkaana kahdella tavalla. Se estää liiallisen veden kulun stroomalle ja toimii pumppuna siirtäen ylimääräistä vettä pois stroomalta. (Buratto - Brint 1997: 3-7.)

Limbaalinen suonitus on sarveiskalvon ravitsemuksessa toissijainen. Verkkokalvon keskialueella ei ole verisuonitusta. Kovakalvon ja verkkokalvon raja-alueella on tiheä suoniverkosto, joka osaltaan vastaa verkkokalvon lymfaattisesta järjestelmästä. (Buratto - Brint 1997: 7.)

4 TAITTOVIRHEKIRURGIA

Refraktiivisen taittovirhekirurgian tavoite on päästä eroon silmälasien tai piilolinssien käytöstä tai vähentää niiden käyttöä (Silmälaseri 2008; Benjamin 2006: 1341).

Refraktiivinen laserkirurgia on menetelmä, jossa muutetaan sarveiskalvon taittovoimaa vähentäen hyperooppista, myooppista tai astigmaattista vaikutusta. Myooppinen taittovirheleikkaus on operaatio, jossa loivennetaan sarveiskalvon kaarevuutta poistamalla optiselta alueelta strooman kudosta. (Buratto - Brint 1997: 9.)

Käsittelimämme tutkimusjoukko on laseroitu Eiran sairaalassa Technolas® 217A -excimerlaserilla Zyoptix®LASIK-tekniikalla ja läpäntekoon on käytetty kahta eri menetelmää; mekaanista mikrokeratomia ja femtosecondlaseria.

4.1 Taittovirhekirurgian historiaa

Ensimmäisiä taittovirhekirurgisia leikkauksia oli RK (Radial keratometry), jossa sarveiskalvoon tehdään viiltoja taittovirheen korjaamiseksi. Tämän menetelmän kehittäminen sai alkunsa 1800-luvun loppupuolella, jolloin huomattiin sarveiskalvon arpien ja sarveiskalvon litistymisen välinen yhteys. Menetelmä perustuu siihen, että myopian korjaamisessa sarveiskalvon reuna- ja keskiosien pintaa rikotaan, jolloin silmän sisäinen paine nostaa heikennetyt alueet ulospäin ja sarveiskalvon muoto muuttuu litteämmäksi. (Benjamin 2006: 1321.)

RK:n jälkeen merkittävin kehitys taittovirhekirurgiassa oli eximer-laser, joka tuli kaupalliseen käyttöön vuonna 1976. Seuraavalla vuosikymmenellä sarveiskalvon muotoilu kehittyi, jolloin eximer-laseria hyödynnettiin PRK:ssa (Photorefractive keratectomy). (Benjamin 2006: 1331-1332.) Sarveiskalvon epiteeli poistetaan ja laserointi tehdään bowmanin kerrokseen ja stroomaan. Sarveiskalvo paranee itsestään ja sen pintaan kasvaa uusi epiteeli kerros. (Benjamin 2006: 1333; Kanski 2003: 151.)

Barraquer esitti 1940-luvulla idean, jossa taittovirhettä korjattaisiin vähentämällä sarveiskalvon kudosta. Tästä kehittyi myöhemmin LASIK (Laser in situ keratomileusis). Vuonna 1967 esitettiin idea, jossa laserointi tehtäisiin sarveiskalvon

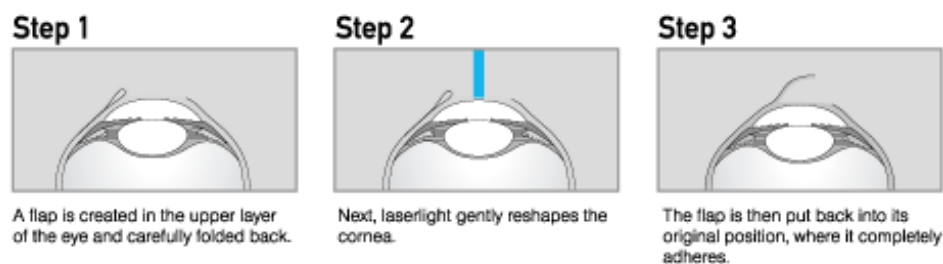
pintakerrokseen muodostetun läpän alle keskiosaan. Tuolloin esitettiin idea myös läppään jätettävästä saranasta, jolloin läppä olisi osittain kiinni sarveiskalvossa laseroinnin ajan ja sen jälkeen käännettäisiin takaisin paikalleen. LASIK kehittyi kuitenkin vasta eximer-laserin markkinoille tulon jälkeen. (Benjamin 2006: 1347.)

LASEK eli Laser subepithelial keratomileusis on 1990-luvun loppupuolella kehitelty leikkausmenetelmä, jossa läppä luodaan sarveiskalvon epiteelistä ja laserointi tehdään sarveiskalvon etummaiseen rajaavaan lamelliin (Benjamin 2006: 1363).

4.2 LASIK-tekniikka

LASIK on nykyisin yleisimmin suoritettu toimenpide refraktiivisessa taittovirhekirurgiassa. Se on myös ensimmäinen vaihtoehto suurimmalle osalle potilaita. Se on suhteellisen turvallinen ja tehokas tapa myopian korjaamiseksi. LASIK:lla pystytään korjaamaan niin matalaa, kuin kohtuullisen korkeaakin myopiaa aina -15 dioptriaan asti. (Tuisku 2008: 24.)

LASIK-leikkauksessa leikataan ympyränmuotoinen läppä eli keskeinen osa etummaista sarveiskalvoa, joka jää kiinni sarveiskalvon kudokseen läpän ulkoreunalla sijaitsevasta saranasta (Benjamin 2006: 1321). LASIK-leikkauksen läppä voidaan tehdä joko mekaanisella mikrokeratomilla tai erillisellä laserlaitteella eli femtosecondlaserilla (Moilanen 2008: 25). Noin 140-180 µm paksuinen saranallinen läppä sisältää epiteeliä, Bowmanin kerrosta ja etummaista stroomaa. Läppä käännetään sivuun, jonka jälkeen sarveiskalvoa muotoillaan excimer-laserilla. Tämän jälkeen läppä asetetaan paikoilleen. Leikkauksen jälkeen näöntarkkuus palaa yleensä päivässä. (Valle 2000: 26.) Läppä kiinnittyy välittömästi stroomaan eikä ompeleita tarvita (kuvio 2) (Tuisku 2008: 23).



KUVIO 2. LASIK-leikkauksen kulku (Laser-Porus 2008).

LASIK-leikkauksella vähennetään silmän ametropiaa, mutta välttämättä täydellistä korjausta ei tavoiteta. Leikkauksen jälkeen asiakkaan korjaamattoman näöntarkkuuden pitäisi nousta verrattuna ennen leikkausta olleeseen korjaamattomaan näöntarkkuuteen, mutta leikkauksen jälkeen silmälasikorjaus saattaa silti olla tarpeellinen. (Buratto - Brint 1997: 215.) Käytettävä läpäntekomenetelmä ei rajaa korjattavaa myopian määrää. Korjauksen määrää rajoittaa se, että sarveiskalvon pohjalle täytyy jättää 250 µm käsittelemätöntä sarveiskalvoa. (Harri Koskela – suullinen tiedonanto 2008.)

Kliiniset tutkimukset osoittavat, että LASIK:lla saadaan hyviä tuloksia matalan, kohtuullisen ja korkean myopian korjaamisessa sekä yhdistetyn myooppisen astigmaattisuuden korjaamisessa. Myooppisten silmien LASIK-leikkausten yhteydessä on raportoitu useita komplikaatioita, mutta niitä on todettu olevan vähemmän kokeneiden kirurgien leikkauksissa kuin kokemattomampien kirurgien suorittamissa refraktiivisissa taittovirheleikkauksissa. (Valle 2000: 27.)

LASIK-leikkauksen komplikaatiot voivat olla mikrokeratomiin liittyviä kuten epä säännöllinen tai keskeneräinen läppä, kuin myös excimer-laseriin liittyviä ongelmia, kuten häiriö laserlaitteessa. Monista läppään liittyvistä ongelmista huolimatta voidaan hyvä kirurginen tulos silti saavuttaa. (Valle 2000: 27.)

4.3 Excimer

Excimer-laserin käyttö sarveiskalvon muotoilussa on ollut yksi merkittävimpiä edistysaskelia taittovirhekirurgian alalla. Excimerlaser-keratektomiassa uudelleenmuotoillaan sarveiskalvon stroomaa poistamalla siitä kudosta. Tämän menetelmän etuna on kudoksen poistaminen mikroskooppisella tarkkuudella. (Tuisku 2008: 20.)

Taittovirhekirurgiassa käytetty excimer-laser on näkymätöntä ultraviolettivaloa eli kylmävalolaseria (Laserporus 2008). Excimer on sekoitus argonia ja fluoridia, joka purkautuu lasersäteilynä 193 nanometrin aallonpituutena (Benjamin 2006: 1332). Tämä aallonpituus takaa pehmeän ja tarkan ablaatioalueen reunan aiheuttaen vain minimaalisia lämpöenergisiä vaurioita ja merkityksettömiä endoteelisiä haittavaikutuksia (Valle 2000: 15). Laser irrottaa varovasti molekyylien välisiä sidoksia

haihduttaen kudosta, jolloin sarveiskalvon muoto ja samalla silmän taitteisuus muuttuu (Laserporus 2008).

Sarveiskalvoa hiotaan 0,009 millimetriä yhden diopterin korjausta varten. Laserointi kestää muutamasta sekunnista 60 sekuntiin taittovirheen suuruudesta riippuen. (Turun Silmälaseri 2008.)

4.4 Wavefront -menetelmä

WaveFront eli aaltorintama tarkoittaa valon etenemistapaa väliaineessa, joita silmässä ovat silmän pinnan muoto, linssi, silmänpohjan muoto sekä etukammio- ja lasiaisnesteet. Mittauslaite mittaa silmän optisen järjestelmän pienten virheiden vuoksi ”vääntyvää” valorintamaa. Tulosta käytetään apuna yksilöllisen korjauksen suunnittelussa. (Silmäkeskus Laser 2008.) Eiran sairaala käyttää aaltorintamatekniikassa Zyoptix®LASIK:ia (Eiran sairaala 2008).

4.5 Zyoptix®LASIK

Zyoptix®LASIK pohjautuu samaan tekniikkaan kuin LASIK, mutta on kehittyneempi versio siitä. Zyoptix eroaa LASIK:sta yksilöllisempänä leikkausmuotona jossa tehdään tarkemmat alkumittaukset huomioiden sarveiskalvon aberraatiot. (Zyoptix 2004.) Laite mittaa silmän jokaisen pisteen taittovoiman ja sarveiskalvon rakenteen (Medilaser 2008). Zyoptix on yhdistelmä pienempiä ja suurempia lasersäteitä joiden yhteisvaikutuksesta päästään tarkempaan tulokseen (Zyoptix 2004).

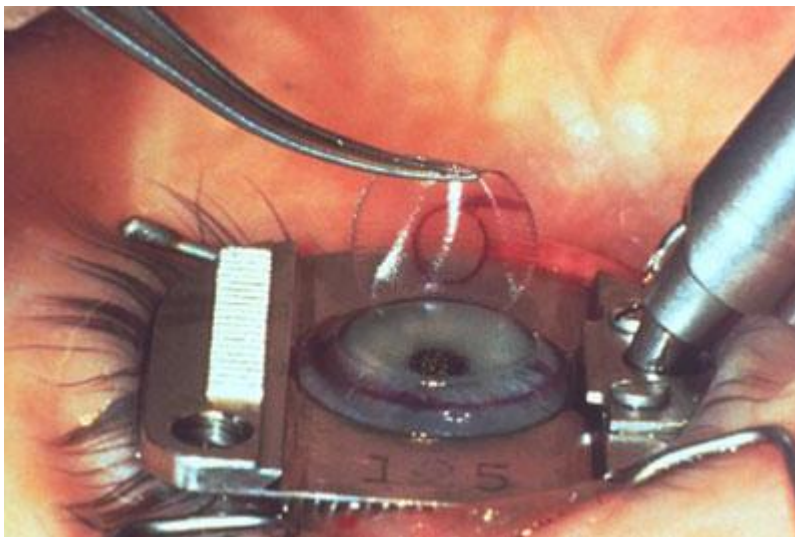
5 LAITTEISTO

5.1 Mikrokeratomi

Sen jälkeen kun LASIK esiteltiin, on kehitelty useita mekaanisia mikrokeratomeja tarkoituksena saavuttaa parempaa turvallisuutta, tehokkuutta ja ennustettavuutta. Ihanteellisen mikrokeratomin täytyisi tehdä läppä, jossa on ennustettava ja toistettavissa oleva läpän paksuus sekä halkaisija ja erinomainen strooman laatu, samalla tuottaen mahdollisimman vähän haittaa sarveiskalvon biomekaniikalle. Edellä mainittujen

tekijöiden yhdistelmän pitäisi johtaa ideaaliin ja vakaaseen refraktiiviseen tulokseen (Konstantakopoulou – Charonis 2007: 46.)

Mikrokeratomi kiinnittyy silmän pintaan imurenkaalla ja terä leikkaa sarveiskalvosta läpän, jättäen reunaan saranan, joka yhdistää läpän sarveiskalvoon. Lämpän halkaisija on 8,5-10 millimetriä. (Benjamin 2006: 1348.) Mikrokeratomia voidaan käyttää kaikissa lamellaarisissa refraktiivisen taittovirhekirurgian leikkausmenetelmissä. Mikrokeratomin tarkoituksena on luoda tasainen ja homogeeninen tasomainen läppä. Läppä tehdään terällä joko elektromekaanisilla tai turbiiniohjatulla liikkeellä. (Buratto - Brint 1997: 35-36.) Mekaaninen mikrokeratomi käyttää värähtelevän terän leikkausvoimaa kulkien sarveiskalvon läpi torsionaalisessa tai transaationaalisessa suunnassa (kuvio 3). (Stonecipher - Ignacio - Stonecipher 2006: 369).



KUVIO 3. Lämpän tekeminen mikrokeratomilla refraktiivisessa taittovirheleikkauksessa (Karger 2008).

Mikrokeratomia käytettäessä monet tekijät määrittelevät sarveiskalvon läpän profiilin paksuuden. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi leikkaavan terän reunan laatu, läpäisevän mikrokeratomin nopeus ja kulma, imun määrä, terän värähtelyn vauhti ja sarveiskalvon läpäisyn helppous. (Stonecipher ym. 2006: 369; Benjamin 2006: 1348.)

Lämpän paksuus on kriittinen piirre mikrokeratomia ajatellen. Tieto läpän paksuudesta vaikuttaa siihen, kuinka paljon myopiaa voidaan korjata, sillä läpän teon jälkeen

sarveiskalvon stroomaa suositellaan jätettäväksi vähintään 250 µm. (Muallem - Yoo - Romaro - Schiffman – Culbertson 2004: 1903.) Suurin osa leikkaavista silmäkirurgeista suosii kuitenkin jätettäväksi 300 µm stroomaa keratektasian eli sarveiskalvon pullistuman välttämiseksi (Moilanen 2008: 25).

5.2 Moria M2 -mikrokeratomi

Moria M2 (kuvio 4) on mekaaninen mikrokeratomi. Moria M2 -mikrokeratomissa on kaksi moottoria, useita imurenkaita läpän halkaisijan räätälöintiä varten, saranan sijainnin kustomointi sekä kaksi päätä ja kaksi nopeuden muunninta, joiden avulla läpän paksuutta voidaan säätää. Läpän halkaisijaa ja saranan leveyttä sekä saranan sijaintia voidaan vaihdella useiden imurenkaiden avulla. Mikrokeratomiin kuuluu myös syvyyden säätölevy, joka estää sarveiskalvon perforaation, etenkin jos kyseessä on erityisen ohut sarveiskalvo. (Muallem ym. 2004: 1904.)



KUVIO 4. Mekaaninen mikrokeratomi Moria M2 (Moria Surgical 2008).

Jokaiselle potilaalle on uusi steriili “terä”. Tämä vähentää komplikaatioiden riskiä, jotka voivat johtua jatkuvakäyttöisen terän väärästä puhdistuksesta tai sterilisaatiosta (Moria Surgical 2008).

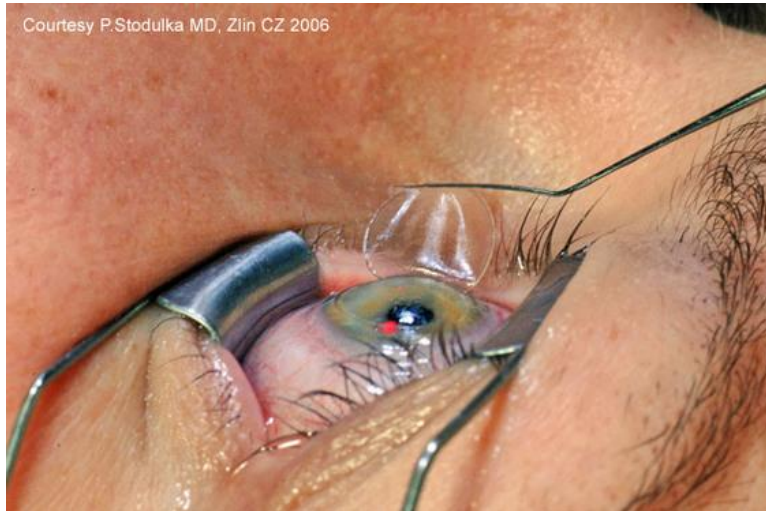
5.3 Femtosecond

Femtosecond-laser esiteltiin vuonna 1999, jonka jälkeen se on yhdistetty turvalliseen ja tarkkaan läpäntekoon (Choi – Kim – D.Lee – Oh – J.Lee – Ahn 2008: 864). Femtosecondlaser on nopea laser, joka muokkaa tarkasti kudosta käyttäen hyvin lyhyitä energiasykyäyksiä. Teoreettisesti vähäinen kudokseen kohdistuva energiamäärä minimoi vierekkäisten kudosten tuhoutumista. Femtosecondlaser-laitteiden tarkkuus ja niiden ennustettavammät läppäparametrit tekevät tekniikasta mahdollisesti mikrokeratomia turvallisemman. (Patel - Maguire - McLaren - Hodge - Bourne 2007: 1482.)

Femtosecondlaser tekee sarveiskalvoon halkaisijaltaan yhden nanometrin laserpulsseja 2-3 nanometrin syvyyteen. Laserpulssit muodostavat repeytymisen tai laajenevan kuplan hiilidioksidista ja vedestä joka halkaisee kudoksen ja muodostaa tasaisen irtoamisen. Laserpulssit skannautuvat vieretysten joko spiraali- tai rasterikuviona muodostaakseen tasaisen läpän (kuviot 5 ja 6). (Kaiserman ym. 2008: 417.)



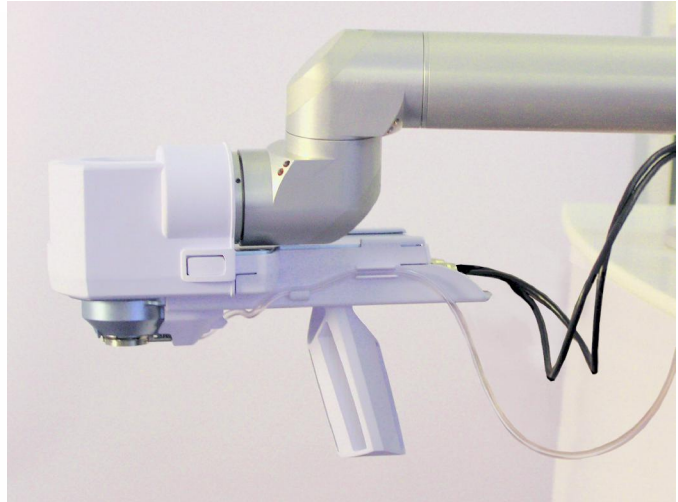
KUVIO 5. Femtosecondlaserilla laseroitu läppä ennen nostoa. Läpän sarana ja kaasukuplat ovat näkyvissä (Ziemer 2008).



KUVIO 6. Nostettu läppä (Ziemer 2008).

5.4 Leonardo Da Vinci –femtosecondlaser

Eiran sairaalan femtosecondlaser on sveitsiläisen Ziemer-tehtaan valmistama Leonardo Da Vinci –laser (LDV) (kuvio 7) (Eiran sairaala 2008). LDV käyttää matalapulssista energiaa, jolloin se on kompakti ja voimakas. Koska matalapulssinen energia muodostaa pienempiä kuplia, on leikkausjälki tarkempaa. (Lubatschowski 2008: 102-107). Laitteessa paineistus ja läpän mitoitus ovat tietokoneohjattuja. Läpän ja saranan sijainti, koko, paksuus ja halkaisija ovat valittavissa laitteesta. (Ziemer.) Leonardo Da Vinci -femtosecondlaserin pulssin kesto on 250 fs ja sen käytettävä pulssitaajuus on 1 MHz (Eiran sairaala 2008). LDV-femtosecondlaserin lasersäteet tulevat joustavan peilikäden kautta käsikappaleeseen, jossa on integroitu imurengas. Kun imurengas on asetettu sarveiskalvon keskelle, laite tekee laseroinnin, eikä kirurgilla ole enää mahdollisuutta muuttaa läpän paikkaa. LDV-femtosecondlaserilla läpän maksimihalkaisija on 9,5 millimetriä riippuen alkuperäisistä asetuksista. LDV-femtosecondlaserissa voidaan läpän paksuudeksi valita 110 μm tai 140 μm . LDV-femtosecondlaser on pieni ja kompakti, jolloin se mahtuu excimer-laserlaitteen alle, jolloin asiakkaan ei tarvitse siirtyä operaation aikana. (Lubatschowski 2008: 102-107; Kermani - Oberheide 2008: 1394-1397.)



KUVIO 7. Femtosecond-laser Leonardo Da Vinci ja peilikäden kautta tuleva käsikappale (Ziemer 2008).

Jokaista asiakasta varten on steriilit kertakäyttöosat, jotka asennetaan laitteeseen ennen leikkausta. Prosessissa leikkauskohtaan syntyy mikroskooppisia kuplia, joten läpän tarkkaan piirtyviä reunoja voi tarkkailla ennen sen avaamista. (Ziemer 2008.) Sarveiskalvoleikkkeen muodostavat kaasukuplat ovat pieniä, mutta niitä on hyvin tiheässä (Turun Silmälaser 2008). Läpän laseroinnin jälkeen imu vapautuu ja läppä voidaan kääntää sivuun, jolloin kuplat häviävät. Leonardo Da Vinci- laitteella läpän tekemiseen kuluu noin yksi minuutti, josta läpän laserointiin kuluva aika on noin 38 sekuntia ja imun kestävä aika on 50 sekuntia (Ziemer 2008; Kermani – Oberheide 2008: 1395-1398). LDV-femtosecondlaserilla leikkausjälki on tasainen ja laseroitavan alueen ympärillä kudolvauriot ovat vähäiset (Kermani - Oberheide 2008: 1395).

5.5 Mikrokeratomin ja femtosecondin eroavaisuudet läpänteossa

Femtosecondlaserilla saavutetaan tarkempi kontrolli läpän halkaisijan ja paksuuden sekä saranan koon ja sijainnin suhteen. (Mian ym. 2007: 1190). Femtosecondlaserilla tehtyjen läppien on osoitettu olevan paksuudeltaan yhdenmukaisempia, kun taas mikrokeratomilla tehtyjen läppien on todettu olevan paksuudeltaan vaihtelevampia sekä keskeltä ohuita ja reunoilta paksumpia. (Stonepicher ym. 2006: 361). Femtosecondlaserilla tehty läppä taas on aina tasapaksu (Turun Silmälaser) ja sen halkaisija on lähempänä suunniteltua (Kim ym. 2006: 601). Läppä joka on paljon alkuperäisesti suunniteltua paksumpi, voi johtaa sarveiskalvon ektasiaan. (Konstantakopoulou – Charonis 2007 :46). Mikrokeratomilla tehdyn läpän halkaisijan

keskihajonta voi olla $\pm 0,3$ mm. Femtosecondlaserilla tehdyn läpän alla oleva strooman pinta ei ole yhtä tasainen verrattuna mikrokeratomiin (Turun Silmälaser 2008 ; Kim ym. 2006: 601). Femtosecondlaserissa selkeä etu mikrokeratomiin verrattuna on vähentynyt epiteelin sisäänkasvu (Seider – Ide – Kymionis – Culbertson. – O’Brien – Yoo 2008 :859).

Mikrokeratomilla silmän paine nostetaan 15-45 sekunnin ajaksi 100 mmHg (Moilanen 2008: 25). Normaali silmänpaine 10-20 mmHg välillä (Forrester ym 1999: 171). Potilas saattaa kokea femtosecondlaserilla tehdyn läpäntekovaiheen miellyttävämpänä, sillä läpän teon aikana tarvittava silmän paineistus on vähäisempi kuin mikrokeratomia käytettäessä (Hernández -Verdejo – Teus – Román – Bolívar 2007: 68-72).

Mikrokeratomissa on suurempi riski epäsäännöllisille ja epäkeskiötyneelle läpälle, buttonhole-läpälle, läpän irtoamiselle sekä epiteelisille vioille läpänteon aikana (Seider ym. 2008: 859; Holzer – Rabsilber – Auffart 2006: 2828-2831). Kezirian ja Stonechiperin tekemän tutkimuksen mukaan femtosecond-läpäntekomenetelmä aiheuttaa mikrokeratomiin verrattuna vähemmän epiteelistä traumaa ja tällä on merkittävä vaikutus leikkauksen jälkeiseen näön palautumiseen ja komplikaatioihin (Kezirian – Stonechiper 2004: 804-811).

Tietyt komplikaatiot ovat ominaisia vain femtosecondlaserilla tehdyille läpälle. Näitä ovat hajanainen lamellaarinen keratiitti, makulan verenvuoto, hetkellinen valoherkkyys-syndrooma, lisääntynyt sarveiskalvoon tulevan valon sironta ja läpinäkymätön kaasukuplakerros kuin myös etukammion kaasukuplat. LDV-femtosecondlaserilla läpinäkymätöntä kaasukuplakerrosta ei kuitenkaan synny, sillä läpän laseroinnin aikana muodostuneet kuplat pakenevat läpän leikkausviillon sivusta. (Seider ym. 2008: 859; Kaiserman ym. 2008: 417; Kermani - Oberheide 2008: 1396.) Refraktiiviseen ja keratometriseen jälkitilaan liittyvät komplikaatiot ovat myös mahdollisia LASIK-leikkauksessa, jossa on käytetty femtosecond-läpäntekomenetelmää (Kaiserman ym. 2008: 864).

Koska femtosecondlaserilla läpän paksuutta pystytään ennakoimaan paremmin mikrokeratomiin verrattuna, pystytään tekemään ohuempi läppä, jolloin strooman kudosta säästyy enemmän. Tästä huolimatta myös joskus kirurgisiin komplikaatioihin

johtavia ei-tarkoituksellisia liian paksuja tai ohuita läppiä voi silti aiheutua femtosecondlaserilla. Erittäin ohut läppä voi aiheuttaa epäsäännöllistä astigmatiaa. (Choi ym. 2008: 864-865.) Ohuemmat läpät ovat taipuvaisia rypyttymään sekä niitä on hankalampi käsitellä (Kanski 2003: 152).

Läpän nostaminen on oleellista tehdä mahdollisimman vähän vammaa aiheuttamatta sekä kudokseen koskien. Mikrokeratomilla tämän on todettu olevan mutkatonta. Femtosecondlaserilla tehdyn läpän nostaminen on mahdollisesti haasteellisempaa kirurgille ja vahingollisempaa sarveiskalvolle verrattuna mikrokeratomiin. (Konstantakopoulou – Charonis 2007: 48.) Femtosecondlaserilla tehty läppä nostetaan tylsällä instrumentilla, jolloin se on vaikeampaa nostaa, koska läpän reunoille jää pieniä kudossiltoja (Kermani – Oberheide 2008: 1397).

Aiemmissa tutkimuksissa on vertailtu refraktiivisen ja parhaan korjatun näöntarkkuuden tuloksia LASIK:ssa mekaanisella mikrokeratomilla ja femtosecondlaserilla. Nämä tutkimukset ovat osoittaneet femtosecondlaserilla parempaa ennustettavuutta sfäärisessä ekvivalentissa noin 0.50 dioptrin tasolla sekä femtosecondlaserilla parempia tuloksia astigmatian korjauksessa. Jotkut tutkimukset osoittavat että femtosecondlaserilla on saatu parempia kontrastiherkkyystuloksia korkeilla spatiaalifrekvensseillä, kun taas toiset eivät ole löytäneet eroa femtosecondlasereiden ja mikrokeratomien välillä lopullisessa näöntarkkuudessa ja kontrastinäöntarkkuudessa. (Kaiserman ym. 2008: 417; Seider ym. 2008: 859; Durrie - Kezirian 2005: 121.)

6 LEIKKAUSTULOS

6.1 Alikorjaus

Yleisin LASIK- leikkauksen jälkeinen komplikaatio on alikorjaus. Se ilmenee yleensä noin viikko leikkauksen jälkeen ja on todennäköisempää korkea-asteisilla myoopeilla. Joitakin alikorjauksia ei pystytä välttämään, sillä korkea-asteisessa myopiassa mahdollisen korjauksen määrä riippuu sarveiskalvon paksuudesta ja refraktiovirheelle tarpeellisesta ablaatiosyvyydestä. (Benjamin 2006: 1358.)

Leikkaustulosta voidaan korjata tapauskohtaisesti sen jälkeen kun refraktio stabilisoituu. Korjaus voidaan tehdä kahdella eri tekniikalla. Ensimmäisessä tekniikassa nostetaan jo olemassa oleva läppä, jonka alle tehdään laserointi. Toisessa tekniikassa tehdään uusi läppä ja koko toimenpide toistetaan uudestaan. (Valle 2000: 28.)

6.2 Ylikorjaus

Pieni oireeton ylikorjaus on yleensä tarkoituksenmukaista sillä leikkaustuloksissa tapahtuu regressiota (Valle 2000: 28). Leikkauksen jälkeen on järkevä odottaa 6-12 kuukautta, sillä regressio mahdollisesti korjaa ylikorjauksen (Benjamin 2000: 1358).

6.3 Regressio

Suurin osa regressiosta tapahtuu ensimmäisien kuukausien aikana leikkauksen jälkeen. Voimakkuus stabilisoituu 3-6 kuukauden aikana leikkauksen jälkeen. Regression on taipumusta olla 0-1.50 dioptrian välillä. (Benjamin 2006: 1359.) Regressioon vaikuttavat leikkausta edeltävät arvot, kuten refraktio, sarveiskalvon kaarevuus, laseroidun alueen koko (OZ) ja ikä. Leikkauksen jälkeen ensimmäisen kuukauden aikana on havaittu selvää liikakasvusta johtuvaa epiteelin keskeisen alueen paksuuntumista, jonka jälkeen regressio hidastuu. (Moilanen 2008: 27.)

7 MUITA AIHEESEEN LIITTYVIÄ TUTKIMUKSIA

Femtosecondlaserilla ja mikrokeratomilla tehtyjen LASIK-leikkauksien välisiä vertailevia tutkimuksia on tehty aikaisemminkin. Opinnäytetyötämme vastaavilla laitteilla ja tutkimusjoukolla ei ole kuitenkaan vertailevaa tutkimusta tehty. Käymme tässä kappaleessa läpi kaksi eri opinnäytetyötämme vastaavaa tutkimusta.

Kezirianin ja Stonecipherin tekemän tutkimuksen mukaan, femtosecondlaserilla ja mikrokeratomilla leikattujen silmien parhaissa korjaamattomissa ja korjatuissa näöntarkkuuksissa ei ollut tuloksellisesti merkittävää eroa kolmen kuukauden jälkeen leikkauksesta. Femtosecondlaserilla leikatuista silmistä 91% saavutti sfäärisen

ekvivalentin ± 0.50 . Kahdella eri mikrokeratomilla vastaava arvo oli 73% ja 74%. (Kezirian – Stonecipher 2004: 804-811.)

Durrien ja Kezirianin vuonna 2005 tehdyn tutkimuksen mukaan femtosecondlaserilla saatiin merkittävästi parempi keskiarvo korjaamattomassa näöntarkkuudessa kolmen kuukauden jälkeen. Mikrokeratomilla kolmen kuukauden jälkeen mitattu sfäärinen ekvivalentti oli myooppisempi kuin femtosecondlaserilla. Keskiarvoinen jäännösastigmatia oli mikrokeratomilla merkittävästi korkeampi kuin femtosecondlaserilla. (Durrie –Kezirian 2005: 120-126).

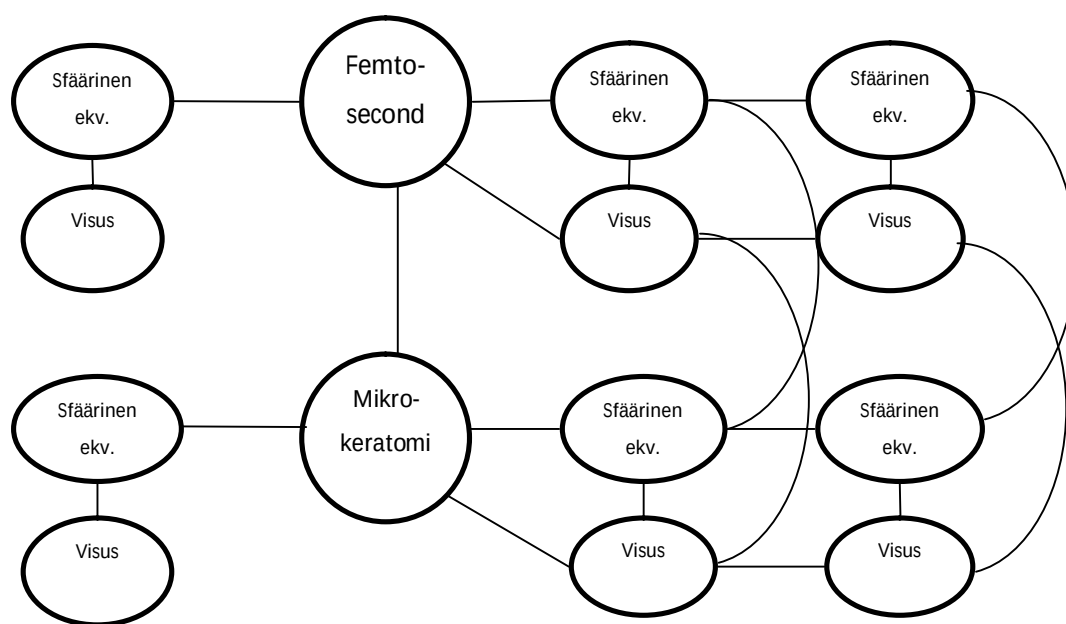
8 TUTKIMUSONGELMAT

8.1 Opinnäytetyömme tavoitteet

Opinnäytetyömme tavoitteina on selvittää onko mikrokeratomi- ja femtosecondlääpän tekomenetelmien ero tilastollisesti merkittävä. Sitä tutkitaan seuraavilla kysymyksillä:

1. Kummalla menetelmällä saavutetaan paremmat näöntarkkuudet ilman korjausta ensimmäisessä ja toisessa jälkitarkastuksessa?
2. Tapahtuuko näöntarkkuuksissa muutosta ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen välillä ja jos tapahtuu, mihin suuntaan?
3. Kummalla menetelmällä saavutetaan parempi sfäärinen ekvivalentti etenkin toisessa jälkitarkastuksessa?
4. Tapahtuuko ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen välillä regressiota ja jos tapahtuu, mihin suuntaan?
5. Paljonko toisen jälkitarkastuksen mikrokeratomin ja femtosecondlaserin sfäärisissä ekvivalenteissa on hajontaa nolasta?

Opinnäytetyömme tarkoitus oli selvittää onko femtosecond- ja mikrokeratomi-läpäntekomenetelmien välillä tilastollisesti merkittäviä eroja. Tuloksissa vertailimme jälkitarkastusten refraktio- ja näöntarkkuusarvoja sekä selvitimme kuinka paljon refraktioarvot poikkeavat emmetrooppisesta ± 0 :sta. Refraktioarvojen välisiä eroja laskiessamme hyödynsimme sfääristä ekvivalenttia. Tutkimusongelmia selvitimme kaavion avulla (kuvio8).



KUVIO 8. Tutkimusongelmat.

9 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

9.1 Opinnäytetyön eteneminen

Opinnäytetyömme tekeminen alkoi syksyllä 2007, kun kävimme Harri Koskelan kanssa sähköpostitse keskustelua opinnäytetyöstämme. Vierailimme Eiran sairaalassa, jolloin Harri Koskela ehdotti meille opinnäytetyömme aiheeksi mikrokeratomi- ja femtosecond-läpäntekomenetelmien vertailua LASIK-leikkauksissa. Saatuamme aiheen opinnäytetyöllemme, kävimme Espoon Medilaserissa harjoittelemassa DatagraphMed-ohjelman käyttöä optometrismi Jussi Kivivirran ohjauksessa. Osallistuimme opinnäytetyön ideavaiheen seminaariin, jossa esittelimme suunnitelman

opinnäytetyömme sisällöstä ja aikataulusta. Seminaarissa saimme opinnäytetyömme ohjaajiksi lehtorit Juha Havukummun ja Kaarina Pirilän.

Alkukevällä 2008 aloitimme lähdekirjallisuuden kokoamisen ja opinnäytetyömme teoriaosuuden kirjoittamisen. Teimme Eiran sairaalan kanssa vakiosopimuksen opinnäytetyömme tekemisestä. Etsimme mahdollisimman paljon aiheeseemme liittyvää teorialateriaa sekä etenkin femtosecondlaserista tehtyjä tutkimuksia. Tämä osoittautui kuitenkin haasteelliseksi, sillä femtosecond on menetelmänä uusi, eikä siitä ole juurikaan kirjallisuutta. Helmikuusta toukokuuhun 2008 kävimme Eiran sairaalassa syöttämässä tietoja esitutkimuksesta sekä jälkitarkastuksista DatagraphMed-ohjelmaan. DatagraphMedistä siirsimme tulokset Excel-taulukkolaskentaohjelmaan. Loppukeväästä jatkoimme teoriaosuuden kirjoittamista ja osallistuimme SPSS-kurssille, jossa käsitelimme keräämäämme aineistoa. Muokkasimme tulokset SPSS-ohjelmaan syötettävään muotoon ja siirsimme ne Excelistä SPSS-ohjelmaan. Osa tuloksista täytyi jaotella luokkiin, sillä ne eivät olleet SPSS-ohjelman ymmärrettävissä olevassa muodossa.

Alkusyksystä 2008 osallistuimme opinnäytetyön suunnitelmavaiheen seminaariin, täydensimme opinnäytetyömme teoriaosaa sekä jatkoimme aineiston käsittelyä SPSS-ohjelmalla. Etsimme uusinta materiaalia ja tutkimustuloksia, etenkin vastaavanlaisia vertailuja, opinnäytetyömme aiheeseen liittyen. Jäsensimme tutkimusongelmia kysymysmuotoon ja pohdimme mitä asioita haluaisimme vertailla tutkimustuloksissa. Tutustuimme myös tilastollisiin analysointimenetelmiin ja SPSS-ohjelman erilaisiin graafisiin esitystapoihin. Kävimme Eiran sairaalassa hakemassa alan uusimpia julkaisuja teoriaosuuttamme varten sekä keskustelemassa Harri Koskelan kanssa opinnäytetyöstämme. Kirjoitimme SPSS-ohjelmasta saamamme tulokset opinnäytetyömme tutkimusosaan.

Loppusyksystä 2008 viimeistelimme teoriaosuuden sekä teimme tilastollisesti merkittävien tulosten analysointia Kaarina Pirilän avulla. Kirjoitimme pohdinnan ja viimeistelimme opinnäytetyömme sekä lähdeluettelon. Etsimme valokuva- ja videokuvamateriaalia opinnäytetyömme esitystä varten.

9.2 Tutkimusjoukko

Eiran sairaala on Helsingissä sijaitseva yksityissairaala. Eiran sairaalassa asiakkaat käyvät ennen taittovirhekirurgista leikkausta esitutkimuksessa, jossa tutkitaan soveltuvuus LASIK-leikkaukseen ja tehdään tarvittavat mittaukset. Ennen leikkausta esitutkimuksessa määritetään asiakkaan refraktio ja näöntarkkuusarvot, otetaan topografia- ja wavefront-kuvat, mitataan sarveiskalvon kaarevuudet ja paksuus, tutkitaan sarveiskalvon kunto ja keskeinen silmänpohja. Jälkitarkastuksissa asiakkaalle tehdään näöntarkastus, jossa selvitetään leikkauksen jälkeinen refraktio sekä näöntarkkuusarvot ilman silmälasikorjausta ja silmälasikorjauksen kanssa.

Tutkimusjoukkomme sisälsi sata ihmistä eli yhteensä 200 silmää, joille oli tehty Eiran sairaalassa refraktiivinen LASIK-taittovirheleikkaus. Sataan silmään tehtiin LASIK-leikkauksen läppä femtosecondlaser-laitteella (LDV) ja sataan mekaanisella mikrokeratomilla (Moria M2). Rajasimme tutkimusaineiston sairaanhoitaja Susanna Vainion ja optikko Sirkku Mäkisen avulla myooppeihin, joille leikkaus oli tehty molempiin silmiin ja joiden tavoitteena oli emmetropia eli refraktio ± 0 . Mikrokeratomilla tehdyt leikkaukset olivat ajalta 3.5.2007-12.6.2007 ja femtosecondlaserilla tehdyt leikkaukset ajalta 3.8.2007-19.10.2007.

9.3 Tutkimusmenetelmä ja tutkimusaineiston kerääminen

Käytimme opinnäytetyössämme kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus on tilastollista tutkimusta. Sen avulla voidaan selvittää eri asioiden välisiä riippuvuuksia ja muutoksia sekä lukumääriin ja prosenttiosuuksiin liittyviä kysymyksiä. (Heikkilä 2005: 16.)

Käytimme Eiran sairaalassa DatagraphMed-ohjelmaa, joka on refraktiivisen kirurgian potilasasiakirjojen arkistointia sekä tilastollista tarkastelua varten suunniteltu ohjelma. Syötimme DatagraphMed-ohjelmaan potilaskansioista asiakkaiden henkilötiedot (nimi, henkilötunnus, sukupuoli), leikkaavan kirurgin nimen, refraktion ja silmälasikorjauksella saadun binokulaarisen näöntarkkuuden ennen leikkausta, ensimmäisestä ja toisesta jälkitarkastuksesta saadut refraktioarvot ja binokulaarisen näöntarkkuuden ilman silmälasikorjaustakorjausta ja silmälasikorjauksella. Tarkempina

leikkaustietoina syötimme ohjelmaan laserointiin käytetyn laitteen, laserointilaitteeseen ohjelmoidut voimakkuudet (sfäärinen voimakkuus, sylinterivoimakkuus, sylinterin akselisuunta sekä optisen alueen halkaisija), mustuaisaukon halkaisija hämärässä valaistuksessa, läpän tekoon käytetyn laitteen, läpän paksuuden (Moria M2:lla 120/160 ja femtosecond LDV:llä 110/140), ablaatiosyvyyden sekä sarveiskalvon paksuuden. Ohjelma laski refraktioarvoista sfäärisen ekvivalentin automaattisesti. Syötimme leikkauksen, esitutkimuksen ja jälkitarkastusten päivämäärät, jolloin ohjelma laski kuluneen ajan leikkauksen ja jälkitarkastusten välillä kuukausissa. Potilaat oli ohjeistettu varaamaan aika noin yhden ja kuuden kuukauden päähän leikkauksesta. Jälkitarkastusten ajankohdat saattoivat vaihdella hieman ohjeistetusta ajankohdasta.

Kirjasimme potilasasiakirjoista esi- ja jälkitarkastuksissa saadut näöntarkkuusarvot, joille valitsimme DatagraphMed-ohjelman valikosta vastaavan arvon. Jos arvoa ei löytynyt valmiiksi valikosta, pyöristimme sen ohjeiden mukaisesti ylöspäin seuraavaan näöntarkkuusarvoon.

Kaikki leikkaukset teki silmäkirurgi Harri Koskela. Esitutkimukset ja jälkitarkastukset tekivät optikko Sirkku Mäkinen, silmätauteihin erikoistuva lääkäri Kimmo Koskela sekä silmätautien erikoislääkäri Minna Virtanen ja silmäkirurgi Harri Koskela.

9.4 Tutkimusaineiston analysointi

Eiran sairaalassa käytimme DatagraphMed-ohjelmaa potilasasiakirjojen arkistointiin. Emme kuitenkaan voineet suoraan käyttää DatagraphMediin syötettyjä tietoja opinnäytetyössämme, joten jouduimme siirtämään tarvitsemamme tiedot Excel-tilukkolaskentaohjelmaan. Excel-tilukkolaskentaohjelmassa käsitelimme datatiedoston tilasto-ohjelma SPSS:lle sopivaan muotoon, jonka jälkeen syötimme aineiston SPSS-ohjelmaan.

Jaoimme esitutkimuksessa ja jälkitarkastuksissa saadut refraktioarvot luokkiin, jotta niitä olisi helpompi käsitellä tilastointia varten. Esitutkimuksen refraktioluokkia oli 18 ja jaoimme ne sfäärisen voimakkuuden ja sylinterivoimakkuuden määrän mukaan. Kävimme läpi tutkimusjoukkomme esitutkimuksessa saadut refraktioarvot ennen jaottelun tekemistä ja huomioimme tulokset jaottelussa.

Jaoimme sfääriset voimakkuudet 1.50 dioptrian välein, jotta jaottelu ei olisi liian karkea eikä luokkia myöskään tulisi liikaa. Sylinterivoimakkuuden jaoimme kahteen ryhmään, joko -1.00 dioptriaa tai sen alle tai -1.25 dioptriaa tai sen yli. Valitsimme korkeimmaksi sfääriseksi refraktioluokaksi -7.75 tai yli, koska emme halunneet tehdä luokkia liikaa eikä sen merkittävästi ylittäviä refraktioarvoja ollut montaa.

Jälkitarkastuksen refraktioluokkia oli 15. LASIK-leikkauksen jälkeen tulos voi olla myös hyperooppinen. Huomasimme myös, että leikkauksen jälkeinen astigmatia oli yleistä, joten teimme useita luokkia sylinteriarvoille. Luokituksessa suurin mahdollinen sfäärinen voimakkuus oli ± 0.75 tai sen yli. Sylinterivoimakkuuden jaottelimme joko -0.50 dioptriaa tai sen alle tai -0.75 dioptriaa tai sen yli. Tutkimuksen tuloksen luotettavuuden kannalta teimme jälkitarkastusten refraktioluokkien väleistä pieniä, sillä leikkauksen jälkeen hajonta nolasta on pientä.

9.5 Aineiston analyysimenetelmät

Käytimme opinnäytetyömme tilastollisessa aineiston analysoinnissa SPSS-ohjelmaa (Statistical Package for Social Science) (Heikkilä 2005: 122).

Validiteetti kuvaa sitä, kuinka hyvin on onnistuttu mittaamaan juuri sitä mitä pitikin mitata. *Reliabiliteetti* määritellään kyvyksi tuottaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. (Heikkilä 2005: 186-187.)

Keskiarvolla tarkoitetaan arvoa, joka saadaan jakamalla havaintoarvojen summa havaintoarvojen lukumäärällä. *Mediaani* on havaintojen ollessa pariton määrä suuruusjärjestykseen asetetuista havainnoista keskimäinen ja havaintojen ollessa parillinen määrä kahden keskimäisen arvon keskiarvo. Arvon ylä- ja alapuolella on yhtä monta havaintoa. *Moodiksi* eli tyyppiarvoksi kutsutaan arvoa joka esiintyy joukossa useimmin. (Heikkilä 2005: 83-84.)

T-testillä voidaan testata kahden toisesta riippumattoman ryhmän keskiarvoja. Ohjelmalla testataan, ovatko varianssit yhtä suuria ja ilmoittaa sen jälkeen tulokset sekä yhtä suurten että eri suurten varianssien tapauksessa. T-testin edellytyksenä on

muuttujan normaali jakautuminen. (Heikkilä 2005: 230.) *Varianssi* on keskihajonnan neliö, joka kuvaa muuttujan vaihtelua (Heikkilä 2005: 87).

Parittainen t-testi on t-testin erityismuoto (Pitkäniemi 2005). Siinä tutkitaan samoja yksiiöitä ennen jotakin toimenpidettä ja sen jälkeen sekä tapausten välille aiheutuvaa riippuvuutta (Heikkilä 2005: 224).

P-kerroin mittaa tehdyn johtopäätöksen tilastollista luotettavuutta. Se kertoo, kuinka suuri riski on, että saatu ero tai riippuvuus johtuu sattumasta. Testattu riippuvuus tai ero on:

- tilastollisesti erittäin merkittävä, jos $p \leq 0.001$
- tilastollisesti merkittävä, jos $0.001 < p \leq 0.01$
- tilastollisesti melkein merkittävää, jos $0.01 < p \leq 0.05$
- tilastollisesti suuntaa antavaa, jos $0.05 < p \leq 0.1$

(Heikkilä 2005: 194-195.)

10 TUTKIMUSTULOKSET

10.1 Tutkimusjoukko

Tutkimusaineistossamme naisten osuus oli 58% ja miesten osuus 42%. Mikrokeratomilla leikatuista henkilöistä naisia oli 56% ja miehiä 44% sekä femtosecondlaserilla leikatuista naisia oli 60% ja miehiä 40%. Molemmissa ryhmissä naisten osuus oli suurempi.

Mikrokeratomilla leikatuista nuorimman henkilön ikä oli 20 vuotta ja vanhimman 52 vuotta. Kaikkien mikrokeratomilla leikattujen iän keskiarvo oli 32,28 vuotta, sekä mediaanin että moodin ollessa 31. Femtosecondlaserilla leikatuista nuorimman henkilön ikä oli 18 vuotta ja vanhimman 57 vuotta. Kaikkien femtosecondlaserilla leikattujen iän keskiarvo oli 35,59 vuotta, mediaanin ollessa 35,50 ja moodin ollessa 43. Femtosecondissa ikäjakauma oli laajempi sekä suurin leikkausikäryhmä oli huomattavasti vanhempi (12 vuotta). LIITE 1.

10.2 Refraktioryhmät ennen leikkausta

Käsitlemme opinnäytetyössämme pelkkiä myooppeja. Jätimme hyperoovit tutkimusjoukkomme ulkopuolelle, koska laserleikkauksia tehdään merkittävästi enemmän myoopeille. Kummassakin leikkausmenetelmässä suurimman ryhmän muodostivat ryhmät 8) sf -1.75–-3.00 cyl alle -1.00, 9) sf -3.25–-4.50 cyl alle -1.00 ja 10) sf -4.75–-6.00 cyl alle -1.00 jotka muodostavat yhdessä vähintään 50% kaikista refraktioryhmistä. Tarkemmin jaotellut refraktioryhmät ja niiden edustamat prosenttimäärät koko joukosta löytyvät liitteistä. LIITE 2.

10.3 Visukset ennen leikkausta

Ennen laserleikkausta mikrokeratomilla leikatuista yksi prosentti saavutti lasikorjauksella näöntarkkuuden 0.8, 47% saavutti näöntarkkuuden 1.0, 50% saavutti näöntarkkuuden 1.25 ja 2% saavutti näöntarkkuuden 1.6. Femtosecondlaserilla leikatuista 24% saavutti lasikorjauksella näöntarkkuuden 1.0, 69% saavutti näöntarkkuuden 1.25 ja seitsemän prosenttia saavutti näöntarkkuuden 1.6. Ennen leikkausta femtosecondlaserilla leikatuilla visusarvot lasikorjauksella olivat lähtökohtaisesti hieman parempia kuin mikrokeratomilla leikatuilla henkilöillä.

10.4 Refraktiot ensimmäisessä jälkitarkastuksessa

Sekä mikrokeratomilla että femtosecondlaserilla leikatuilla ensimmäisen jälkitarkastuksen refraktioissa neljä suurinta luokkaa olivat samat: sf 0.00, sf +0.25–+0.50, sf 0.00 cyl alle -0.50 ja sf +0.25–+0.50 cyl alle -0.50. Mikrokeratomilla leikatuista tavoitellun refraktion ± 0 saavutti 30% ja femtosecondlaserilla leikatuista 23%. Femtosecondlaserilla suurin ja mikrokeratomilla toiseksi suurin refraktioluokka oli sf +0.25–+0.50. Tätä refraktioluokkaa oli mikrokeratomilla leikatuista 26% ja femtosecondlaserilla 28%. Kummassakin läpäntekomenetelmässä näiden neljän refraktioluokan osuus oli 83%. Molemmissa läpäntekomenetelmissä ensimmäisessä jälkitarkastuksessa oli huomattava määrä emmetrooppien lisäksi sekä hyperooppisia että astigmaattisia silmiä. LIITE 3.

Mikrokeratomilla leikatuista ensimmäisen jälkitarkastuksen sfäärisissä ekvivalenteissa prosentuaalisesti suurin ryhmä on hyperoopit (36%). Toiseksi suurin ryhmä on emmetroopit (35%) ja pienin ryhmä myoopit (29%). Mikrokeratomilla leikatuista ensimmäisessä jälkitarkastuksessa suurin osa silmistä oli hyperooppisia.

Femtosecondlaserilla leikatuista ensimmäisen jälkitarkastuksen sfäärisissä ekvivalenteissa prosentuaalisesti suurin ryhmä on myös hyperoopit (49%). Toiseksi suurin ryhmä on emmetroopit (26%) ja pienin ryhmä on myoopit (25%). Femtosecondlaserilla leikatuista ensimmäisen jälkitarkastuksen jälkeen lähes puolet silmistä oli hyperooppisia. LIITE 4.

10.5 Näöntarkkuudet ensimmäisessä jälkitarkastuksessa ilman korjausta ja korjauksella

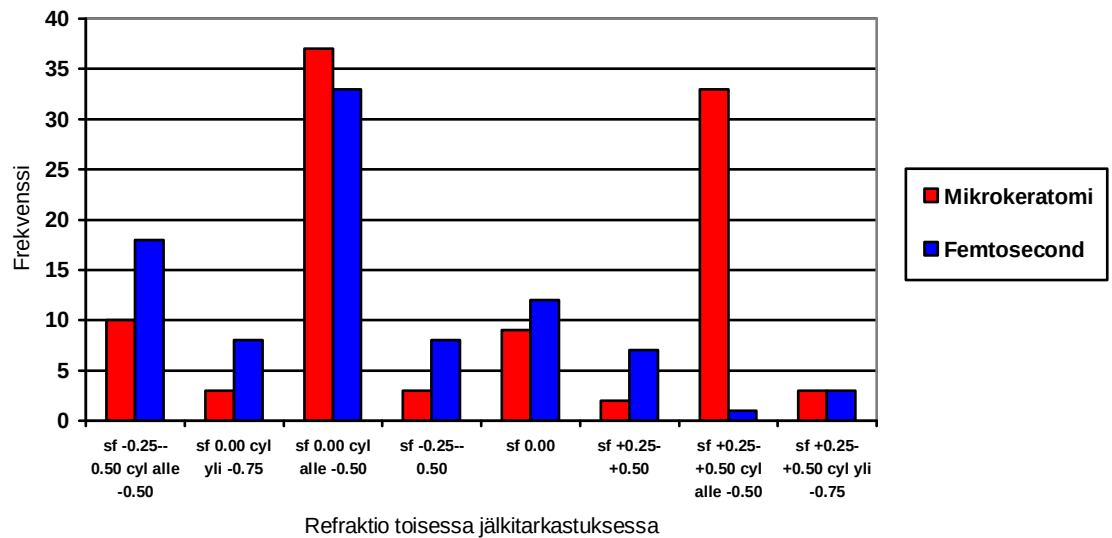
Mikrokeratomilla leikatuista ensimmäisessä jälkitarkastuksessa ilman korjausta näöntarkkuuden 1.0 tai paremman saavutti 91% silmistä. Femtosecondlaserilla leikatuista näöntarkkuuden 1.0 tai paremman saavutti 97% silmistä.

Mikrokeratomilla leikatuista ensimmäisessä jälkitarkastuksessa korjauksen kanssa näöntarkkuuden 1.0 tai paremman saavutti 99% silmää. Femtosecondlaserilla kaikki 100% leikatuista saavutti korjauksen kanssa näöntarkkuuden 1.0 tai paremman. LIITE 5.

10.6 Refraktiot toisessa jälkitarkastuksessa

Toisessa jälkitarkastuksessa sekä mikrokeratomilla että femtosecondlaserilla leikatuilla suurin refraktioluokka oli sf 0.00 cyl alle -0.50, joita oli mikrokeratomilla 37% ja femtosecondlaserilla 33%. Mikrokeratomilla toiseksi yleisin refraktioluokka oli sf +0.25--0.50 cyl alle -0.50, joita oli 33% (kuvio 9). Mikrokeratomilla refraktion ± 0 saavutti enää 9%, kun taas ensimmäisessä jälkitarkastuksessa refraktion ± 0 saavutti 30%. Femtosecondlaserilla refraktion ± 0 saavutti 22% eli tulos pysyi lähes samana kuin ensimmäisessä jälkitarkastuksessa, jossa määrä oli 23%. Kolmanneksi suurin ryhmä femtosecondlaserilla leikatuista oli sf +0.25--0.50 cyl alle -0.50 joita oli 18%. Mikrokeratomilla jälkitarkastuksen refraktiot olivat jakautuneet tasaisesti pienten voimakkuuksien kesken, kun taas femtosecondlaserilla oli 3% suurinta refraktioluokkaa

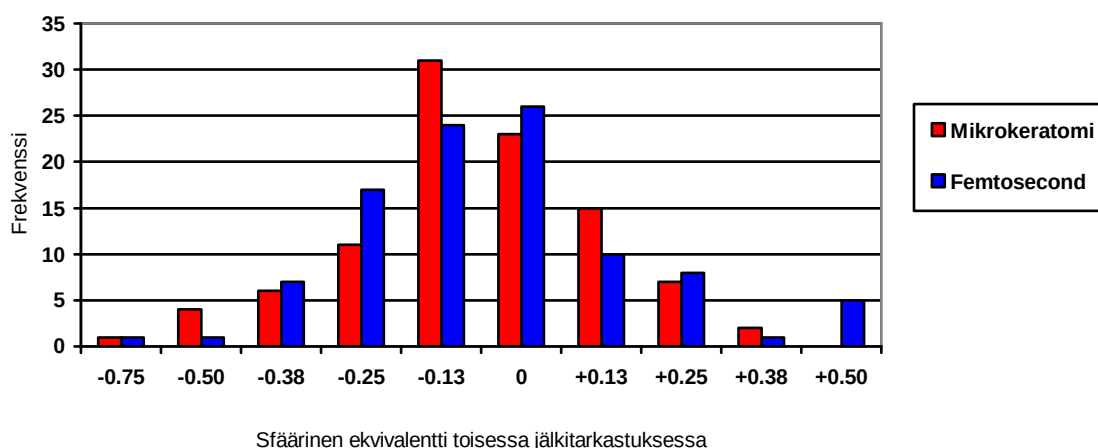
sf +0.75 tai yli cyl alle -0.50. Mikrokeratomilla yksikään silmistä ei saavuttanut tätä refraktioluokkaa. LIITE 6.



KUVIO 9. Refraktiot toisessa jälkitarkastuksessa mikrokeratomilla ja femtosecondlaserilla.

Toisen jälkitarkastuksen sfäärisissä ekvivalenteissa mikrokeratomilla leikatuista suurin ryhmä oli myoopit (53%). Toiseksi suurin ryhmä oli hyperoopit (24%) ja emmetrooppeja oli loput 23% (kuvio 10). LIITE 6.

Toisessa jälkitarkastuksessa myös femtosecondlaserilla leikatuista suurin ryhmä oli myoopit (50%). Toiseksi suurin ryhmä oli emmetroopit (26%) ja hyperooppia oli loput 24 %.

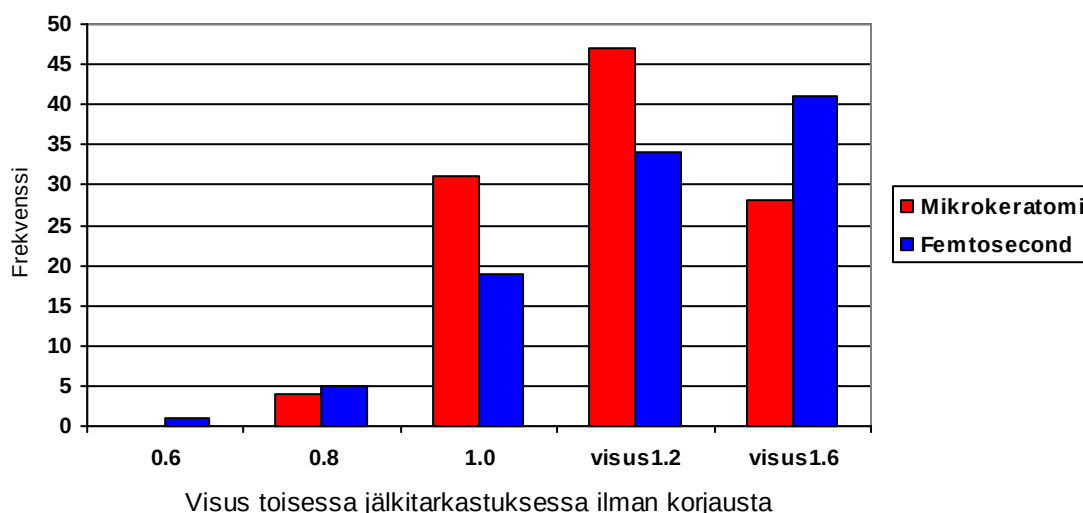


KUVIO 10. Sfäärinen ekvivalentti toisessa jälkitarkastuksessa.

10.7 Näöntarkkuudet toisessa jälkitarkastuksessa ilman korjausta ja korjauksella

Mikrokeratomilla leikatuista toisessa jälkitarkastuksessa ilman korjausta näöntarkkuuden 1.0 tai paremman saavutti 96% silmistä. Ensimmäiseen jälkitarkastukseen verrattuna mikrokeratomilla leikkattuja silmiä, joissa oli alentunut näöntarkkuus, oli 5% vähemmän. Femtosecondlaserilla leikatuista näöntarkkuuden 1.0 tai paremman saavutti 94% silmistä. Ensimmäiseen jälkitarkastukseen verrattuna femtosecondlaserilla leikkattuja silmiä, joissa näöntarkkuus oli vähemmän kuin 1.0, oli 3% enemmän.

Mikrokeratomilla leikatuista toisessa jälkitarkastuksessa korjauksen kanssa näöntarkkuuden 1.0 tai paremman saavutti 99% silmistä. Femtosecondlaserilla kaikki 100% leikatuista saavutti korjauksen kanssa näöntarkkuuden 1.0 tai paremman (kuvio 11). Molemmissa leikkausmenetelmissä toisen jälkitarkastuksen näöntarkkuudet korjauksen kanssa olivat samat kuin ensimmäisessä jälkitarkastuksessa. LIITE 7.



KUVIO 11. Toisen jälkitarkastuksen näöntarkkuus ilman korjausta.

11 TILASTOLLINEN VERTAILU

Teimme tilastollista vertailua ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen ja läpäntekomenetelmien välillä vertaillen sfääristen ekvivalenttien ja näöntarkkuuksien välisiä muutoksia. Käytimme tilastollisen vertailun apuna t-testiä ja parittaista t-testiä.

11.1 Näöntarkkuuden muutos ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen välillä

Ensimmäisessä jälkitarkastuksessa ilman korjausta näöntarkkuuksien keskiarvot olivat mikrokeratomilla 1.1995 (st.dv=0.22400) ja femtosecondlaserilla 1.2690 (st.dv=0.25164). Toisessa jälkitarkastuksessa ilman korjausta näöntarkkuuksien keskiarvot olivat mikrokeratomilla 1.2175 (st.dv=0.22127) ja femtosecondlaserilla 1.3170 (st.dv=0.26961). Kummassakin jälkitarkastuksessa näöntarkkuudet olivat femtosecondlaserilla paremmat kuin mikrokeratomilla. Keskihajonta oli femtosecond-läpäntekomenetelmällä kummassakin jälkitarkastuksessa näöntarkkuuksien suhteen suurempi.

Molemmilla menetelmillä näöntarkkuudet paranivat toisessa jälkitarkastuksessa verrattuna ensimmäiseen jälkitarkastukseen. Femtosecondlaserilla näöntarkkuuden

parantuminen ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen välillä on tilastollisesti melkein merkittävää ($p=0.049$). Mikrokeratomilla ero ei ole tilastollisesti merkittävä ($p=0.403$).

11.2 Ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen välinen muutos sfäärisissä ekvivalenteissa

Toisessa jälkitarkastuksessa mikrokeratomin sfäärisissä ekvivalenteissa on hajontaa nollasta $\text{std.dev}=0.20390$ ja femtosecondin sfäärisissä ekvivalenteissa hajonta oli $\text{std.dev}=0.22685$. Femtosecondlaserilla hajonta oli suurempi kuin mikrokeratomilla.

Parittaisen t-testin mukaan ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen välillä tapahtuu muutosta. Ensimmäisessä jälkitarkastuksessa mikrokeratomilla sfäärisen ekvivalentin keskiarvo on 0.0175 ($\text{std.dev}=0.21033$) ja toisessa jälkitarkastuksessa -0.0742 ($\text{std.dev}=0.20390$). Näin ollen jälkitarkastusten välillä tapahtuu myopisoitumista. Jälkitarkastusten välillä tapahtuva muutos on parittaisen t-testin mukaan tilastollisesti merkittävää ($p=0.000$).

Femtosecondlaserilla ensimmäisessä jälkitarkastuksessa sfäärisen ekvivalentin keskiarvo on 0.0681 ($\text{std.dev}=0.26241$) ja toisessa jälkitarkastuksessa -0.0510 ($\text{std.dev}=0.22685$). Myös femtosecondlaserilla jälkitarkastuksien välillä tapahtuu myopisoitumista. Jälkitarkastusten välillä tapahtuva muutos on parittaisen t-testin mukaan tilastollisesti merkittävää ($p=0.000$).

11.3 Sfääristen ekvivalenttien keskiarvojen ero mikrokeratomin ja femtosecondin välillä

Ensimmäisessä jälkitarkastuksessa t-testin mukaan mikrokeratomin sfäärisen ekvivalentin keskiarvo on $0,0211$ ($\text{std.dev}=0.21238$) ja femtosecondin sfäärisen ekvivalentin keskiarvo on $0,0681$ ($\text{std.dev}=0.26241$). Näin ollen femtosecondin sfäärinen ekvivalentti on hyperooppisempi kuin mikrokeratomin. Tämä ero ei kuitenkaan ole t-testin mukaan tilastollisesti merkittävä ($p=0.165$).

Toisessa jälkitarkastuksessa t-testin mukaan mikrokeratomin sfäärisen ekvivalentin keskiarvo on -0.0735 ($\text{std.dev}=0.20300$) ja femtosecondin sfäärisen ekvivalentin

keskiarvo on -0.0510 (std.dev=0.22685). Näin ollen mikrokeratomien sfäärinen ekvivalentti on myöppisempi kuin femtosecondin. Tämä ero ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkittävä ($p=0.461$).

11.4 Näöntarkkuudet ennen leikkausta ja toisessa jälkitarkastuksessa

Ennen leikkausta mikrokeratomilla silmälasikorjauksella saavutetun näöntarkkuuden (BCVA) keskiarvo on 1.1350 (std.dev=0.14434) ja femtosecondlaserilla BCVA:n keskiarvo on 1.2145 (std.dev=0.15013). Näin ollen femtosecondlaser-leikkaukseen tulleiden näöntarkkuus ennen leikkausta on korkeampi. Keskiarvojen ero on tilastollisesti merkittävä ($p=0,000$).

Emme ota huomioon ensimmäisen jälkitarkastuksen näöntarkkuuksien keskiarvojen eroa, sillä toisen jälkitarkastuksen tulos on viimeisin. Toisessa jälkitarkastuksessa mikrokeratomilla BCVA:n keskiarvo on 1.2175 (std.dev=0.22127) ja femtosecondlaserilla BCVA:n keskiarvo on 1.3170 (std.dev=0.26961). Näin ollen femtosecondlaser-leikkaukseen tulleiden näöntarkkuus toisessa jälkitarkastuksessa on korkeampi. Keskiarvojen ero on tilastollisesti merkittävä ($p=0.005$). Ei voida kuitenkaan sanoa, että femtosecondlaser-läpäntekomenetelmällä saataisiin parempia näöntarkkuustuloksia, sillä henkilöillä, joille tehtiin LASIK-leikkaus femtosecondlaser-läpäntekomenetelmällä, oli näöntarkkuus korkeampi jo ennen leikkausta.

12 TULOSTEN YHTEENVETO

Molemmilla läpäntekomenetelmillä näöntarkkuudet paranivat toisessa jälkitarkastuksessa ensimmäiseen jälkitarkastukseen verrattuna. Mikrokeratomilla ensimmäisen ja toisen jälkitarkastuksen välillä tapahtuva muutos ei ole tilastollisesti merkittävää, kun taas femtosecondlaserilla on melkein merkittävää. Femtosecondlaserilla kuitenkin saavutetaan mikrokeratomia paremmat näöntarkkuusarvot ensimmäisessä sekä toisessa jälkitarkastuksessa.

Toisessa jälkitarkastuksessa femtosecondlaserilla saavutettiin ilman silmälasikorjausta paremmat näöntarkkuudet kuin mikrokeratomilla, joka on tilastollisesti merkittävää. Ei

voida kuitenkaan sanoa, että femtosecondlaser-läpäntekomenetelmällä saataisiin parempia näöntarkkuusarvoja kuin mikrokeratomilla, koska femtosecondlaserilla tehtyyn LASIK-leikkaukseen tulleiden näöntarkkuusarvot olivat jo valmiiksi korkeammat kuin mikrokeratomilla. Femtosecondlaserilla saatujen näöntarkkuusarvojen keskihajonta oli suurempaa mikrokeratomiin verrattuna, joka tarkoittaa että arvot ovat enemmän hajallaan keskiarvon ympärillä.

Femtosecondlaserilla sekä ensimmäisessä että toisessa jälkitarkastuksessa sfääristen ekvivalenttien keskihajonta on suurempi mikrokeratomiin verrattuna. Kummallakin menetelmällä ensimmäisessä ja toisessa jälkitarkastuksessa tapahtuu tilastollisesti merkittävää muutosta. Ensimmäisessä jälkitarkastuksessa sfäärisen ekvivalentin keskiarvo on kummallakin menetelmällä hyperooppinen ja toisessa jälkitarkastuksessa myooppinen. Näin ollen molemmilla menetelmillä leikkauksen jälkeen tapahtuu regressiota.

Ensimmäisessä jälkitarkastuksessa femtosecondin sfäärinen ekvivalentti on hyperooppisempi kuin mikrokeratomin ja toisessa jälkitarkastuksessa vähemmän myooppisempi, mutta kumpikaan näistä eroista ei ole tilastollisesti merkittävää.

13 POHDINTA

Femtosecondlaser-tekniikan käyttöönotto on aloittanut kilpailun sekä tieteellisellä että kaupallisella alueella. Refraktiivisia leikkauksia tekevien kirurgien taakkana ovat kohonneet leikkauskulut. Kirurgit ovatkin kohdanneet nyt uuden ongelman: Kannattaako hankkiutua eroon mekaanisesta mikrokeratomista ja investoida uuteen femtosecondlaseriin? (Konstantakopoulou – Charonis 2007: 46.)

13.1 Luotettavuuden arviointi

Tutkimuksemme realibiliteettia ja validiteettia tukee tutkimusjoukkomme suuri koko (n=200). Luotettavuutta lisäsi myös se, että kaikki leikkaukset teki sama leikkaava silmäkirurgi Harri Koskela. Leikkaukset suoritettiin lyhyellä aikavälillä (kesäkuu-syyskuu 2007) samassa leikkaustilassa, joten ulkopuoliset leikkaukseen vaikuttavat

tekijät olivat hyvin samankaltaiset. Ainoa ero leikkauksien välillä oli läpäntekomenetelmä. Ennen leikkausta tehtävät mittaukset sekä leikkauksessa käytettävät laitteet kuten laserointilaite (Excimer) olivat samoja.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikutti heikentävästi se, että jälkitarkastuksia oli tehnyt useampi eri henkilö. Eri henkilöillä on erilainen tapa tehdä näöntarkastus ja merkitä tuloksia. Myös jälkitarkastuksen ajankohta sekä tarkastettavan vireystila saattoivat vaikuttaa saavutettuun näöntarkkuuteen. Tämän vuoksi pidimme luotettavampana vertailla jälkitarkastuksien refraktioarvoja ja sfääristä ekvivalenttia näöntarkkuuden sijaan. Tutkimuksen tuloksiin saattaa vaikuttaa se, että mikrokeratomi-leikkausmenetelmä on ollut Eiran sairaalassa käytössä vuodesta 1999. Femtosecond-läpäntekomenetelmä on ollut käytössä vasta alkusyksystä 2007. Tällöin mikrokeratomin käyttöön on muodostunut enemmän rutiinia.

Tulosten kirjaus Eiran sairaalassa tapahtui aina samalla tavalla ja samalla tietokoneella. Syötimme tuloksia useana eri ajankohtana, mutta työnjako oli aina sama. Tulosten syöttämisvaiheessa tapahtuneiden pienten inhimillisten virheiden mahdollisuus on siis olemassa.

13.2 Tutkimustulokset

Opinnäytetyömme tarkoitus oli vertailla mikrokeratomilla- ja femtosecondlaser-läpäntekomenetelmällä saatuja tuloksia. Vertailimme ensimmäisessä ja toisessa jälkitarkastuksessa saatuja refraktioarvoja, sfäärisiä ekvivalentteja sekä näöntarkkuusarvoja ilman silmälasikorjausta ja silmälasikorjauksen kanssa. Painotimme tuloksien vertailussa toisen jälkitarkastuksen tuloksia enemmän kuin ensimmäisen, sillä ne antavat enemmän suuntaa lopullisesta refraktiosta.

Opinnäytetyömme perusteella mikrokeratomi- ja femtosecondläpäntekomenetelmillä saavutetut näöntarkkuus- ja voimakkuusarvot eivät eroa tilastollisesti merkittävästi. Molemmilla leikkausmenetelmillä tapahtui regressiota, sillä refraktiotulos oli myöppisempi toisessa jälkitarkastuksessa.

Kaikissa taittovirheleikkauksissa oli tavoitteena refraktiotulos ± 0 . Mikrokeratomilla näitä tuloksia (30) saavutettiin hieman femtosecondlaseria enemmän (23) ensimmäisessä jälkitarkastuksessa, mutta toiseen jälkitarkastukseen mennessä mikrokeratomilla ± 0 -tulosten määrä väheni huomattavasti (9) kun taas femtosecondlaserilla määrä pysyi lähes samana (22). Tältä kannalta katsottuna femtosecondlaserilla regressio on vähäisempää.

Vaikka emme löytäneet tuloksellista eroa läpäntekomenetelmien välillä saattaa niiden turvallisuudessa ja aiheutuissa komplikaatioissa olla eroja. Kummassakin läpäntekomenetelmässä on omat hyötynsä sekä komplikaatioriskinsä. Femtosecond saattaa olla leikattavalle miellyttävämpi sen alhaisemman paineistuksen vuoksi.

Jatkotutkimusaiheiksi ehdotamme vertailua mikrokeratomilla ja femtosecondlaserilla aiheutuvista komplikaatioista. Opinnäytetyötämme vastaavan vertailun voisi tehdä myös hyperoopeille, jos femtosecond-leikkausmenetelmä yleistyy tulevaisuudessa heidän keskuudessaan. Jatkotutkimusaiheena voisi myös olla leikkauksenjälkeisen astigmaattisuuden tutkiminen.

13.3 Prosessi

Opinnäytetyön tekeminen osoittautui hyvin haasteelliseksi ja työlääksi. Prosessia hankaloitti teoriaosuudessa materiaalin saannin vaikeus. Etenkin femtosecondlaser-menetelmästä ei löytynyt tietoa, sillä kun aloitimme työn tekemisen syksyllä 2007, menetelmä oli vielä uusi. Erityisesti teorian löytäminen femtosecondlaserista oli vaikeaa. Käytännössä kaikki teoriaosuuden materiaali oli englanninkielistä, joten tekstien suomentamiseen kului paljon aikaa. Luimme kymmeniä eri tutkimukseemme liittyviä julkaisuja, mutta moni mielenkiintoinen ja työmme kannalta hyödyllinen artikkeli jäi lukematta, koska resurssiemme puitteissa niitä ei ollut saatavilla Suomessa. Oli myös vaikeaa tulkita artikkelien luotettavuutta. Myös monet artikkelit olivat keskenään ristiriitaisia.

Tutkimusaineiston keräämistä vaikeutti se, että pääsimme Eiran sairaalaan syöttämään leikkaustuloksia vain ajankohtina, jotka sopivat Eiran sairaalan henkilökunnan aikatauluihin. Aluksi ajattelimme, että meille riittää pelkkä DatagraphMedin käyttö

tutkimustuloksien käsittelyssä, mutta myöhemmin meille selvisi, että se ei ole tarpeeksi validi ohjelma opinnäytetyön tekemistä varten. Käytimme koko kevään 2008 tietojen siirtämiseen DatagraphMedista Excel-taulukkolaskentaohjelmaan ja siihen, että muokkasimme tulokset SPSS-tilastointiohjelman ymmärtämään muotoon. Oli vaikeaa päättää, mitä osaa aineistosta käytämme tuloksien analysoinnissa. Pohdimme tutkimuksen alussa, että vertailisimme myös sarveiskalvon paksuuden vaikutusta leikkaustuloksiin. Sarveiskalvon paksuus ei kuitenkaan korreloinut leikkaustuloksien kanssa, joten päätimme jättää sen vaikutuksen tarkemman tutkimisen kokonaan pois.

Oli mielenkiintoista lähestyä aihetta joka kiinnosti meitä molempia. Opinnäytetyön tekemisen aikana syvensimme opiskelujemme aikana saatuja oppeja etenkin silmälääketieteen näkökulmasta. Opinnäytetyön aikana opituista asioista on meille hyötyä työskennellessämme optikkona, koska taittovirhekirurgia on kasvava ala. Optikoiden tarve taittovirheleikkauksia tekevissä sairaaloissa on kasvussa. Mahdollisesti tulevaisuudessa optikoilla on laillistus tehdä refraktioita taittovirhekirurgisesti leikatuille asiakkaille. Myös opinnäytetyöprosessi on ollut kasvattavaa. Laajan kokonaisuuden hahmottaminen ja jäsentäminen on ollut opettavaista. Aineistoa etsiessä olemme lukeneet paljon englanninkielistä materiaalia, joka on parantanut alan sanaston osaamista ja lisännyt tietoaamme sekä optiselta että silmälääketieteelliseltä alalta. Prosessin aikana olemme alkaneet pohtia optikon työtä ja taittovirhekirurgiaa alana myös eettisestä näkökulmasta.

LÄHTEET

Arlainstituutti - Silmät ja näkeminen 2006. Verkkodokumentti.

<<http://www.arlainst.fi/index.php?k=12499>>. Luettu 25.5.2008

Bausch & Lomb Zyoptix. Verkkodokumentti.

<http://zyoptix.com/zyoptix_uk/zyoptix_vs_lasik.html>. Luettu 13.5.2008.

Benjamin, William - Borish's clinical refraction 2006: Toinen painos. Butterworth - Heinemann Elsevier Missouri.

Buratto, Lucio - Brint, F. Stephen 1997: Lasik - Principles and techniques. Slack Incorporated.

Choi, Suk Kyue – Kim, Jin Hyung – Lee, Doh – Oh, Sae Hoon – Lee, Jong Hyun – Ahn, Min Soo 2008: Creation of an extremely thin flap using IntraLase femtosecond laser. Journal Of Cataract & Refractive Surgery 34 (5). 864-867.

Durrie, Daniel S. – Kezirian, Guy M. 2005: Femtosecond laser versus mechanical keratome flaps in wavefront-guided laser in situ keratomileusis. Journal of cataract and refractive surgery 31 (1). 120-126.

Eiran sairaala 2008. Verkkodokumentti. <<http://www.eiransairaala.fi/>>. Luettu 25.5.2008.

Forrester, John - Dick, Andrew- McMenamin, Paul - Lee, William 1999: The Eye - Basic sciences in practice. London: Hardcourt Brace & Company Ltd.

Hamano, Hikaru - Herbert E. Kaufman 1997: Corneal physiology and disposable contact lenses. United States of America: Butterworth - Heinemann.

Heikkilä, Tarja. Tilastollinen tutkimus 2005: 5.-6. painos. Edita Prima Oy.

- Hernández-Verdejo, José L. – Teus, Miguel A. – Román, José M. – Bolívar, Gema
2007: Porcine model to compare real-time intraocular pressure during LASIK with a mechanical mikrokeratome and femtosecond laser. *Investigative ophthalmology & visual science* 48 (1). 68-72.
- Holzer, Mike P. – Rabsilber, Tanja M. – Auffart, Gerd U. 2006: Femtosecond laser assisted corneal flap cuts: Morphology, accuracy, and histopathology. *Investigative ophthalmology & visual science* 47 (7). 2828-2831.
- Hom, Milton M. - Bruce, Adrian S. 2006: Manual of contact lense prescribing and fitting. 3. painos. United States of America: Butterworth - Heinemann Elsevier.
- Kaiserman, Igor – Maresky, Hillel S. – Bahar, Irit – Rootman, David S. 2008: Incidence, possible risk factors, and potential effects of an opaque bubble layer created by a femtosecond laser. *Journal Of Cataract & Refractive Surgery* 34 (3). 417-423.
- Karger 2008. Verkkodokumentti.
<http://www.karger.com/gazette/64/kohnen/images/fig_5_art5_gross.jpg>.
Luettu 30.9.2008.
- Kermani, Omid – Oberheide, Uwe 2008: Comparative micromorphologic in vitro porcine study of IntraLase and Femto LDV femtosecond lasers. *Journal of cataract and refractive surgery* 34 (8). 1393-1399.
- Kezirian, Guy M. – Stonecipher, Karl G. 2004: Comparision of the IntraLase femtosecond laser and mechanical keratomes for laser in situ keratomileusis. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 30 (4). 804-811.
- Kim, Yong Jae - Kim, Joon Myoung - Kim, Tae-im - Choi, Hyun-jeung - Pak, Jhang Ho - Tchah, Hungwon 2006: A Femtosecond laser creates a stronger flap than a mechanical microkeratome. *Investigative Ophthalmology & Vision Science* 47 (2). 599-603.

Konstantakopoulou, Evgeia G. – Charonis, George C. 2007: Is the mechanical microkeratome dead? *Cataract & Refractive Surgery* 2 (8). 46-49.

Laser-Porus 2008. Verkkodokumentti. <<http://www.laser-porus.fi/index.php?page=mita-excimer-laser-on>>. Luettu 13.5.2008.

Lubatschowski, Holger 2008: Proceeding of the sixth international congress on advanced surface ablation & SBK: Overview of commercially available femtosecond lasers in refractive surgery. *Journal of refractive surgery* 24 (1). 102-107.

Mian, Shahzad I. – Shtein, Roni M. – Nelson, Adriana – Musch, David C. 2007: Effect of hinge position on corneal sensation and dry eye after laser in situ keratomileusis using a femtosecond laser. *Journal of cataract and refractive surgery* 33 (7). 1190-1193.

Millodot, Michael 2000: Dictionary of optometry and visual science. 5. painos. Butterworth – Heinemann.

Moilanen, Jukka: Corneal recovery after uncomplicated and complicated PRK and LASIK. Väitöskirja. Helsinki 2008.

Moria Surgical 2008. Moria M2 Verkkosite. <http://www.moria-surgical.com/Portal_Upload/Files/PDF/Liens%20LASIK/66008B-M2SU.pdf>. Luettu 19.5.08.

Muallem, Marcus S. - Yoo T. Sonia - Romaro C. Andre - Schiffman C. Joyce - Culbertson W. William 2004: Corneal flap thickness in laser in situ keratomileusis using the Moria M2 microkeratome. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 30 (9). 1902-1908.

Obstfeld, Henri 1982: Optics in Vision. Toinen painos. Butterworths.

- Patel, Sanjay V. - Maguire, Leo J. - McLaren, Jay W. - Hodge, David O. - Bourne, William M. 2007: Femtosecond laser versus mechanical microkeratome for LASIK - A randomized controlled study. *Ophthalmology*. 114 (8). 1482-1490.
- Pitkäniemi, Janne 2005: Biostatistiikkaa esimerkkien avulla. Verkkodokumentti. <http://www.ltdk.helsinki.fi/users/janpitka/Bstatesims2005/Biostat_esim_s2005_luku2.pdf>. Luettu 16.10.2008
- Rosenfield, Mark - Gilmartin Bernard 1998: Myopia and nearwork. Great Britain: Butterworth – Heinemann.
- Seider, Michael I. – Ide, Takeshi – Kymionis, George D. – Culbertson, William W. – O'Brien, Terrence P. – Yoo, Sonia H. 2008: Epithelial breakthrough during IntraLase flap creation for laser in situ keratomileusis. *Journal Of Cataract & Refractive Surgery*. 34 (5). 859-863.
- Silmäkeskus Laser 2008. Verkkodokumentti. <<http://www.sk-laser.fi/main2.htm>>. Luettu 20.5.2008.
- Medilaser 2008. Verkkodokumentti. <<http://www.medilaser.fi/index.shtml>>. Luettu 13.5.2008.
- Stonecipher, Karl - Ignacio, Teresa - Stonecipher, Megan 2006: Advances in refractive surgery: microkeratome and femtosecond laser flap creation in relation to safety, efficacy, predictability and biomechanical stability. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 17 (4). 368-372
- Tuisku, S. Ilpo 2008: Corneal nerves in refractive surgery and dry eye. Väitöskirja. Helsinki.
- Turun Silmälasier 2008. Verkkodokumentti. <http://www.turunsilmalaser.fi/laser_lyhyesti.html 13.5.2008>. Luettu 13.5.2008.

Valle, Tuuli 2000: Excimer laser refractive surgery with special reference to corneal wound healing and nerve regeneration after myopic photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis. Väitöskirja. Helsinki.

Virginia Polytechnic Institute & State University 2008. Verkkodokumentti.
<<http://education.vetmed.vt.edu/Curriculum/VM8054/EYE/CRNEADGM.JPG>
>. Luettu 30.9.2008.

Ziemer 2008. Verkkoesite.
<http://www.ziemergroup.com/fileadmin/media/products/FEMTO/FEMTO_LDV_brochure_v31_online.pdf>. Luettu 19.05.2008

Ziemer 2008. Verkkodokumentti.
<http://www.ziemergroup.ch/fileadmin/images/photo_gallery/femto_ldv//LDV_bubbles_Stodulka.jpg>. Luettu 30.9.2008.

Ziemer 2008. Verkkodokumentti.
<http://www.ziemergroup.ch/fileadmin/images/photo_gallery/femto_ldv//LDV_Lifted_flap_Stodulka.jpg>. Luettu 30.9.2008.

Ziemer 2008. Verkkodokumentti.
<http://www.ziemergroup.ch/fileadmin/images/photo_gallery/femto_ldv//DA_VI73.jpg>. Luettu 30.9.2008.

sukupuoli

läpäntekomenetelmä			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
mikrokeratomi	Valid	nainen	56	56,0	56,0	56,0
		mies	44	44,0	44,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	
femtosecond	Valid	nainen	60	60,0	60,0	60,0
		mies	40	40,0	40,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	

Statistics

läpäntekomenetelmä			sukupuoli	ikä
mikrokeratomi	N	Valid	100	100
		Missing	0	0
	Mean		1,4400	32,2800
	Median		1,0000	31,0000
	Mode		1,00	31,00
	Std. Deviation		,49889	7,45096
	Minimum		1,00	20,00
	Maximum		2,00	52,00
femtosecond	N	Valid	100	100
		Missing	0	0
	Mean		1,4000	35,5900
	Median		1,0000	35,5000
	Mode		1,00	43,00
	Std. Deviation		,49237	8,32193
	Minimum		1,00	18,00
	Maximum		2,00	57,00

Esitutkimuksen refraktioluokat:	Jälkitarkastusten refraktioluokat:
1. sf alle -1,50 2. sf -1,75--3,00 3. sf -3,25--4,50 4. sf -3,25--4,50 5. sf -6,25--7,50 6. sf yli -7,75 7. sf alle -1,50 cyl alle -1,00 8. sf -1,75--3,00 cyl alle -1,00 9. sf -3,25--4,50 cyl alle -1,00 10. sf -4,75--6,00 cyl alle -1,00 11. sf -6,25--7,50 cyl alle -1,00 12. sf yli -7,75 cyl alle -1,00 13. sf alle -1,50 cyl yli -1,25 14. sf -1,75--3,00 cyl yli -1,25 15. sf -3,25--4,50 cyl yli -1,25 16. sf -4,75--6,00 cyl yli -1,25 17. sf -6,25--7,50 cyl yli -1,25 18. sf yli -7,75 cyl yli -1,25	1. sf 0.00 2. sf -0.25--0.50 3. sf yli -0.75 4. sf +0.25--0.50 5. sf yli +0.75 6. sf 0.00 cyl alle -0.50 7. sf 0.00 cyl yli -0.75 8. sf -0.25--0.50 cyl alle -0.50 9. sf -0.25--0.50 cyl yli -0.50 10. sf yli -0.75 cyl alle -0.50 11. sf yli -0.75 cyl yli -0.75 12. sf +0.25--0.50 cyl alle -0.50 13. sf +0.25--0.50 cyl yli -0.75 14. sf yli +0.75 cyl alle -0.50 15. sf yli +0.75 cyl yli -0.75

ensimmäinen jälkitarkastus refraktio

läpäntekomenetelmä			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
mikrokeratomi	Valid	sf 0.00	30	30,0	30,0	30,0
		sf -0.25--0.50	3	3,0	3,0	33,0
		sf +0.25- +0.50	8	8,0	8,0	41,0
		sf 0.00 cyl alle -0.50	19	19,0	19,0	60,0
		sf 0.00 cyl yli -0.75	3	3,0	3,0	63,0
		sf -0.25--0.50 cyl alle -0.50	4	4,0	4,0	67,0
		sf +0.25+0.50 cyl alle -0.50	26	26,0	26,0	93,0
		sf +0.25+0.50 cyl yli -0.75	4	4,0	4,0	97,0
		sf yli +0.75 cyl yli -0.75	3	3,0	3,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	
femtosecond	Valid	sf 0.00	23	23,0	23,0	23,0
		sf -0.25--0.50	3	3,0	3,0	26,0
		sf +0.25- +0.50	19	19,0	19,0	45,0
		sf 0.00 cyl alle -0.50	13	13,0	13,0	58,0
		sf 0.00 cyl yli -0.75	1	1,0	1,0	59,0
		sf -0.25--0.50 cyl alle -0.50	7	7,0	7,0	66,0
		sf yli -0.75 cyl alle -0.50	1	1,0	1,0	67,0
		sf +0.25+0.50 cyl alle -0.50	28	28,0	28,0	95,0
		sf +0.25+0.50 cyl yli -0.75	1	1,0	1,0	96,0
		sf yli +0.75 cyl alle -0.50	2	2,0	2,0	98,0
		sf yli +0.75 cyl yli -0.75	2	2,0	2,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	

Sfäärinen ekvivalentti ensimmäinen jälkitarkastus

läpäntekomenetelmä				Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
mikrokeratomi	Valid	-,50		1	1,0	1,0	1,0
		-,38		5	5,0	5,0	6,0
		-,25		12	12,0	12,0	18,0
		-,13		11	11,0	11,0	29,0
		,00		35	35,0	35,0	64,0
		,13		10	10,0	10,0	74,0
		,25		20	20,0	20,0	94,0
		,38		3	3,0	3,0	97,0
		,50		3	3,0	3,0	100,0
		Total		100	100,0	100,0	
femtosecond	Valid	-,88		1	1,0	1,0	1,0
		-,50		1	1,0	1,0	2,0
		-,38		4	4,0	4,0	6,0
		-,25		12	12,0	12,0	18,0
		-,13		7	7,0	7,0	25,0
		,00		26	26,0	26,0	51,0
		,13		15	15,0	15,0	66,0
		,25		20	20,0	20,0	86,0
		,38		6	6,0	6,0	92,0
		,50		5	5,0	5,0	97,0
		,63		3	3,0	3,0	100,0
		Total		100	100,0	100,0	

ensimmäinen jälkitarkastus visus ilman laseja

läpäntekomenetelmä			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
mikrokeratomi	Valid	0.8	9	9,0	9,0	9,0
		1.0	25	25,0	25,0	34,0
		1.25	51	51,0	51,0	85,0
		1.6	15	15,0	15,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	
femtosecond	Valid	0.8	2	2,0	2,0	2,0
		1.0	26	26,0	26,0	28,0
		1.25	42	42,0	42,0	70,0
		1.6	29	29,0	29,0	99,0
		0.4	1	1,0	1,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	

ensimmäinen jälkitarkastus visus laseilla

läpäntekomenetelmä			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
mikrokeratomi	Valid	0.8	1	1,0	1,0	1,0
		1.0	23	23,0	23,0	24,0
		1.25	44	44,0	44,0	68,0
		1.6	32	32,0	32,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	
femtosecond	Valid	1.0	10	10,0	10,0	10,0
		1.25	35	35,0	35,0	45,0
		1.6	55	55,0	55,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	

toinen jälkitarkastus refraktio

läpöntekomenetelmä			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
mikrokeratomi	Valid	sf 0.00	9	9,0	9,0	9,0
		sf -0.25--0.50	3	3,0	3,0	12,0
		sf +0.25- +0.50	2	2,0	2,0	14,0
		sf 0.00 cyl alle -0.50	37	37,0	37,0	51,0
		sf 0.00 cyl yli -0.75	3	3,0	3,0	54,0
		sf -0.25--0.50 cyl alle -0.50	10	10,0	10,0	64,0
		sf +0.25--0.50 cyl alle -0.50	33	33,0	33,0	97,0
		sf +0.25--0.50 cyl yli -0.75	3	3,0	3,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	
femtosecond	Valid	sf 0.00	22	22,0	22,0	22,0
		sf -0.25--0.50	8	8,0	8,0	30,0
		sf +0.25- +0.50	7	7,0	7,0	37,0
		sf 0.00 cyl alle -0.50	33	33,0	33,0	70,0
		sf -0.25--0.50 cyl alle -0.50	8	8,0	8,0	78,0
		sf +0.25--0.50 cyl alle -0.50	18	18,0	18,0	96,0
		sf +0.25--0.50 cyl yli -0.75	1	1,0	1,0	97,0
		sf yli +0.75 cyl alle -0.50	3	3,0	3,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	

Sfäärinen ekvivalentti toinen jälkitarkastus

läpöntekomenetelmä			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
mikrokeratomi	Valid	-.75	1	1,0	1,0	1,0
		-.50	4	4,0	4,0	5,1
		-.38	6	6,0	6,1	11,1
		-.25	11	11,0	11,1	22,2
		-.13	31	31,0	31,3	53,5
		,00	22	22,0	22,2	75,8
		,13	15	15,0	15,2	90,9
		,25	7	7,0	7,1	98,0
		,38	2	2,0	2,0	100,0
		Total	99	99,0	100,0	
	Missing	System	1	1,0		
	Total		100	100,0		
femtosecond	Valid	-.75	1	1,0	1,0	1,0
		-.50	1	1,0	1,0	2,0
		-.38	7	7,0	7,0	9,0
		-.25	17	17,0	17,0	26,0
		-.13	24	24,0	24,0	50,0
		,00	26	26,0	26,0	76,0
		,13	10	10,0	10,0	86,0
		,25	8	8,0	8,0	94,0
		,38	1	1,0	1,0	95,0
		,50	5	5,0	5,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	

toinen jälkitarkastus, visus ilman laseja

läpäntekomenetelmä			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
mikrokeratomi	Valid	0.8	4	4,0	4,0	4,0
		1.0	31	31,0	31,0	35,0
		1.25	47	47,0	47,0	82,0
		1.6	18	18,0	18,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	
femtosecond	Valid	0.8	5	5,0	5,0	5,0
		1.0	19	19,0	19,0	24,0
		1.25	34	34,0	34,0	58,0
		1.6	41	41,0	41,0	99,0
		0.6	1	1,0	1,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	

toinen jälkitarkastus visus laseilla

läpäntekomenetelmä			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
mikrokeratomi	Valid	0.8	1	1,0	1,0	1,0
		1.0	12	12,0	12,0	13,0
		1.25	53	53,0	53,0	66,0
		1.6	34	34,0	34,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	
femtosecond	Valid	1.0	5	5,0	5,0	5,0
		1.25	36	36,0	36,0	41,0
		1.6	59	59,0	59,0	100,0
		Total	100	100,0	100,0	