



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Matti Hirvonen, Ossi Karvonen, Mari-Lotta Mäki-Punto

Jännittääkö? – Jännitteen vaikutus silmälasilins- sin optiikkaan

Kartoittava kirjallisuuskatsaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi

Optometria

Opinnäytetyö

4.4.2018

Tekijät Otsikko	Matti Hirvonen, Ossi Karvonen, Mari-Lotta Mäki-Punto Jännittääkö? - Jännitteen vaikutus silmälasilinssin optiikkaan
Sivumäärä Aika	35 sivua + 3 liitettä 4.4.2018
Tutkinto	Optometrismi (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Optometria
Ohjaajat	Lehtori Juha Päällysaho Lehtori Kajsa Sten
<p>Opinnäytetyömme tarkoituksena on selvittää, millaisia hankaluuksia jännitteet aiheuttavat silmälasilinssihin ja kuinka ne vaikuttavat silmälasien käyttömukavuuteen. Jännitteet muuttavat valon kulkusuuntaa optisissa väliaineissa ja aiheuttavat karkeimmillaan astenooppisia oireita. Jännitteiden ja optiikan suhteesta ei ole aiemmin toteutettu suomenkielistä tutkimusta, joten oletimme, että sen merkitys optiikkaan ja näkemiseen ei ole tuttua optisen alan työntekijälle. Tutkimuksen hypoteesina oli, että jännitteet vääristävät silmälasilinssien optiikkaa ja heikentävät näkemisen laatua.</p> <p>Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys rakentuu optiikan ja ohuiden linssien toimintaperiaatteisiin. Silmälasilinssit luetaan optiseksi järjestelmäksi, jota koskevat geometrisen optiikan lait. Käymme läpi kuvan muodostumisen perusteet, jonka jälkeen syvennymme silmälasilinssihin ja niiden optisiin ominaisuuksiin. Tarkastelemme linssityyppäjä ja -materiaaleja, linssien asennusta sekä jännitteen aiheuttamaa kahtaistaittumista. Seidelin aberratiotyyppit ja niiden vaikutukset eritellään viimeisenä. Teoreettisen viitekehysten tiedot ovat kerätty optisen alan julkaisuista ja kirjallisuudesta.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin kartoittavana kirjallisuuskatsauksena. Tutkimusosuudessa haastattelimme kahta optisen alan asiantuntijaa: linssivalmistajan asiakasneuvojaa sekä optista hiojaa teemahaastattelun menetelmin. Haastattelun teemoina olivat jännitteiden aiheuttamat ongelmat, silmälasilinssien aberratiot ja niiden vaikutukset asiakastyytyväisyyteen sekä reklamaatioihin.</p> <p>Tutkimuksen perusteella voidaan todeta jännitteistä aiheutuvien reklamaatioiden olevan vähäteltyjä optisella alalla. Jännitteistä johtuvat ongelmat ovat todellisia, ja alan toimijoiden olisikin oleellista ymmärtää, että jännitteiden ennaltaehkäisyllä ja systemaattisella seuramisella voidaan parantaa asiakastyytyväisyyttä ja vähentää reklamaatioista johtuvia kustannuksia.</p>	
Avainsanat	linssin asentaminen, linssittäminen, optiikka, silmälasit, jännitteet

Authors Title	Matti Hirvonen, Ossi Karvonen, Mari-Lotta Mäki-Punto Effects of unwanted tension in correcting lenses
Number of Pages Date	35 pages + 3 appendices April 2018
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Instructors	Juha Päällysaho, Senior Lecturer Kajsa Sten, Senior Lecturer
<p>The objective of this study was to review how falsely dispensed and mounted eyeglass lenses affect user comfort and what kind of problems it might cause. Lens tension is a known cause of discomfort for the wearer and it seems to be highly overlooked within the optical industry in Finland. The hypothesis was that customer satisfaction can be improved by controlling and eliminating lens tension, thus lowering costs caused by complaints.</p> <p>The theoretical part of this thesis consists of general optics and eyeglass lenses. Information was collected from various optical publications and literature. Geometrical and physical optics are discussed. Eyeglass lenses and their optical qualities, types, lens materials, dispensing, birefringence and Seidel aberrations and their effect on visual perception are also explored.</p> <p>The method of this thesis was an exploratory literature review. It is based on expert interview, optical publications and literature. The two interviewees were industry experts, a customer servant in charge of complaints and an optical dispenser. The themes of the interview were lens warp, lens tension and how lens and frame materials act. Tension as a cause of customer complaint was also discussed.</p> <p>The results suggest that falsely dispensed and mounted lenses can cause various problems and customer dissatisfaction, and thus this aspect should not be overlooked. It is still not clear what kind of aberrations stress tension causes and it should be investigated further. As a conclusion, it can be stated that people in the optical industry should pay more attention to appropriate dispensing and mounting to increase customer satisfaction.</p>	
Keywords	framing, mounting lenses, optics, eyeglasses, dispensing

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tavoite ja tarkoitus	2
3	Optiikka	3
3.1	Geometrinen optiikka yleisesti	3
3.2	Kuvan muodostuminen	5
4	Silmäläsilinsit	10
4.1	Linssien ominaisuudet	11
4.2	Linssin asennus yleisimpiin kehysmateriaaleihin	13
4.3	Kahtaistaittuminen linssissä	14
5	Optiset aberraatiot	16
5.1	Sfäärinen aberraatio	16
5.2	Coma	18
5.3	Vinosten sädekimppujen astigmatismi	18
5.4	Kuvapinnan kaareutuminen	19
5.5	Kuvan tyyny- ja tynnyrivääristymä	20
6	Aberraatioiden vaikutus näkemiseen	23
7	Haastattelut	25
8	Tulokset	26
8.1	Kehyksen vaikutus linssiin	26
8.2	Jännitteiden vaikutus asiakastyytyvyyteen	28
8.3	Jännitteiden ennaltaehkäisy ja seuraaminen	29
9	Pohdinta	32
9.1	Työprosessi ja jatkotutkimusehdotukset	33
	Lähteet	34
	Liitteet	
	Liite 1. Teemahaastattelun runko	

Liite 2. Teemahaastattelu

Liite 3. Asetaattikehyksen kutistumisen vaikutus jännitteeseen

Liite 4. Taivutuksen vaikutus kehysaukon kokoon

1 Johdanto

Silmälasilinssin ollessa kehyksessä pitokohtiin syntyy jännitteitä. Jännitteet aiheuttavat linssiin aberraatioita, eli vääristymiä, jotka heikentävät kuvautumista. Opinnäytetyömme tavoitteena on muistuttaa optisen alan yrityksiä siitä, kuinka tärkeää tarkka mitoitus- ja kehys- ja linssimateriaalien tunteminen ja huolellinen hionta ovat erinomaisen optiikan ja hyvän asiakassuhteen saavuttamisessa. Opinnäytetyössä selvitämme, miten linssijännitteen synnyttämät aberraatiot vaikuttavat linssien toimintaan. Idea on lähtöisin keskusteluista, joissa pohdimme jännityksen yhteyttä optikkaan ja sitä, miksi linssihin kohdistuvaa jännitettä ei aina huomioida. Linssijännitteiden vähentäminen ja seuraaminen ovat merkittävä osa asiakastytyväisyyden edistämistä, sekä ketju- että yksityisissä optikko- liikkeissä.

Teoriaosuus käsittelee pääosin optikkaa silmälasilinssissä ja silmässä. Käymme kattavasti läpi geometrisen optiikan perusteet, erilaisten silmälasilinssien rakenteet ja optiset aberraatiot. Optiikan lisäksi käsittelemme linssin asentamisen eri kehysmateriaaleihin. Opinnäytetyömme on kartoittava kirjallisuuskatsaus, jonka tutkimustulokset perustuvat asiantuntijahaastatteluun ja lähdekirjallisuuteen. Haastattelun tarkoitus on syventää teoreettiseen viitekehykseen valikoitua tietoa alan ammattilaisten näkökulmasta. Haastattelu avattiin litteroituun muotoon, jonka jälkeen tulokset analysoitiin sisältölähtöisesti ja teemoittain.

2 Tavoite ja tarkoitus

Tutkimuksen tavoite on lisätä optikkoliikkeissä työskentelevien optometristien ja optisten myyjien tietoutta jännitteistä johtuvista ongelmista. Tällä pyrimme vähentämään jännitteistä johtuvia reklamaatiota ja kustannuksia. Hypoteesimme tutkimustuloksista oli seuraava: Jännitteitä ei tutkita optisen alan myymälöissä huolella, eikä niiden ajatella olevan syyllinen asiakkaan reklamaatioon. Ajattelimme tämän olevan suurempi ongelma isoissa ketjuliikkeissä, kuin yksityisissä optisen alan myymälöissä. Oletimme jännitteiden olevan suuri prosentuaalinen osa reklamaatiotapauksien määrästä.

3 Optiikka

Optiikka on valon käyttäytymisen ja luonteen tutkimista, eli valo-oppia. Optiikkaa voidaan tutkia geometrisena tai fysikaalisena optiikkana. Geometrinen optiikka keskittyy tutki-
maan sädemäisen valon kulkua eri olosuhteissa, kuten kuperissa (konvekssi) ja koverissa
(konkaavi) linseissä, ja miten valo kuvautuu kyseisten olosuhteiden läpi. Geometriseen
optiikkaan kuuluu myös kuvan muodostuminen. Tämä osa-alue tutkii, kuinka kohde tai
esine kuvautuu erilaisten optisten järjestelmien läpi. (Fannin – Grosvenor 1996: 128; Ha-
takka - Saari - Sirviö - Viiri - Yrjänäinen 2009: 156-159; Smith – Atchinson 1997: 12-14.)

Fysikaalinen optiikka selittää ja kuvailee valon aalto-ominaisuuksia. Se ei keskity sa-
malla tavoin valon kulun suuntaan ja siihen vaikuttaviin aineisiin kuin geometrinen op-
tiikka. Fysikaalisessa optiikassa tutkittaviin aalto-ominaisuuksiin kuuluvat esimerkiksi va-
lon diffraktio, interferenssi ja polarisaatio. (Fannin – Grosvenor 1996: 128; Hatakka ym.
2009: 156-159; Smith – Atchinson 1997: 12-14.)

3.1 Geometrinen optiikka yleisesti

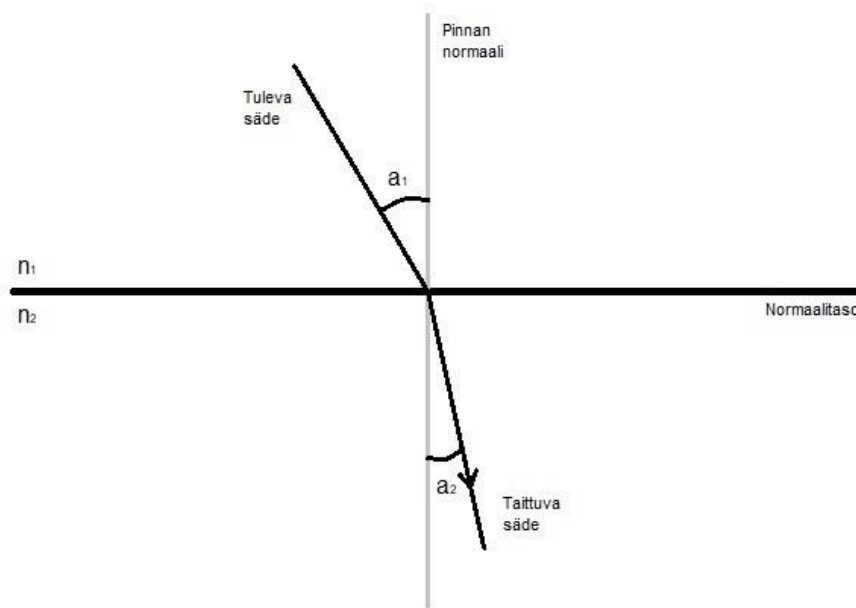
Geometrinen optiikka on optiikkaa, jossa tutkitaan valon kulkua ja käyttäytymistä eri ho-
mogeenisissa aineissa, yksisuuntaisina säteinä. Geometriseen optiikkaan kuuluu lakeja,
joiden mukaan valonsäteet käyttäytyvät esimerkiksi kahden eri aineen rajapinnassa. Sä-
teitä kuvaillaan aina yksilöinä, jolloin ne pysyvät omilla suuntakursseillaan, vaikka kaksi
eri yksittäistä sädettä leikkaisivat toistensa kulkusuunnat. (Fannin – Grosvenor 1996:
128; Hatakka ym. 2009: 156-159; Smith – Atchinson 1997: 12-14.)

Valonsäteiden heijastuessa pinnoista, valo jatkaa matkaa heijastuslain mukaisesti. Hei-
jastuslaissa tulosäteen ja heijastussäteen kulma heijastuksen normaalitasoon nähden
on aina sama. Sekä tulosäde, heijastussäde että pintanormaali ovat samassa tasossa
valon osuttua aineen pintaan. (Fannin – Grosvenor 1996: 128; Hatakka ym. 2009: 156-
159; Smith – Atchinson 1997: 12-14.)

Valon taittuessa aineesta A aineeseen B, valo jatkaa kulkua taittumislain mukaan (Snel-
lin laki). Taittumislaki tutkii valontaittumista rajapinnoissa, jolloin on otettava huomioon
tulo- ja taittumissäteen tulo- (a_1) ja taitekulmat (a_2). Näiden lisäksi on selvitettävä sekä

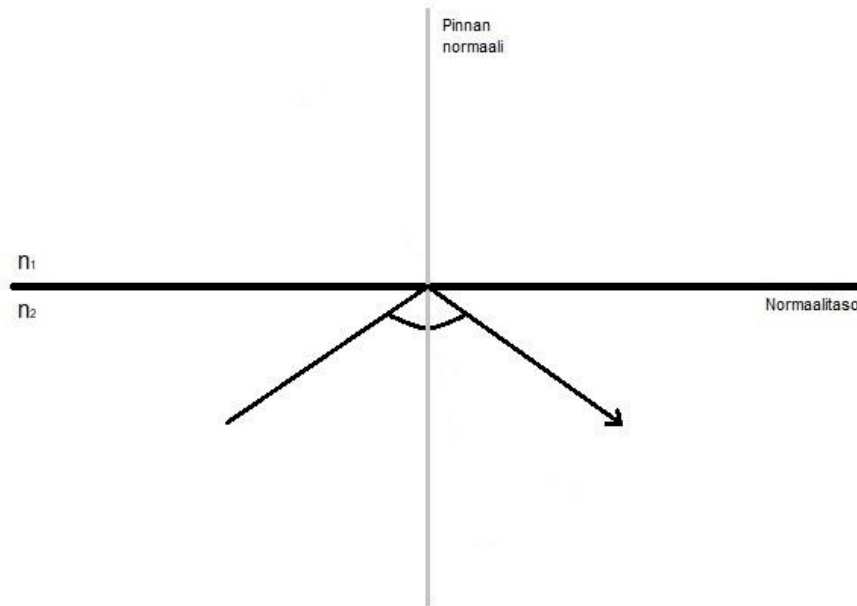
taantumista edeltävän (n_1) että seuraavan (n_2) aineiden taitokertoimet, joiden avulla saadaan näiden kahden aineen taitesuhde (n_3). Valosäteiden kulkiessa optisesti tiheämpään aineeseen optisesti harvemmasta aineesta, säteet taittuvat aina pinnan normaalia päin. Kulkiessa optisesti harvempaan aineeseen, säteet taittuvat pois päin pinnan normaalista. Taittumislaki näiden komponenttien mukaan on seuraava, ja se on esitetty graafisessa muodossa kuviossa 1.

$$n_1 \sin a_1 = n_2 \sin a_2$$



Kuvio 1. Graafinen kuvaus valon taitumisesta (Hirvonen 2018)

Snellin lain mukaisesti valon kulkiessa optisesti harvempaan aineeseen optisesti tiheämmästä aineesta 90° - tai sitä suuremmassa kulmassa, tapahtuu aineiden normaalitasossa kokonaisheijastus. Kokonaisheijastuksen tapahtuessa valoa ei siirry lainkaan lähtöaineesta siirryttävään aineeseen. Kaikki valo taittuu normaalitasosta takaisin lähtöaineeseen. Kuviossa 2 on esitetty kokonaisheijastuminen.



Kuvio 2. Kokonaisheijaste esitettyinä graafisessa muodossa (Hirvonen 2018)

(Fannin – Grosvenor 1996: 128; Hatakka ym. 2009: 156-159; Smith – Atchinson 1997: 12-14.)

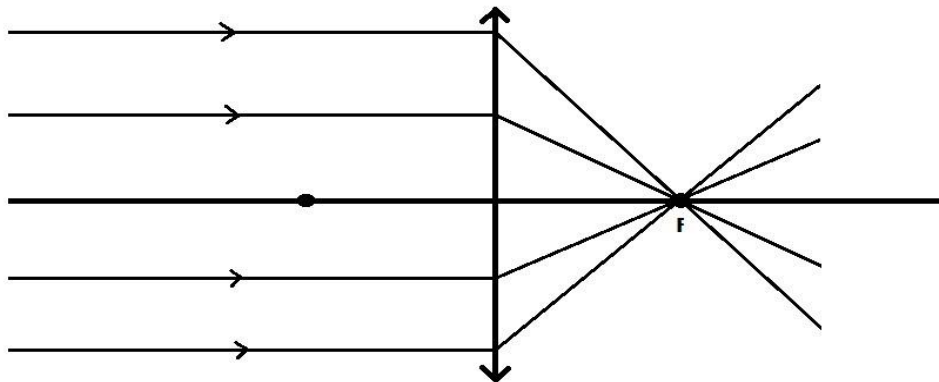
3.2 Kuvan muodostuminen

Optisen järjestelmän määritelmänä voidaan pitää kokonaisuutta, joka koostuu yhdestä tai useammasta valoa taittavasta tai heijastavasta komponentista. Järjestelmän tarkoituksena on muodostaa kuva tietyistä kaksi- tai kolmiulotteisesta kohteesta. Esimerkkinä voidaan käyttää linssiä, joka uudelleen konfiguroi kohteesta tulevan energian, eli sädekimpun, joka muodostaa linssistä ja kohteen etäisyydestä taittavaan pintaan riippuen joko virtuaalisen valekuvan tai todellisen kuvan. Ideaalitulanteessa kuva muodostuu kohteesta niin, että se säilyttää muotonsa täysin samanlaisena kuin alkuperäinen kuva. Tällöin puhutaan ideaalikuva. (Hecht 1998: 149; Smith – Atchinson 1997: 21-23.)

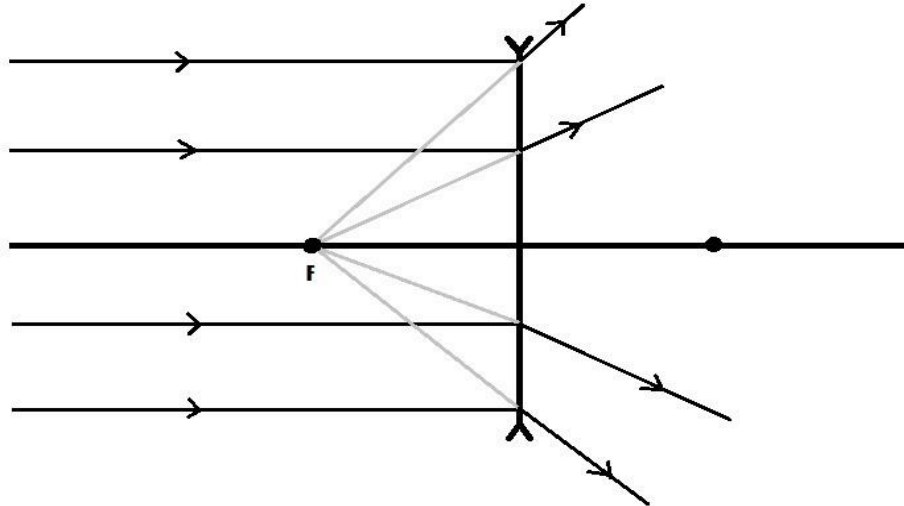
Optinen keskipiste on linssin keskikohta. Tähän kohtaan suoraan kulkevat valonsäteet eivät taitu, oli sitten kyseessä konkaavi- tai konveksilinssi. Optinen pääakseli on kuvit-

teellinen linja, joka kulkee linssin optisen keskipisteen kautta suoraan linssin etu- ja takapinnan kaarevuuskeskipisteiden läpi. Tämä pääakseli on normaali, ja sitä käytetään hyödyksi kuvan muodostuksen esittämisessä. (Fannin – Grosvenor 1996: 32-33).

Valonsäteiden kulkiessa horisontaalisesti eri kohdista konveksilinssin läpi, muodostuu linssin taakse pääakselille piste, jossa valonsäteet leikkaavat toistensa kulkusuunnan. Tätä pistettä kutsutaan polttopisteeksi. Konkaavilinssin polttopistettä kutsutaan valepolttopisteeksi, koska valonsäteitä hajottava konkaavilinssi ei kokoa valonsäteitä linssin taakse. Hajonneista valonsäteen juovista saadaan kuitenkin muodostettua linssin eteen valepolttopiste, jolloin myös konkaavilinsseille saadaan määritettyä polttopisteen sijainti. Sekä polttopisteen että valepolttopisteen toiselle puolelle (linssin eteen/taakse) muodostuu optisen järjestelmän toinen polttopiste, samalle etäisyydelle linssin keskipisteestä kuin poltto- tai valepolttopiste. Linssin keskipisteen etäisyys polttopisteestä tunnetaan nimellä polttoväli. (Hatakka ym. 2009: 158-159; Fannin - Grosvenor 1996: 33.) Kuvioissa 3 ja 4 esitettynä valon taittuminen ohuissa linseissä.

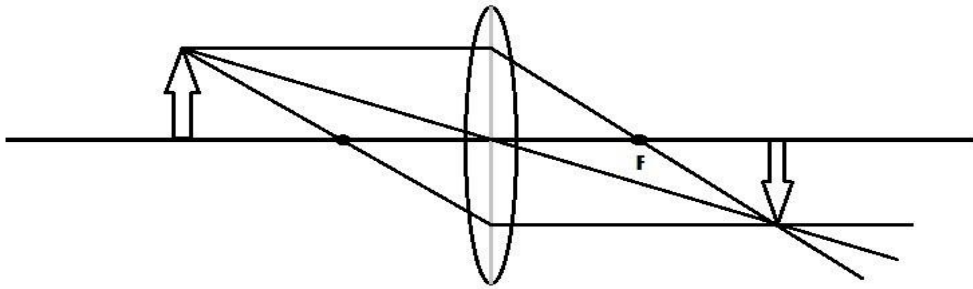


Kuvio 3. Valon taittuminen ohuessa konveksilinssissä (Hirvonen 2018)

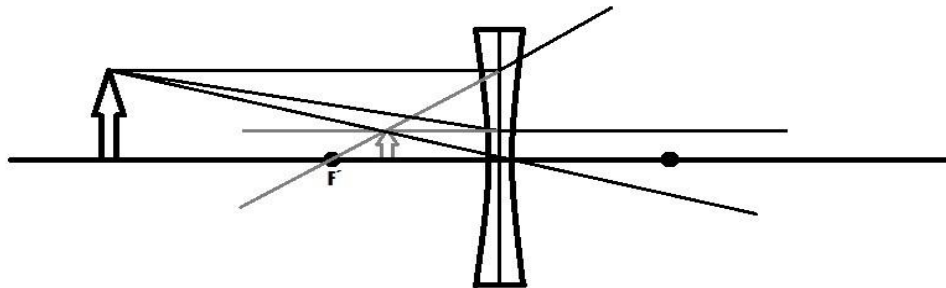


Kuvio 4. Valon taittuminen ohuessa konkaavilinssissä (Hirvonen 2018)

Kuvia 3. ja 4. voidaan käyttää hyödyksi, kun tutkitaan, miten tietty objekti kuvautuu ohuen konveksin- tai konkaavilinssin läpi. Käyttämällä optista keskipistettä, optista pääakselia ja polttopisteitä, saadaan muodostettua mallinnus esineen kuvautumisesta. Mallinnuksessa on tiedettävä esineen korkeus ja etäisyys optisesta keskipisteestä, joiden mukaan kohde sijoitetaan optiselle akselille. Ensimmäinen valonsäde (r_1) piirretään kulkemaan nollakulmassa kohti linssiä esineen korkeimmasta kohdasta. Tämä säde taittuu konveksilinssissä linssin pinnasta taaimmisen polttopisteen läpi. Konkaavilinssissä säde jatkaa matkaa etummaisena valepolttopisteen suunnan mukaisesti. Toinen valonsäde (r_2) piirretään kulkemaan korkeimmasta kohdasta optisen keskipisteen läpi. Optisessa keskipisteessä valonsäde ei tällöin taitu kummassakaan, konveksi- tai konkaavilinssissä. Kolmas valonsäde (r_3) piirretään kulkemaan konveksilinssissä etummaisena polttopisteen kautta osuaan linssin pintaan. Tästä säde taittuu nollakulmassa jatkaen matkaa horisontaalisesti linssin taakse. Konkaavilinssissä säde suunnataan kulkemaan kohti linssin takana olevaa valepolttopistettä. Säteen osuessa linssin pintaan, jatkaa se matkaa linssistä suoraan nollakulmassa. Kuvioissa 5 ja 6 esitettyä objektin kuvautuminen ohuiden linssien läpi. (Hatakka ym. 2009: 158-159; Smith – Atchinson 1997: 23-25.)



Kuvio 5. Kuvautuminen ohuessa konveksilinsissä (Hirvonen 2018)



Kuvio 6. Kuvautuminen ohuessa konkaavilinsissä (Hirvonen 2018)

Kuvassa 5. syntyy todellinen kuva linssin taakse. Todellinen kuva syntyy konveksilinsissä, kun katseltava esine on kauempana linssistä kuin ensimmäisen polttopiste (F'). Jos esine olisi lähempänä linssiä, kuin ensimmäinen polttopiste, niin muodostaisi konveksilinssi valesuuren kuvan linssin eteen. Valon kulkusuunta on vasemmalta oikealle.

Kuvassa 6. syntyy valesuuri kuva linssin eteen. Valesuuret kuvut syntyvät aina, kun linssi hajottaa valonsäteitä, eikä kokoa niitä. Näin tapahtuu aina konkaavilinsseissä, ja konveksilinsseissä silloin, kun esine on lähempänä linssiä kuin ensimmäinen polttopiste. Valon kulkusuunta on vasemmalta oikealle.

Kuvautuminen ohuen linssin läpi voidaan myös laskea matemaattisesti käyttämällä hyödyksi Gaussin kuvauslakia:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{f}$$

missä:

d_1 = kohteen etäisyys linssistä

d_2 = kuvan etäisyys linssistä

f = polttoväli

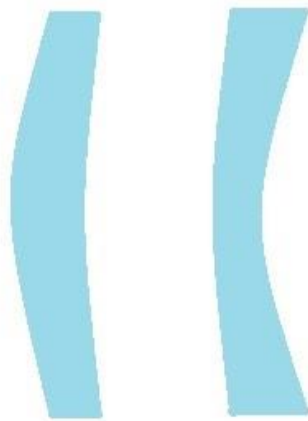
(Hatakka ym. 2009: 162; Smith – Atchinson 1997: 23-25.)

Silmän oman linssin, mykiön, ollessa voimakas kaksoiskonveksilinssi, kuva muodostuu silmän taakse aina kuvion 5. mukaisesti, todellisena kuvana. Tämä kuva on väärinpäin, jonka aivot kääntävät ihmisille nähtäväksi oikeinpäin. Silmälasien ja piilolinssien avulla saadaan muutettua kohtaa, jossa yksittäiset valonsäteet osuvat silmän pintaan ja edelleen mykiöön. Tämän avulla kuvautumisessa tapahtuvan kuvan sijaintia horisontaalisesti saadaan siirrettyä silmässä. Ideaalitulanteessa tarkka kuva halutaan saada siirrettyä verkkokalvolle. (Hatakka ym. 2009: 160-161; Fannin - Grosvenor 1996: 33.)

4 Silmälasilinsit

Silmälasilinsin tehtävä on korjata ametropioita, eli taittovirheitä ja auttaa silmää näkemään kohde kirkkaasti tietyllä etäisyydellä. Korjatulla ametropialla on kuitenkin sivuvaikutuksia, kuten korjauksesta johtuva kuvasuurennos, joka saattaa johtaa aniseikoniaan, sekä silmälasilinsseissä esiintyvät aberraatiot. Nuoremmilla henkilöillä silmälasikorjauksen syy on usein myopiasta johtuva heikentynyt kaukonäöntarkkuus, jolloin yksiteholinsillä pystytään korjaamaan taittovirhe. Yleensä vasta presbyopian alkaessa ja lähipisteen liikkua kauemmas, tarvitaan myös lähinäön korjausta. (Smith – Atchinson 1997: 317.) Mikäli henkilö iästä riippumatta kuitenkin kärsii binokulaarisista häiriöistä, korjauskeinona voidaan käyttää prismalinssejä sekä lähilisiä. (Goss 1995: 53-54.)

Nykyään silmälasilinsit jaetaan käyttötarkoituksen ja suunnittelun perusteella kolmeen eri luokkaan; yksiteholinsseihin, progressiivisiin linsseihin sekä luukullisiin moniteholinsseihin (Brooks – Borish 2006: 273). Nykyaikaisista linsseistä suurin osa on meniskilinssejä, eli niiden etupinta on konvekksi ja takapinta konkaavi (Meister – Sheedy 2010: 47). Kuviossa 7 on esitelty sekä plus- että miinusmeniskilinsi.



Kuvio 7. Plus- ja miinusmeniskilinsi vasemmalta oikealle, mukaillen Meister – Sheedy 2010: Introduction to opthalmic optics (Hirvonen 2018)

Kaikista perinteisempänä linssityyppinä voidaan pitää yksiteholinssiä, joissa on sama refraktiivinen voimakkuus koko linssin pinnan alueella. Yksiteholinssejä käytetään tilanteissa, joissa lähi- ja kaukoetäisyydellä voidaan käyttää samaa voimakkuutta tai vaihtoehtoisesti halutaan silmälasit vain kauko- tai lähikatseluun. (Brooks – Borish 2007: 272; Bennets 2007: 71.)

Moniteholinsseillä tarkoitetaan linssiä, jossa plusvoimakkuus lisääntyy linssin alaosaa kohti. Progressiivisessa linssissä kauko- ja lähialueen välinen voimakkuuden muutos tapahtuu portaattomasti, joka mahdollistaa ADD-voimakkuuden lisäämisen linssiin ilman näkyvää rajaa. Tämä saavutetaan muuttamalla linssin etupinnan, takapinnan tai molempien pintojen kaarevuuksia, jolloin henkilö pystyy tarkentamaan mille tahansa etäisyydelle katselukulman tai pään asennon muutoksella. Progressiivinen muutos mahdollistetaan lisäämällä linssin perifeerisille alueille pinta-astigmatiaa eli sylinterivoimakkuutta. Pinta-astigmaattisuuden suunniksi valikoidaan vino akselisuunta ja plussylinteriä käyttämällä saadaan aikaan saumaton kahden eri kaarevuuspinnan muutos. Linssistä saadaan täten esteettisempi, mutta vääristymäalueilla kuva on suttuisempi. (Brooks – Borish 2007: 454; Meister – Fisher 2008: 240.)

Valon aallonpituuden ja linssimateriaalin taitekertoimen suhdetta toisiinsa kuvataan dispersiolla. Dispersio kuvaa valkoisen valon hajoamista eri spektreihin sen osuessa tietyn taitekertoimen omaavaan materiaaliin. Joissain tapauksissa samassa materiaalissa on useita eri taitekertoimia, jotka eroavat toisistaan. Näitä ovat muun muassa silmän mykiö ja ilmakehä. (Smith – Atchinson 1997: 8, 10.) Dispersion määrää kuvataan linssivalmistajan ilmoittamalla Abben luvulla. Keskihajonta ilmoitetusta määrästä on noin $\pm 0,2\%$. (Lentes – Neuroth 1998: 2, 165.) Lisää kromaattisesta aberratiosta kerrotaan luvussa 5.6.

4.1 Linssien ominaisuudet

Silmälasilinssin etu- ja takapinta määrittävät linssin profiilin. Linssiprofiiliin muuttuessa jyrkemmäksi, eli linssin sagittaalisyvyyden kasvaessa, pluslinssin keskipaksuus ja miinuslinssin reunapaksuus kasvavat. Linssin ollessa profiililtaan suurempi, on se myös keski- tai reunapaksuudeltaan ohuempi linssin taitekertoimesta riippuen. (Meister – Sheedy 2010: 47, 48.)

Peruskaarevuudella (base curve) tarkoitetaan suurimmaksi osaksi nykyaikaisten linssien etupinnan kaarevuusarvoa. Dioptrioina ilmoitettu peruskaarevuus on linssivalmistajan tehtaalla etukäteen määrittämä arvo, joka korreloi linssin voimakkuuden kanssa. Linssin peruskaarevuus vaikuttaa joissain määrin kuvasuurenokseen sekä tynnyri- ja tyynyväristymiin. Tapauksissa, joissa refraktio on pysynyt samankaltaisena, on käytännöllistä valita linssi, jossa peruskaarevuus on lähellä asiakkaan nykyisen linssin kaarevuutta. Refraktion muuttuessa, samalla kaarevuudella valmistettu linssi saattaa aiheuttaa epä-mukavuutta ja tottumisvaikeuksia. (Meister – Sheedy 2010: 48, 49.)

Linssin pintakorkeudella (plate height) tarkoitetaan linssin kokonaiskaarevuutta eli linssin reunan ja korkeimman kohdan välistä eroa. Pintakorkeuden mitta kertoo, kuinka paljon linssi pullistuu ulospäin. Matalan pintakorkeuden linsejä on suositeltavaa käyttää suurissa tai erikoisemmissä kehysmalleissa. Linssi, jossa pullistuma on pienempi, vähentää plusvoimakkuuksilla kuvasuurennosta ja miinuslinseillä kuvapienennöstä sekä tekee linssistä esteettisesti miellyttävämmän. Suuremmalla kokonaiskaarevuudella valmistetun linssin etuna on kuitenkin parempi kuvautuminen perifeerisillä alueilla. (Meister – Sheedy 2010: 49, 50.) Alla olevassa kuviossa 8 on esitelty linssin pintakorkeuden mitausperiaate.



Kuvio 8. Linssin pintakorkeus, mukaillen Meister – Sheedy 2010: Introduction to ophthalmic optics (Hirvonen 2018)

Linssin paksuuden määrittämisessä täytyy ottaa huomioon etu- ja takapinnan sagittaalisyyvyys. Nykyaikaisissa meniskilinsseissä etupinnan dioptriaalisen arvon ollessa takapinnan arvoa suurempi, saadaan aikaan pluslinssi. Päinvastoin etupinnan dioptriaalisen arvon ollessa pienempi, kyseessä on miinuslinssi. Linssistä pyritään määrittämään keskipaksuus pluslinsseissä ja reunapaksuus miinuslinsseissä. Maksimi reuna- tai keskipaksuuden lisäksi huomioidaan myös linssin minimi reuna- tai keskipaksuus, jossa linssin paksuus on ohuimmillaan. Tavallisesti linssihin lisätään valmistusvaiheessa vielä lisäpaksuutta ohuimpaan kohtaan. (Meister – Sheedy 2010: 47.)

4.2 Linssin asennus yleisimpiin kehysmateriaaleihin

Linssitettäessä selluloosa-asettaattikehystä kehys lämmitetään, kunnes se on notkistunut. Lämmitykseen suositellaan käytettäväksi kuumaa ilmaa. Linssin kokonaiskaarevuus tulee ottaa huomioon asentaessa linssiä ja tarvittaessa muokata kehyksen ylä- ja alaosan kaarevuutta linssiä vastaavaksi. Asennuksen jälkeen saattaa olla hyödyllistä kasata kehys jääveteen asettumisen parantamiseksi. Tärkeää on myös, että reunahiottu linssi on maksimissaan 0,5 mm kehysaukkoa suurempi. (Brooks – Borish 2007: 120, 121.)

Metallikehyksiin hiotun linssin kuuluu olla täysin kehysaukkoa vastaava. Tästä syystä linssitettävän kehyksen on oltava sama, joka luovutetaan asiakkaalle. Kuten asettaattikehyksessä, kehyksen kaarevuus on muokattava vastamaan linssin meniskiä. Asennuksessa on suositeltavaa irrottaa ruuvi kokonaan pois, sillä ainoastaan löysämällä ruuvia, linssi voi lohjeta. Mikäli liian suurta linssiä kiristetään pakottamalla, saatetaan aiheuttaa vääristymiä muovisissa linssimateriaaleissa. (Brooks – Borish 2007: 128, 129.)

Nylor-kehyksessä linssin reuna hiotaan tasaiseksi, jonka jälkeen siihen hiotaan ura. Linssi pujotetaan kehykseen ohuen muovinauhan avulla, jonka jälkeen nylor-langan kiireys tarkastetaan. Vetämällä nylor-lankaa linssireunasta muovinauhalla ulospäin, tulisi reunan ja langan väliin jäädä n. 0,5 – 1,0 mm. Joissain nylor-kehyksissä lanka on korvattu metallisella vastineella, jolloin uran kuuluu olla leveämpi. (Brooks – Borish 2007: 130 – 135.)

Nylonista valmistettua kehystä linssittäessä tulee noudattaa kehysvalmistajan ohjeistusta ongelmien välttämiseksi. Nylonkehysten venyvyys tavallisiin muovikehyksiin verrattuna on vähäisempää, joten reunahiotun linssin on syytä olla lähempänä kehysaukon kokoa. Lämmityksessä suositellaan käytettäväksi kuumaa vettä, sillä lämpimällä ilmalla ja suolapedillä lämmittäessä on vaarana, että ainoastaan nylonkehysten ulko-osa lämpenee, mutta materiaalin sisäosat jäävät liian viileiksi venyäkseen. Linssin asennuksen jälkeen voi olla hyödyllistä pitää kehystä kylmän juoksevan veden alla samalla puristaen. (Brooks – Borish 2007: 127.)

4.3 Kahtaistaittuminen linssissä

Kahtaistaittumisella (birefringence) tarkoitetaan taitekertoimen epähomogeenisyyttä, joka aiheutuu optiseen järjestelmään kohdistetusta paineesta. Optisen järjestelmän kuormituksen sietokyky riippuu paineen alaisena olevasta materiaalista ja sen murtolujuudesta. Pienelle alueelle kohdistuva kuormitus saattaa johtaa vääristymiin mukautuvissa muovisissa materiaaleissa. Tämä aiheuttaa optisessa järjestelmässä kohtisuorantai samansuuntaisesti etenevän polarisoituneen valon nopeuden variaatiota. Kahtaistaittuminen vuoksi valonsäteet eivät siis osu kohteeseen yhtäaikaisesti. Valoa taittavan pinnan epämuodostumaan riittää pienikin kuormitus. On kuitenkin huomioitava, että sen vaikutus optiseen suorituskykyyn on riippuvainen epämuodostuman sijainnista optisessa väliaineessa. (Yoder 2008: 62.)

Linssissä jännitteestä johtuva kahtaistaittuminen on helposti todettavissa polariskoopilla tai katsomalla linssiä tietokoneen näyttöä vasten polarisoidun planolinssin läpi. Erityisesti reuna- tai keskipaksuudeltaan ohuet linssit ovat paksuja linssejä alttiimpia jännitteen aiheuttamille vääristymäalueille. Liiallinen jännite aiheuttaa myös linssin murtumista ja lohkeilua. (Cook 2008.) Kuvio 9 kuvaa jännitteestä johtuvaa kahtaistaittumista polarisoidussa linssissä.



Kuvio 9. Jännitteen aiheuttama kahtaistaittuminen polarisoidussa linssissä tarkasteltuna tietokoneen näyttöä vasten, mukailien Cook 2008: Birefringence: The dispenser's forgotten friend (Karvonen 2018)

5 Optiset aberraatiot

Geometrisen optiikan kuvautumisyhtälöiden mukaan linssin läpi kulkevat valonsäteet muodostavat esineestä kuvan. Tarkan kuvan aikaansaamiseksi linssin paksuuden on oltava kohtuullinen verrattuna esineen etäisyyteen linssistä, taittuvan valon monokromaattista ja linssiin tulevien säteiden ja linssiakselin välisen kulman pieni. Kaikkien vaadittavien ehtojen täydellinen toteutuminen on harvinaista, joten puutteiden seurauksena virheellinen kuvautuminen muodostaa aberraatioita. (Smith 2008: 61-62.) Nämä ovat väistämättömiä optisia virheitä linseissä, joiden vaikutusta tulee minimoida tarpeellisuuden mukaan. Näihin virheisiin kuuluvat myös väriaberraatiot eli kromaattiset aberraatiot. (Fannin – Grosvenor 1996: 127.)

Aberraatiot on mahdollista määrittellä laskemalla paraksiaalisesta kuvautumispisteestä poikkeavien valonsäteiden määrä. Tämä määrittely on kuitenkin liian karkea ja laaja, joten jaotteleamalla nämä kuvautumisvirheet niille tyypillisten ominaisuuksien mukaan, saadaan aberraatiot yksinkertaistettuun ja ymmärrettävään muotoon. Tavallisesti kuvautumisvirheet luokitellaan Seidelin aberraatioihin: sfääriseen aberraatioon, comaan, vinojen sädekimppujen astigmatismiin, kuvan tynny- ja tynnyrivääristymään ja kuvapinnan kaareutumiseen. (Smith 2008: 61-62.)

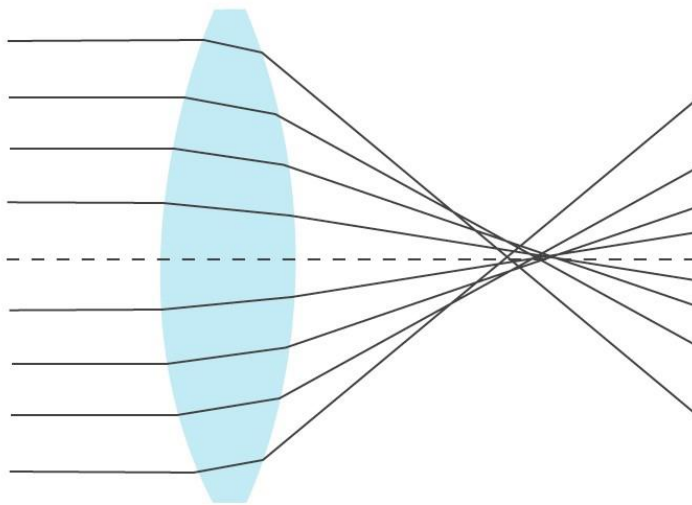
Aberraatiot lisääntyvät linssin muodon poikkeavuuksien kasvaessa. Lisäksi niihin vaikuttavat pinnan muodon vääristymät ja muutokset linssin taitekertoimen profiilissa. (Sinzinger – Jahns 2003: 15.) Tutkittaessa suojalasien planolinsejä, on huomattu mekaanisen jännityksen synnyttävän linssiin astigmaattista aberraatiota ja aiheuttavan käytön epä-mukavuutta (Eppig – Zoric – Speck – Zelzer – Götzelmann – Nagengast – Langenbucher 2012: 17807). Ametropian korjaukseen käytettäviä silmälasilinssejä voidaan pitää pienen aukon laajakulmalinsseinä. Korjaavien linssien suurimmat haittaavat aberraatiot ovat astigmatismi, kuvapinnan kaareutuminen, tynnyri- ja tynnyvääristymät ja näiden yhdistelmät. (Smith – Atchinson 1997: 325.)

5.1 Sfäärinen aberraatio

Sfäärinen aberraatio eli palloaberraatio syntyy linssiapertuurin polttopisteen vaihtelusta. Lähellä optista akselia kulkevat valonsäteet taittuvat lähemmäs paraksiaalista polttopistettä. Mitä korkeammalta optisesta akselistä valonsäteet taittuvat, sitä kauempana ne

leikkaavat optisen akselin tarkasta kuvautumispisteestä. Nämä valonsäteet muodostavat vääristyneen kuvan, sfäärisen palloaberraation. Sfäärinen palloaberraatio kuvautuu kirkkaana täplänä, jonka ympärillä on valokehä. Tämä aiheuttaa kuvan kontrastin pehmenemistä ja yksityiskohtien sumenemista. (Fannin – Grosvenor 1996: 133-134; Smith 2008: 64-65.)

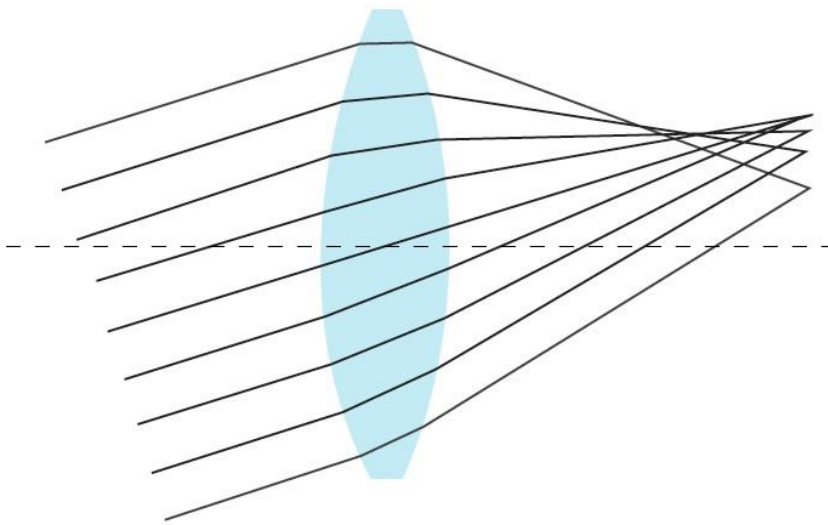
Optimaalinen kuvautuminen ilman palloaberraatiota saadaan aikaan ohuella, plano-konvekssilinssillä, kun kohde on äärettömydessä. Meniskin, esimerkiksi konkaavi-konveksin tai konveksi-konkaavin muoto, aiheuttaa paljon runsaammin sfääristä aberraatiota, koska reuna-alueet taittavat valoa voimakkaammin. Sfäärinen aberraatio ei kuitenkaan ole kovin olennainen kohtuullisten voimakkuuksien silmälasilinsseissä, sillä pupillin koko rajoittaa linssistä katselemiseen käytettävää pinta-alaa. Suurissa, yli 10 dioptrian linssi-voimakkuuksissa palloaberraation määrää voidaan kontrolloida asfäärisellä linssipinnalla, jossa linssin kaarevuus tasoittuu asteittain keskeltä reunoille. (Fannin – Grosvenor 1996: 133-134; Smith 2008: 64-65.) Kuviossa 10 on esitetty sfäärisen palloaberraation aiheuttama valon taittuminen kaksoiskonvekssilinssissä.



Kuvio 10. Sfäärisessä palloaberraatiossa reuna-alueet taittavat valon virheellisesti polttopisteen eteen (Petersen 2016)

5.2 Coma

Coma ilmenee sfäärisen aberraation tapaan akselin ulkopuolella, aivan kuvautumisalueen reuna-alueella. Palloaberraatiosta poiketen coma on epäsymmetrinen. Sädekimput eivät ole paralleelleja linssin optiseen akseliin tai pääsäteeseen nähden, vaan leikkaavat sen vinosti. Nimityksensä aberraatio saa virheellisen kuvautumisen komeettamaisesta muodosta; teräväreunaista keskustaa ympäröi sumea "häntä" kuvan keskustasta pois päin. Coma on ongelmallinen usein vasta suurissa apertuureissa ja sen haitallisuus optisissa linseissä voidaan unohtaa, sillä pupillin koko kontrolloi coman muodostumista. Linssiapertuurin koon lisäksi comaa voidaan rajoittaa linssin muodolla ja kaltevuuskulmaa säätämällä. (Fannin – Grosvenor 1996: 134; Smith 2008: 67-69.) Kuvio 11 kuvaa coman vaikutuksesta taittuvia valonsäteitä.



Kuvio 11. Coma esitettyä kaksoiskonveksilinsissä (Petersen 2016)

5.3 Vinojen sädekimppujen astigmatismi

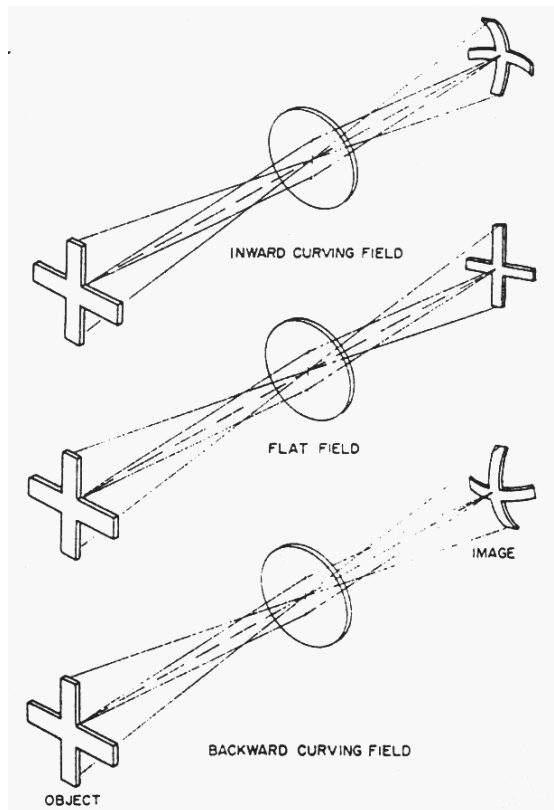
Vinon sädekimppun taittuessa sfäärisestä pinnasta, tulee siitä astigmaattinen. Optisen akselin suunnasta poikkeavilla valonsäteillä on eri polttopisteet vaaka- ja pystysuunnassa. Ideaalilanteessa linssin pitäisi tuottaa katsottavasta kohteesta kuvautumispiste suoraan silmän verkkokalvon kaukopisteeseen. Sen sijaan, että pysty- ja vaakatason

säteet yhdistyisivät yhdessä tarkassa kuvautumispisteessä, muodostuu kaksi toisiinsa nähden 90 asteen kulmassa olevaa polttotasoa. Tasoa, joka sisältää pinnan optisen akselin, kutsutaan tangentiaaliseksi tasoksi ja siihen nähden kohtisuorasti kuvautuvaa tasoa sagittaalitasoksi. Polttotasojen väliin jää poikkileikkaukseltaan pienin alue, pienimmän hajonnan ympyrä, jossa kuvautuminen on tarkimmillaan.

Silmälasilinssien optiikkaa suunniteltaessa astigmaattisuus on kuvapinnan kaareutumisen lisäksi suurin huolenaihe. Epätoivottu sfäärissyylinteri silmän edessä aiheuttaa kuvan sumentumista ja on mahdollista havaita, kun katsotaan kohteita linssin reuna-alueiden läpi. Vinojen sädekimppujen astigmatiaa voidaan kompensoida sopivalla linssikaarevuudella tai asfäärisellä linssillä, jolloin astigmaattisuuden määrä saadaan vähennettyä lähes nolnaan. (Best form lenses 2005: 24; Fannin – Grosvenor 1987: 164.)

5.4 Kuvapinnan kaareutuminen

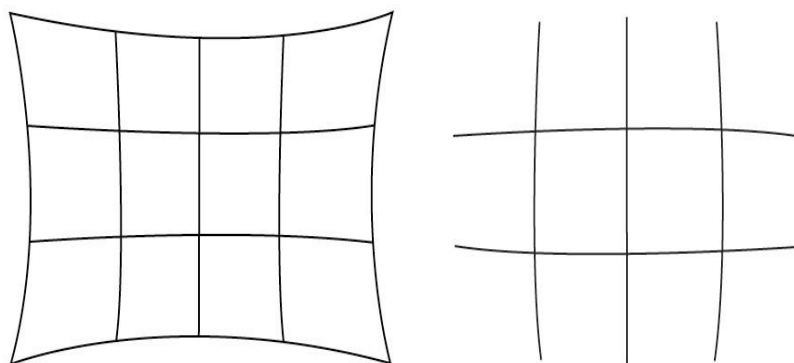
Jokaiseen optiseen instrumenttiin kuuluu jonkin asteista peruskaarevuutta, joka on linsin taitekertoimen ja pintakaarevuuksien ominaisuuksien yhdistelmä. Tätä yhdistelmää kutsutaan Petzvalin kaarevuudeksi. Jos kuvautuminen on astigmaattisuudesta vapaata, sekä tangentiaalinen että sagittaalinen kuvataso kohtaavat saman aikaisesti Petzvalin pinnalla. Jos astigmaattisuutta esiintyy, tangentiaalinen kuvapinta sijaitsee kolme kertaa yhtä kaukana Petzvalin pinnasta kuin sagittaalitaso. Tangentiaalitason sijaitessa sagittaalitasoon nähden vasemmalla puolella (ja molempien tasojen sijaitessa Petzvalin pinnan vasemmalla puolella) on kyse negatiivisesta, alikorjatusta astigmaattisuudesta tai sisäänpäin kääntyvästä kaarevuudesta. Tilanteen ollessa käänteinen, astigmaattisuus on positiivista ja ylikorjattua ja kaarevuus ulospäin kääntyvää. (Smith 2008: 70-71.) Kuviossa 12 ylimpänä kuvataan sisäänpäin kääntyvää kaareutumista, keskellä optimaalista kuvautumista ja alimpana ulospäin kääntyvää kaareutumista.



Kuvio 12. Kuvapinnan kaareutuminen sisään- ja ulospäin (Majewski 2017)

5.5 Kuvan tynny- ja tynnyrivääritymä

Sfäärisen pinnan voimakkuus kasvaa sen reuna-alueille mentäessä. Tämä aiheuttaa kuvan vääristymistä ja vaikuttaa kuvan terävyyttä enemmän sen muotoon. Sen sijaan, että kuvasuurennos pysyisi muuttumattomana, se vaihtelee silmän käyttäessä yhä laajempaa pinta-alaa linssistä. Optiikan näkökulmasta vääristymällä tarkoitetaan kohde-esineen ja sen kuvautumisen vastaavuuden vaillinaisuutta. Pluslinssi saa aikaan tynnyvääristymän, jossa kuvan suurennos kasvaa sen keskeltä reuna-alueille. Tynnyvääristymää ilmentävä kuva neliöstä on muodoltaan konkaavi, joka aiheuttaa vaikutelman, että kuvan keskialueet ovat reuna-alueita kauempana. Miinuslinssi aiheuttaa käänteisesti tynnyrivääritymä, jossa neliö taipuu reunoiltaan ulospäin ja keskusta vaikuttaa olevan lähempänä katselijaa. Tynnyrivääritymästä valittavat usein myoopit, jotka katsovat kohteita linssin perifeeristen alueiden läpi. (Best form lenses 2005: 26-27; Rabbets 2007: 271.) Kuvio 13 kuvaa tynny- ja tynnyrivääritymän vaikutusta neliön muotoisen kohteen kuvautumiseen.

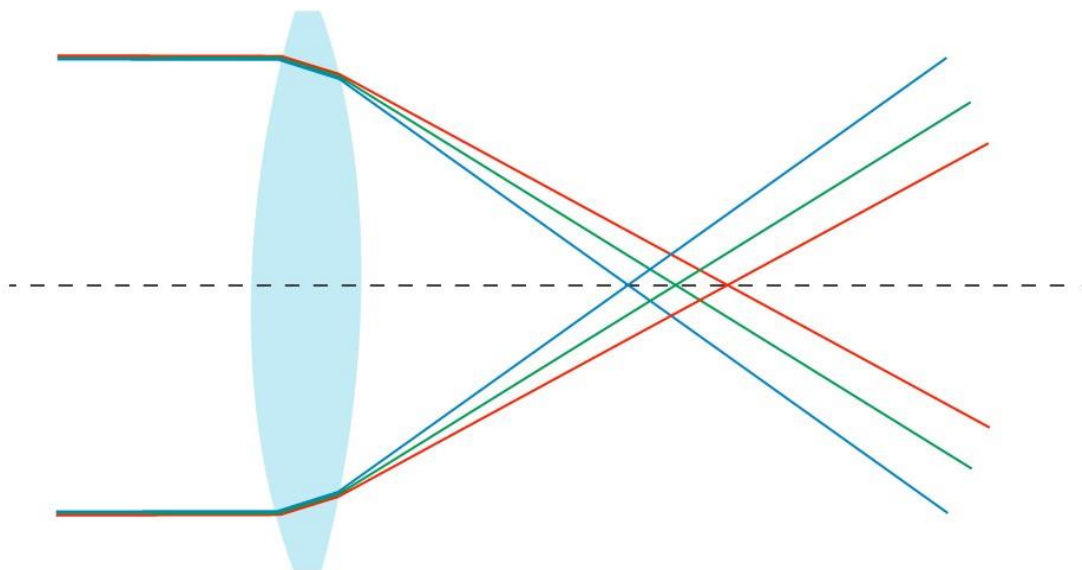


Kuvio 13. Tyyny- ja tynnyrivääristymää voidaan havainnollistaa ruudukolla (Petersen 2016)

5.6 Kromaattiset aberraatiot

Kromaattiset aberraatiot eli väriaberraatiot, syntyvät linssistä sen perusluonteen mukaisesti, riippuen linssin materiaalista ja sen valon taittamiskyvystä. Kromaattiset aberraatiot perustuvat dispersioon, jossa linssiin osuva valo jakautuu spektrin eri väreihin, ja nämä värit taittuvat eri kohtiin verkkokalvon nähden. Kromaattisia aberraatioita voidaan pitää aksiaalisina tai lateraalisenä aberraatioina. (Fannin – Grosvenor 1996: 128.)

Aksiaalisella kromaattisella aberraatiolla tarkoitetaan monokromaattisen valon jakautumista linssin läpi horisontaalisesti eri pituuksille. Jakautuessaan siitä muodostuu erillisiä, eri väreinä esiintyviä valonsäteitä. Valonsäteillä on eri aallonpituudet, jolloin ne kuvautuvat aksiaalisesti eri kohtiin verkkokalvon nähden. Lyhyin aallonpituus on violetilla, joka tarkoittaa sen kokevan suurimman refraktiivisen muutoksen liikkeessaan optisen linssin läpi. Tällöin valonsäde jää verkkokalvon eteen. Pisin aallonpituus on punaisella, joka tarkoittaa sen kokevan pienimmän refraktiivisen muutoksen linssissä, jolloin valonsäde jää verkkokalvon taakse. Lateraalisenä kromaattisella aberraatiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa eri aallonpituuden valot syntyvät samalle etäisyydelle linssistä, mutta ne osuvat eri kohtaan vertikaalisesti. Kyseistä aberraatiota esiintyy silloin, kun valo osuu linssin pintaan vinossa tulokulmassa. (Fannin – Grosvenor 1996: 129.) Kuviossa 14 esitetty aksiaalinen kromaattinen aberraatio.



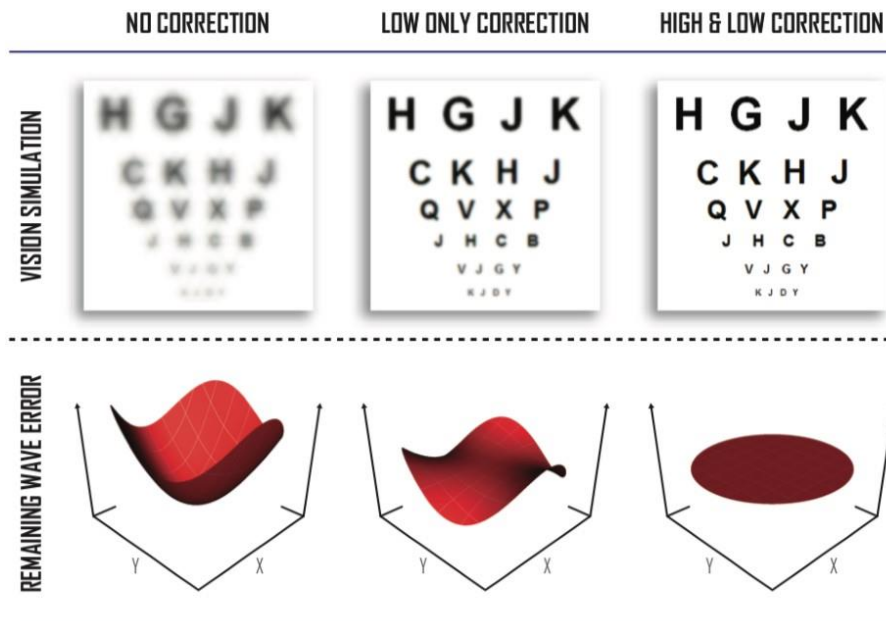
Kuvio 14. Aksiaalinen kromaattinen aberraatio, jossa on esitetty valkoisen valon hajoaminen eri spektreihin (Petersen 2016)

Kromaattisia aberraatioita esiintyy yleensä silmälasilinsseissä, joissa on paljon korjattua dioptriaa ja niiden aiheuttamaa prismaattista vaikutusta. Aberraatioiden määrään vaikuttaa myös linssimateriaali. Normaalisti korkean taitekertoimen materiaalit muodostavat enemmän aberraatioita kuin matalan, johtuen korkeiden taitekerroinmateriaalien pienestä Abben luvusta. Kromaattisiin aberraatioihin tarvittavan valon tulee olla moniaaltoituista. Monokromaattinen valo ei aiheuta linseissä kromaattista aberraatiota. Monokromaattista valoa esiintyy kuitenkin luonnollisissa olosuhteissa niin harvoin, että linssihin tuleva valo on lähes aina kromaattista. (Fannin – Grosvenor 1996: 129 – 130.)

6 Aberraatioiden vaikutus näkemiseen

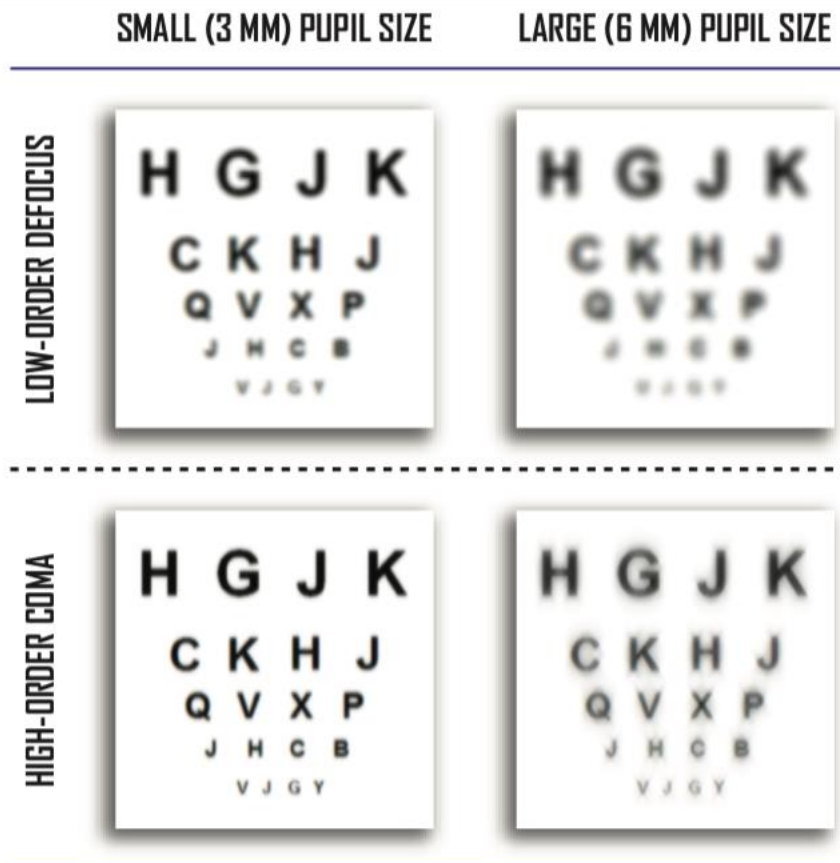
Ideaalitulanteessa silmälasilinssi on aberraatioista vapaa. Riippumatta linssin katselukohdasta, verkkokalvolle tulevan kuvan tulisi aina olla juuri katselukohdetta vastaava. Linseissä on kuitenkin aina aberraatioita, jotka vaikuttavat kuvautumiseen. Ne heikentävät kuvanlaatua tekemällä siitä suttuisen tai hajanaisen. Minimoimalla linssiaberraatioita ei kuitenkaan voida nostaa parasta mahdollista saavutettua visusta. (Meister 2010a: 4, 5; Meister 2010b: 4, 5.)

Matalan asteen aberraatioista haitallisimpia ovat kuvapinnan kaareutuminen ja vinojen sädekimppujen astigmaattisuus, sillä ne heikentävät näöntarkkuutta. Näitä aberraatioita voidaan kuitenkin tehokkaasti vähentää valitsemalla oikea peruskaarevuus tai käyttämällä asfääristä linssiä. (Meister 2010a: 4, 8, 9; Meister 2010b: 4,5, 6.) Alla olevassa kuviossa 15 on esitetty matala- ja korkea-asteisen aberraation vaikutus näkemiseen.



Kuvio 15. Korkea- ja matala-asteisten aberraatioiden vaikutus näkemiseen (Meister 2010b: 9)

Erityisesti suurien voimakkuuksien silmälasilinsseissä voi esiintyä korkeamman asteen aberraatiota, kuten comaa ja sfääristä aberraatiota. Suurella pupillilla katseltaessa ne aiheuttavat yleensä eniten kuvautumisen heikkenemistä. Pienellä pupillilla erityisesti sfäärisen aberraation aiheuttamat ongelmat ovat kuitenkin vähäisiä. (Meister 2010a: 10; Meister 2010b: 4, 5, 6.) Seuraavassa kuviossa 16 on esitetty pupillikoon vaikutus defokukseen ja comaan.



Kuvio 16. Pupillikoon vaikutus kuvautumiseen aberraatioiden esiintyessä (Meister 2010a: 9)

Kromaattiset aberraatiot eivät varsinaisesti heikennä näöntarkkuutta, mutta vaikuttavat näköjärjestelmän kontrastiherkkyteen. Kromaattisilta aberraatioilta voidaan välttyä tilanteissa, joissa käytetään akromaattisia linssejä tai valo on monokromaattista. (Yoon – Williams 2002: 267-269.)

7 Haastattelut

Toteutimme haastattelut teemahaastattelumenetelmällä. Teemahaastattelu on puolistrukturoitu haastattelutyyppi, jossa haastattelu etenee ennalta määritellyn aihepiirin perusteella. Haastattelua ei johdatella yksityiskohtaisilla kysymyksillä, vaan haastateltavan ajatuksille annetaan vapaasti tilaa. Avoimesta haastattelumenetelmästä poiketen haastateltaville esitellyt teemat ovat samat, mutta niille annettu painoarvo ja laajuus saattavat vaihdella haastateltavien kesken. Teemahaastatteluun valmistautuminen vaatii huolellisen perehtymisen aihepiiriin sekä haastateltavien tarkan valinnan. (Näpärä 2017; Saaranen-Kauppinen – Puusniekka 2006.)

Haastattelumme jakaantui kolmeen aihealueeseen: aberraatioihin, asiakastyytyväisyyteen ja keinoihin, joilla optikkoliikkeessä on mahdollista todentaa jännitteestä syntyneet linssivirheet.

8 Tulokset

Puolistrukturoidusta teemahaastattelusta nousi oletetusti esiin kolme aihealuetta: kehyksen ja linssin yhteensopivuus, jännitteiden vaikutus asiakastytyvyyteen ja jännitteiden ennaltaehkäisy ja kontrollointi. Kerättyä aineistoa teemoittain purkamalla oli mahdollista peilata haastattelussa saatuja vastauksia teoreettiseen viitekehykseen. Kunkin teeman alle on koottu haastattelusta nostettuja sitaatteja, jotka havainnollistavat jännitteiden vaikutuksia. Haastattelu löytyy kokonaisuudessaan liitteestä 2.

8.1 Kehyksen vaikutus linssiin

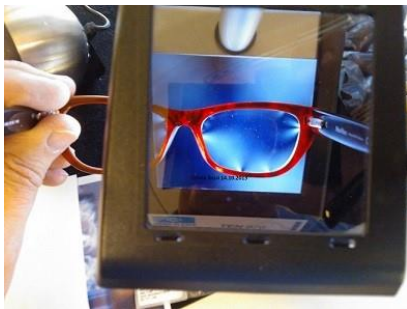
Linssiin kohdistuva ulkoinen paine synnyttää jännitteitä, lisää pinnoitevaurioiden mahdollisuutta ja Seidelin aberratioita. Epäsuotuisa puristus johtaa kahtaistaittumiseen ja muutoksiin linssimateriaalissa. Mitä korkeamman taitekertoimen materiaalista linssi on valmistettu, sitä herkempi se on jännitteiden aiheuttamalle vaurioille. Jännitteen johdosta linssimateriaali tihenee ja johtaa linssin taitekertoimen vaihteluun. Tämä lisää oletettavasti pinnoitevaurion riskiä ja aiheuttaa dispersion ja kromaattisen aberration vaihtelua optiikassa. Eroavaisuudet saattavat aiheuttaa epämiellyttävyyttä näkemisessä.

Nykypäivän asetaattikehysten materiaali on usein hyvin tuoretta. Kehyksen kutistuminen alkaa ja etenee tästä johtuen hyvin nopeasti, jolloin muutoksia huomataan tapahtuvan jo kolmessa viikossa. Linssin ollessa lähtökohtaisesti liian suuri, luo se yhdessä vähitellen kutistuvan kehyksen kanssa suuren ulkoisen paineen linssiin. Linssin optiikassa ja pinnoitteissa tapahtuu muutoksia jo muutamassa päivässä, mikäli linssi on liian tiukasti asennettu. Linssin poistaminen kehyksestä ei hävitä jännitettä, vaan se on todennettavissa myös pois oton jälkeen. Vaurio säilyy linssin muistissa, eikä pienemmäksi hiomisella näytä olevan siihen vaikutusta. On myös tärkeää erottaa asetaattikehykset nylonkehyksistä ja valetuista kehyksistä, sillä näissä kutistumista ei tapahdu. Seuraavalla sivulla kuviossa 17 on esitetty asetaattikehyksen kutistumisen vaikutus linssin jännitteeseen. Kuviossa esitetyn linssin voimakkuus on sf -0,50, cyl -0,75 ja taitekerroin 1.6. Kehys on Max Maran asetaattikehys.

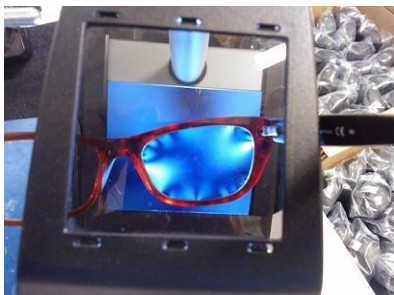
Lähtötilanne



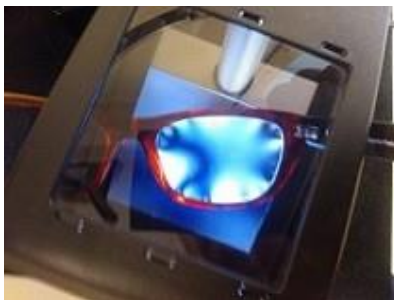
Sama kehys ja linssi kolmen viikon kuluttua



Sama kehys ja linssi kolmen kuukauden kuluttua



Sama kehys ja linssi vuoden kuluttua



Kuvio 17. Asetaattikehyksen kutistumisen vaikutus linssijännitteeseen vuoden aikana, mukaillen Rahkonen 2014.

"...monesti linssitetään liian tiukkaan muovikehyksiä esimerkiksi, ja sitten kun se on aika tuoretta se nykypäivän muovi niin sehän lähtee sitte kutistumaan aika nopeella vauhdilla" - Haastateltava 2.

Metallikehyksissä jännitettä tarvitaan. Mikäli linssin reuna-alueilla ei ole riittävää ulkoista painetta, saattaa se tippua ilman lämpötilan muutoksesta johtuen. Sisä- ja ulkotilojen lämpötilaerojen ollessa suuria, on mahdollista, että liian pieneksi jätetty linssi irtoaa pakassäällä kehyksestä. Kylmässä ilmassa linssimateriaali kutistuu, jolloin jännitteen määrä vähenee. Materiaalin palatessa normaaliksi huoneenlämmössä irtoamisriski alenee.

"... metallikehyksen juttu on et siellä pitää ollakin vähän jännitettä, ettei se helise pakkasessa..."

"Niin se on vaan kaks eri juttua toi muovi- ja metallikehys." - Haastateltava 2.

Liiallinen tai liian vähäinen jännite on todettavissa jännitemittarilla. Vaihtoehtona on myös tarkastella linssiä polarisoidun linssin läpi, esimerkiksi tietokoneen näyttöä vasten. Edellä mainittujen apuvälineiden puuttuessa linssin takapintaa voidaan tarkastella hyvässä valossa. Jos jännitteitä esiintyy, lampusta takapinnalle heijastuva kuva vääristyy.

8.2 Jännitteiden vaikutus asiakastyytyväisyyteen

Haastattelussa kävi ilmi, että linssiaberraatiot todella aiheuttavat astenooppisia oireita, kuten päänsärkyä, silmäsärkyä, pahoinvointia, näkökentän kapenemista, vääristymistä sekä keinuttamista. Kehyksen kutistumisen tai valmiiksi liian tiukaksi hiotun linssin aiheuttamat muutokset optiikassa ja pinnoitteissa ovat yhteydessä astenooppisten oireiden esiintymiseen. Asiakas, jolla on suuret voimakkuudet, on alttiimpi jännitteiden vaikutuksille. Suuriin taittovirheisiin valitaan usein korkean taitekertoimen, 1.67 tai 1.74 indeksin linssi, jossa reuna- ja keskipaksuuden ero on suurempi ja linssin murtolujuus heikompi.

Haastattelemamme linssimaahantuoja myöntää tuotteilleen kolmen kuukauden tottumistakuun, jonka aikana asiakkaan on mahdollisuus vaihtaa sopimaton linssidesign toiseen tuotteeseen. Kolmen kuukauden raja perustuu aikaan, jolloin asiakkaan ajatellaan tottuvan linssiin täysin. Jännitteiden ei tulkita olevan pääsyy asiakkaan reklamaatioon, vaikka astenooppiset oireet saattavat ilmaantua samanaikaisesti. Todentaminen, johtuuko reklamaatio nimenomaan jännitteistä vai jostakin muusta, on kuitenkin haastavaa, sillä asiakas voi valittaa ongelmastaan vasta useamman kuukauden kuluttua. Jännitteet eivät ole

yleisin reklamaation raportoinnin aihe - tärkein syy näkö- ja tottumisvaikeuksiin on tuote, joka ei vastaa asiakkaan tarpeita.

"Tottakai, tää kaikkihan tapahtuu asteittain, se ihminen ei huomaa sitä pientä vääntymistä, se tottuu siihen pikkuhiljaa, mut se ei enää tiedä miten hyvin sä voit nähdä sillä." - Haastateltava 2.

8.3 Jännitteiden ennaltaehkäisy ja seuraaminen

Huolellinen pohjatyö on ensisijainen ratkaisu jännitteiden ennaltaehkäisyyn. Suurin osa linssijännitteistä johtuu puutteellista tai virheellisistä esivalmisteluista.

"Kaikki ongelmat tossa hionnassa, hidastukset johtuu oikeestaan sen pohjatyön puuttumisesta tai väärin tekemisestä." - Haastateltava 2.

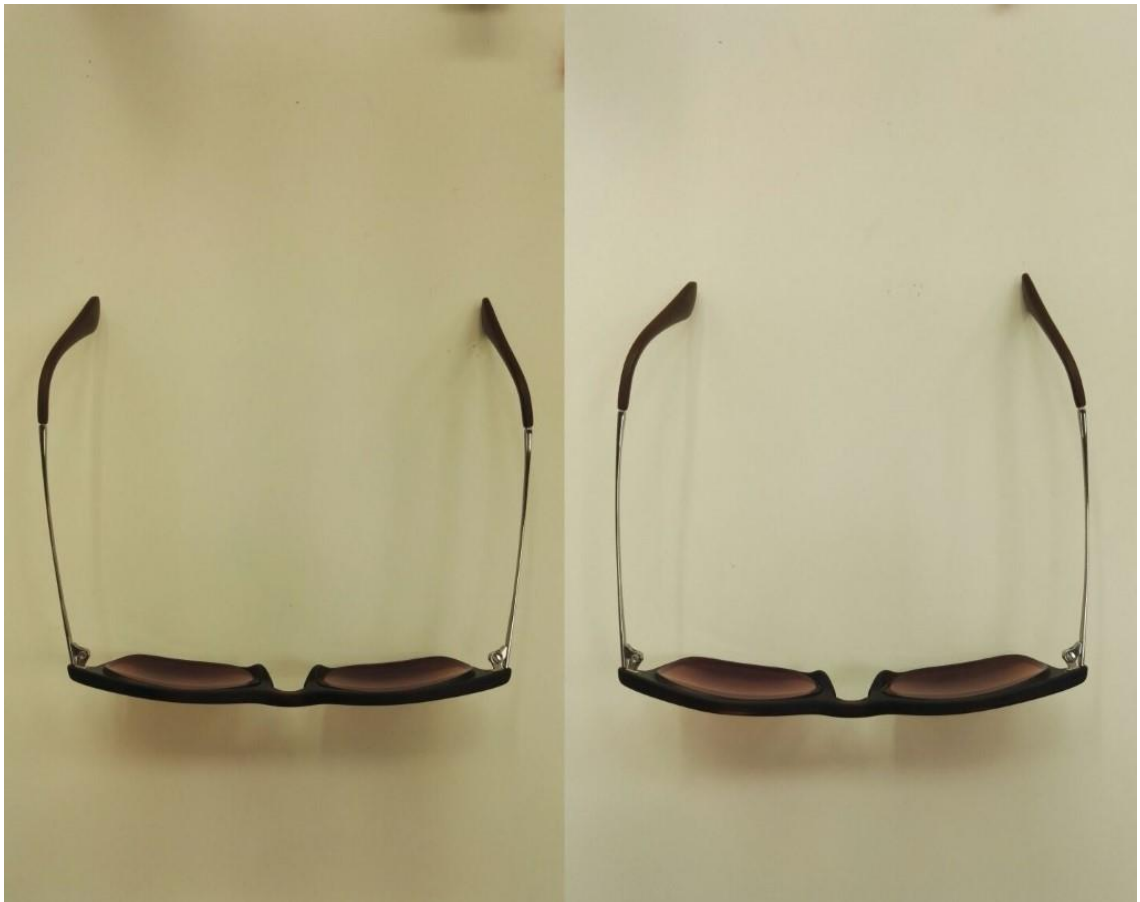
Kehyksen ja linssin kaarevuuden epäsopivuus toisiinsa nähden aiheuttaa jännitteitä. Mikäli linssin etupintaan ei voida vaikuttaa, kannattaa linssin kaarevuus arvioida ennen kehyksen luenta ja taivuttaa kehys arvioituun kaarevuuteen. Metallikehyksissä ruuvit on kiristettävä kiinni, jotta tilattu linssi hioutuu oikean kokoiseksi ja muotoiseksi. Erityisesti linssien ollessa etähiottuja, tämä vaihe kannattaa huomioida tarkoin. Lopputuloksena linssi istuu kehykseen paremmin, eikä aiheuta siihen painetta tai vääntöä. Osa linssivalmistajista tarjoaa mahdollisuuden vaikuttaa linssin etupinnan muotoon. Tällöin on kannattavaa tilata linssi, joka on mahdollisimman lähellä kehyksen kaarevuutta.

Linssin koko ja muoto saattavat olla virheellisiä, mikäli kehys ei ole sama, jota on käytetty luentaan. Vaikka kehyksen malli ja väri pysyvät samana, eivät ne koskaan ole identtisiä valmistusprosessista johtuen. Ongelmaksi muodostuu väärän kokoinen tai muotoinen linssi, jonka pakottaminen kehykseen lisää painetta. Plusvoimakkuuksilla linssi kaareutuu miinuslinssiä enemmän. Tämä vaikuttaa linssin pituuteen erityisesti suorakulmaisissa kehyksissä. Jos kehystä ei ole taivutettu oikeaan peruskaarevuuteen, se on luettu ja tilattu etähiottuna, on linssi suurella todennäköisyydellä liian pitkä. Pyöreitä kehysmuotoja suosittaessa ongelma on vähäisempi. Liitteessä 3 on havainnollistava kuva sarja taivutuksen merkityksestä.

"Se on ihan yleisin virhe mitä tehdään, jos liikkeessä etäluetaan, tiedetään et tulee vahva plussa, pokalle ei tehdä mitään, ruuvit on vähän löysällä, kaikki tämmönen juttu ja sit ihmetellään, kun se linssi ei sovi siihen, joka on tilattu. Ja toinen joka on,

sun täytyy aina lukee se kehys, mihin se tilataan se linssi tai mihin hiotaan. Ei oo kahta samanlaista vaikka on samat mallit." - Haastateltava 2.

Miinuslinssillä ongelmaksi muodostuu kehysten kaarevuus. Miinusvoimakkuuksilla linsin etupinta on usein hyvin suora, joka aiheuttaa kehukseen vääntöä ja aurasikulman muutoksia. Kehyksen aukeaminen vaikuttaa mitoituskehykseen ja aiheuttaa linssiin jännitteitä. Asiakkaasta linssi saattaa tällöin tuntua epämiellyttävältä ja vaikuttaa negatiivisesti kehysten ulkonäköön. Ilmiö on esitetty kuviossa 17.



Vasemmalla kuvassa kehys on auennut linssin kehysten kutistuttua, oikealla sama kehys linssin pienennyksen jälkeen (Hirvonen 2018)

Asiakas voi olla tarpeellista kutsua pienentämään linssi 3 – 4 kuukauden välein silmälasien luovutushetkestä. Tämä pätee vain tapauksissa, joissa linssi on aluksi hiottu oikeaan kokoon ja kehysten kutistumisesta aiheutuvaa painetta voidaan vähentää. Linssin ollessa jo luovutettaessa liian tiukka asennettu, ehtii vahinko tapahtua nopeammalla

aikataululla, eikä pienemmäksi hiominen enää korjaa optiikkaa. Kutistumisesta aiheutuvan jännitteen syntymistä on kuitenkin helpompi ennaltaehkäistä hiomalla linssi lähtökohtaisesti sopivan kokoiseksi.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön päätavoitteena oli selvittää yleistävän teoriaosuuden ja teemahaastatteluiden avulla jännitteen aiheuttamia näkemiseen liittyviä ongelmia. Tavoitteena oli saada selville muun muassa minkälaisia aberraatioita jännite linsseissä aiheuttaa ja korreloivatko ne reklamaatioiden määrän kanssa. Halusimme nostaa aiheen esille, jotta linsin kuvautumiseen vaikuttavat tekijät pidetään mielessä myös refraktion, linssivalinnan ja mitoituksen jälkeen. Tiedon lisäämisellä pyrimme, että jokainen optisella alalla työskentelevä voi tarvittaessa poistaa ja tunnistaa jännitteet, jotta optikkaan kohdistuvia riskitekijöitä on mahdollista kontrolloida. Työstä tulee helpompaa ja taloudellisesti kannattavampaa, kun asiakasreklamaatioihin käytettävä aika vähenee ja kustannukset laskevat.

Työn toteutustavaksi valitsimme kartoittavan kirjallisuuskatsauksen. Lähdimme perehtymään opinnäytetyön aiheeseen etsimällä englannin- ja suomenkielistä tietokirjallisuutta yleisestä optiikasta. Aiheeseen liittyvän kirjallisuuden niukkuus vaikeutti työhön tarttumista, mutta edesauttoi lopulta teoriaosuuden rajaamista. Englanninkielisen lähdekirjallisuuden kääntäminen ja ymmärtäminen oli aikaa vievää, mutta helpottui vähitellen sanaston tullessa tutuksi. Tutkimusosuuden haastatteluilla halusimme saada asiantuntijan näkökulman opinnäytetyön aiheeseen. Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina haastateltavien otannan ollessa pieni, sillä aihealueesta oli vaikea muokata yksittäisiä kysymyksiä esimerkiksi lomakekyselyä varten. Lopulta työssä esiintyi kaksi haastateltavaa, optisen alan linssiyrityksen asiakasneuvoja ja optinen hioja. Tutkimuksen luotettavuuden lisäämiseksi olisimme mielellämme haastatelleet useampia asiantuntijoita.

Oletimme, että optikoilla, optisilla hiojilla ja myyjillä on tietoa jännitteistä, mutta niiden merkitystä pidetään vähäisenä eikä niitä huomioida esimerkiksi kiireen vuoksi. Tuhansien hiontaparien keskushiomoissa ei tutkita jokaisen parin aberraatioita, jos jännitteiden arvioidaan vaikuttavan optikkaan vain minimaalisesti. Liikkeet vastaanottavat silmälasipareja, joissa esiintyy ainakin jossakin määrin vääristymiä, ja resursseja linssin pienentämiseksi ei välttämättä löydy. Linssivalmistajien reunahiomoilla tai yksityisissä optikko-liikkeissä tilanne on mahdollisesti positiivisempi: linssivalmistajat tarkkailevat tehtailta poistuvien tuotteidensa laatustandardeja tiukasti ja yksityisissä liikkeissä aikaa yhtä asiakasparia kohti on enemmän.

Haastattelussa optinen hioja mainitsee, kuinka kehyksen muodon lukeminen on erittäin tärkeää juuri siitä kehyksestä, jonka asiakas saa kasvoilleen. Oletamme suuremmissa ketjuliikkeissä kehysten muotojen olevan jo suurimmaksi osaksi ennalta luettuja, sillä näin pystytään karsimaan aikaa, joka kuluu kokonaisuudessaan silmälasien valmistamiseen. Yksityisissä liikkeissä muoto luetaan todennäköisesti kehyksestä, jonka asiakas tulee lopulta saamaan itselleen. Mietittävää on, olisiko asiakkaan käyttöön tulevan kehyksen lukeminen mahdollista myös ketjuliikkeissä ja niin tärkeää, että asiakasparin valmistukseen kulutettavaa aikaa on kannattavaa lisätä.

9.1 Työprosessi ja jatkotutkimusehdotukset

Opinnäytetyömme ei sujunut täysin aikataulun ja suunnitelman mukaisesti. Alkuperäisenä ajatuksena oli toteuttaa tutkimus, johon olisimme sisällyttäneet silmälasilinssien aberratiomittauksia ja koehenkilöiden käyttäjäkokemuksia vääristyneistä ja ”ideaaleista” linseistä. Ideasta kuitenkin luovuttiin liikaa aikaa vievänä ja tutkimusluvan hankkimisen haasteellisuuden vuoksi. Lisäksi tutkittavien otannan tulisi olla riittävän suuri, jotta luotettavien johtopäätösten muodostaminen olisi mahdollista. Näitä ideoita voisi mahdollisesti käyttää tulevaisuudessa opinnäytetöissä, joissa opiskelijoilla on enemmän aikaa asiakkaiden löytämiseen, tutkimuslupien hankintaan ja itse tutkimuksen tekemiseen. Jatkotutkimusehdotukseksi esitämme myös kvantitatiivista kyselytutkimusta myymälässä työskentelevien optikoiden ja optisten myyjien tietämyksestä aiheesta.

Vaikka opinnäytetyö ei vastaa sitä, mitä siltä lähtöviivalla odotimme, niin oppimisprosessina se on ollut hyödyllinen ja palkitseva. Aiheemme oli mielenkiintoa herättävä, ja siihen syvällinen perehtyminen on kasvattanut ammatillista osaamistamme ja valmistanut meitä työelämää varten.

Lähteet

ABOM Meister, Darryl – Sheedy, James E. OD PhD. 2010. Introduction to ophtalmic optics. San Diego, CA: Carl Zeiss Vision. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <http://64.50.176.246/files/introduction_to_ophtalmic_optics.pdf>. Luettu 25.2.2018

ABOM Meister, Darryl J – BSc Fisher, Scott W. 2008. Progress in the spectacle correction of presbyopia. Part 1: Design and developement of progressive lenses. Clinical and experimental optometry 2008; Volume 91; Number 3. 240-245. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1444-0938.2007.00245.x>>. Luettu 20.2.2018.

Brooks, Clifford W. - Borish, Irwin M. System for ophtalmic dispensing, third edition. Philadelphia, USA: Butterworth-Heinemann, Elsevier.

Eppig, Timo – Zoric, Katja – Speck, Alexis – Zelzer, Benedikt – Götzelmann, Jens – Nagengast, Dieter – Langenbucher, Achim 2012. Wave-front analysis of personal eye protection. Optics Express 2012: Vol. 20, No.16 17806-17815. OSA publishing. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <https://www.osapublishing.org/DirectPDFAccess/10D667CE-C74A-2360-F8DDEF66C0BBD0DE_240007/oe-20-16-17806.pdf?da=1&id=240007&seq=0&mobile=no>. Luettu 18.2.2018

Fannin, Troy E. – Grosvenor, Theodore 1996. Clinical Optics, second edition. Newton, MA, USA: Butterworth-Heinemann.

Goss, David A. Ocular Accommodation, convergence and fixation disparity. Newton, MA, USA: Butterworth-Heinemann.

Hatakka, Jukka – Saari, Heikki – Sirviö, Jarmo – Viiri, Jouni – Yrjänäinen, Sari 2009. Physica 3, kolmas painos. Helsinki, Suomi: WSOY.

Lentes, Frank Thomas – Neuroth, Norber 2012t. 3. Optical quality. Teoksessa Bach, Hans – Neuroth, Norbert (toim.): The properties of optical glass.165-175. Germany: Springer-Verlag Heidelberg Berlin.

Majewski, Steven R. 2017. ASTR 5110 (Majewski) Lecture Notes. Telescope Optics II: Aberrations, Diffraction Effects and Image Quality. B. Third Order Theory and the Seidel Aberrations. Department of Astronomy. University of Virginia College and Graduate School of Arts & Sciences. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.faculty.virginia.edu/ASTR5110/lectures/optics2/optics2.html>>. Luettu 1.4.2018.

Meister, Darryl. 2010a. Wawefront aberrations and spectacle lenses part one. Dispensing optics (January 2010). 4-10. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <http://64.50.176.246/files/wavefront_aberrations_and_spectacle_lenses.pdf>. Luettu 28.2.2018

Meister, Darryl. 2010b. Wawefront aberrations and spectacle lenses part two. Dispensing optics (February 2010). 4-12. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <http://64.50.176.246/files/wavefront_aberrations_and_spectacle_lenses.pdf>. Luettu 28.2.2018

Jalie, Mo 2005. Best form lenses: Off-axis performance of lenses.

O.D. Cook, Palmer R. 2008. Birefringence: The dispenser's forgotten friend. U.S. Pharmacist. 15.10.2008. Verkkodokumentti. <<https://www.uspharmacist.com/article/birefringence-the-dispensers-forgotten-friend>>. Luettu 3.3.2018.

Petersen, Bjorn. 2016. Optical Anomalies and Lens Corrections Explained. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa <<https://www.bhphotovideo.com/explora/photography/tips-and-solutions/optical-anomalies-and-lens-corrections-explained>>. Luettu 1.4.2018.

Rabbets, Ronald B. 2007. Clinical visual optics, fourth edition. Philadelphia, USA: Butterworth-Heinemann, Elsevier.

Rahkonen, Olli. 2014. Kehyksen kutistuvuustesti.

Sinzinger, Stefan – Jahns, Jürgen. 2003. Microoptics, 2nd, revised and enlarged edition. Weinheim, Federel Republic of Germany: Wiley-VCH.

Smith, George – Atchison, David A. 1997. The eye and visual optical instruments. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

Smith, Warren J. 2000. Modern Optical Engineering. The Design of Optical Systems. Third edition. McGraw Hill

Yoder, Paul R. 2008. Mounting optics in optical instruments. Bellingham, Washington, USA: SPIE

Yoon, Geun-Young – Williams, David R. 2002. Visual performance after correcting the monochromatic and chromatic aberrations of the eye. Verkkodokumentti. <http://www.cvs.rochester.edu/williamslab/drw_pubs/yoona_josa2002.pdf>. Luettu 30.03.2018.

Liitteet

Teemahaastattelun runko

Teemahaastattelun runko

1. Aberraatiot & Kahtaistaittuminen (hioja)

- ❖ Miten kahtaistaittuminen huomioidaan linssihionnassa?
- ❖ Mitä aberraatioita syntyy linssityksen yhteydessä (yleisimmät)
- ❖ Kuinka linssin asettaminen kehykseen ja sen pois ottaminen vaikuttavat aberraatioihin
- ❖ Minkälaisessa ajassa syntyvät? (Välittömästi/ajan kuluessa)

2. Asiakastyytyväisyys (aspa)

- ❖ Minkälaisista oireista asiakkaat valittavat, jos linssissä on reippaasti aberraatioita?
- ❖ Kuinka monen reklamaation syyksi paljastuu jännitteet?
- ❖ Erot yksiteholinssien ja moniteholinssien välillä?

3. Ohjeita optikkoliikkeeseen (molemmat)

- ❖ Millä välineillä / mittareilla optikko voi todentaa vääristymät?
- ❖ Jännitteiden ennalta-ehkäisy?

Strukturoitu teemahaastattelu

Teemahaastattelun litterointi

Lotta: Noin. Elikkä.. Haastateltava 1, minkälaisista oireista asiakkaat yleensä valit-
taa, jos soitetaan tänne Hoyan asiakaspalveluun ja linssissä on paljon aberraati-
oita?

Haastateltava 1: Noo, saattaa olla esimerkiksi astenooppisia oireita, niinku pään-
särky, silmänsärky, pahoinvointia, sit ihan näkemisessä kapeat näkökentät, vää-
ristää, keinuttaa, tällasia.

Lotta: Okei. Jos.. tänne tulee linsejä varmaan tutkittavaksi, niin katoks sä niitä vai
kattooks niitä joku muu?

Haastateltava 1: No meillä on tos asiakaspalvelussa minä ja toi Työntekijä 1, jotka
tutkii niitä linsejä ja sit on toi mein tuotepäällikkö Työntekijä 2.

Lotta: Okei, joo, eli te pystytte myös ite suoraan niinku jo näkemään sieltä et siellä
on jotain aberraatioita siellä linssissä?

Haastateltava 1: Noo.. jännitteitä pystyy kattoo ton mittarilla ja sitten no, pinnoit-
teista pystyy esimerkisi kattoo, onks siellä jotain mikä vois aiheuttaa.

Lotta: Okei. Sä olit mejän hioja, olik näin?

Haastateltava 2: Juu, kyllä.

Lotta: Noni! Hyvä, joo. No sit me voidaan laittaa tätä niinku vähä tälle lomittain
tätä haastatteluu. Onks sulle tämmönen termi ku kahtaistaittuminen tuttu?

Haastateltava 2: Mmm en mä noit termejä tiedä muuta ku että just noi jännitteet ja
tämmöset.

Lotta: Joo. No se just liittyy niihin niinku jännitteeseen. Totaa.. no mitä, mitkä on
yleisimmät aberraatiot et mitä siellä syntyy linssityksen yhteydessä?

Haastateltava 2: No se on tota, kahtiajakonen juttu, että.. että tota niin.. monesti
linssitetään liian tiukkaan muovikehyksiä esimerkiks, ja sitten ku se on aika tuo-
retta nykypäivänä se muovi, niin sehän lähtee sitte kutistumaan aika nopeella
vauhdilla - en mä tiedä ootteks te nähny noita kuvia mitä on otettu?

Lotta: Aaa.. Ei.. Ei olla nähty kuvia - eks sulla ollu jotain kuvia?

Haastateltava 2: Juu, mä voin kohta hakeekin tuolta pari juttua, niin siinä näkee
kuinka nopeesti etenee se kutistuminen että ihan jo kolmesta viikosta eteenpäin ni

alkaa tapahtua siinä kehyksessä. Niinku välillä sitä kittaantumista vuoden päästä se kuva ihan toisen näköinen ku (jalan jäljissä?)

Lotta: Mmm. Onks öö.. no moniteholinssien kanssa se on varmaan kriittisempää muttaa.. mites ykstepholinssi?

Haasteteltava 2: No ihan sama juttu et lopulta se rikkoo sen pinnan ja vääristää sen hionnan siinä ykstepholinssissikin. Taipuu niinku kuplalle se linssi, mikä siinä on hiottu.

Lotta: Mjoo.. Totaa, mmm.. Ääh no, tää sivuaa tätä samaa et kuinka linssittäminen ja linssin poisottaminen vaikuttavat aberratioihin? Tarkottaa ehkä sitä et kun linssittää kehystä, niin sen jättää sinne, ja se on vielä vaikka vähän liian iso niin miten kauan jos se on se linssi siellä niin ne jännitteet sinne jää?

Haasteteltava 2: Mmm, no kyl mä... muutama päivä riittää jos se on kauheessa puristuksessa. Tavallaan jos sä otat jo linssin pois, ja pistät sen linssin jännitemittariin niin siinä ne jo näkyy ne jännitteet. Et kyl se jää sinne muistiin, eikä se tuu sieltä pois vaikka hiois sitä pienemmäksi, kyl se pysyy siellä.

Lotta: Niin, edelleen, se vaurio. Okei. Jaa.. noo, tän sä kanssa melkein sanoitkin jo kanssa et minkälaisessa ajassa ne syntyy, niin sellanen melkein kolme viikkoo niin..

Haasteteltava 2: Niin sit alkaa kutistua jo muovikehys ja sit taas toi metallikehysten juttu on et siellä pitää vähän ollakin jännitettä ettei se helise pakkasessa ja siten tota niin.. Muutenkin et se pysyy siellä, esimerkiks pyöreähkö muoto ja asento ei muutu vaikkapa sit pesun yhteydessä. Niin se on vaan kaks eri juttua toi muovija metallikehys.

Lotta: Joo. Mitä sä tarkoitat sillä, et ei helise pakkasessa?

Haasteteltava 2: Niin, niinku muovilinssit kutistuu pakkasessa ja asiakashan sit tulee liikkeeseen monta kertaa valittaa et tää linssi heiluu.

Lotta: Nii, aivan..

Haasteteltava 2: Sitten taas, huoneenlämmössä se taas katoaa, kun se linssi tasaantuu lämmöllä.

Lotta: Okei, joo, joo.

Haasteteltava 2: Ja nyt jos sit semmonen, metallipokas vielä tää pakkases kutistunut linssi, kun koittaa pyyhkiä siitä pois, niin saattaa olla vaikka pystyasennossa se pyöree linssi ku se..

Lotta: Nii! Kyllä, kyllä. Aaaa, mmm no totaa.. no millä välineillä ja mittareilla optikko voi todentaa vääristymät - te voisitte nyt molemmat vastata siihen!

Haastateltava 2: Kyl se jännitemittari on aika tehokas siinä ja toi, joku hyvä valo, jolla sä voit katsoa esim. takaheijasteen, et taittuuks se lampun kuva suoraan vai tuleeks tämmöstä mutkaa.

Lotta: Nii, jotain aaltoilua, joo. Mikä on sun kokemus siitä et miten yleistä se on?

Haastateltava 2: Tosi yleistä.

Lotta: Mist se johtuu?

Haastateltava 2: (naureskelee) ... Se johtuu ensinnäkin tästä, et paljon hiotaan liian tiukkaan, jostain syystä kun liikkeissä hiotaan niin monesti on niin, että hiotaan se linssi niin tiukkaan ettei se varmasti putoo sieltä! Se on se, aletaan varmistella jo tässä kohtaa sitä hommaa. Ja totaa.. Se on se lähtökohta, kehys on vielä muovikehys, siitä ku lähtee kutistumaan ni.. toki, tokihan muovia on on sitten tavallisia sel-lupokia mitkä kutistuvat, ja sitten on valettuja, mitkä ei kutistu. Ne pitää sitten osata erotella.

Lotta: Niinku, ne.. ne nylonkehukset ei kutistu ja sitten taas asetaattikehys lähtee kutistumaan. Okei.. mitäs mulla tuli tässä mieleen, ömm.. Niin! Et, onks, näkyyks teillä vaikka jotenki sillee kriittisemmin että uuden teknologian linssit on sillee.. herkempiä ku jotkut vanhemmat, vai? Vai onks niissä mitään eroo, tai merkitystä?

Haastateltava 1: Aa.. mm, ei sillä linssidesignilla niin oo merkitystä, et ehkä enemmän on niinku taitekerroin, että yksseiskaneloseen tai ykskuusseiskan taitekertoimet on herkempii jännitteille ja sitten sitä kautta myös pinnoitevaurioille. Niissä ehkä näkyä enemmän.

Matti: Onks siihen jotain syytä sitten?

Haastateltava 1: No.. -

Haastateltava 2: Se on pehmeempää.

Haastateltava 1: - ..Heikompi murtolujuus ja sitten se on myös se koska, kun.. jos on iso taitekerroin, yleensä on myös isot voimakkuudet, esimerkiksi isot miinusvoimakkuudet. Se niinkun se linssin paksuusero, sen reunan ja sen keskipaksuuden välillä on suurempi, jolloin tietysti se niinkuin se jännite kohdistuu helpommin siihen ja.. sitä kautta sitten.

Lotta: Okei.. joo. Noo mm, onks teillä jotain semmost työkalupakkii tai mitä te haluaisitte saada sillee.. kuuluville että, mitä pitäis huomioida just jännitteiden kans?

Haastateltava 2: Joo, mä tein tossa kuvasarjan et mitä pitäis tehdä kehykselle ennen hiontaa. Mä tuon sen samalla. Se valaisee aika paljon, mikä vaikuttaa lopussa siihen jännitteisiin. Et tota.. se on aika hyvä semmonen kuvajuttu että.. toinen on

semmonen et kyllä muovikehyskin pitää taivuttaa ennen linssitystä, et mitat on siinä oikein. Ettei tuu niitä pitkiä linsejä!

Lotta: Joo niin, aivan, okei. Tota mmm.. ookste huomannu siinä olis jotain eroo et yksityiset liikkeet tai liikkeet, jotka hioo itse, tai sitten tällaset keskushiomot niin onks jommassa kummassa enemmän tietoo? Tai taitoo?

Haasteteltava 2: No totaa - no, saaks mä vastata tohon ni - monesti sellaset hiomot, mitkä.. millä ei oo maahantuojan ja linssin valmistuksen kanssa mitään tekemistä, ne vaan hioo, niin ne ei niin piittaa siitä. Tottakai maahantuoja, jolla on omaa linssi-tuotantoo täytyy huolehtia myös siitä jännitteestä enemmän että, tulee siellä ainakin tehty oikein se linssitys.

Lotta: Niin aivan. Sit se tulee takas... Mmm joo.. Tuleeks sulle Matti jotain mieleen?

Matti: Mmm.. Eipä oikeestaan.

Lotta: Okei. Katotaan ollaaks me käyty täällä niinku hyvin..

Haasteteltava 2: Mä voin tässä välissä käydä hakemassa ne kuvat.

Lotta: Joo! Hae vaan.

Lotta: Mmm... tää on nyt vähän sillee off the topic, mutta se et noissa reklaamaatioissa muuten niin, onks ne yleensä liittyen mitoitusrvirheisiin, refraktioon vai just niinku.. vaikka tämmösiin jännitteisiin?

Haasteteltava 1: Amm.. No jännitteet ei oo yleisin, niinku syy niihin näkövaikeuksiin, siis Suomessa ja ylipäätään niinku maailmalla, tärkeimmät syyt niinku näkövaikeuksiin ja tottumisvaikeuksiin on - mm - asiakkaalle sopimaton tuote, et on valittu joku linssi, joka ei niinkun vastaa periaatteessa sen asiakkaan tarpeita tai ei oo vaan sopiva sille. Sit on tietysti mitoitusrongelmat, refraktio, kehyksen istuvuus on kans yks tekijä. Niin ne on ehkä ne suurimmat..

Lotta: Kyllä.. Onks teillä ollu mitään semmosta.. jotain koulutuksia tai muita liittyen sit näihin johonkin aberraatioihin ja jännitteisiin? Vai onks se sit vaan et niistä kuulee sieltä täältä ja sit siin samassa sit niinku oppii?

Haasteteltava 1: Tarkotaks niinku meille jotain koulutuksia vai ollaaks me pidetty jotain..?

Lotta: Teille!

Haasteteltava 1: Amm.. no, ei meillä varsinaisesti mitään koulutuksia oo ollu. Tää on vähä semmonen työ et mis oppii sit ku tekee ja näkee niitä että tota..

Lotta: Joo, okei.. Osaaks sä sanoo, et jos sä näät niinkun et tässä on poka ja linssit et "aa, tää näyttää tällaselta et täs on nyt tätä ja tätä?"

Haasteteltava 1: No mhmh.. ehkä nyt ei niinku suoraan pysty niinkun sanoo, et kyl siihen tietysti tarvii ne jännitteet, kylhän sen pystyy tietyssä tapauksessa sanoo onks se linssi liian iso vai ei, mut niinkun, pitää kuitenkin mitata ne ja kattoo voimakkuudet ja muut että.. tota..

Lotta: Joo. Onks teillä joku sellanen taulukko mihin te kirjaatte jotain ... tai te kattootte varmaan niitä jollain aberrometrillä, vai?

Haasteteltava 1: No... Siis meillä on niinkun jännitemittari, ja sit meillä on sellanen lamppu, mut ei varsinaisesti mitään semmost niinku..

Lotta: Okei, juu. No sit niitä ei varmaan ihan kauheesti pystykään erottelee. Et mikä nyt vaikka on jotain pinta-astigmatismia ja mikä on jotain muuta..

Haasteteltava 1: Niin se on vähän vaikeeta ilman semmosta.

Lotta: En mä tiedä, onks sillä.. onks sillä tavallaan teille mitään merkitystä ees et niinku, te saatte tarkemmin tietää et mitä sieltä niinku tulee? Vai onks se vaan niinku.. et tää linssi on nyt.. ei tää näytä siltä, kun sen pitäis näyttää!

Haasteteltava 1: Nnniin.. No siis.. siihen vaikuttaa niin monet asiat, niinku voimakkuudet ja onks sen pitoisuus ok ja näin, että.. sitä kautta.

Lotta: Okei..

—
Matti: Aika selkee muutos.

Haasteteltava 2: Joo, yllättävän nopeesti. Tässä on vielä semmonen asiaa helpotava - tai et, tää on positiivisempi kuva ku käytännössä, kun tää on ollut kokoajan lämpösessä, tasaisen lämpösessä kahdeskymmenes asteessa. Mut kun sä meet ulos ja sisään, käytännössä siihen tulee (?) ilmiö luultavasti siihen vielä nopeemmin.

Lotta: Joo. Niin just.

—
Matti: Olisko tähän niinku oikee ratkaisu sit se et me pyydetään niinku asiakkaita tulemaan et ne pienentää sitä linssiä?

Haasteteltava 2: Jotkut liikkeet tekee sitä.

Matti: Mm, joo, niin mä oon kuullut kans.

Haasteteltava 2: Kun oikeen tuoretta, tai tietyt merkit, on vielä tuoreempia ku toiset, tietää niitä malleja, et ne pyytää ihan niinku tavallaan huoltoon ilmeisesti - ei ne varmaan sitä asiakkaalle sano et ne pienentää linssiä mut siinä samalla.

Matti: Niin, niin.

Haasteteltava 2: Yllättävän paljon pienelläkin taivutuksella tollanen pitkulainen metallikehys niin se A-mitta lyhenee.

Lotta: Mm, joo-o.

Haasteteltava 2: Yli puoli milliiä, kun jos sä oot tavallaan lukenut suoran sen pokan, kun sun pitäis siihen plussalinssi saada, niin siitähän ei tuu yhtään mitään. Saat käsin päästä pienentää.

Lotta: Niin et et.. Kun sulla on se raakalinssi kiekkona, niin sun pitäis siitä jo kattoo tavallaan sitä kaarevuutta et paljon noihin sit taivuttaa se.

Haasteteltava 2: Mm, kyllä, kyll

Lotta: Joo.. No toihan on hyvä vinkki.

Haasteteltava 2: Se on ihan yleisin virhe mitä tehään, jos liikkeessä etäluetaan, tiedetään et tulee vahva plussa, pokalle ei tehdä mitään, ruuvit on vähän löysällä, kaikki tämmönen juttu ja sit ihmetellään, kun se linssi ei sovi siihen, joka on tilattu. Ja toinen joka on, sun täytyy AINA lukee se kehys, mihin se tilataan se linssi tai mihin hiotaan. Ei oo kahta samanlaista vaikka on samat mallit.

Lotta: Tostaa.. linssin pienentämisestä, niin.. Jos niitä asiakkaita sit lähtis niinku kutsumaan, et aina systeemaattisesti et tulkaa ja pienennetään ne linssit, niin mikä olis semmonen sopiva väli sille?

Haasteteltava 2: No jos tota kuvaa kattoo, niin.. tos ei oo vielä hätää (3 viikkoa), tos alkaa vähän olla tätä - pituussuunnassa nimenomaan, A-mitassa alkaa olla kiris-tystä.. ja paljos tosta on nyt aikaa?

Matti: Kolme kuukautta.

Haasteteltava 2: Niin, se on jo semmone väli varmaan, kolme-neljä kuukautta.

Lotta: Kuulostaaks se sun mielestä järkevältä systeemiltä?

Haastateltava 2: No.. Jotkut katsoo sen järkeväks, että.. mitä matalampi ja pitkulaisempi muovipokaki on, niin sehän alkaa se kehys siitä kääntyä siitä reunasta ja kylhän se toki nähdään niitä kutistuneita pokia, kun se linssi pullahtaa tuolta ylhäältä pois. Ja sen voi kuvitella, miten vääntynyt se linssi on tässä suunnassa. Mut totta kai, tää kaikkihan tapahtuu asteittain, se ihminen ei huomaa sitä pientä vääntymistä, se tottuu siihen pikkuhiljaa, mut se ei enää tiedä miten hyvin sä voit nähdä sillä.

Lotta: Mut sit ku se linssi alkaa näyttää tältä, niin sit ne soittaa sulle (Haastateltava 1) ja sanoo että, nyt mun päätä särkee - no okei, ei asiakas soita - vaan onks se sit just se, et ne astenooppiset oireet alkaa tulla sieltä?

Haastateltava 1: Se on aika yksilöllistä, mut tossa vaiheessa.. yleensä joo.

Lotta: Okei, joo. Onks sulla antaa joku semmonen, tavallaan aika, et ... onks siinä jotain sellasta loogista systeemiä et ne menis niinku käsi kädessä

Haasteteltava 1: No sitä on aika vaikee sanoa ja kun asiakas saattaa tulla vaikka vuoden päästä vasta kertomaan siitä.. Vaikee sanoo, mutta tietysti on, niinku hyvä jo valmiiks - niinku meillä esimerkiks tehään - niinkun, hioo tarpeeks pieneks se linssi.

Lotta: Okei. Joo. Se mulle tuli vielä mieleen - tulee näitä kysymyksiä tulee niin - eks teillä on siis kolmen kuukauden takuu, tottumistakuu vai onks se kuukauden tottumistakuu?

Haasteteltava 1: No periaatteessa takaraja on se kolme kuukautta, niin siinä ehtii kuitenkin sit jo käyttää niitä ja sit.. yleensä tietää sit jo miten se tottuminen siinä on tapahtunut.

Lotta: Onks siinä ajateltu tätä et kolmen kuukauden päästä linssissä saattaa olla tollaset muutokset? Vai mihin se pohjautuu se kolme kuukautta?

Haasteteltava 1: Noo, se tottumistakuuhan on.. periaatteessa koskee, niinkun niitä itse linsejä ja sitä linssityyppiä, et sen jälkeen jos vaikka vaihtaa johonkin toiseen linssityyppiin, tai ei oo tottunut johonkin designiin, niinku pohjautuu sit siihen, et siinä yleensä sit on jo sellasta tuntumaa et miltä se tuntuu se linssityyppi ja näin et.. Sinänsä ei liity niin paljon niinku tohon.

Lotta: Okei, joo.

Haasteteltava 2: Kaikki ongelmat tossa hionnassa, hidastukset johtuu oikeestaan sen pohjatyön puuttumisesta tai väärin tekemisestä. Elikkä jos.. kasaaminen alkaa kestää, niin tietää et alkupään valmistelut on jäänyt tekemättä - tai sitten tehty puutteellisesti. Eli esimerkiks jos koko tulee koneesta väärin, tai täällähän lukee että.. ruuvit pitää olla kiinni esimerkiks metallipokassa ennen ku sä lähet lukemaan, koska siinä tulee helposti jo kympin heitto, jos ne ei oo siinä niin tiukasti kun se tulee olemaan. Että tehtaille, tai noi mitä tulee tuolta usseesti noi pokat, on lähes joka kolmannes.. on ruuvit osittain auki. Ja sit tietty toinenhan siinä on se.. se, aukkojen koko justiin, kun metallipokissa on löysempii, jäykempii, niin otat pleksit pois niin toinen saattaa lässähtää, toinen pysyy isompana. Ni.. onhan se nyt siistin näköstä, jos ne on tarkoitettu symmetriseks ne aukot et ne on asiakkaan päässä samanlaiset. Et tota.. noi kootusti eteenpäin, et kaikki tekis samalla tavalla, just tasa-laatuista.

Lotta: Mut periaatteessa.. noista ei pääse eroon, ellei sulla oo.. tai jos nyt miettii vaikka jotain asetaattikehystä et vaikkakin sä hioisit sen ihan optimaaliseksi, niin joka tapauksessa se alkaa ajan kuluessa niinku.. niinku jännittymään??

Haasteteltava 2: Juu! Se kutistuu, mutta jos sä teet noin tiukan ku tossa alussa on tämä kuva (kuvassa), tän näkönen, niin se monesti on et siinä on puolen vuoden päästä tuhoutuneet pinnat. Et kyl sä tavallaan sitä lähemmäs takuuajan loppumista saat sen keston kestämään.

Lotta: Tää pyöree muoti on varmaan sillee suhteellisen.. (hyvä linssijänniteitä ajatellen)

Haasteteltava 2: (Naureskelee) Se on helpottavaa!

Lotta: Näkyyks se teillä? (reklamaatioissa)

Haasteteltava 1: Niin, niinku se malli?

Matti: Niin, tuleeks enemmän niinku reklamaatioita esimerkiks tommosist neliskulmasista tai suorakulmasista?

Haasteteltava 1: No ehkä joo! Tai tommoset pitkän malliset linssit, niin kyl se vaikutta

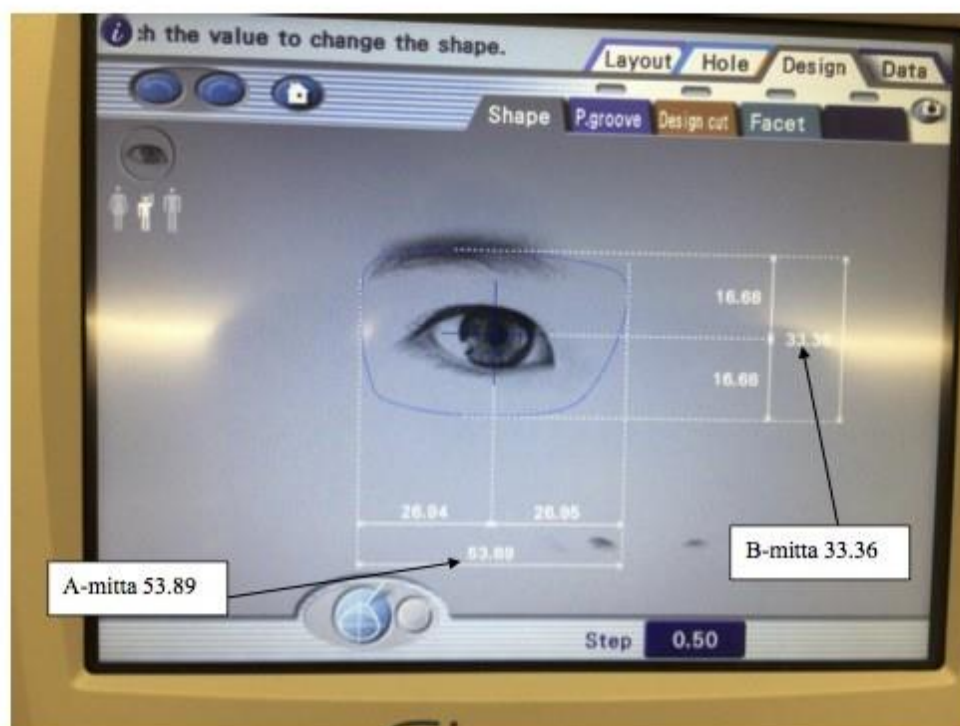
Taivutuksen vaikutus kehys aukon kokoon

Silmälasien linssiaukon taivuttamisen merkitys ennen luenta aukon mittoihin, linssin pysyvyyteen kehyksessä ja jännitteisiin.

Esimerkkikehys HK 771 53-17:

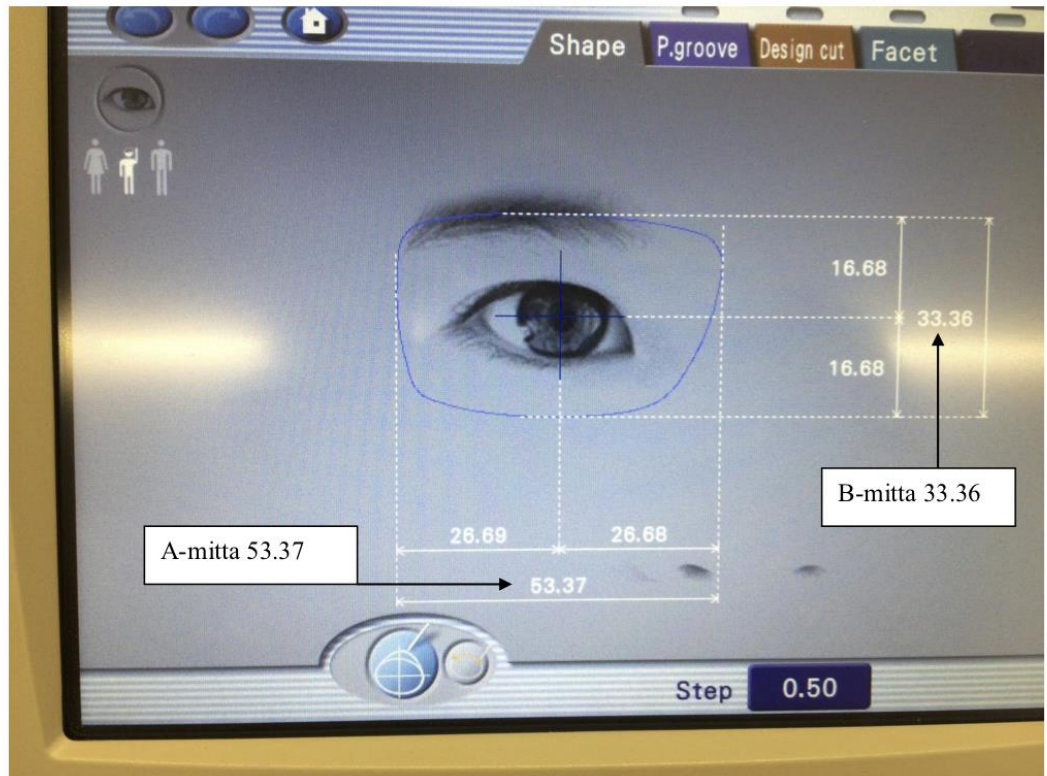


Luenta 1, taivuttamaton linssiaukko. Sen kaarevuus noin B 2.



Käännä>>

Luenta 2, linssiaukko taivutettu + 3.5 linssille sopivaksi. Aukon kaarevuus nyt noin B 5,5.



Taivutuksen seurauksena A-mitta pienentynyt 0.52 mm.

Tämän takia pyri taivuttamaan linssiaukot aina ENNEN luentaa kehykseen asennettaville linssille sopivaksi.

Lisäksi ennen luentaa kiristä linssiaukon ruuvit ja tarkista B-mitta OD ja OS aukoista pd-tikun avulla että ovat saman kokoiset ja muotoiset jos kehys on symmetriseksi tarkoitettu. Tarvittaessa muotoile.. (aukkojen välillä joskus yli mm eroja.)