

Sari Joenkoski, Mari Toivonen, Sebastian Wolf

Moi moi, myopia!

Tapaustutkimus ortokeratologialinssien sovituksesta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi

Optometrian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

31.3.2015

Tekijät Otsikko	Sari Joenkoski, Mari Toivonen, Sebastian Wolf Moi moi, myopia!
Sivumäärä Aika	Tapaustutkimus ortokeratologialinssien sovituksesta 53 sivua 31.3.2015
Tutkinto	Optometrismi (AMK)
Koulutusohjelma	Optometrian koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Optometria
Ohjaajat	Lehtori Satu Autio Yliopettaja Kaarina Pirilä
<p>Ortokeratologiassa sarveiskalvon taittovoimaa muokataan tilapäisesti kovilla, yön yli käytettävillä piilolaseilla. Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli seurata yhden tutkimushenkilön ortokeratologialinssien sovitusta ja sen tuloksia. Suomessa ortokeratologia on vielä melko tuntematon taittovirheiden näönkorjausmuoto, joten tavoitteena oli tuoda menetelmää optisella alalla toimivien tietoisuuteen.</p> <p>Teoriaosuudessa käsitellään ortokeratologian eri osa-alueita, kuten linssien rakennetta ja myopiakontrollia. Työn olennaisin osa on tapaustutkimus, jossa seurataan Menicon Z Night -ortokeratologialinssien sovitusta, käyttöä ja tutkimushenkilön subjektiivisia kokemuksia. Sovitukset suoritti kliinisen optometrian maisteri Robert Andersson, joka toimi myös ohjaavana optikkona opinnäytetyössä.</p> <p>Tutkimushenkilöllä oli molemmissa silmissä keskivahvaa myopiaa sekä hajataittoa ennen ortokeratologialinssien käytön aloitusta. Ensimmäinen linssisovitus tehtiin joulukuussa 2014, ja tutkimushenkilön likitaittoisuuden määrä väheni asteittain linssien käytön aloituksen jälkeen. Talven ja kevään 2015 aikana linssien toimivuutta seurattiin useamman kerran kontrollikäynneillä. Täyteen korjaukseen päästiin viiden viikon linssien käytön jälkeen, jolloin näöntarkkuus oli normaali ilman päivällä käytettävää taittovirhekorjausta. Molempien silmien voimakkuudet olivat lähes emmetrooppiset, vain hajataittoa oli jäänyt refraktioon. Linssit toimivat halutulla tavalla, ja tutkimushenkilö oli erittäin tyytyväinen näönlaatuunsa. Ainoastaan hämärässä valaistuksessa näkyvät halot haittasivat tutkimushenkilön näkemistä.</p> <p>Tapaustutkimus tukee teoriaosuuttamme, jossa esimerkiksi kerromme ortokeratologialinssien toimivuudesta näönkorjausmenetelmänä erilaisten kirja- ja tutkimuslähteiden pohjalta. Työmme tapaustutkimuksen mukaan ortokeratologialinssit vähentävät myopian määrää siten, että henkilö näkee ilman taittovirhekorjausta päivällä.</p>	
Avainsanat	ortokeratologia, kovat piilolasit, myopiakontrolli

Authors	Sari Joenkoski, Mari Toivonen, Sebastian Wolf
Title	Bye Bye, Myopia! Case Study of Orthokeratology Contact Lens Fitting Process
Number of Pages	53 pages
Date	Spring 2015
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Specialisation option	Optometry
Instructors	Satu Autio, Senior Lecturer Kaarina Pirilä, Principal Lecturer
<p>Orthokeratology is a method of correcting refractive errors temporarily by wearing rigid gas permeable contact lenses during sleep. The lenses gently reshape the cornea, thus changing its refractive power. The purpose of our final project was to monitor the orthokeratology lens fitting of one test subject and document its results. We also wanted to make orthokeratology more publicly known, since in Finland it is an unknown method of refractive correction.</p> <p>The first sections of the thesis cover the theory of orthokeratology, for example lens design types and myopia control. However, the most essential part of the paper is the case study. In it, we followed our test subject's lens fitting process and its effects on her vision. We also interviewed her about her subjective experiences during the time. The orthokeratology fitting was performed by Robert Andersson, Optometrist M.Sc. He was also the primary instructing optometrist in our final project.</p> <p>Prior to the orthokeratology fitting, our test subject had moderate myopia and astigmatism in both eyes. The first lens fitting was performed in December 2014. During the winter and spring of 2015 the changes in our test subject's vision and ocular health were carefully monitored. The amount of myopia reduced gradually until after 5 weeks her visual acuity without any optical correction was 1.0 during the day. The refraction showed that her eyes were almost emmetropic with only slight residual astigmatism. Thus, the lenses functioned as intended and she was happy with the results. The only problem she mentioned was halo effects in low illumination.</p> <p>The case study results support the theoretical base of orthokeratology and lead to the conclusion that orthokeratology is a working method of refractive correction. When fitted properly, it can decrease the amount of myopia to such degree that the patient has no need for any spectacle or contact lens correction during the day.</p>	
Keywords	orthokeratology, rigid gas permeable, myopia control

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ortokeratologia	2
2.1	Historia	2
2.2	Linssien vaikutusmekanismi sarveiskalvoon	4
2.2.1	Sarveiskalvo	4
2.2.2	Kyynel neste	7
2.2.3	Vaikutusmekanismi sarveiskalvoon	8
2.3	Asiakkaan soveltuvuus linssien käyttäjäksi	9
2.4	Linssien käytön aloitus, jatkotoimenpiteet ja tulokset	11
2.5	Linssien käytön yhteydessä esiintyvät mahdolliset haitat	12
2.5.1	Sarveiskalvon fysiologiset haitat	12
2.5.2	Näkemiseen liittyvät haitat	13
3	Topografia silmän etupinnan mittaamisessa	15
3.1	Sarveiskalvon eksentrisyys	15
3.2	Absoluuttinen ja normalisoitu kartta	16
3.3	Topografiakuvien hyödyntäminen ortokeratologiassa	16
4	Ortokeratologialinssit	19
4.1	Linssien rakenne	19
4.2	Linssien hapenläpäisy	20
4.3	Menicon Z Night	21
5	Myopiakontrolli orto-k-linsseillä	23
5.1	Myopia eli likitaitoisuus	23
5.2	Myopiakontrolli	23
5.3	Ortokeratologialinssien vaikutus verkkokalvotasolla	24
5.4	Tutkimuksia ortokeratologian hyödyistä	26
6	Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoitteet	28
7	Tapaustutkimus	29

7.1	Soveltuvuuden arviointi	29
7.2	Linssien sovitus ja arvioiminen	33
7.3	Ensimmäinen tarkastuskäynti	35
7.4	Toinen tarkastuskäynti	37
7.5	Viimeinen tarkastuskäynti	39
8	Tutkimushenkilön subjektiiviset kokemukset	44
8.1	Näönlaatu	44
8.2	Linssien mukavuus ja käsittely	45
8.3	Muita ajatuksia	46
9	Pohdinta	47
	Lähteet	49

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on tuoda ortokeratologia näönkorjausmuotona optikoiden ja optisella alalla toimivien tietoisuuteen. Erityisesti lähdimme tutkimaan, miten ortokeratologia toimii sekä teoriassa että käytännössä. Lähestyimme aihetta tapaustutkimuksen kautta: opinnäytetyömme seuraa yhden henkilön ortokeratologiasovitusta ja sen tuloksia.

Muualla maailmassa, kuten Yhdysvalloissa, ortokeratologia on laajalti käytössä oleva optometrian osa-alue. Suomessa ortokeratologia on kuitenkin hyvin tuntematon ja vähän käytetty taittovirheiden korjausmuoto, ja tietääksemme vain harva optikko sovittaa ortokeratologialinssejä työssään. Alaan liittyvissä opinnoissakin ortokeratologia on vähän painotettu aihealue, ja se mainitaan vain lyhyesti kovien piilolasien opintojaksolla.

Idea opinnäytetyön aiheesta syntyi elokuussa 2014, kun yksi meistä kuuli vaihtoehtoisesta taittovirhekorjauksesta silmälaseille ja tavanomaisille piilolaseille. Lähdimme työstämään aihetta saman vuoden lokakuussa, jolloin tiedustelimme koulumme lehtorilta Satu Autiolta mistä saisimme tietoa ortokeratologiasta. Hänen suosituksesta otimme yhteyttä Lauttaoptiikassa toimivaan Robert Anderssoniin, joka on biolääketieteen tohtori kandi, klinisen optometrian maisteri ja optikko. Hän sovittaa työssään aktiivisesti ortokeratologialinssejä, ja kuulleessaan aiheesta hän lähti mielellään mukaan opinnäytetyöhömme opastavaksi optikoksi.

Opinnäytetyömme pääyhteistyökumppanina toimi Nordiska Lins AB, jolta saimme tutkimushenkilön käyttöön Menicon Z Night -ortokeratologialinssit. Lauttaoptiikalta saimme linssien hoitoon tarkoitetut nesteet. Lisäksi sovimme pääyhteistyökumppanimme kanssa, että esitämme työmme Lääketieteellisen Optiikkayhdistyksen ja Suomen Piilolasiseuran koulutuspäivänä huhtikuussa 2015. Suomen Piilolasiseura ry sponsoroi osallistumisemme kyseiselle päivälle.

Opinnäytetyömme olennaisin ja painotetuin osa on tapaustutkimus, ja siitä ilmi tulevat tutkimushenkilön subjektiiviset kokemukset. Sen kautta ortokeratologian teoria ja tulokset konkretisoituvat käytännössä.

2 Ortokeratologia

Ortokeratologia tarkoittaa tarkoin ja yksilöllisesti muotoiltujen happealäpäisevien kovien piilolinssien eli GP-linssien sovitusta. Linssit muokkaavat väliaikaisesti ja hellävaraisesti sarveiskalvoa yön aikana, jotta asiakas voisi nähdä selkeästi seuraavana päivänä ilman taittovirhekorjausta. (Cho – Cheung 2012; Downie – Lowe 2013; Rinehart 2006: 637.) Ortokeratologiaa kutsutaan myös nimellä orto-k ja joskus ortokeratologialinssejä voidaan kutsua myös sarveiskalvoa muokkaaviksi linsseiksi eli CR-linsseiksi (Downie 2015).

Orto-k-linssejä käytetään pääsääntöisesti likitaittoisuuden eli myopian korjaamiseen, mutta niitä voidaan käyttää myös hajataiton eli astigmatian korjaamiseen. Jotkut uudet orto-k-linssidesignityypit voivat korjata myös kaukotaittoisuutta eli hyperopiaa sekä ikänäköä eli presbyopiaa. Tutkimukset osoittavat, että orto-k-linssit hidastavat myopian kehitystä nuorilla, joten ortokeratologiaa hyödynnetään myös yhtenä myopiakontrollin hoitomuotona. (Downie 2015.)

2.1 Historia

Ensimmäistä kertaa ortokeratologiasovituksia alettiin tehdä 1960-luvun alkupuolella. Asiakkaan taittovirhettä pyrittiin korjaamaan sovittamalla tavallisia kovia linssejä, joiden kaarevuutta loivennettiin asteittain. Erilaiset tutkimukset myopiakontrollista siivittivät alkuun ortokeratologiaa. Esimerkiksi Robert Morrisonin tutkimuksessa vuodelta 1956 huomattiin myopian kasvun hidastumisen lisäksi myös muutoksia tutkimushenkilöiden korjaamattomassa näöntarkkuudessa ja taittovirheessä. Tutkijat huomasivat, että sarveiskalvon kaarevuudet olivat muuttuneet, taittovirheet olivat vähentyneet ja näöntarkkuus ilman korjausta oli parantunut. (A guide to overnight orthokeratology 2004: 6.)

Yli kahteen vuosikymmeneen ortokeratologia ei saanut laajaa hyväksyntää, sillä tiedeyhteisö ei pitänyt keskeisen sarveiskalvon muokkaamista turvallisena. Tutkimuksia siitä, että sovitusmenetelmä ei vaikuta haitallisesti sarveiskalvon toimintaan ja rakenteeseen ei ollut tarpeeksi vakuuttamaan optometristejä ja oftalmologeja. Aluksi orto-k-sovittajilla oli käytössään vain keratometri sarveiskalvon muutosten seurantaan. Sarveiskalvon topografiaa kuvaavien laitteiden saavuttua markkinoille sovittamiseen saatiin tieteellisempi lähestymistapa. (A guide to overnight orthokeratology 2004: 7.)

Ensimmäisissä tutkimuksissa havaittiin, että myopian vähentyminen oli hidasta, vähäistä sekä huonosti ennustettavissa. Ensimmäiset orto-k-linssit olivat tavallisia päiväkyttöisiä kovia linssejä, joissa linssin reuna-alueet olivat loivempia kuin keskeinen kaarevuus. Sovituksissa käytettiin niin loivia linssejä kuin mahdollista, mikä aiheutti sen, että linssit keskiöityivät huonosti aiheuttaen vääristymiä sarveiskalvolle. Vääristymiä aiheutti myös sarveiskalvon turvotus, joka johtui PMMA materiaalista valmistettujen linssien käyttämisestä. Huonosti happea läpäisevän materiaalin takia linssejä sai käyttää vain päivisin. Päiväkyttöisten linssien ongelmana oli epämukavuuden tunne ja vaihteleva näöntarkkuus. (A guide to overnight orthokeratology 2004: 8–9, 16.)

Toisen sukupolven orto-k-linsseillä yritettiin saada myopian vähentyminen lisääntymään sekä prosessia pyrittiin kontrolloimaan paremmin. Useiden eri edelläkävijöiden ansiosta kehitettiin käänteisen kaarevuuden ortokeratologialinssit, joissa keskeinen kaarevuus oli loivempi kuin sarveiskalvo, mutta linssin käänteinen alue oli jyrkempi. Myös topografiaa alettiin käyttää sovituksissa. (A guide to overnight orthokeratology 2004: 9.)

Keskeistä sarveiskalvoa saatiin loivennettua enemmän käyttämällä linssejä, jotka hyödynsivät kolmen eri alueen muotoilua. Näiden linssien kanssa myopian väheneminen nopeutui ja parantui verrattuna loivasti sovitettuihin perinteisiin koviin linsseihin. Keskiöityminen ei kuitenkaan ollut ollut vielä ideaalia uusillakaan linsseillä. Käänteisen kaarevuuden alue oli hyvin leveä ja reunanoste oli suuri. Tämän takia linssi liikkui epäsäännöllisesti ja hyvä keskiöityminen oli vaikea saavuttaa. (A guide to overnight orthokeratology 2004: 9–10.)

Nykyään piilolinssivalmistajilla on mahdollisuus valmistaa yhä parempia yön yli käytettäviä linssejä ortokeratologiaa varten. Uudet linssit ovat stabiilimpia silmissä ja refraktiiviset muutokset ovat kontrolloitavissa. (Special Contact Lens Fitting n.d.) Teknologisen kehityksen ansiosta ortokeratologia kuuluu nykyaikaiseen piilolinssisovituskäytäntöön. Tärkeimpiä muutoksia ovat olleet happea läpäisevän eli RGP-materiaalin saatavuus, käänteisen kaarevuuden kehittäminen sekä tietokoneohjattu linssin valmistus. (Downie 2015.)

2.2 Linssien vaikutusmekanismi sarveiskalvoon

2.2.1 Sarveiskalvo

Läpinäkyvä sarveiskalvo on silmän etummaisoin osa, jonka päätehtävä on läpäistä ja taittaa valonsäteet silmän takaosaan verkkokalvolle. Sarveiskalvo on silmän tärkein valoa taittava kudosis, sillä sen taittovoima on $\frac{2}{3}$ koko silmän taittovoimasta eli noin 43 dioptriaa. Toinen valoa taittava osi silmässä on mykiö eli silmän linssi, jonka taittovoima on noin 19 dioptriaa. (Grosvenor 2007: 4.) Valon taittuminen optisessa järjestelmässä perustuu siihen, että valo kulkee eri nopeudella eri väliaineissa. Sarveiskalvon valontaitto-ominaisuus perustuu sen kuperaan muotoon sekä ilman ja sarveiskalvon väliseen suureen taitekerrointen eroon. Ilman taitekerroin on 1 ja sarveiskalvon 1,376. Sarveiskalvossa valo etenee hitaammin kuin ilmassa. (Arstila – Björkqvist – Nienstedt 2006: 500; Saari – Korja 2011: 302.)

Optisesti tärkein keskialue sarveiskalvossa on kaarevuudeltaan lähes pallopintainen ja reunaa kohden kaarevuussäde kasvaa, jolloin sarveiskalvo loivenee. Sarveiskalvo on siis muodoltaan asfäärinen ja sen etupinnan huipun kaarevuus on noin 7,8 mm. Sarveiskalvon pystysuora halkaisija aikuisella on noin 10,6 mm ja vaakasuora halkaisija noin 11,7 mm. Sarveiskalvon keskialueen paksuus on noin 0,5 mm ja reuna-alueilla 0,67 mm. Sarveiskalvo on paksuuteensa verrattuna vahva kudosis, ja se toimiikin silmän lujana mekaanisena suojana. (Efron 2010: 10; Tervo 2011: 152.)

Sarveiskalvon läpinäkyvyys ja kirkkaus perustuvat sen säännölliseen lamellaariseen rakenteeseen ja verisuonettomuuteen. Terve sarveiskalvo on siis täysin verisuoneton, mutta se voi verisuonittua sairauksien tai tulehdusten johdosta. Sarveiskalvo saa ravintoa kammionesteestä ja happea kyynelneesteestä, mutta myös limbusalueen verisuonista, jotka tuovat ravintoa ja happea sarveiskalvon reuna-alueille. (Agur – Dalley – Moore 2008: 894, 897; Kivelä 2011: 16–17; Tervo 2011: 154.)

Sarveiskalvolla on runsaasti ja tiheästi tuntohermojen päätteitä, jotka tekevät sarveiskalvosta tuntoherkimmän osan silmässä. Sarveiskalvo on tuntoherkin huippunsa kohdalta, josta tuntoherkkyys laskee asteittain kohti perifeeristä aluetta. (Grosvenor 2007: 322; Tervo 2011: 152.) Jo pienikin vierasesine silmässä aiheuttaa silmien räpyttelyä ja kyynelehtimistä sekä joskus suurtakin kipua silmässä. Sarveiskalvon

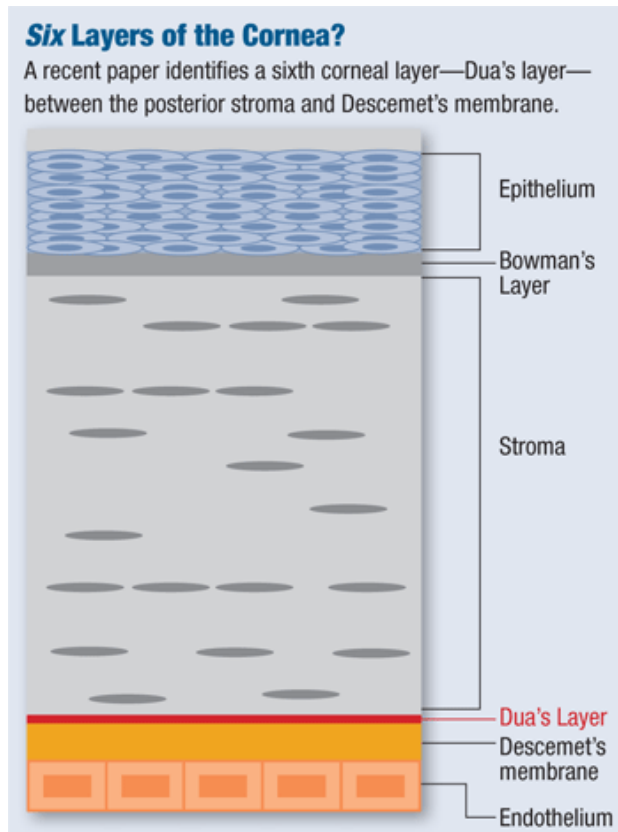
hermot tulevat kolmoishermon silmähaarasta. (Agur – Dalley – Moore 2008: 894; Kivelä 2011: 17.)

Sarveiskalvo rakentuu kuudesta kerroksesta (Palmer 2013). Sen pinnalla on noin kuusikerroksinen epiteeli, joka sisältää 5-6 kerrosta soluja ja tyvikerroksen (Grosvenor 2007: 321; Kivelä 2011: 16). Sen paksuus kattaa noin 10 % sarveiskalvon koko paksuudesta eli noin 55 mikrometriä (Efron 2010: 11). Epiteelin pinnalla on huuhteleva ja suojaava kyynelfilmi, joka tasoittaa epiteelin epätasaisuutta. Epiteeli on jatkuvasti uusiutuva, joten sen vauriot paranevat hyvin. Solut kulkevat sarveiskalvon reuna-alueilta kohti sen keskustaa ja pintaa tiivistyen ja lopulta hilseillen pois. Epiteelin pohjalta pintaan kierto kestää seitsemän vuorokautta. (Grosvenor 2007: 321; Kivelä 2011: 16; Tervo 2011: 152.)

Epiteelin tyvikalvon alla sijaitsee Bowmanin kerros, jonka paksuus on 8-14 mikrometriä (Efron 2010: 11). Se on tiivistä sidekudosta, joka koostuu satunnaisesti järjestäytyneistä kollageenisäikeistä. Bowmanin kerros ei uusiudu vaan korvautuu vaurioituessaan arvella. (Grosvenor 2007: 321; Kivelä 2011: 16.)

Sarveiskalvon strooma on noin 500 mikrometriä paksu ja se käsittää noin 90 % sarveiskalvon paksuudesta. Se koostuu yhdensuuntaisista koko sarveiskalvon pituisista kollageenisäikeistä, jotka ovat järjestäytyneet säännönmukaisesti. (Efron 2010: 12.) Säikeiden väleissä on litteitä, erilaistuneita sidekudossoluja eli keratosyyttejä. Strooman vahingoittuessa keratosyytit muodostavat himmeän arven vammautuneeseen kohtaan. (Kivelä 2011: 16; Tervo 2011: 153.)

Duan kerros on uusi löydös sarveiskalvolla. Kerros on äärimmäisen kova, vaikka se on vain noin 10–15 mikrometriä paksu. Se on tarkasti rajattu alue sarveiskalvolla, joka sijoittuu strooman ja Descementin kalvon väliin. (Murphy 2013; Palmer 2013.)



Kuva 1. Kuvassa esitetään sarveiskalvon rakenne, johon on lisätty uusi Duan kerros (Murphy 2013)

Descementin kalvo on sarveiskalvon endoteelisolujen tyvikalvo, joka paksuuntuu jatkuvasti iän myötä. Syntyessä sen paksuus on 3–4 mikrometriä ja aikuisena paksuus on 10–12 mikrometriä. (Efron 2010: 13.) Sarveiskalvon turvotessa joustamaton Descementin kalvo poimuuntuu (Kivelä 2011: 16–17). Descementin kalvo voi myös irrota tai revetä, mutta se saattaa palautua ennalleen esimerkiksi leikkauksen jälkeen (Tervo 2011: 153).

Sarveiskalvon endoteelisolukerros muodostuu yhdestä kerroksesta litteitä, monikulmaisia soluja, jotka eivät uusiudu. Soluja on noin 500 000 kappaletta, ja niiden määrä vähenee ikääntymisen myötä. Endoteelin tehtävänä on säädellä veden määrää sarveiskalvolla estäen sarveiskalvon turpoamista ja pitäen sen kirkkaana. Jos endoteelisolut vaurioituvat, tai jos niiden toiminta häiriintyy, sarveiskalvo alkaa turvota ja samentua. Endoteelisolut voivat vaurioitua traumojen, ikääntymisen tai pitkittyneen piilolinssien käytön yhteydessä. Menetettyjen endoteelisolujen alue korjataan naapurisolulla, jotka venyvät paikkaamaan aukon, jotta yhtenäinen solumatto voidaan säilyttää. (Efron 2010: 13–14, 16; Kivelä 2011: 17; Tervo 2011: 153.)

2.2.2 Kyynelneste

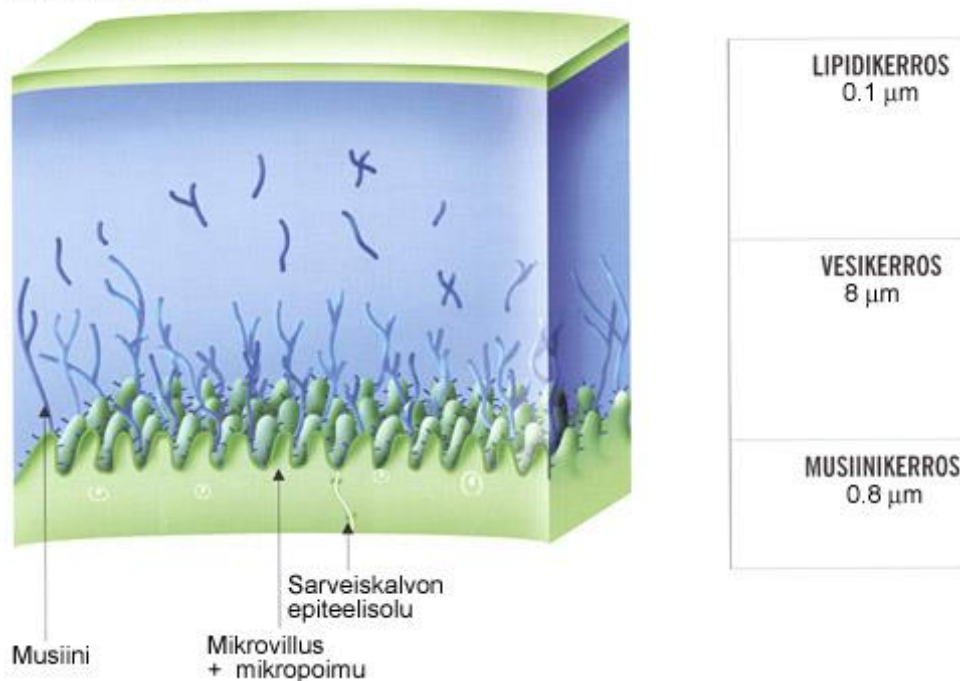
Silmäluomien räpyttely levittää sarveiskalvon pinnalle korkealaatuisen kyynelfilmin tasoittaen sarveiskalvon pinnan epätasaisuudet (Efron 2010: 25). Kyynelneesten tehtävänä on tuoda happea sarveiskalvon epiteelille, huuhtoa pois kuona-aineita ja roskia, suojata infektioilta ja toimia liukasteena luomien ja silmän etupinnan välillä (Leisola 1996; Holopainen – Tuisku 2011: 113). Kyynelneste toimii myös ensimmäisenä valoa taittavana pintana silmässä ennen sarveiskalvoa, ja sen taitekerroin on 1.336 (Grosvenor 2007: 4).

Kyynelneestettä tuottavat pää- ja lisäkyynelrauhaset. Pääkyynelrauhanen sijaitsee silmäkuopan ylätemporaalireunassa ja vastaa kyynelneesten stimuloidusta erityksestä. Krausen ja Wolfringin lisäkyynelrauhaset sijaitsevat luomien ja sidekalvon stroomassa, ja ne tuottavat noin 10 % kyynelneesteestä. (Leisola 1996; Holopainen – Tuisku 2011: 112.)

Kyynelkalvon paksuus on 7–10 mikrometriä. Normaalioloissa kyyneleitä erittyy 0,5–2,2 mikrolitraa minuutissa ja vuorokauden aikana noin 10 millilitraa. Kyyneleritys voi ärsytettynä lisääntyä hetkellisesti jopa satakertaiseksi. Kyyneleritys on suurinta lapsuusiässä, mutta vähentyy ikääntymisen johdosta niin, että vanhuusiässä erityis on vain noin kolmasosa lasten ja nuorten erityksestä. (Holopainen – Tuisku 2011: 112–113.)

Kyynelneste muodostuu kolmesta kerroksesta. Sidekalvon pikarisolut erittävät sisimpänä sijaitsevan musiinikerroksen, joka tasoittaa sarveiskalvon epiteelipinnan. Musiinikerros muodostaa hydrofiillisen pinnan, jolle kyynelrauhasten tuottama vesimäinen kyynelkerros levittäytyy tasaisesti. Vesikerros kattaa noin 90 % kyynelneesten paksuudesta. Uloin kerros on luomien meibomin rauhasten erittämä lipidikerros, jonka tehtävänä on estää vesimäisen kyynelkerroksen haihtumista, lisätä pintajännitystä sekä toimia liukastusaineena sarveiskalvon ja luomien välillä. (Grosvenor 2007: 319; Leisola 1996.)

KYYNELFILMI



Kuva 2. Kyynelneeste rakentuu kolmesta kerroksesta (Kyynelfilmi n.d.)

Suurin osa kyynelneesteestä haihtuu pois, ja loppu poistuu kyynelteiden kautta. Silmäluomien räpyttelyn seurauksena kyynelneeste kulkeutuu ylä- ja alaluomien sisänurkissa sijaitseviin kyynelpisteisiin, joista se imeytyy ylä- ja alakyyneltiehyiden kautta kyynelpussiin. Sieltä kyynelneeste poistuu kyynelkanavaa pitkin nenäonteloon alakuorikon alle. (Arstila ym. 2006: 498; Leisola 1996; Holopainen – Tuisku 2011: 114.)

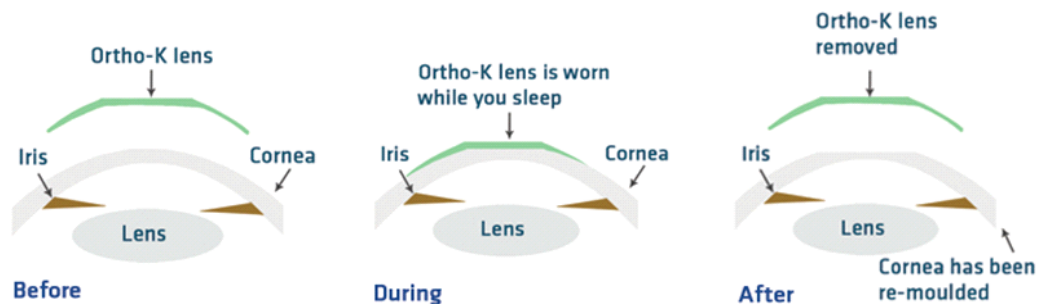
2.2.3 Vaikutusmekanismi sarveiskalvoon

Ortokeratologian vaikutusmekanismista sarveiskalvoon tiedetään hyvin vähän, joten vahva teoreettinen tieto asiasta puuttuu edelleen (Efron 2010: 336). Erilaisia teorioita on esitetty, ja kerromme alla yleisimmän teorian vaikutusmekanismista.

Orto-k-linssin keskialueen peruskaarevuus on suurempi kuin sarveiskalvon kaarevuus, eli linssi on keskialueelta litteä ja tätä linssin keskialuetta ympäröi hieman jyrkempi kaarevuus (Downie 2015). Tästä johtuen linssin keskialueen ja sarveiskalvon väliin jää ohut kyynelfilmikerros, kun taas sarveiskalvon keskiperiferian ja linssin käänteisen alueen väliin muodostuu paksumpi kyynelneestevarasto. Nämä kyynelfilmierot aiheuttavat linssin alle erilaiset painetilat. Fysikaalinen paine-ero pyrkii tasaantumaan linssin alla niin, että ohut filmikerros aiheuttaa positiivista eli työntävää nestepainetta ja

paksu kerros negatiivista eli vetävää nestepainetta. (Rinehart 2006: 640; Downie 2015; Modern Accelerated Orthokeratology Concepts n.d.)

Sarveiskalvon epiteelisolukon muovautumiskyky on syy siihen, että ortokeratologia toimii. Sarveiskalvon keskialueella linssin ja kyynelnesteen aiheuttama positiivinen nestepaine aiheuttaa epiteelisolukon ohentumista, ja keskiperiferiassa negatiivinen paine lisää epiteeli- ja stroomasolukon paksuuntumista. (Rinehart 2006: 640; Downie 2015; Haque – Fonn – Simpson – Jones 2008.) Paine-erot siis aiheuttavat epiteelisolukon siirtymistä ja puristumista keskialueelta keskiperiferiaan päin niin, että normaalisti asfäärinen sarveiskalvo muotoutuu lähemmäksi kohti sfääristä muotoa. Pinnan muutokset sarveiskalvossa lakkaavat, kun se on menettänyt asfäärisyytensä. (Rinehart 2006: 637, 639; Douthwaite 2006: 304; Haque ym. 2008.)



Kuva 3. Ortokeratologiassa muokataan normaalisti asfäärisestä sarveiskalvosta sfäärisempi eli pallopintaisempi (Rinehart 2006: 639–640; Orthokeratology n.d.)

Kuten sanottu, tarkkaa vaikutusmekanismia sarveiskalvon epiteelin paksuusmuutoksiin ei tiedetä. Nestepaine-erosta aiheutuvan epiteelisolujen siirtymisen lisäksi on ehdotettu ortokeratologisen refraktiivisen muutoksen johtuvan esimerkiksi epiteelisolujen tiivistymisestä, lisääntyneestä solumitoosista tai linssien käänteisen alueen kyynelvaraston aiheuttamasta turvotuksesta. Sarveiskalvon taipumisenkin on ajateltu olevan yksi vaikutusmekanismi, mutta myöhemmin sen on todettu olevan korkeintaan pienessä osassa taittovoimamuutoksessa. (Efron 2010: 336; Haque ym. 2008.)

2.3 Asiakkaan soveltuvuus linssien käyttäjäksi

Ortokeratologia soveltuu perusterveille henkilöille, joilla on terveet silmät. Henkilön tulee pystyä laittamaan linssit silmiin, poistamaan ne silmistä ja asianmukaisesti käsittelemään sekä hoitamaan linsskejä. Henkilöllä tulee olla riittävästi motivaatiota käyttää yön yli

pidettäviä orto-k-linsejä, sillä linssien käytön aloitus ja ensimmäiset kuukaudet käyttöönoton jälkeen ovat aikaa vieviä. (Rinehart 2006: 642; Efron 2010: 334.)

Orto-k-linsejä suositellaan, kun halutaan korjata mietoä tai kohtuullista likitaitoisuuden määrää. Myopiaa voidaan korjata -1.00 dioptriasta -4.00 dioptriaan. Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirasto eli FDA on hyväksynyt linssitekniikan, jolla voidaan korjata myopiaa -6.00 dioptriaan asti ja hajataittoa 1.75 dioptriaan asti. Monet kliiniset tutkimukset kuitenkin osoittavat, että ortokeratologia korjaa tehokkaimmin alle -4.00 dioptrian myopiaa. (Downie 2015; Rinehart 2006: 642.)

Hajataittoa pystytään korjaamaan, kun säännönmukaista astigmatiaa on enintään 1.50 dioptrian ja säännönvastaista 0.75 dioptrian (Rinehart 2006: 642). Toorisilla linseillä säännönmukaista astigmatiaa pystytään korjaamaan 2.50 dioptrian asti ja säännönvastaista 1.50 dioptrian asti (Optometristen Vereniging Nederland 2014). Sarveiskalvon keskeisellä alueella olevaa rusettimaista astigmatiaa on helpompi korjata kuin limbukselta limbukselle ulottuvaa hajataittoa. Lisäksi hajataiton määrän ja suunnan tulisi olla mahdollisimman lähellä toisiaan sarveiskalvolla ja refraktiossa, jotta välttyttäisiin jäännösastigmatialta. (Downie 2015.)

Ortokeratologia on hyvä vaihtoehto silmien laserleikkaukselle tai päiväkäyttöisille piilolaseille. Koska orto-k-linsejä käytetään silmien ollessa kiinni, voivat ne olla parempi ratkaisu kuivasilmäisyydestä kärsiville kuin perinteiset piilolasit. Ortokeratologiasta voivat hyötyä myös henkilöt, jotka eivät voi työssään pitää perinteisiä päiväkäyttöisiä piilolaseja. Niiden käyttö voi olla kielletty tai muuten este työn tekemiselle. Tällaisia ammatteja ovat muun muassa ammattiurheilijat ja laboratoriotyöntekijät. (Downie 2015.)

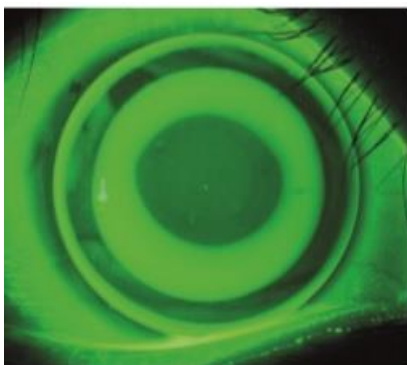
Liian suuren taittovirheen lisäksi kuivasilmäisyys on suuri este ortokeratologialle. Myös yli 6.0 mm halkaisijaltaan olevat pupillit voivat aiheuttaa haamukuvia ja muita näköongelmia pienestä hoitoalueesta johtuen. Linssit eivät myöskään sovellu henkilöille, joilla on sarveiskalvon rakenteen tai toiminnan muutoksia kuten keratokonus tai toistuvia sarveiskalvon pinnan eroosioita. (Downie 2015; Rinehart 2006: 643.)

2.4 Linssien käytön aloitus, jatkotoimenpiteet ja tulokset

Asiakkaan soveltuvuus orto-k-linssien käyttäjäksi arvioidaan ensimmäisellä käynnillä. Linssien sovittaja tekee refraktion, mikroskopoi asiakkaan silmät, ottaa topografiakuvat ja analysoi asiakkaan kyynelnesteen laatua ja määrää. (A guide to overnight orthokeratology 2006: 23.) Jos mitään estettä ortokeratologialle ei ole, sovittaja tilaa käytettävät linssit.

Kun linssit ovat saapuneet, arvioidaan niiden istuvuus silmissä fluoresiinin avulla. Tällä käynnillä arvioidaan linssien keskiöitymistä, liikettä ja fluoresiinikuvaa. Linssien tulisi keskiöityä silmissä ideaalisti, sillä huonosti keskiöityneet linssit eivät vähennä myopiaa tehokkaasti. Huono keskiöityminen voi myös aiheuttaa paikallisia vääristymiä sarveiskalvolla. Linssien tulisi liikkua noin 1 mm räpäytyksen jälkeen. (A guide to overnight orthokeratology 2006: 26.)

Orto-k-linssien fluoresiinikuvista arvioidaan kyynelnesteen jakautumista oikeaan muotoon linssin alla (Ruston – van der Worp 2004). Fluoresiinikuvilla ei ole kuitenkaan suurta painoarvoa tutkimuksessa, sillä erot kyynelfilmin paksuudessa linssin eri rakenteiden välillä vaihtelevat vain muutamissa mikrometreissä. Pienten erojen takia linssien sopivuutta ei siis voida arvioida pelkästään fluoresiinikuvan perusteella. (A guide to overnight orthokeratology 2006: 26.)



Kuva 4. Fluoresiinikuva ortokeratologialinssistä (Downie 2015)

Kun linssien istuvuus on varmistettu, asiakkaalle opetetaan oikea tapa käsitellä linssejä. Asiakkaan tulee osata linssien asettaminen silmiin, niiden poisotto ja oikea hoitorutiini ennen kuin hän saa ottaa linssit käyttöön. (A guide to overnight orthokeratology 2006: 26.)

Seuraavilla tarkastuskäynneillä katsotaan asiakkaan vapaa visus ja refraktio, mikroskopoidaan sarveiskalvot ja otetaan topografiakuvat (A guide to overnight orthokeratology 2006: 27). Asiakkaan olisi hyvä käydä tarkastuksissa ensimmäisen ja kolmannen linsseillä nukutun yön jälkeen. Seuraavissa kontrollikäynneissä tulisi käydä jälleen yhden ja kahden viikon päästä. Muut tarkastuskäynnit ovat tarpeen aina siihen asti, kunnes stabiili näöntarkkuus on saavutettu. (Optometristen Vereniging Nederland ym. 2014.)

Alle -3.00 dioptrian myoopeilla suurin muutos voimakkuudessa tapahtuu ensimmäisen viikon aikana, kun taas myopian määrän ollessa korkeampi, muutokset tapahtuvat hitaammin (Downie 2015). Kun näkö muuttuu hoitojakson aikana, on mahdollista, että asiakas joutuu käyttämään kertakäyttöisiä piilolinssejä päiväsaikaan (Optometristen Vereniging Nederland ym. 2014). Jos orto-k-linssien käyttö lopetetaan, refraktio palautuu noin 0.50–0.75 dioptriaa päivässä kohti henkilön alkuperäistä taittovirhettä (Rinehart 2006: 637).

Ortokeratologialla tähdätään 1.0 näöntarkkuuteen ilman taittovirhekorjausta eli ilman silmälaseja tai tavanomaisia piilolaseja. Tuoreiden kliinisten tutkimuksien mukaan ortokeratologialla on saavutettu 1.0 näöntarkkuus tai parempi ilman päivällä käytettävää näönkorjausta. Orto-k-linssien käyttäjien tyytyväisyyden on todettu olevan suoraan verrannollinen heidän saavuttamiin korjaamattomiin näöntarkkuusarvoihin. Tutkimuksissa on myös havaittu, että mitä suurempi oli tutkittavien myopian määrä, sitä vähemmän he olivat tyytyväisiä ortokeratologiaan taittovirheen korjausmuotona. (Downie 2015.)

2.5 Linssien käytön yhteydessä esiintyvät mahdolliset haitat

2.5.1 Sarveiskalvon fysiologiset haitat

Koska orto-k-linssit ohentavat keskeisen sarveiskalvon solukkoa, on keskusteltu paljon siitä, lisäävätkö ne riskiä mikrobirtartuntoihin silmissä. Useissa tutkimuksissa on todettu, että yöllä käytettävillä silikonihydrogeelilinsseillä mikrobirtartuntavaara on hieman korkeampi, kuin vain päivällä käytettävillä linsseillä. Myös orto-k-linssien käyttäjillä on kohonnut riski saada mikrobirtartunta, koska linssejä käytetään nukkuessa. (Downie 2015.) Suurempi tartuntariski johtuu vähäisemmästä happipitoisuudesta sarveiskalvolla,

jolloin pienempi määrä haitallisia mikrobeja riittää aiheuttamaan infektion (Zaidi – Mowrey-McKee – Pier 2004; Ruston – van der Worp 2004). On kuitenkin todettu, että suurin tartuntariskin kasvattaja on linssien käyttäjän henkilökohtainen hygienia ja linssien käsittelytavat. Siksi onkin tärkeää, että optometrismi tuntee linssien puhdistuksen, säilytyksen ja käsittelyn hyvin, ja osaa painottaa niitä myös asiakkaalle. (Downie 2015.)

Toinen, ja yleisin fysiologinen haitta ovat sarveiskalvon värjäytymät. Ne voivat johtua esimerkiksi mekaanisesta hankauksesta tai piilolasinesteiden säilöntäainetoksisuudesta. (Efron 2002: 77–78.) Jos värjäytymistä havaitaan, tulisi määrittellä sen vakavuusaste esimerkiksi Efronin tai CCLRU-arviointiasteikolla. Haitta-asteen ollessa näiden taulukoiden mukaisesti 2-4, tulisi orto-k-linssien toimivuus tarkistaa. (Ruston ym. 2004.) Todennäköisin syy värjäytymille on puutteellinen linssien puhdistus ja hoito, joten nämä asiat tulisi kerrata vielä linssien käyttäjän kanssa. Myös linssin liiallinen loivuus voi aiheuttaa hankausta sarveiskalvoon. Tällöin olisi hyvä lisätä linssin sagittaalisyyttä jyrkentämällä linjaavaa aluetta. (Rinehart – Reeves 2002.)

Kyynelnesteen rakenne muuttuu yön aikana silmäluomien ja orto-k-linssien aiheuttaman paineen takia. Kyynelfilmistä tulee mukoosipitoisempaa ja tahmeaa. Tällöin on mahdollista, että linssi jää kiinni sarveiskalvon epiteeliin. (Chetty, E – Jackson, S – Mitton, C – Phillips, T. K. 2006.) Jos sarveiskalvoon kiinnittyneen linssin yrittää väkisin poistaa, on mahdollista aiheuttaa epiteelivaurioita. Tästä syystä on tärkeitä varmistaa, että linssi liikkuu ennen sen poisottoa, ja tarvittaessa tiputtaa silmään kosteuttavia tippoja. (A guide to overnight orthokeratology 2006:38.)

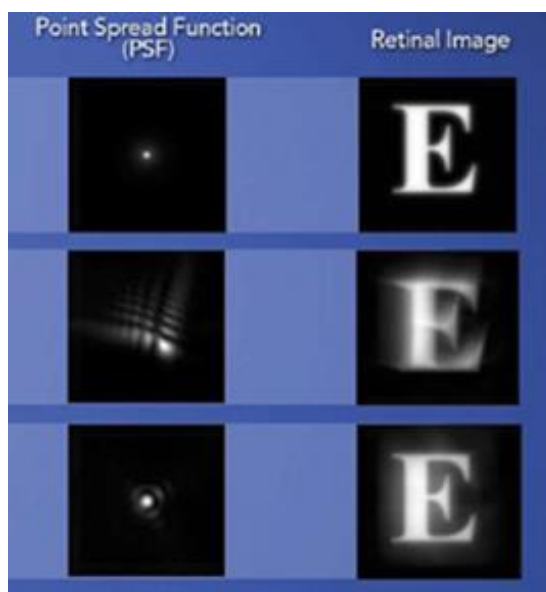
Ortokeratologialinssien käyttäjillä näkyy myös usein pieniä painaumuksia sarveiskalvolla, joihin fluoresiiviväri kertyy. Nämä painaumat voivat näyttää vahingoittuneelta solukolta, mutta niiden aiheuttajia ovat pienet ilmakuplat. (Ruston – van der Worp 2004.) Kuplat jäävät linssin alle ja jättävät pintakudokseen jälkiä piilolasin mekaanisen paineen takia. Painaumat poistuvat kuitenkin nopeasti, jos linssit eivät ole silmissä. (McMahon 2002.)

2.5.2 Näkemiseen liittyvät haitat

Niin kuin missä tahansa taittovirhekorjauksessa, on aina mahdollista, että virhe yli- tai alikorjataan. Näin voi käydä myös ortokeratologiassa, jos käytettävän linssin vaikutus ei ole toivotunlainen. Myös pienet hoitoalueet voivat vaikuttaa negatiivisesti näön toimintaan ja kontrastinäköön: nämä haitalliset ilmiöt esiintyvät selvimmin henkilöillä

heikoissa valaistusolosuhteissa, kun pupillin koko kasvaa. Tällöin sarveiskalvon hoitoalueen ulkopuolinen alue alkaa vaikuttaa näköön aiheuttaen haamukuvia, haloja valojen ympärillä ja epätarkkuutta. (Downie 2015.)

Ortokeratologialla on myös vaikutusta korkeamman asteen aberraatioihin, sillä ortokeratologian on huomattu kasvattavan koman ja positiivisen sfäärisen aberraation määrää (Downie 2015). Koma aiheutuu, kun vinoista suunnista tulevat valonsäteet taittuvat eri tavalla sarveiskalvon keski- ja reuna-alueilta. Keskialue taittaa valon yhteen pisteeseen, kun taas periferian kautta valo taittuu useampaan eri pisteeseen. Muodostuva kuva ei ole pyöreä vaan pyrstötähden muotoinen. Positiivinen sfäärinen aberraatio syntyy, kun sarveiskalvon reuna-alueet taittavat voimakkaammin valoa kuin optinen keskipiste. (Douthwaite 2006: 115–117.) Sfäärinen aberraatio aiheuttaa valojen tai kuvien ympärille kirkkaan halon, joka ilmenee erilaisina renkaina ja kaarina katseltavan kohteen ympärillä. Halot esiintyvät värin eri spektreissä riippuen katseltavasta kohteesta. (Common Optical Defects in Lens Systems (Aberrations) n.d.)



Kuva 5. Kuvassa ylimpänä on ideaali katseltavan kohteen kuvautuminen silmässä. Keskellä esitetään koman aiheuttamaa pisteen ja kirjaimen vääristymistä. Alimpana kuvataan sfäärisen aberraation näkövaikutelmaa (Individualized High Definition Vision 2007)

3 Topografia silmän etupinnan mittaamisessa

Sarveiskalvo on tyypillisesti jyrkin huippunsa kohdalta, josta se loivenee limbukselle mentäessä. On hyödyllistä saada tietoa sarveiskalvon kaarevuuksista ja dioptriaalisesta taittovoimasta koko sarveiskalvon alueelta, mikä on hyvä ottaa huomioon esimerkiksi kovien piilolasien sovituksessa. (Douthwaite 2006: 145; Grosvenor 2007: 318.) Topografian avulla voidaan lisäksi tutkia sarveiskalvolla olevan astigmatian määrää ja suuntaa sekä havaita kyynelneesten häiriöitä tai sarveiskalvon epäsäännöllisyyksiä kuten alkavaa keratokonusta (Klyce 2001: 178–179).

3.1 Sarveiskalvon eksentrisyys

Sarveiskalvo on muodoltaan asfäärinen. Silmän pinnan asfäärisyyden muoto on prolaatti ellipsi, joka tarkoittaa sarveiskalvon loivenemista sen huipusta kohti perifeeristä aluetta. Normaalisti sarveiskalvo loivenee kohti periferiaa noin 2–4 dioptrian verran, ja nasaalinen alue loivenee enemmän kuin temporaalinen alue. Sarveiskalvon asfäärisyyden määrää ilmaistaan yleensä sarveiskalvon eksentrisyydellä. Eksentrisyys kertoo kaarevuuden poikkeaman sfäärisestä pinnanmuodosta. Ympyrässä eksentrisyys on 0, loivenevassa ellipsissä eksentrisyys on alle 1.0 ja jyrkkenevässä ellipsissä eksentrisyys on taas yli 1.0. Prolaatissa eli loivenevassa ellipsissä eksentrisyys on 0 ja 1.0 välillä. (Douthwaite 2006: 91–94; Efron 2010: 176; Fung 2014.) Sarveiskalvon eksentrisyys on noin 0.4. Matalana eksentrisyytenä pidetään arvoa 0.32 tai alle, kohtuullisena eksentrisyytenä 0.33 - 0.62 ja korkeana eksentrisyytenä arvoa 0.63 tai yli. (Rinehart 2006: 151, 640.)

Ortokeratologiassa on hyvä tietää sarveiskalvon eksentrisyyden arvo. On todettu, että sarveiskalvon eksentrisyydellä ja refraktiivisella muutoksella on yhteys. Ortokeratologia ei sovellu henkilöille, joilla on sekä matala eksentrisyys sarveiskalvolla että suuri määrä myopiaa. Yhden dioptrian korjaamiseen vaaditaan teoriassa 0.21 eksentrisyyttä. (Rinehart 2006: 639, 643.)

3.2 Absoluuttinen ja normalisoitu kartta

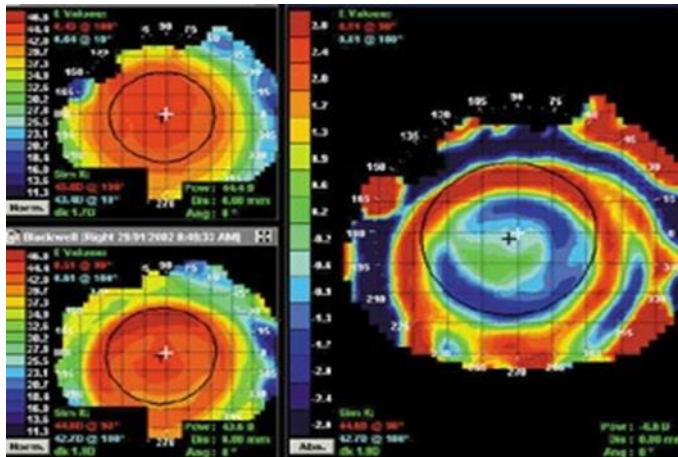
Topografiassa arvioidaan silmän etupinnan optiikan laatua ja sen refraktiivista virhettä. Topografiakuvissa sarveiskalvon kaarevuutta merkitään millimetreinä ja refraktiivista voimakkuutta dioptrioina. (Klyce 2001: 179.) Topografiassa käytetään värikarttaa, joka ilmoittaa sarveiskalvon refraktiivista voimakkuutta. Sarveiskalvon refraktiivisen voimakkuuden ollessa lähellä normaalia eli noin 43 dioptriaa, on kartan väri vihreä. Kun sarveiskalvo on refraktiiviselta voimakkuudeltaan pienempi, se merkitään karttaan viileillä sävyillä. Lämpimillä sävyillä merkitään normaalia suuremmat refraktiiviset voimakkuudet. (Klyce 2001: 179.)

Topografiakuvat voidaan näyttää esimerkiksi absoluuttisena tai normalisoituna karttana. Absoluuttisessa kartassa sarveiskalvon refraktiivinen voimakkuuden muutos on jaettu suuriin osiin, yleensä 0.50 dioptrian välein. Kartan huono puoli on se, ettei se näytä pieniä eroja ja muutoksia sarveiskalvon kaarevuudessa. Normalisoitu kartta näyttää sarveiskalvon refraktiivisen voimakkuuden tarkat minimi- ja maksimiarvot, joten se näyttää sarveiskalvon pinnan värikartan yksityiskohtaisemmin kuin absoluuttinen kartta. Normalisoidusta kartasta pystytään siis havaitsemaan pienempiä eroavaisuuksia kuin absoluuttisesta kartasta. (Fung 2014.) Opinnäytetyömme tapaustutkimuksen topografiakuvissa käytetään normalisoitua karttaa.

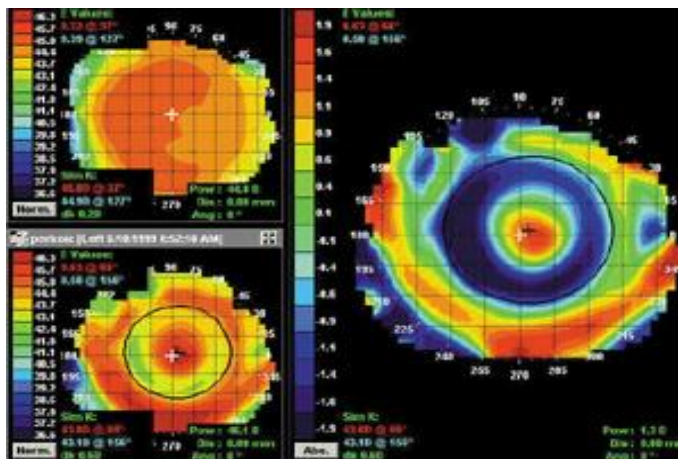
3.3 Topografiakuvien hyödyntäminen ortokeratologiassa

Sarveiskalvon topografian tietäminen on pakollista sovitettaessa orto-k-linssejä, sillä topografian avulla voidaan varmistaa, että asiakkaalla ei ole sarveiskalvolla epäsäännöllisyyksiä. Topografia myös tarjoaa parhaan menetelmän arvioida sarveiskalvolla tapahtuvia muutoksia, jotka saadaan aikaiseksi orto-k-linssien käytöllä. (Rinehart 2006: 641.)

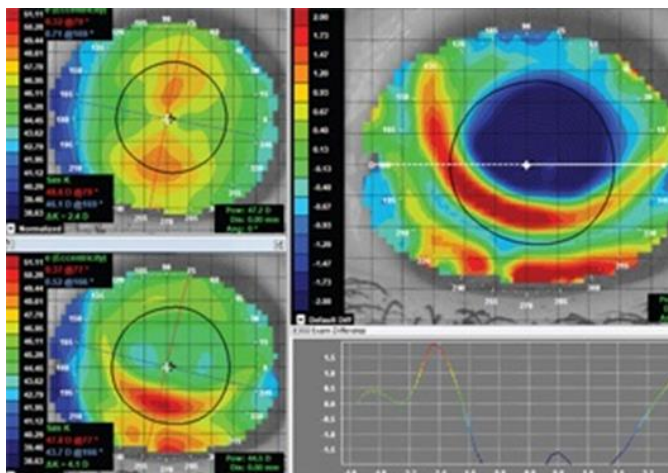
Orto-k-linssi istuu silmässä ideaalisti, kun hoitoalue keskiöityy hyvin ja on tasainen. Topografiakuvasta tulee käydä ilmi, että sarveiskalvon keskiperiferia on jyrkentynyt, mutta perifeerisellä alueella ei ole tapahtunut muutoksia. (Mountford – Noack 2002.) Alla on neljä erilaista topografiakuvaa siitä, miten orto-k-linssien istuvuus ja keskiöityminen vaikuttavat sarveiskalvon taittovoimaan.



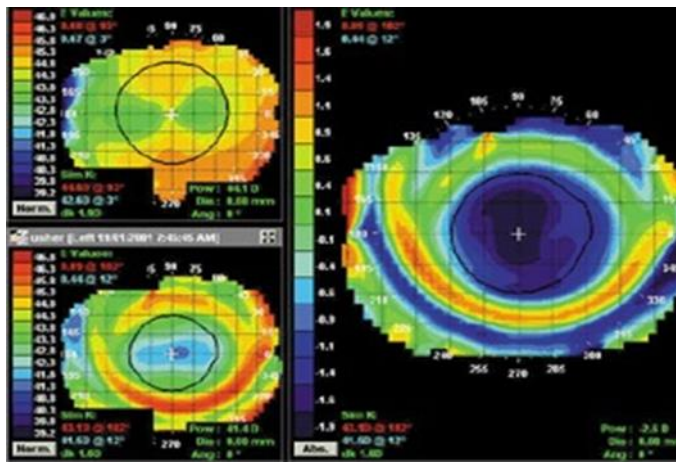
Kuva 6. Linssin linjaava alue on joko liian jyrkkä tai tiukka, jolloin hoitoalueen yläosaan muodostuu voimakkaasti taittava alue (Mountford – Noack 2002)



Kuva 7. Linssi istuu liian tiukasti, jolloin sarveiskalvon keskiosaan muodostuu pieni, jyrkästi taittava alue (Mountford – Noack 2002)



Kuva 8. Linssi on liian loiva, jolloin se keskiöityy sarveiskalvon yläosaan. Tämä aiheuttaa voimakkaasti taittavan hymynaama-kuvion hoitoalueen alaosaan (Mountford – Noack 2002)



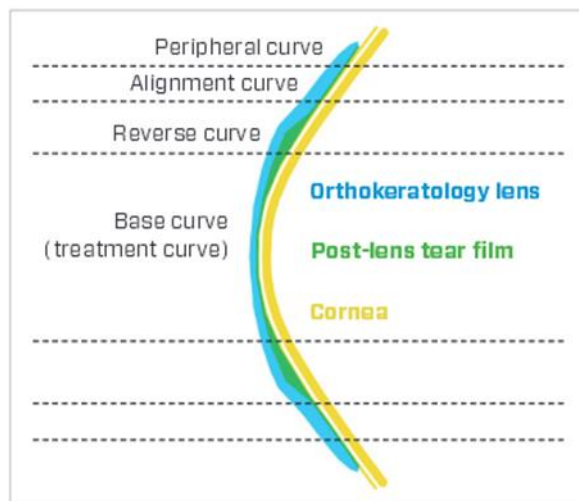
Kuva 9. Orto-k -linssi, joka keskiöityy ideaalisti silmässä (Mountford – Noack 2002)

4 Ortokeratologialinssit

Ortokeratologialinssit ovat kovia piilolaseja, jotka ovat nimensä mukaisesti materiaaliltaan kovia ja jäykkiä. Kovat linssit valmistetaan hyvin happealäpäisevistä, kestävästä sekä kosteina pysyvistä materiaaleista. (Tomlinson 2013.) Kova ja jäykkä muoto linseissä takaavat, ettei linssien optiikka muutu käytössä (Veys, Jane – Meyler, John – Davies, Ian 2008).

4.1 Linssien rakenne

Ortokeratologialinssien perusrakenne ja niiden tarkoitus ovat samanlaiset kaikilla käytetyillä ja suosituilla linssidesignityypeillä. Kaikilla linssien rakenteilla on omat tarkat tehtävänsä mahdollisimman optimaalisen tuloksen saavuttamiseksi. (Rinehart 2006: 645.)



Kuva 10. Käänteisgeometrisen ortokeratologialinssin rakenne suhteessa sarveiskalvoon ja kyynelfilmiin (Downie 2015)

Orto-k-linssien rakennetta kutsutaan yleisesti käänteisgeometriseksi. Tällä tarkoitetaan sitä, että toisin kuin tyypillisissä kovissa piilolaseissa, orto-k-linssien keskeinen peruskaarevuus on loivempi kuin sarveiskalvon keskialue. (Norman 2002.) Tämän hoitoalueen tarkoitus on painaa sarveiskalvoa ja aiheuttaa refraktiivista muutosta (Downie 2015; Ruston – van der Worp 2004). Linssin ja sarveiskalvon välillä on kuitenkin ohut kyynelfilmi, joten ne eivät ole suoraan kosketuksissa toisiinsa. Peruskaarevuusalueen halkaisija voi vaihdella linssistä riippuen, mutta yleensä se on noin 6.0 mm. Suurempi halkaisija vähentää orto-k-linssin voimakkuusmuutosta, kun taas

liian pieni halkaisija aiheuttaa näkövääristymiä varsinkin hämärissä olosuhteissa. (Norman 2002; Ruston – van der Worp 2004.)

Sarveiskalvon periferian päällä linssin kaarevuus on jyrkempi kuin linssin keskeinen peruskaarevuus. Tätä aluetta kutsutaan linjaavaksi alueeksi, koska se on sarveiskalvon keskiperiferian kanssa samansuuntainen. Sen tarkoitus on keskiöidä linssi, jotta linssin hoitoalue osuisi pupillin keskelle. Linjaavalla alueella voi olla useampia eri kaarevuuksia, jotta se tukeutuisi hyvin sarveiskalvon asfääriseen pintaan. (Luk – Bennett – Barr 2001; Ruston – van der Worp 2004.)

Näiden kahden alueen väliin jää käänteinen alue, jonka tarkoitus on yhdistää keskeisen alueen ja linjaavan alueen eri kaarevuudet. Käänteisen alueen alle mahtuu myös suurin määrä kyynelnestettä, joten sen ja keskeisen alueen ohuen kyynelkerroksen välille syntyy hydrostaattinen paine. Tästä paineesta johtuen sarveiskalvon epiteeliä siirtyy käänteiselle alueelle. (Norman 2002; Modern Accelerated Orthokeratology Concepts n.d.)

Orto-k -linssin reunoilla on reunanostealue, tai perifeerinen kaari, jonka tarkoitus on saada kyynelfilmi kerääntymään linssin reunoille. Tämä kyynelnestevarasto lisää sarveiskalvon hapensaantia kyynelnestekierron myötä, ja vähentää linssin mahdollista kiinnittymistä sarveiskalvoon. (Norman 2002; Harris – Corzine – Gan – Lin 2001.) Joissain orto-k -linsseissä on myös fenestraatioreikiä, eli linssiin porattuja aukkoja. Nekin osaltaan vähentävät linssin tarttumista epiteelisolukkoon ja tehostavat kyynelnestekiertoa. (Gasson – Morris 2010; Cho – Chan – Cheung – Mountford 2012.)

4.2 Linssien hapenläpäisy

Ortokeratologialinssien käänteisgeometrisen muodon lisäksi tärkeä tekijä linsseissä on linssimateriaalin hapenläpäisy. Linssin hapenläpäisy, eli kyky päästää happea lävitseen sarveiskalvolle, on tärkeä arvo, sillä sarveiskalvo tarvitsee paljon happea pysyäkseen terveenä. Hapenläpäisyyä kuvataan käsitteellä Dk/t . D kertoo hapen diffuusion määrän sekunnin aikana materiaalissa. K taas ilmaisee sitä, kuinka paljon ainetta voi olla liuenneena materiaaliin. T -arvo ilmoittaa linssin paksuuden. Yleensä linssien valmistajat ilmoittavat t -arvon -3.00 dioptrian paksuisen linssin keskeltä. Dk/t ei siis välttämättä ole

paras tapa arvioida linssin kliinistä toimivuutta, mutta se on kuitenkin suuntaa-antava arvo. (Smith 2012.)

Taulukko 1. Kovien piilolinssien hapenläpäisyn karkea arviointi (Bennett – Weissman 2005: 246)

	DK
Erittäin korkea	>100
Korkea	61–100
Korkeahko	31–60
Keskitasoinen	15–30
Matala	<15

Sarveiskalvon hapentarve on kuitenkin hyvin yksilöllistä, joten riittävän korkean hapenläpäisyn määrittäminen linseissä käyttäjälle on vaikeaa. Yleensä liian vähäinen hapensaanti aiheuttaa kudosuutoksia silmän etuosissa. Tämän takia piilolinssikäyttäjien olisi hyvä käydä säännöllisesti optometristin luona piilolinssikontrollissa. (Smith 2012.)

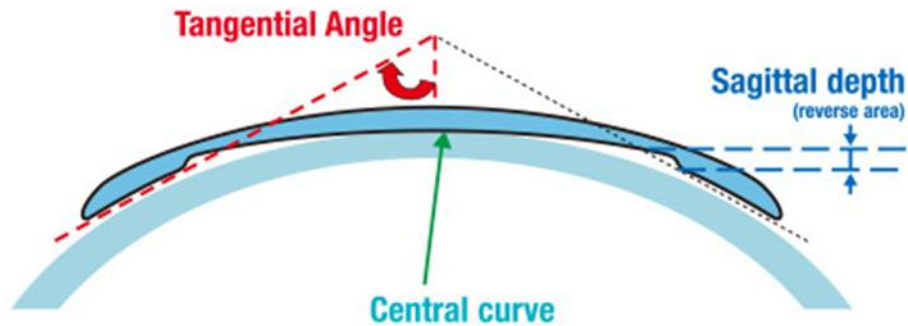
4.3 Menicon Z Night

Tutkittavamme sai käyttöönsä Menicon Z Night -ortokeratologialinssit, joita hän käytti yöllä nukkuessaan. Valmistajan mukaan linssit saavat aikaan taittovoiman vakaan muutoksen jopa viikossa (Menicon Z Night n.d.).

Menicon Z Night -linssiä on kahta tyyppiä, normaalia ja toorista. Molempien linssien sovitusrajoiksi suositellaan enintään -4.00 dioptrian myopiaa. Normaalisissa linssissä refraktiivisen säännönmukaisen astigmatian määrä saa olla enintään 1.50 dioptriaa ja säännönvastaisen 0.75 dioptriaa. Toorinen vaihtoehto tulisi valita, jos säännönmukaista astigmatiaa on 1.75–2.50 dioptriaa, tai säännönvastaista 1.0–1.50 dioptriaa. (Menicon Z Night n.d.)

Linssin materiaali on hyperläpäisevä siloksaanistyreenin ja fluorimeta-akrylaatin yhdistepolymeeri. Materiaalin hapenläpäisevyys, eli Dk, on 163. Lisäksi linssi on pintakäsittelyltään sellainen, että linssipintojen kostuvuus on optimaalinen sekä kestävä naarmuja ja rikkoutumista vastaan. Menicon Z -linssimateriaalista valmistettu kova hyperhappealäpäisevä piilolasi on tällä hetkellä maailman ainoa FDA:n hyväksymä piilolasi, jota voi käyttää silmässä jopa 30 päivää yhtäjaksoisesti. Linssit tulisi vaihtaa

uusiin vuoden välein. Linssit on värjätty niin, että punainen on oikean ja sininen vasemman silmän linssi (Menicon Z Night n.d.)



Kuva 11. Menicon Z Night -linssin rakenteen parametrit kuvana (Menicon Z Night n.d)

Useita Menicon Z Night -linssin parametriarvoja voidaan muuttaa niin, että huomioidaan asiakkaan sarveiskalvon topografia ja taittovoima ja saadaan aikaiseksi paras mahdollinen muutos. Sopivan linssin valinnassa käytetään Easyfit -tietokoneohjelmaa. Se saa topografiakuvat suoraan topografista, ja lisäksi siihen syötetään refraktio. Easyfit laskee niiden mukaan tarkasti linssin optimaaliset parametriarvot ja ehdottaa linssiratkaisua. Se myös ilmoittaa sarveiskalvon epäsäännöllisyyksistä. Jälkikontrollikäynneillä se seuraa topografiakuvien kautta sarveiskalvon muutoksia, ja ilmoittaa jos linssit eivät ole toimineet toivotulla tavalla. Tällöin se ehdottaa parametrimuutoksia ja uutta linssiä. (Van der Linden 2012; Menicon Z Night.)

Taulukko 2. Menicon Z Night -linssin mahdolliset parametrit. Menicon Z Night Toric -linssissä on samat parametrimahdollisuudet, mutta ne voivat olla toisistaan eriäviä kahdella ei päämeridiaanilla (Menicon Z Night n.d.)

	Kaarevuussäde r	Halkaisija \varnothing	Tangenttikulma	Sagittaalisyyvyys
Menicon Z Night	7.20–10.00 (0.10 mm välein)	10.20 / 10.60 / 11.00 (mm)	46°–63° (1° välein)	0.30–1.0 mm (0.01mm välein)

5 Myopiakontrolli orto-k-linsseillä

5.1 Myopia eli likitaittoisuus

Silmään tulevat yhdensuuntaiset valonsäteet taittuvat sarveiskalvolla, kulkevat etukammion lävitse mykiöön ja taittuvat lasiaisen lävitse niin, että valonsäteet kohtaavat toisensa polttopisteessä. Likitaitoisella henkilöllä tämä polttopiste sijaitsee verkkokalvon edessä, jolloin verkkokalvon tasolla kuva ei ole selkeä. (Agur – Dalley – Moore 2008: 897; Saari – Korja 2011: 302, 305.)

Likitaittoinen henkilö näkee hyvin lähietäisyyksille, mutta kaukana olevat kohteet näkyvät epätarkkoina (Arstila ym. 2006: 502). Likitaittoinen silmä on joko liian pitkä suhteessa optisen järjestelmän voimakkuuteen tai silmän valoa taittavat osat ovat liian voimakkaat suhteessa silmän pituuteen (Grosvenor 2007: 13–14).

Likitaittoisuus kehittyy tavallisesti ensimmäisten kouluvuosien aikana, ja sen määrä kasvaa merkittävimmin teinivuosien alkuvaiheessa. Mitä aikaisemmin myopian kehitys alkaa, sitä nopeammin ja voimaakkammin sen määrä kasvaa. (Downie 2015; Silmien ja näön kehitys kouluiässä n.d.)

Vahvan myopian, joka johtuu erityisesti silmän pituuden kasvusta, on todettu liittyvän vakavien silmäsairauksien kuten glaukooman tai verkkokalvoirtauaman puhkeamiseen. Nämä silmäsairaudet johtavat näön heikkenemiseen ja joissakin tapauksissa jopa sokeuteen. Maailman terveysjärjestö WHO:n mukaan myopia on yksi viidestä sokeuden syystä. Jos refraktio on yli -6.00 dioptriaa tai yli, voidaan myopian määrää pitää vahvana. (Downie – Lowe 2013; Hiraoka ym. 2012.)

5.2 Myopiakontrolli

Myopian esiintyvyys on kasvanut merkittävästi viime vuosikymmenten aikana, ja myopiaa esiintyy noin 1.4 miljardilla ihmisellä ympäri maailmaa. Se on merkittävä ja yleinen terveydellinen ongelma, joten tutkijat ovat kiinnostuneita myopian etenemisen hidastamisen mahdollisuuksista lapsilla. (Downie 2015; Gifford – Johnson 2011.)

Myopiakontrolli tarkoittaa likitaittoisuuden määrän kasvun kontrolloimista siten, että myopian eteneminen hidastuu tai loppuu kokonaan. Myopiakontrolia hyödynnetään pääsääntöisesti lapsilla, mutta myös nuorilla aikuisilla. Tutkimukset osoittavat, että myopiakontrolli vakauttaa lasten refraktiota, joka johtaa miedompaan myopian määrään aikuisena. (Rinehart 2006: 95, 131.)

Ortokeratologiaa hyödynnetään myopiakontrollin yhtenä muotona. Muita käytettyjä myopiakontrollin hoitomuotoja ovat kaksi- tai monitehoiset silmälasit sekä monitehoiset tai monovision ratkaisulla käytettävät piilolasit. Myös esimerkiksi atropiini -ilmätippoja käytetään myopiakontrollin hoitomuotona. (Chen ym. 2014; Downie – Love 2013.)

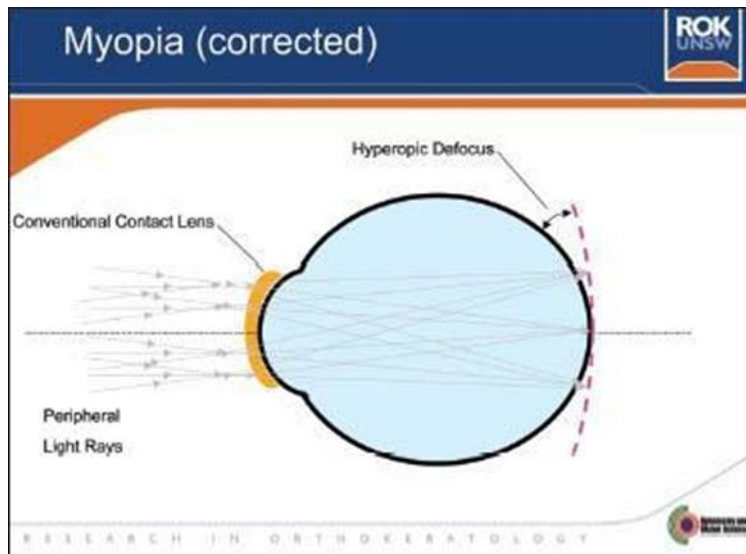
5.3 Ortokeratologialinssien vaikutus verkkokalvotasolla

Ortokeratologian on todettu hidastavan silmän pituuden kasvua lapsilla, mutta vaikutusmekanismista tiedetään hyvin vähän. Oletetaan, että silmän pituuden kasvu liittyy näön kautta saatuun palautteeseen, jota verkkokalvolle syntyvä defokus eli kuvautumisvirhe antaa. Viimeaikaiset tutkimukset puoltavat ajatusta, että perifeerisellä verkkokalvolla on vaikutusta silmän pituuden ja refraktiivisen virheen kasvuun. (Gilmartin – Gutierrez-Ortega – Santodomingo-Rubido – Villa-Collar 2012; Hiraoka – Kakita – Oshika 2011.)

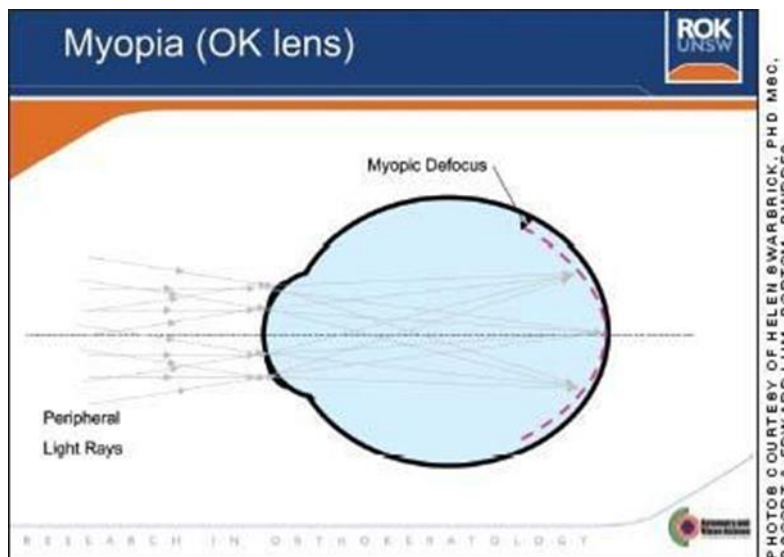
Myopiaa korjataan yleensä tavanomaisilla silmä- ja piilolaseilla. Niillä korjataan verkkokalvon keskialueen refraktiivirhettä, jolloin verkkokalvon laita-alueelle syntyy hyperooppinen defokus. Hyperooppisessa defokuksessa valonsäteet taittuvat verkkokalvon perifeeriselle alueelle heikommin kuin sen keskialueelle. Tällöin katseltavasta kohteesta tuleva valo taittuu perifeerisen verkkokalvon taakse. Verkkokalvon on todettu liikkuvan sinne, minne valo taittuu, mikä voi lisätä silmän pituuden kasvua. (Slowing Down Myopia With Contact Lenses 2010.)

Ortokeratologiaa pidetään lupaavana myopiakontrollin muotona, sillä linsseillä saadaan aikaan sarveiskalvon keskiperifeerisen alueen jyrkkeneminen, jolloin valo taittuu enemmän. Tällöin valo ei taitu verkkokalvon taakse, vaan perifeeriselle alueelle tai sen etupuolelle, jolloin verkkokalvolle muodostuu myooppinen defokus. Kun korjataan sekä verkkokalvon keskialueen refraktiivista virhettä sekä perifeerisen alueen defokusta,

voidaan mahdollisesti kontrolloida silmän pituuden kasvua likitaitoisilla lapsilla. (Hiraoka – Kakita – Oshika 2011.)



Kuva 12. Tavanomainen piilolasi muodostaa hyperooppisen defokuksen verkkokalvon perifeeriselle alueelle, joka saattaa stimuloida silmän pituuden kasvua (Slowing Down Myopia With Contact Lenses 2010)



Kuva 13. Myopian korjaus ortokeratologialinsseillä muodostaa myooppisen defokuksen verkkokalvon perifeeriselle alueelle, joka voi hidastaa myopian kehitystä ja kasvua (Slowing Down Myopia With Contact Lenses 2010)

5.4 Tutkimuksia ortokeratologian hyödyistä

Vuonna 2011 japanilaiset tutkijat esittivät tutkimuksen, joka arvioi orto-k-linssien vaikutusta silmämunan pidentymiseen lapsilla. Yhteensä 92 likitaittoista lasta osallistui kahden vuoden tutkimukseen. Heistä 42 käytti yön yli pidettäviä orto-k-linssejä ja 50 käytti tavanomaisia silmälaseja likitaittoisuuden korjaamiseen. Tutkimukseen osallistuneiden lasten keski-ikä oli noin 12 vuotta, kun tutkimus aloitettiin. Molempien ryhmien lapsilla oli pääsääntöisesti sama määrä myopiaa eli noin -2.57 dioptriaa ja sama silmämunan pituus eli noin 24,7 mm. Tutkimuksessa todettiin, että silmälaseja käyttäneillä lapsilla silmän pituus oli kasvanut merkittävästi enemmän kuin orto-k-linssejä käyttäneillä lapsilla. (Hiraoka – Kakita – Oshika 2011.)

Vuonna 2012 samat tutkijat julkistivat tulokset viisivuotisesta tutkimuksesta. Tutkimukseen osallistui yhteensä 43 likitaittoista lasta, joista 22 käytti orto-k-linssejä ja loput 21 tavanomaisia sankalaseja myopian korjausmuotona. Lapset olivat tutkimuksen alettua noin 10-vuotiaita, ja heidän sfäärinen refraktiivinen virhe oli noin -1.86 dioptriaa ja silmämunan pituus noin 24.15 mm. Viiden vuoden aikana orto-k-linssien käyttäjillä silmän aksiaalinen pituus kasvoi noin 0.99 mm ja sankalasiensa käyttäjillä noin 1.41 mm. (Hiraoka ym 2012.)

Vuonna 2012 espanjalaiset tutkijat julkaisivat tutkimuksen, johon osallistui yhteensä 61 likitaittoista lasta. Heistä 31 käytti orto-k-linssejä ja 30 tavanomaisia sankalaseja. Lapset olivat 6–12-vuotiaita, ja heidän myopian määrä vaihteli -0.75 dioptriasta -4.00 dioptriaan. Astigmatian määrä oli 1.00 dioptriaa tai alle. Tutkimus kesti kaksi vuotta, jonka aikana orto-k-linssien käyttäjillä silmän pituus kasvoi 0.47 mm ja silmälasien käyttäjillä 0.69mm. (Gilmartin ym. 2012.)

Vuonna 2012 tutkijat Hong Kongissa julkaisivat tutkimuksen orto-k-linssien vaikutuksesta myopian etenemiseen ja sen kontrolloimiseen lapsilla. 78 likitaittoista lasta osallistui kaksivuotiseen tutkimukseen. Heistä 37 käytti orto-k-linssejä ja loput 41 tavanomaisia silmälaseja. Myopian määrä vaihteli -0.50 dioptriasta -4.00 dioptriaan ja astigmatian määrä oli enimmillään 1.25. Tutkimuksen alettua lapset olivat 6–10-vuotiaita. Tutkimuksen loputtua orto-k-linssien käyttäjillä silmän aksiaalinen pituus oli kasvanut noin 0.36 mm, kun taas kontrolliryhmällä noin 0.63 mm. Johtopäätöksenä kerrotaan, että lapsilla, jotka käyttivät orto-k-linssejä, silmän aksiaalisen pituuden kasvu oli 43 prosenttia hitaampaa verrattuna silmälasien käyttäjiin. Tutkijoiden mukaan nuoremmilla lapsilla

silmän aksiaalisen pituuden kehittyminen oli nopeampaa, joten nuoremmat lapset hyötyvät aikaisesta orto-k-linssien käytöstä enemmän. (Cho – Cheung 2012.)

Melbournen yliopiston tutkijat esittivät vuonna 2013 tutkimuksen, jossa selvitettiin yön yli käytettävien orto-k-linssien vaikutusta likitaittoisuuden määrän kasvuun ja sen etenemiseen nuorilla. Tutkijat vertasivat keskenään kahta ryhmää, joista toinen ryhmä käytti perinteisiä sankalaseja likitaittoisuuden korjaamiseen ja toinen ryhmä orto-k-linssejä. Sankalasiä käyttäjiä oli tutkimuksessa 30 ja orto-k-linssien käyttäjiä 26. Kaikki tutkimukseen osallistuneet olivat iältään 16-vuotiaita, kun he ilmoittautuivat tutkimukseen, ja heidän likitaittoisuuden määrä oli lähes sama. Tutkittavat osallistuivat tutkimukseen kahdesta vuodesta kahdeksaan vuoteen. Nuoret, jotka käyttivät orto-k-linssejä, osoittivat merkittävästi tasaisemmat arvot likitaittoisuuden määrässä ja sen kasvussa. Lisäksi 64 % orto-k-linssien käyttäjistä osoitti selvää myopian kasvun hidastumista. Tutkimuksen mukaan ortokeratologia voi vähentää myopian kehitystä likitaittoisten lasten keskuudessa pitkällä aikavälillä katsottaessa. (Downie – Lowe 2013.)

Vuonna 2014 taiwanilaiset tutkijat julkistivat tulokset tutkimuksesta, jossa verrattiin orto-k-linssien ja atropiinitippojen käyttöä myopiakontrollina. Tutkimus oli kolmivuotinen. Tutkittavia oli yhteensä 210, joista 105 käytti orto-k-linssejä ja toiset 105 käytti 0.125% atropiinia joka yö kolmen vuoden ajan. Tutkimukseen osallistuneet lapset olivat tutkimuksen alettua 7–17-vuotiaita, ja heillä oli myopiaa -1.50 dioptriasta -7.50 dioptriaan asti ja astigmatiaa oli -2.75 dioptriaan asti. Tutkimuksessa todettiin, että orto-k-linssejä käyttäneillä lapsilla myopia kehittyi -0.28 dioptriana vuodessa, kun taas atropiinia käyttäneillä lapsilla myopia kehittyi -0.43 dioptriana vuodessa. (Chen ym. 2014.)

Tutkimukset osoittavat, että ortokeratologialinssit vähentävät silmän pituuden kasvua lapsilla verrattuna niihin, jotka käyttävät tavanomaisia silmälaseja tai piilolaseja näönkorjauksen muotona. Tutkimukset osoittavat, että ortokeratologia voi vähentää silmän pituuden kasvua 32–55 % verrattuna tavanomaisiin näönkorjausmenetelmiin (Cho – Cheung 2012; Downie 2015). Tutkimuksia on tehty sekä lyhyt- että pitkäaikaisia, ja ne osoittavat ortokeratologian toimivan myopiakontrollin muotona.

6 Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoitteet

Yksi meistä oli tutustunut Yhdysvalloissa yleisesti käytössä olevaan ortokeratologiaan internetin keskustelupalstoilla. Ajatus emmetropian saavuttamisesta vain yöllä käytettävillä piilolaseilla oli kiehtova ja uusi. Emme olleet vielä opinnäytetyön aihetta päättäessämme kuulleet kyseisestä hoitomuodosta edes koulun luennoilla. Suomessa muutenkin ortokeratologia on hyvin vähän käytetty taittovirheiden korjaamismuoto, ja tietääksemme vain harva optikko sovittaa orto-k-linssejä. Halusimme yhdessä perehtyä ja tutkia ortokeratologian toimivuutta. Toivoimme lisäksi opinnäytetyön aiheen lisäävän omaa optometrististä osaamistamme piilolasien ja ortokeratologian alueella.

Opinnäytetyömme seuraa yhden henkilön ortokeratologiasovitusta ja sen tuloksia, joten kyseessä on tapaustutkimus. Tapaustutkimuksissa käsitellään perusteellisesti pientä joukkoa tapauksia, usein vain yhtä tiettyä tapausta, joka opettaa tutkijoille jotain uutta heille tärkeästä ja heitä askarruttavasta asiasta. Tapaustutkimuksen tarkoitus ei ole saada yleistettävää tulosta, vaan lisätä ymmärrystä tutkittavasta tapauksesta. (Laine – Bamberg – Jokinen 2007: 9–12.) Työssämme lähdimme tutkimaan, miten ortokeratologia toimii, ja miksi se on hyvä näönkorjausvaihtoehto.

Lokakuussa 2014 tiedustelimme lehtoreiltamme, kuinka lähteä liikkeelle opinnäytetyömme kanssa. He tiesivät kertoa, että Lauttaoptiikassa toimiva biolääketieteen tohtori kandi, kliinisen optometrian maisteri ja optikko Robert Andersson sovittaa aktiivisesti ortokeratologialinssejä. Otimme häneen yhteyttä ja hän lähti mielellään mukaan työhömmme opastavaksi optikoksi. Varasimme ensitarkastusajan marraskuun loppuun, jolloin optikko varmisti, että tutkimushenkilömme on soveltuva orto-k-linssien käyttäjäksi. Silloin tehtiin refraktio, otettiin topografiakuvat ja tilattiin Menicon Z Night -linssit. Noin kolmen viikon päästä, joulukuussa 2014, linssit saapuivat ja varasimme ajan sovitukseen. Talven ja kevään 2015 aikana linssien toimivuutta seurattiin useamman kerran kontrollikäynneillä. Opinnäytetyön kirjallinen osuus alkoi valmistua tammi–maaliskuussa 2015.

7 Tapaustutkimus

Kaikki tutkimukset ja arvioinnit suoritti biolääketieteen tohtori kandi, klinisen optometrian maisteri ja optikko Robert Andersson Lauttaoptiikan tiloissa. Sovituksien yhteydessä ohjaava optikko kertoi, miten ja miksi hän teki testejä, sekä vastasi kysymyksiimme.

7.1 Soveltuvuuden arviointi

Tutkimushenkilö on 22-vuotias optometrian opiskelija. Hänellä ei ole silmäsairauksia, allergioita eikä hänelle ole tehty silmään kohdistuvia leikkauksia. Tutkimushenkilöllä esiintyy ajoittain migreeniä, johon hänellä ei ole reseptilääkitystä. Häneltä on mitattu kolesteroli vuonna 2012, jolloin arvot olivat koholla. Suvussa esiintyy sydän- ja verisuonitauteja.

Silmälaseja ja pehmeitä piilolaseja tutkimushenkilö on käyttänyt noin kymmenen vuoden ajan. Hän on käyttänyt jatkuvakäyttöisiä piilolinsssejä, mutta on joutunut vähentämään linssien käyttöä silmien kuivumisen takia. Tutkimushenkilön silmälasivoimakkuudet ovat pysyneet pääosin muuttumattomina usean vuoden ajan.

Tutkimus aloitettiin mittaamalla tutkimushenkilön objektiivinen refraktio käyttämällä autorefraktometriä. Laitteella mitatut arvot eivät juuri eronneet tutkimushenkilön käytössä olevien lasien voimakkuuksista. Myös subjektiivisen refraktion tulos pysyi lähes muuttumattomana. Foriat olivat kauas ja lähelle orto, ja pupillit olivat molemmissa silmissä samanlaiset, pyöreät ja reagoivat valoon ja akkommodaatioon.

Taulukko 3. Tutkimushenkilön subjektiivisen ja objektiivisen refraktion arvot

	Oikea silmä	Vasen silmä	Näöntarkkuus
Nykyiset lasit	-4.25 -0.75 180	-2.75 -1.00 180	OD 1.2, OS 1.2
Autorefraktometri	-4.50 -0.75 177	-2.75 -1.00 177	
Refraktio	-4.50 -0.75 5	-2.75 -1.00 180	OD 1.2, OS 1.2

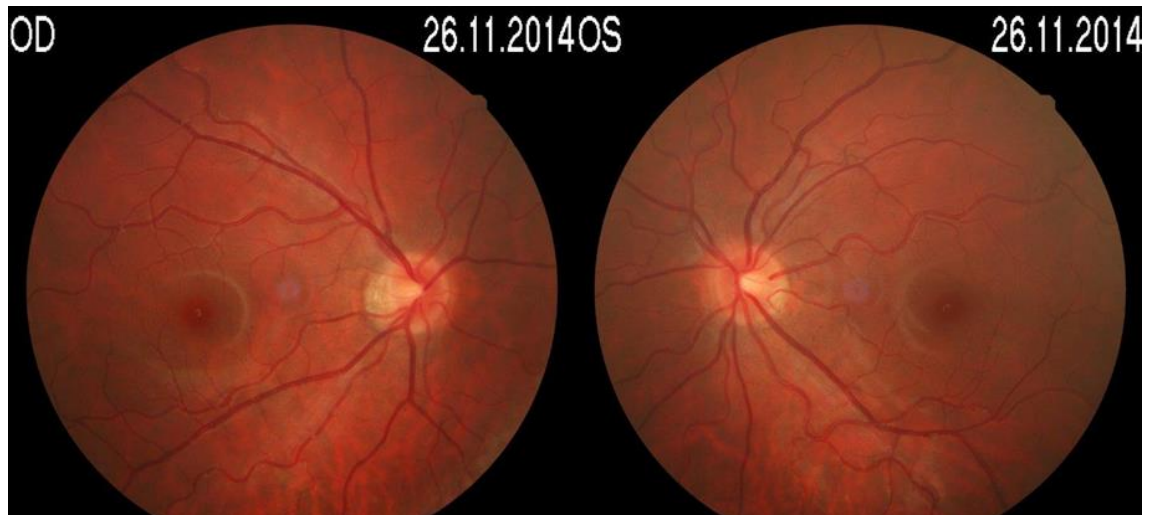
Refraktion tulos ei aiheuttanut estettä orto-k-linssien käytölle, joten tutkimusta jatkettiin mikroskopiolla. Mikroskoopilla tutkittiin silmän etuosan rakenteita ja arvioitiin niiden terveyttä. Jokaisen sarveiskalvon kerroksen terveys tarkastettiin: mikroskoopilla tutkittiin epiteelin, strooman ja endoteelin toimintaa sekä rakennetta. Sidekalvojen kuntoa

arvioitiin tarkastamalla alaluomet ja kääntämällä yläluomet. Yläluomien alla oli lievää hyperaemiaa, eli lisääntynyttä verekkyyttä kudoksessa.

Kyynelnesteen laadun ja määrän arvioiminen on tärkeä osa tutkimusta soveltuvuuden arvioimisessa. Mikroskoopilla tutkittiin kyynelnesteen paksuutta ja kyynelmeniskin korkeutta. Laatu arvioitiin natrium fluoresiinin kanssa BUT eli break-up-time -testillä, jossa kyynelfilmi alkoi hajota 4–5 sekunnin kohdalla. Fluoresiini ei jättänyt värjäytymiä sarveis- tai sidekalvoille.

Silmät puudutettiin silmänpaineen ja kyynelnesteen määrän mittaamista varten. Silmänpaineet olivat 16/16, ja ne mitattiin Goldmannin applanaatiotonometrillä. Kyynelnesteen määrää mitattiin Schirmer-liuskoilla. Tutkimuksessa käytettiin puuduteainetta, jotta pääkyynelrauhanen erittämät ärsytyskyyneleet eivät vaikuttaisi tulokseen.

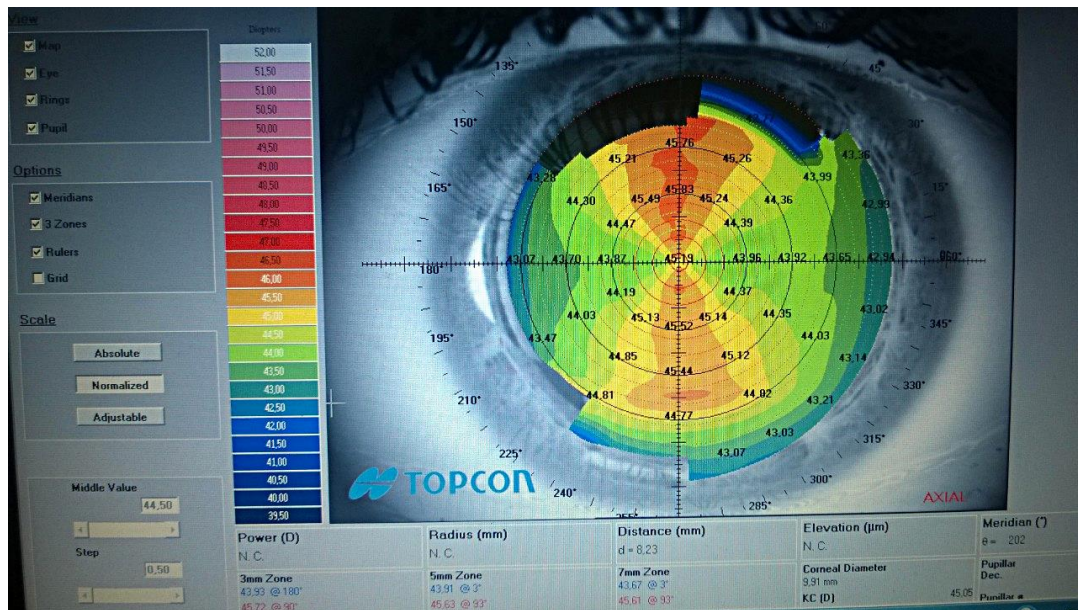
Mikroskopiaturkimuksen perusteella linssien käyttämiselle ei ollut mitään estettä. Seuraavaksi tutkittiin mykiöt ja silmänpohjat laajennettujen pupillien läpi. Mykiöt olivat kirkkaat ja terveet, niin kuin nuorilla henkilöillä yleensä. Silmänpohjien keskeiset alueet tutkittiin mikroskoopilla ja reuna-alueet epäsuoralla oftalmoskopiolla. Molempien silmien verkkokalvot olivat terveet sekä keskeiseltä alueelta että periferiasta.



Kuva 14. Silmänpohjakameralla otetut kuvat oikean ja vasemman silmän verkkokalvoista. Molemmissa silmänpohjissa C/D 0.35, näköhermonpäät ovat vaaleanpunaiset ja tarkkarajaiset, makulat ovat tasaiset. Valtimoissa on hieman suurentunut arteriaheijaste. Oikeassa silmässä on peripapillaarista atrofiaa (Andersson 2014)

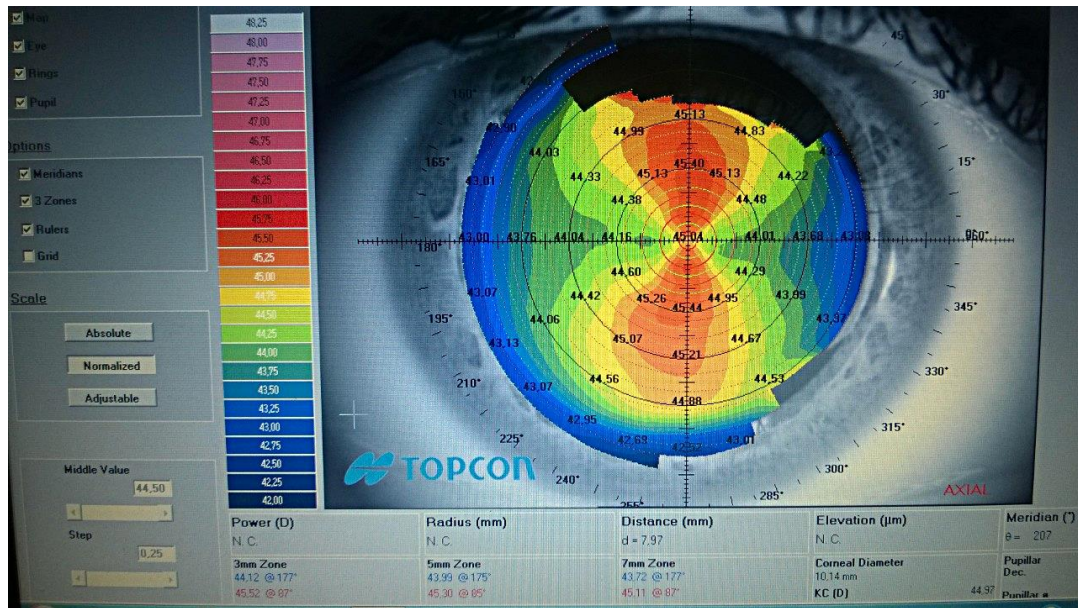
Etuosakameralla huomattiin, että tutkimushenkilön kyynelnesteessä liikkui suurehkoja rasvapalloja. Ohjaava optikko kertoi, että tutkimushenkilön meibomin rauhaset erittävät huonolaatuisia lipidejä: tämän takia lipidit eivät sekoitu kunnolla kyynelnesteeseen. Optikko suositteli, että tutkimushenkilö söisi joka päivä 1000 mg omega 3-kapseleita noin kuukauden ajan, jotta meibomien rauhasien toiminta normalisoituisi. Tutkimushenkilö suostui tähän, ja hänestä oli mielenkiintoista nähdä millainen vaikutus kapseleilla olisi.

Viimeinen vaihe soveltuvuuden arvioimisessa oli topografiakuvien analysointi.



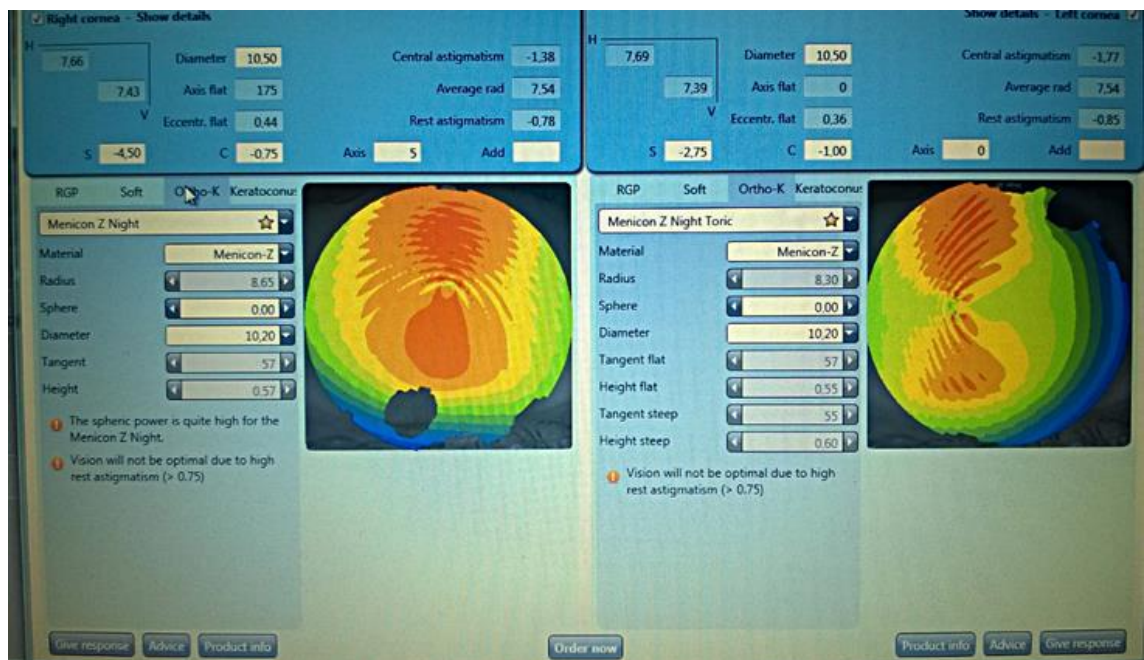
Kuva 15. Oikean silmän topografiakuva (Andersson 2014)

Oikean silmän topografiakuvasta näkyy, että sarveiskalvolla on säännönmukaista astigmatiaa, joka on asettunut rusettimaiseen muotoon. Sarveiskalvolla ei ole epäsäännöllisyyksiä tai poikkeavuuksia. Sarveiskalvon eksentrisyys on 0.44.



Kuva 16. Vasemman silmän topografiakuva (Andersson 2014)

Myös vasemmassa silmässä on rusettimaista säännömukaista astigmatiaa, joka on hieman voimakkaampaa kuin oikeassa silmässä. Sarveiskalvolla ei ole epäsäännöllisyyksiä tai poikkeavuuksia. Sarveiskalvon eksentrisyys on 0.36.



Kuva 17. Orto-k-linssien tilausjärjestelmä (Andersson 2014)

Linssit tilattiin Meniconin Easyfit -tilausjärjestelmän kautta. Järjestelmään syötettiin refraktioarvot sekä liitettiin mukaan topografiakuvat, jonka jälkeen ohjelma laski tilattavien linssien parametrit.

Oikeaan silmään tilattiin tavallinen Menicon Z Night -linssi ja vasempaan toorinen versio. Molemmissa silmissä sarveiskalvoastigmatian määrä oli suurempi kuin refraktiivisen astigmatian. Sarveiskalvoastigmatiaa oli oikeassa silmässä -1.38 dioptriaa ja vasemmassa -1.77 dioptriaa.

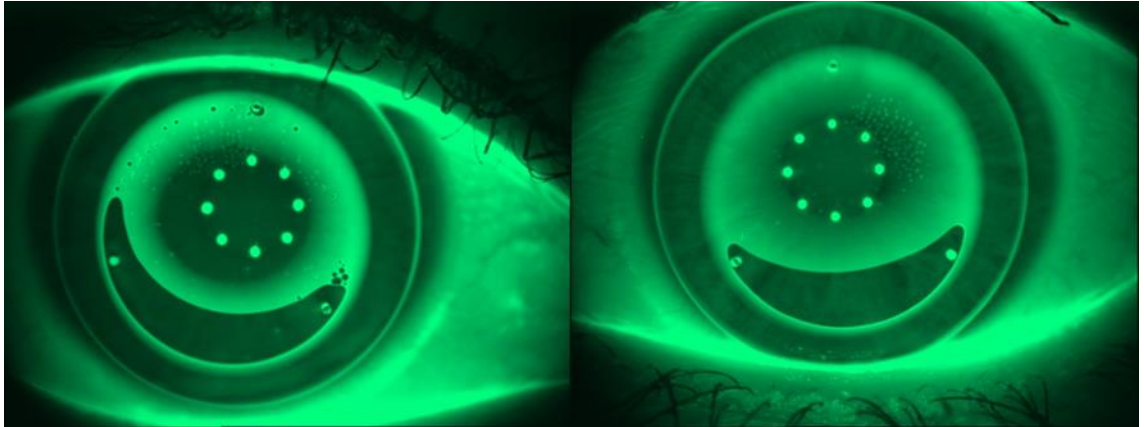
Tämän takia molempiin silmiin tulisi jäämään jäännösastigmatiaa, eli tutkimushenkilön refraktio ei tulisi olemaan täysin emmetrooppinen. Easyfit -järjestelmä arvioi, että jäännösastigmatiaa tulisi oikeaan silmään jäämään -0.78 dioptriaa ja vasempaan -0.85 dioptriaa. Lisäksi oikean silmän sfäärinen voimakkuus oli ohjelman mukaan melko suuri, sillä Menicon Z Night -linssin sovitusrajaksi suositellaan enintään -4.00 dioptrian myopiaa.

7.2 Linssien sovitukset ja arvioiminen

Linssien toimitusaika oli noin kolme viikkoa, jonka jälkeen tutkimushenkilö saapui sovittamaan linssejä sekä opettelemaan kovien linssien silmään laittoa ja poisottoa. Tapaamiskerralla kerrottiin myös linssien puhdistusnesteistä sekä oikeaoppisesta puhdistamisesta. Lisäksi linssien istuvuus arvioitiin fluoresiinin avulla.

Tutkimushenkilö oli jo tottunut pehmeiden piilolinssien käyttäjä, joten linssien silmään laitto sujui nopeasti ja helposti. Myös linssien poistaminen silmästä sujui ilman ongelmia. Poistamiseen käytettiin imututtia. Linssit pystyi erottamaan toisistaan värin perusteella: oikean silmän linssi oli punertava ja vasemman silmän linssi sinertävä.

Linssien istuvuutta arvioitiin käyttämällä mikroskooppia ja etuosakameraa. Fluoresiini toi esiin linssin rakenteen: tummissa kohdissa on vain vähän fluoresiinin värjäämää kyynelnestettä ja kirkkaissa kohdissa kyynelnestettä on paljon. Mitä tummempi alue, sitä lähempänä linssi on sarveiskalvoa.



Kuva 18. Ortokeratologialinssit oikeassa ja vasemmassa silmässä (Andersson 2014)

Optikko arvioi molempien linssien keskiöitymisen hyväksi ja liikkeen sopivaksi. Linssien alaosassa tummempana näkyvä alue on iso kupla linssin käänteisellä alueella. Räpäytyksen jälkeen luomien paine muuttaa linssien istuvuutta, jolloin fluoresiini jakautuu tasaisesti käänteiskurviin, eli alue näyttää tasaisesti vihreältä. Kummassakin linssissä on kolme fenestraatioreikää, kaksi linssin alaosassa ja yksi yläosassa. Muut pienet pisteet linseissä ovat ilmakuplia, jotka häviävät sen jälkeen kun linssit ovat saaneet rauhassa asettua silmiin.

Tutkimushenkilön mielestä linssit tuntuivat yllättävän mukavilta koviksi linseiksi. Mukavuus johtui siitä, että linssit on tehty tutkimushenkilön omien silmien parametrien mukaan, joten linssit on optimoitu istumaan hänen silmissään mahdollisimman hyvin. Hän näki myös linssien kanssa melko hyvin, mikä on ohjaavan optikon kokemusten mukaan yksilöllistä.

Linssien säilyttämiseen ja puhdistamiseen optikko suositteli vetyperoksidinestettä. Pehmeille piilolinssille tarkoitettua monitoiminnestettä optikko suositteli käytettäväksi imututin ja linssien huuhteluun tarvittaessa. Lisäksi silmiin tulisi tiputtaa kostutustippoja aina ennen nukkumaan menoa sen jälkeen, kun linssit on laitettu silmään. Kostutustippoja tulisi käyttää myös aamuisin, jos linssit tuntuvat liikkuvan huonosti. Ennen linssien poistamista tulisi varmistaa, että linssi liikkuu, jotta epiteeli ei vahingoittuisi.

Tutkimushenkilö sai alkupäiville kertakäyttöisiä silikonihydrogeelipiilolinsskejä mukaan, kutakin voimakkuusparia viisi kappaletta. Voimakkuuden muutos silmissä tulisi tapahtumaan asteittain, joten tutkimushenkilön tuli käyttää myös päivisin näönkorjausta.

Taulukko 4. Väliaikaisten pehmeiden piilolinssien voimakkuudet pareittain

Voimakkuus oikea silmä (dpt)	Voimakkuus vasen silmä (dpt)
-4.00	-2.50
-3.00	-1.50
-1.50	-0.75

Piilolinssit oli tarkoitettu voimakkuuksien puolesta käytettäväksi noin viikon ajan. On vaikea ennustaa etukäteen, kuinka nopeasti miinusvoimakkuus lähtee vähenemään, sillä jokaisen henkilön sarveiskalvot vastaavat ortokeratologiaan yksilöllisesti. Oikea voimakkuus jokaiselle päivälle löytyi siis vain kokeilemalla.

Tutkimushenkilö sai ortokeratologia- ja pehmeiden linssien lisäksi mukaansa oikeat hoitonesteet kovien linssien puhdistamiseen. Hänelle annettiin mukaan myös kirjalliset ohjeet piilolinssijä varten. Ohjeissa esimerkiksi kiellettiin linssien käyttäminen flunssassa sekä kehoitettiin ottamaan yhteyttä optikkoon, jos linssien kanssa esiintyy epämiellyttävyyden tunnetta.

7.3 Ensimmäinen tarkastuskäynti

Ensimmäinen tarkastuskäynti ja topografia oli sovittu kahden nukutun yön jälkeiselle päivälle. Ensimmäisenä yönä linssien kanssa nukkuminen ei kuitenkaan onnistunut. Tutkimushenkilö sai linssit hyvin silmiin, mutta kun hän laittoi kostutustippoja, niin oikea linssi tippui pois silmästä. Tutkimushenkilö laittoi linssin takaisin silmään, mutta huomasi, että vasen linssi ei ollut enää sarveiskalvolla. Vasen linssi oli pudonnut alaluomen alle, minne se oli jäänyt imukuppimaisesti kiinni. Kostutustippojen ja muutaman minuutin yrittämisen jälkeen tutkimushenkilö sai linssin pois silmästä, mutta silmä oli sen verran ärtynyt, että tutkimushenkilö päätti olla laittamatta linssejä yöksi.

Ohjaava optikko ehdotti, että tutkimushenkilö kokeilisi laittaa linssit silmiin seuraavana yönä ilman kostutustippoja. Hän ehdotti, että linssien tippuminen ja valahtaminen johtuisi siitä, että silmissä oli liikaa nestettä. Koviin linsseihin vielä tottumattomat silmät erittivät ärsytyksestä johtuvia refleksikyyneleitä, mikä lisäsi kyynelnesteen määrää silmissä.

Seuraavana yönä tutkimushenkilö ei laittanut kostutustippoja illalla silmiin, jolloin linssit pysyivät hyvin paikoillaan. Aamulla heti herätyksen jälkeen silmät tuntuivat hieman kuivilta, ja kostutustippojen jälkeen vasen linssi valahti taas alaluomen alle. Linssien poistaminen sujui kuitenkin jo nyt paremmin, eikä silmä enää ärtynyt.

Omilla laseillaan tutkimushenkilö näki hieman sumeasti aamulla. Ilman laseja näkeminen oli tietenkin vielä sumeampaa. Pehmeillä piilolinseillä OD -4.00 ja OS -2.50 tutkimushenkilö koki, että näkeminen tuntui hieman epätarkalta. Näkemisen laatu tuntui huonommalta kuin normaalisti, mikä todennäköisesti johtui korjaamattomasta hajataitosta.

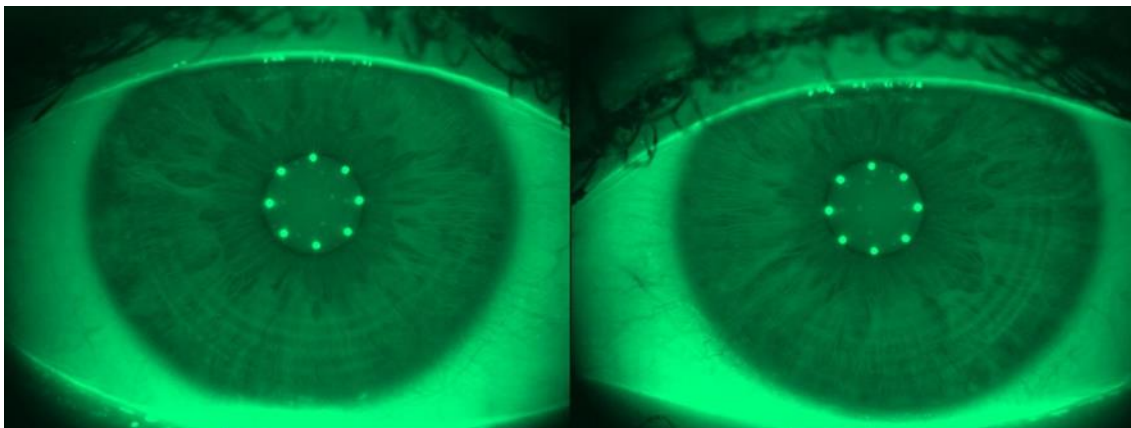
Ensimmäinen tarkastuskäynti oli siis yhden linseillä nukutun yön jälkeen. Tutkimushenkilölle tehtiin sfäärinen refraktio, sillä käytettävät pehmeät piilolinssit olivat sfäärisiä. Refraktion tulos oli

OD -4.00 OD -3.00

Autorefraktometri antoi arvot

OD -3.75 OS -2.50 -1.00 173

Silmän etuosan mikroskopoinnissa selvisi, että silmät olivat rauhalliset ja sarveiskalvon pinta näytti ehyeltä. Fluoresiinikuva varmisti, että sarveiskalvolle ei ollut tullut mitään epiteelivaurioita. Topografiakuvista näkyi, että linssit keskiöityivät hyvin ja sarveiskalvon loiveneminen oli alkanut. Oikeassa silmässä sarveiskalvo oli loiventunut hieman enemmän kuin vasemmassa.



Kuva 19. Fluoresiinikuva oikeasta ja vasemmasta silmästä ensimmäisen linsseillä nukutun yön jälkeen (Andersson 2015)

Tutkimushenkilö koki, että hänen silmänsä olivat väsyneen tuntuiset ensimmäisen päivän jälkeen. Hän ei ollut pitkään aikaan sekä käyttänyt piilolinssejä päivisin että nukkunut linsseillä. Silmien väsymiseen vaikutti näkemisen huonomman laadun lisäksi myös silmien kuivuminen. Tutkimushenkilön piti vaihtaa uudet pehmeät linssit iltaa varten sekä tiputtaa kostutustippoja useamman kerran. Näkö tuntui sumenevan hieman iltaa kohden, mutta omat lasit olivat silti liian vahvat voimakkuuksiltaan.

7.4 Toinen tarkastuskäynti

Seuraava tarkastuskäynti oli viikon kuluttua siitä, kun linssit oli otettu ensimmäistä kertaa käyttöön. Tällä käynnillä oli tarkoitus varmistaa linssien oikea keskiöityminen sekä tarkastaa, että sarveiskalvon keskiosa on lähtenyt loivenemaan odotetusti. Myös silmän terveydentilaa arvioitiin, eli varmistettiin, että linssit eivät ole aiheuttaneet minkäänlaisia komplikaatioita.

Molemmissa silmissä silmän etupinta oli rauhallinen ja sarveiskalvon epiteeli ehyt. Fluoresiini ei myöskään jättänyt värjäytymiä sarveiskalvoon, eli sarveiskalvo ei ollut kärsinyt hapenpuutteesta tai mekaanisesta ärsytyksestä öisin.

Sfäärinen refraktio oli

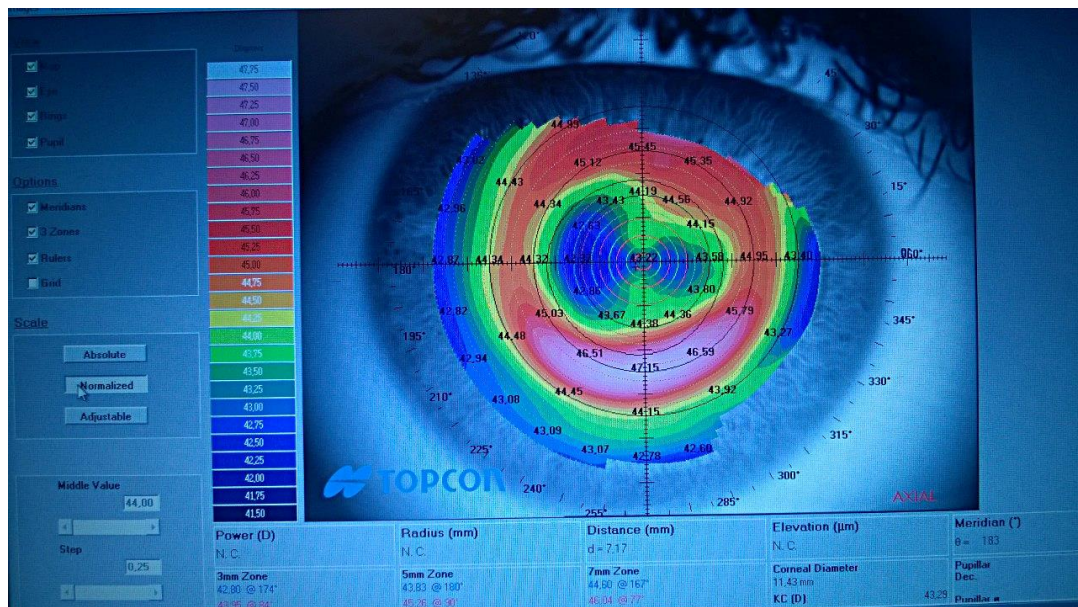
OD -1.25 OS -1.50

Oikeasta silmästä oli siis viikon aikana lähtenyt sfääristä voimakkuutta noin 3.25 dioptriaa ja vasemmasta noin 1.25 dioptriaa. Luvut eivät ole tarkkoja, koska uudessa refraktiossa ei ole otettu huomioon mahdollista hajataiton määrää, vaan refraktion tulos vastaa sfääristä ekvivalenttia.

Autorefraktometri antoi arvot

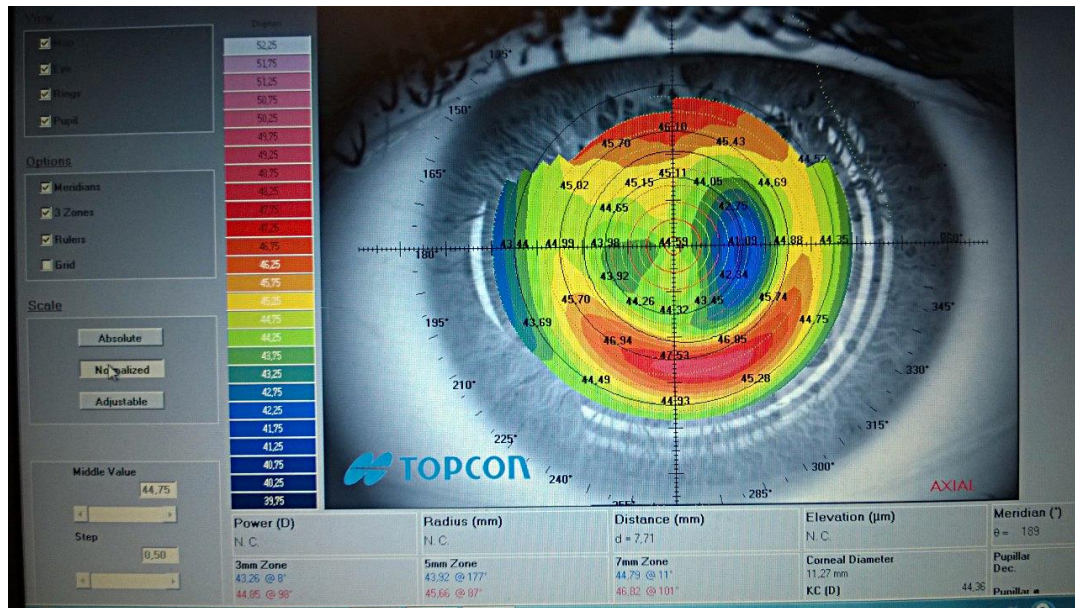
OD -2.75 -0.25 169 OS -1.75 -0.25 177

Autorefraktometrin antamat arvot eivät enää ole tässä vaiheessa luotettavia, sillä laite ilmoittaa liian suuria miinusarvoja. Tämä johtuu siitä, että mittausalueelle osuu loivemman alueen lisäksi myös voimakkaasti myooppisia alueita.



Kuva 20. Oikean silmän topografiakartta viikon jälkeen (Andersson 2015)

Oikean silmän sarveiskalvon keskiosa on lähtenyt tasaisesti loivenemaan hyvää vauhtia. Linssi keskiöityy hyvin silmässä eli hoitoalue osuu aivan pupillin kohdalle. Hoitoalueen ympärille on muodostunut ortokeratologialle tunnusomainen voimakkaasti taittava keskiperiferian alue.



Kuva 21. Vasemman silmän topografiakartta viikon jälkeen (Andersson 2015)

Vasemman silmän topografiakartta ei ole ihan niin tasainen kuin oikean, ja sarveiskalvon loiveneminen on vähäisempää. Linssi keskiöityy hyvin, mutta sarveiskalvo on loiventunut enemmän temporaalipuolelta. Ohjaavan optikon mukaan loivenemista voisi tasoittaa ja lisätä suurempi nestemäärä linssin ja sarveiskalvon välissä. Hän suositteli, että tutkimushenkilö tiputtaisi kostutustippoja sekä silmiin että linssihin ennen linssien asettamista silmiin.

7.5 Viimeinen tarkastuskäynti

Viimeisellä tarkastuskäynnillä arvioitiin silmän terveyttä ja ortokeratologian toimivuutta samoilla menetelmillä kuin muillakin käynneillä. Viimeinen käynti oli noin kuusi viikkoa siitä, kun linssit otettiin ensimmäistä kertaa käyttöön. Ortokeratologian lopullinen vaikutus saavutetaan yleensä 30 päivän sisällä (A guide to overnight orthokeratology 2004: 17).

Etuosakameralla nähtiin, että meibomin rauhasen erittämien öljypallojen määrä oli vähentynyt, eli kyynelnesteen koostumus oli parantunut. Tutkittava oli syönyt omega 3-kapseleita koko hoitojakson ajan, ja muutos kyynelnesteessä oli huomattava. Fluoresiinikuvasta huomattiin, että vasemman silmän sarveiskalvon alaosassa oli hieman pistemäistä värjäytymää eli epiteelivauriota. Värjäytymä johtui siitä, että sarveiskalvo oli päässyt kuivumaan yön aikana. Ohjaavan optikon mukaan on vaikea

arvioida, johtuiko värjäytymä suoraan sarveiskalvon kuivumisesta, vai oliko linssi lisäksi aiheuttanut mekaanista hankausta kuivuudesta johtuen. Optikko suositteli, että tutkimushenkilö lisäisi kostutustippojen käyttöä.

Tutkimushenkilö oli myös huomannut, että aamuisin linsseissä oli yksi tai useampia musiinipalloja. Viskooseja musiinikerääntymiä oli alkanut ilmestymään linssien etu- ja takapintaan noin kuukauden käytön jälkeen. Ohjaava optikko sanoi, että musiinipallojen muodostuminen on normaalia orto-k-linsseillä, eikä niistä tarvitse huolestua.

Musiinipallot eivät vaikuta linssin käyttömukavuuteen eivätkä ne johda näön huononemiseen. Niillä ei myöskään ole suoraa vaikutusta silmän terveyteen. Musiinipallot koostuvat pääasiassa kerääntyneestä musiinista sekä lipideistä ja kyynelneesten proteiinesta. Linssimateriaalin jäykkyys ja silmien nopeat liikkeet nukkuessa voivat saada aikaan voiman, joka kerää musiinia pieniksi palloiksi. Suljetun silmän viskoosimpi, musiinipitoinen kyynelfilmi on myös yksi syy musiinipallojen muodostumiselle. (Efron 2002: 86–87.)

Tutkimushenkilö koki, että hämärässä valaistuksessa kaikki valoisat kohteet hajoavat ja haittaavat näkemistä. Näöntutkimus suoritettiin siis valoisassa huoneessa, jotta halot eivät haittaisi näkemistä. Refraktion tulos näkyy taulukossa 5.

Taulukko 5. Tutkimushenkilön refraktio kuuden viikon orto-k-linsien käytön jälkeen. Binokulaarinen visus oli 1.0+

	Oikea silmä	Vasen silmä
Voimakkuus (dpt)	sf +0.00 -0.75 ax 25	sf +0.25 -0.50 ax 5
Visus	1.0+	1.0+

Vasen silmä oli siis loiventunut jopa hieman kaukotaittoiseen suuntaan. Molempiin silmiin oli jäänyt lähinnä vain hajataittoa. Easyfit -tilausjärjestelmä oli ennustanut, että oikeaan silmään jäisi hajataittoa -0.78 dioptriaa ja vasempaan -0.85 dioptriaa. Oikean silmän kohdalla ennustus oli osunut oikeaan, mutta vasempaan silmään ei ollut jäänyt niin paljoa jäännösastigmatiaa. Vapaat visukset, toisin sanoen ortokeratologian tulokset näkyvät taulukossa 6.

Taulukko 6. Tutkimushenkilön visukset ilman näönkorjausta. Binokulaarinen visus oli 1.0

	Oikea silmä	Vasen silmä
Vapaa visus	0.8	1.0

Suurin osa orto-k-linssien käyttäjistä saavuttaa näöntarkkuuden 1.0 (Downie 2015). Tutkittavan visukset nousivat hieman, kun hajataitto korjattiin, varsinkin oikeassa silmässä. Tutkittava koki kuitenkin näkevänsä hyvin ilman hajataiton korjausta, ja näkeminen tuntui miellyttävämmältä ilman mitään korjausta. Oikean silmän huonompi näöntarkkuus johtui todennäköisesti siitä, että ortokeratologia ei ole niin tehokasta yli -4.00 dioptrian voimakkuuksilla, ja Menicon Z Night -linssit on tarkoitettu pääasiassa alle -4.00 dioptrian voimakkuuksille.

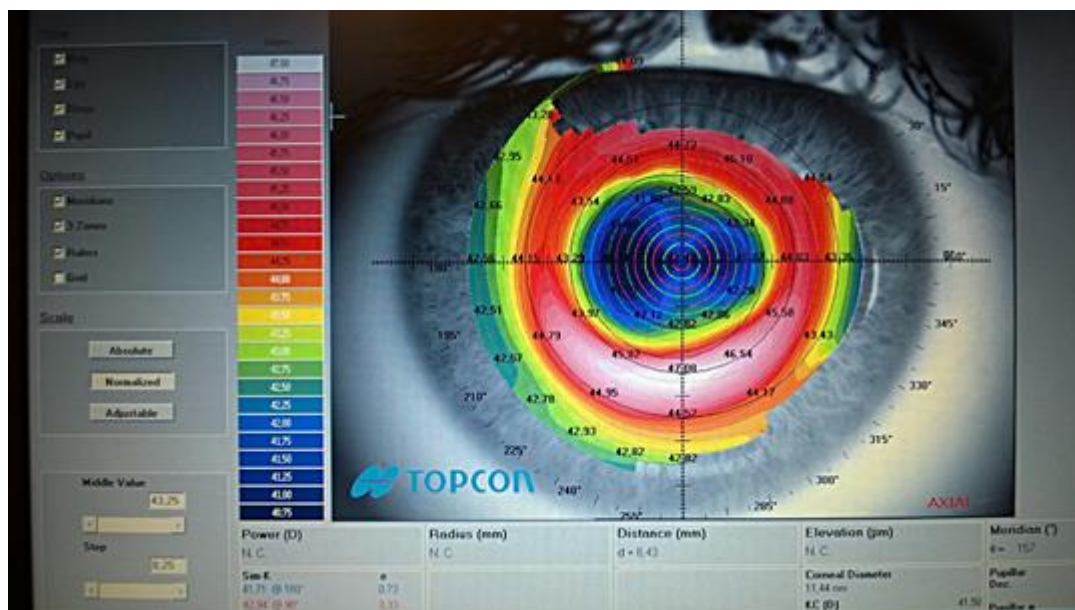
Haloa tutkittiin valitsemalla näöntarkastustaulusta vaalea piste ja pimentämällä huone. Tutkittavan tuli kertoa, hajoaako valopiste, ja onko halon koolla eroa silmien välillä. Tutkittava koki, että piste hajosi molemmilla silmillä paljon, eikä halojen koossa ollut eroa silmien välillä. Halot pysyivät myös samanlaisina, kun hajataitto korjattiin eli valopisteen hajoaminen ei johdu sarveiskalvon keskiosan astigmatiasta.

Valon hajoaminen johtuu siitä, että tutkimushenkilön voimakkuus on molemmissa silmissä stabiili vain noin 3,5 mm keskeiseltä alueelta, jonka jälkeen sarveiskalvo jyrkkenee voimakkaasti periferiaa kohti. Äkkinäisen voimakkuusmuutoksen hoitoalueen ja periferian välillä ajatellaan aiheuttavan haloilmiötä pimeässä, kun pupilli laajenee isommaksi kuin hoitoalue. Tämän tyyppinen haloilmiö johtuu kuitenkin yleensä palloaberraatiosta. (Klyce 2007.)



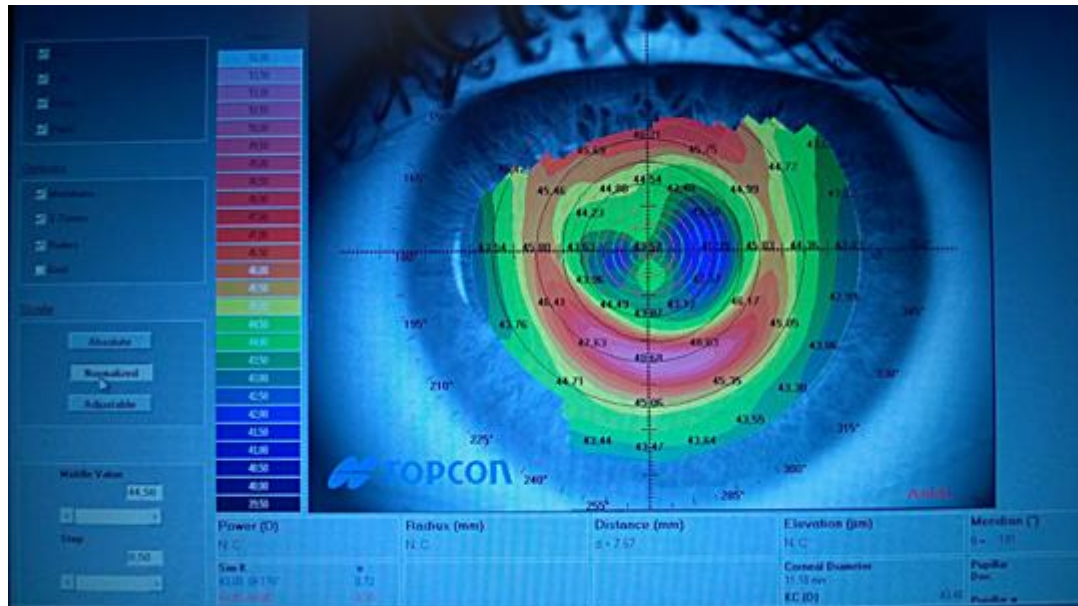
Kuva 22. Kuvassa on esitetty neljä pienempää kuvaa eriasteisista haloilmiöistä. Tutkimushenkilö kokee näkevänsä pimeässä kolmannen kuvan tavalla (Halos after LASIK n.d.)

Topografiakuvista näkyy ortokeratologian vaikutuksen laajuus ja linssien keskiöityminen. Hoitoalueen koko on noin 3,5 mm ja linssit keskiöityvät hyvin molemmissa silmissä. Sekä oikeaan että vasempaan silmään jäi jäännösastigmatiaa, mikä oli odotettavissa jo linssien tilausvaiheessa.



Kuva 23. Oikean silmän topografiakartta kuuden viikon jälkeen (Andersson 2015)

Oikeassa silmässä sarveiskalvon keskiosa on huomattavasti loivempi kuin keskiperiferia. Erityisesti keskiperiferian alaosa on muuttunut jyrkästi valoa taittavaksi, mikä kertoo siitä, että linssi istuu hieman enemmän ylhäällä. Hoitoalue osuu kuitenkin pupillin kohdalle eikä sen alueelle muodostu hymynaamakuviota, joten linssin keskiöitymisen voidaan ajatella olevan ideaali.



Kuva 24. Vasemman silmän topografiakartta kuuden viikon jälkeen (Andersson 2015)

Vasemman silmän hoitoalueelle on jäänyt enemmän jäännösastigmatiaa. Keskiperiferia ei myöskään taita niin jyrkästi valoa vasemmassa silmässä, mikä johtuu siitä, että vasen silmä oli alun perin vähemmän myooppinen kuin oikea. Pienemmän taittovirheen korjaamisen tarpeen takia sarveiskalvon epiteelisoluja on siirtynyt vähemmän keskialueelta periferian suuntaan. Tämän takia topografiakuvan väri- eli dioptriaerot eivät ole niin suuria kuin oikeassa silmässä. Mielenkiintoista on se, että tutkimushenkilön näöntarkkuus oli parempi vasemmassa silmässä, vaikka hoitoalueen voimakkuus on topografiakuvien perusteella tasaisempi oikeassa silmässä.

8 Tutkimushenkilön subjektiiviset kokemukset

8.1 Näönlaatu

Ensimmäisten kahden viikon aikana tutkimushenkilö koki näönlaatunsa vaihtelevan: toisina päivinä hän näki paremmin ja toisina huonommin. Myopia alkoi vähetä asteittain, joten tutkimushenkilön täytyi käyttää pehmeitä piilolinssejä päivisin. Oikean piilolinssivoimakkuuden löytäminen jokaiselle päivälle oli haastavaa, sillä miinusvoimakkuus ei vähentynyt johdonmukaisesti. Tämän takia linsit olivat yleensä joko liian vahvoja tai heikkoja voimakkuuksiltaan, mikä huononsi näönlaatua. Pehmeät piilolinssit tuntuivat myös kuivilta ja epämukavilta silmissä, joten tutkimushenkilö käytti niitä vain ulkona liikkeessaan. Kotioloissa hän pärjäsi ilman lisäkorjausta.

Toisen viikon loppupuolella tutkimushenkilö ei enää käyttänyt pehmeitä piilolinssejä, vaikka näkeminen oli kauas hieman sumeaa. Näkemisen laatu tuntui kuitenkin paremmalta ilman linssejä, ja ulkona liikkuminen sujui ilman ongelmia. Kolmannella viikolla näkeminen alkoi tuntua jo tarkemmalta, ja tutkimushenkilö oli tyytyväinen binokulaarisen näön laatuun. Oikean silmän kuva oli sumeampi kuin vasemman, sillä suurempi myopian määrä väheni hitaammin.

Neljännellä viikolla tutkimushenkilö joutui nukkumaan yhden yön ilman orto-k-linssejä. Seuraavana päivänä näkeminen oli todella sumeata, eli miinusvoimakkuus oli tullut nopeasti takaisin. Omilla laseillaan tutkimushenkilö ei kuitenkaan nähnyt tarkasti, eli taittovirhe ei ollut palautunut lähtötasolle. Näön palautuminen takaisin hyvälle tasolle vaati kaksi linsseillä nukuttua yötä. Tutkimushenkilö oli myös huomannut, että lyhyiden yöunien jälkeen näkeminen oli epätarkempaa. Orto-k-linssejä tulisikin pitää vähintään kuusi tuntia silmissä, jotta saavutettaisiin haluttu vaikutus (Optometristen Vereniging Nederland ym. 2014).

Viidennestä viikosta eteenpäin näkö tuntui stabilisoituneen, eli voimakkuuden muutos oli pysähtynyt. Näkeminen oli myös tarkkaa koko päivän, eli myopia ei lähtenyt palautumaan iltaa kohden. Tutkimushenkilö oli erittäin tyytyväinen näönlaatuun, ainoastaan hämärässä valaistuksessa valojen ympärillä näkyvät halot haittasivat

näkemistä. Haloja oli esiintynyt jo ensimmäisistä päivistä lähtien, mutta tutkimushenkilö ei kuitenkaan kokenut valopisteiden hajoamista suurena ongelmana.

8.2 Linssien mukavuus ja käsittely

Ensimmäisinä päivinä linssit tuntuivat epämukavilta, varsinkin jos tutkimushenkilö piti silmiään auki ja räpytteli. Silmien ollessa kiinni epämukavuuden tunne väheni huomattavasti. Linssihin vielä tottumattomat silmät erittivät myös runsaasti ärsytyskyyneleitä, joten linssit liikkuvat paljon. Tutkimushenkilön pitikin mennä heti nukkumaan, jotta linssit pysyisivät oikeilla paikoillaan eivätkä valahtaisi alaluomen alle. Jo muutaman päivän jälkeen linssit alkoivat tuntua paremmilta, kun silmät olivat tottuneet linssihin ja liiallisten kyneleiden erityys oli vähentynyt.

Linssien silmiin asettaminen oli alusta asti helppoa tutkimushenkilölle, sillä hän oli käyttänyt kovien piilolasien silmäänlaittotekniikkaa myös aikaisemmin pehmeiden piilolasien kanssa. Linssien poistaminen imututilla onnistui vaihtelevalla menestyksellä, välillä tutkimushenkilö sai linssit pois ensi yrittämällä ja välillä taas vasta usean yrityksen jälkeen. Tutkimushenkilöllä ei ole herkkä räpytysrefleksi, mikä auttoi sekä linssien silmäänlaitossa että poisotossa.

Toisesta viikosta eteenpäin tutkimushenkilö koki linssit jo melko mukaviksi. Linssit kyllä tuntuivat silmissä, eli ne eivät olleet yhtä huomaamattomat kuin pehmeät piilolasit. Aamuisin heti heräämisen jälkeen silmät tuntuivat hieman kuivilta, ja linssit eivät liikkuneet juuri lainkaan. Tutkimushenkilö tiputti silmiin kostutustippoja, jotta linssit liikkuisivat ennen niiden poisottamista. Päivisin tutkimushenkilö ei kärsinyt kuivasilmäisysoireista.

Tutkimushenkilön mukaan linssien puhdistaminen oli helppoa ja vaivatonta, sillä linssit pystyi vain laittamaan aamulla vetyperoksidinesteeseen. Ennen silmiin asettamista tutkimushenkilö huuhteli linssit monitoiminnesteellä varmistaakseen, ettei linssien pinnoille ollut jäänyt roskia. Mahdolliset roskat linssien alla aiheuttivat kipua, joten tutkimushenkilö oppi tarkastamaan linssit hyvin ennen niiden asettamista silmiin.

8.3 Muita ajatuksia

Tutkimushenkilö oli erittäin tyytyväinen orto-k-linsseihin, mutta omien kokemustensa perusteella hän ei suosittelisi niitä aivan kaikille. Ortokeratologiasta kiinnostuneella henkilöllä tulisi olla sellainen refraktio, johon ei hoidon jälkeen jäisi paljon jäännösastigmatiaa. Tämä on tärkeätä siksi, että vapaa visus nousisi mahdollisimman korkeaksi. Kuitenkin tulisi olla valmis hyväksymään se, että näöntarkkuus saattaa jäädä matalammaksi kuin silmälaseilla tai perinteisillä piilolaseilla. Ortokeratologia voi myös huonontaa hämäränäkemistä, varsinkin nuorilla, joilla on isot pupillit. Halot voivat häiritä esimerkiksi paljon pimeässä autoa ajavia.

Yhtä paria orto-k-linssejä käytetään vuoden ajan, joten niistä tulee olla valmis pitämään hyvää huolta käsittelemällä niitä oikein. Linssien hoidon laiminlyöminen voi aiheuttaa jopa pysyviä vaurioita sarveiskalvolle. Pehmeät piilolasit ovat tutkimushenkilön mielestä huolettomampi vaihtoehto henkilöille, jotka eivät ole valmiita sitoutumaan orto-k-linsseihin. Ortokeratologialinssejä tulee myös käyttää säännöllisesti, muuten myopia lähtee palautumaan kohti alkuperäistä voimakkuutta.

Tutkimushenkilö suosittelisi ortokeratologiaa henkilöille, joilla on ongelmia pehmeiden piilolasien kanssa, esimerkiksi linssien kuivumista. Ortokeratologia on myös hyvä vaihtoehto henkilöille, jotka eivät halua tai pysty käyttämään silmälaseja tai piilolaseja päivisin, mutta joille laserleikkaus ei ole vaihtoehto.

Tutkimushenkilö painottaa, että hänen kokemuksensa ortokeratologiasta ovat erittäin positiivisia. Hänestä orto-k-linssien käyttö on miellyttävämpää kuin pehmeiden piilolasien, sillä nukkuessa hän ei koe, että linssit aiheuttaisivat epämukavuuden tai kuivuuden tunnetta. Hän on siis kokenut linssien käytön helpoksi ja mukavaksi. Tutkimushenkilön mielestä hänen näönlaatunsa on hyvä, eikä näöntarkkuus vaihtele päivän aikana. Tutkimushenkilö aikoo jatkaa ortokeratologialinssien käyttöä jatkossakin.

9 Pohdinta

Suomessa ortokeratologia on näönkorjaustapana hyvin tuntematon ja vähän käytetty osa-alue. Sitä rinnastetaan usein refraktiiviseen kirurgiaan, koska molemmissa muokataan sarveiskalvon anatomiaa. Tämän takia ajatusta kovista, sarveiskalvon muotoa väliaikaisesti muokkaavista linseistä vierastetaan. Osaksi arkuus johtuu ehkä siitä, että Suomessa ei tarjota, eikä mainosteta ortokeratologista lisäkoulutusta. Edellä mainitut tekijät ovat estäneet kyseisen optometrian osa-alueen yleistymisen Suomessa. Toivommekin opinnäytetyömme lisäävän optikoiden mielenkiintoa ja rohkeutta ortokeratologiaa kohtaan.

Tutustuimme ortokeratologian teoriaan useiden erilaisten englanninkielisten lähteiden, sekä Robert Anderssonin opetuksen kautta. Huomasimme nopeasti, että orto-k-linssisovitukset ovat vielä uusi ja muuttuva alue. Teorialähteissä oli hyvinkin suuria eroja sovitusten, linssirakenteiden, vaikutusmekanismien ja tulosten osalta. Yli 15 vuotta vanhoissa teksteissä informaatio oli jo hyvin vanhentunutta. Tästä syystä lähdekritiisyys oli hyvin olennainen osa opinnäytetyötämme. Uusinta ja tuoreinta tutkimustietoa on saatavilla parhaiten internetistä artikkelien ja tutkimusten muodossa.

Tapaustutkimuksen mielenkiintoisin osa oli tietenkin se, miten teoria kohtaa käytännön. Teorian mukaan tutkimushenkilömme oli sopiva käyttäjä orto-k-linsseille, sekä ennusteet näönkorjauksen laadusta olivat hyvät. Silti tulokset siitä, että korjaus toimi niin hyvin, olivat yllättäviä. Aikaisemmin tutkittavamme vapaa näöntarkkuus ilman lasikorjausta oli hyvin matala, mutta ortokeratologian jälkeen vapaa visus pysyy tasaisesti normaalilla tasolla läpi päivän. Näkemisen laatu kuitenkin laskee heti, jos jonain yönä linssit jäävät laittamatta silmiin. Esimerkiksi tässä asiassa huomasimme asiakkaille ja alan ammattilaisille tarkoitetuissa verkkolähteissä eroavaisuutta: optikoille kerrotaan visuksen laskun alkavan mahdollisesti jo yhden yön jälkeen, kun taas asiakkaalle luvataan että jopa kahden yön linssien käyttämättömyys ei huononna näkemistä.

Tulevaisuudessa ortokeratologia voisi hyvin olla silmälasi- ja piilolasikorjauksen sekä refraktiivikirurgian rinnalla yhtenä taittovirheiden korjausmuotona. Se olisi hyödyllinen sekä asiakkaille, jotka tarvitsevat tai haluavat uudenlaista näönkorjausta, että optiselle liiketoiminnalle. Useiden lähteiden mukaan ortokeratologiasovituksessa näöntarkastuksen ja mikroskopoinnin lisäksi topografiakuvista ja silmämepohjakuvista peritään maksu. Itse linssit ovat kalliit, ja niiden sovittaminen vaatii useita maksullisia

kontrollikäyntejä muutosten ja hyvän silmien terveyden varmistamiseksi. Näin ollen ortokeratologiasovitus on suuri lisätuotto liikkeelle suhteellisen pienellä vaivalla.

Tällä hetkellä linssien sovittamiseen vaadittavaa ortokeratologiakoulutusta ei tarjota Suomessa. Lähimmät koulutusmahdollisuudet löytyvät Ruotsista. Jos ortokeratologian suosio kuitenkin kasvaisi, olisi mahdollista, että esimerkiksi Metropolia ammattikorkeakoulu tai jokin linssitoimittaja järjestäisi vaadittavat kurssit.

Ortokeratologiasta löytyy suomen kielellä hyvin vähän aineistoa tai tietoa kuluttajalle. Toivoisimmekin, että optisella alalla toimivien lisäksi myös asiakkaat löytäisivät opinnäytetyömme. Tällöin tieto ortokeratologian mahdollisuuksista leviäisi, ja sen kysyntäkin näönkorjausvaihtoehtona mahdollisesti kasvaisi.

Jatkotutkimuksina haluaisimme ehdottaa esimerkiksi kirjallisuuskatsausta myopiakontrollista. Myopiakontrolli on tällä hetkellä erittäin tutkittu ja ajankohtainen aihe, sillä varsinkin Aasiassa myopian määrä on lisääntynyt huomattavasti. Toinen ehdotuksemme jatkotutkimukselle on erilaisten ortokeratologialinssien vertailu. Linssejä valmistetaan monista materiaaleista ja monenlaisilla designtyypeillä. Olisi mielenkiintoista tutustua ja verrata niiden eroavaisuuksia joko teoriassa tai tapaustutkimuksen kautta.

Haluamme kiittää Robert Anderssonia, sillä ilman häntä opinnäytetyötämme tuskin olisi ollut mahdollista toteuttaa. Kiitämme myös opinnäytetyömme ohjaajia Satu Autiota ja Kaarina Pirilää, sekä lehtori Pia Mäkelää hänen avustaan. Lisäksi suuret kiitokset Nordiska Linsille Menicon Z Night -linssien sponsoroinnista. Lauttaoptiikan koko henkilökuntaa haluamme myös kiittää, sillä he käyttivät omaa vastaanottoaikaansa ja tilojaan työmme mahdollistamiseksi. Kiitos vielä Suomen Piilolasiseuralle, joka sponsoroi pääsymme Lääketieteellisen Optiikkayhdistyksen ja Suomen Piilolasiseuran koulutuspäivään.

Lähteet

A guide to overnight orthokeratology 2004. Polymer technology, a Bauch & Lomb company.

Agur, Anne M. R. – Dalley, Arthur F. – Moore, Keith L. Clinically Oriented Anatomy 2008. Kuudes painos.

Andersson, Robert 2014. Lauttaoptiikka. Helsinki. Kuva.

Andersson, Robert 2015. Lauttaoptiikka. Helsinki. Kuva.

Arstila, Antti – Björkqvist, Stig-Eyrik – Hänninen, Osmo – Nienstedt, Walter 2006. Teoksessa Stormi Anu (toim.) Ihmisen fysiologia ja anatomia. Sanoma Pro Oy. 498–502.

Blackburn, Simon – Faiz, Omar – Moffat, David 2011. Anatomy at a Glance. Kolmas painos. Wiley-Blackwell.

Bennett, Edward S. – Weissman, Barry A. 2005. Clinical Contact Lens Practice. Lippincott Williams & Wilkins.

Chen, LA – Huang, YC – Lin, HJ – Tsai, AL – Tsai, FJ – Tsai, YY – Wan, L 2014. Overnight orthokeratology is comparable with atropine in controlling myopia. Tutkimus. Verkkodokumentti. <<http://www.biomedcentral.com/1471-2415/14/40>>. Luettu 6.2.2015.

Cho, Pauline – Chan, Ben – Cheung, Sin Wan – Mountford, John 2012. Do fenestrations affect the performance of orthokeratology lenses? National Center for Biotechnology Information. Tutkimus. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22407256>>. Luettu 27.3.2015.

Cho, Pauline – Cheung, Sin-Wan 2012. Retardation of Myopia in Orthokeratology (ROMIO) Study: A 2-Year Randomized Clinical Trial. Tutkimus. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22969068>>. Luettu 6.2.2015.

Douthwaite, W.A. 2006. Contact Lens Optics and Lens Design. Kolmas painos. Kiina: Elsevier Butterworth Heinemann.

Downie, Laura 2015. Orthokeratology: a clinical overview. Optometry today. Verkkodokumentti. <<http://www.optometry.co.uk/clinical/details?aid=1601>>. Luettu 14.1.2015.

Downie, LE – Lowe R. 2013. Corneal reshaping influences myopic prescription stability (CRIMPS): an analysis of the effect of orthokeratology on childhood myopic refractive stability. Tutkimus. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23771013>>. Luettu 6.2.2015.

Efron, Nathan 2002. Contact lens complications. Butterworth-Heinemann Elsevier.

Efron, Nathan 2010. Contact lens practice. Toinen painos. Butterworth-Heinemann Elsevier.

Fung, Michael W 2014. Corneal Topography and Imaging. Medscape. Artikkelin verkkodokumentti. <<http://emedicine.medscape.com/article/1196836-overview#aw2aab6b4>>. Luettu 26.2.2015.

Gasson, Andrew – Morris, Judith A. 2010. Contact Lens manual. Elsevier Health Sciences.

Gilmartin, Bernard – Gutierrez-Ortega, Ramon – Santodomingo-Rubido, Jacinto – Villa-Collar, Cesar 2012. Myopia Control with Orthokeratology Contact Lenses in Spain. Tutkimus. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22729437>>. Luettu 6.2.2015.

Grosvenor, Theodore 2007. Primary Care Optometry. Viides painos. Butterworth-Heinemann.

Haque, Sameena – Fonn, Desmond – Simpson, Trefford – Jones, Lyndon 2008. Epithelial Thickness Changes from the Induction of Myopia with CRTH RGP Contact Lenses. Verkkodokumentti. <<http://www.iovs.org/content/49/8/3345.full>>. Luettu 30.3.2015.

Hiraoka, Takahiro – Kakita, Tetsuhiko – Okamoto, Fumiki – Oshika, Tetsuro – Takahashi, Hideto 2012. Long-Term Effect of Overnight Orthokeratology on Axial Length Elongation in Childhood Myopia: A 5-Year Follow-Up Study. Tutkimus. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22577080>>. Luettu 6.2.2015.

Halos after LASIK n.d. Lasik complications. Verkkodokumentti. <<http://www.lasikcomplications.com/halos.htm>>. Luettu 17.3.2015.

Harris, Michael G. – Corzine, John C. – Gan, Cheslyn M. – Lin, Meng C. 2001. Optometry 260A: Contact Lens Fitting. Verkkodokumentti <<http://optometry.berkeley.edu/class/opt260a/index.htm>>. Luettu 27.3.2015.

Hiraoka, Takahiro – Kakita, Tetsuhiko – Oshika, Tetsuro 2011. Influence of Overnight Orthokeratology on Axial Elongation in Childhood Myopia. Tutkimus. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21212181>>. Luettu 6.2.2015.

Holopainen, Juha – Tuisku, Ilpo 2011. Kyynelelimet ja kyynelelinten sairaudet Teoksessa Saari, K. M. (toim.) Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy. 112–114.

Individualized High Definition Vision 2007. Kuva. Kuvaa muokattu. Verkkodokumentti. <<http://www.optometricmanagement.com/articleviewer.aspx?articleID=100949>>. Luettu 27.3.2015.

Kivelä, Tero. 2011. Silmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Saari, K. M. (toim.) Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy. 16–17.

Klyce, Stephen D. 2001. Corneal Topography. Teoksessa Efron, Nathan (toim.) The Cornea its examination in contact lens practice. Espanja: Butterworth Heinemann. 178-179.

Klyce, Stephen D. 2007. Night vision disturbances after refractive surgery: haloes are not just for angels. National Center for Biotechnology Information. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1954820/>>. Luettu 17.3.2015.

Kyynelfilmi n.d. Lea-Test Ltd. Kuva. Kuvaa muokattu. Verkkodokumentti. <<http://www.lea-test.fi/su/silmat/images/kyynel.jpg>>. Luettu 30.3.2015.

Laine, Markus – Bamberg, Jarkko – Jokinen, Pekka 2007. Tapaustutkimuksen taito. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.

Lapsen näkö ja sen kehitys n.d. Lea-Test Ltd. Verkkodokumentti. <<http://www.lea-test.fi/su/silmat/lapsen.html>>. Luettu 3.2.2015.

Leisola, Ulla 1996. Luomet ja kyynelimit. Verkkodokumentti. <<http://www.helsinki.fi/~tekivela/opetus/palpebra.html>>. Luettu 2.3.2015.

Luk, Belinda M.W. – Bennett, Edward S. – Barr, Joseph T. 2001. Fitting Orthokeratology Contact Lenses. Verkkodokumentti. <<http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=12046>>. Luettu 27.3.2015.

McMahon, Timothy T. 2002. Dellen and Dimple Veiling. Contact Lens SPECTRUM. Verkkodokumentti. <<http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=12147>>. Luettu 25.3.2015.

Menicon Z Night n.d. Tuote-esite. <<http://www.menicon.com/pro/our-products/gp-lens/menicon-z-night/>>. Luettu 27.3.2015.

Modern Accelerated Orthokeratology Concepts n.d. BE Retainer. Verkkodokumentti. <<http://www.beretainer.com/main.aspx?PageID=20202>>. Luettu 27.3.2015.

Mountford, John – Noack, Don 2002. Corneal Topography and Orthokeratology: Post-fit Assessment. Contact Lens Spectrum. Verkkodokumentti. <<http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=12163>>. Luettu 27.3.2015.

Murphy, John 2013. More Details on Dua's Layer of the Cornea. Review of Optometry, Verkkodokumentti. <http://www.reviewofoptometry.com/content/d/web_exclusives/c/41849/>. Luettu 27.3.2015.

Norman, Craig W 2002. Parameters of Reverse Geometry Lens. Contact Lens Spectrum. Verkkodokumentti. <<http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=12107>>. Luettu 27.3.2015

Näkö ja silmät kouluiässä n.d. Koulujen näönhuolto. Kouluikäisen lapsen näkö. Lea-Test Ltd. Verkkodokumentti. <<http://www.lea-test.fi/su/naonarv/koulujen/11.html>>. Luettu 3.2.2015.

Optometristen Vereniging Nederland – Berten, Ron – Koers, Koen – Molkenboer, Vincent – Gevers, Rob – Hobe, Maarten 2014. The orthokeratology procedure (Position paper). European council for optometry and optics. Verkkodokumentti. <<http://www.ecoo.info/2014/07/15/the-orthokeratology-procedure-position-paper/>>. Luettu 23.3.2015.

Otrhokeratology n.d. Epsom Eyecare. Verkkodokumentti. Kuva. <<http://www.epsomeyecare.co.nz/ortho-k.html>>. Luettu 6.2.2015.

Palmer, Chris 2013. New structure found in human cornea. The Scientist. Verkkodokumentti. <<http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/36027/title/New-Structure-Found-in-Human-Cornea/>>. Luettu 27.3.2015.

Rinehart, John 2006. Teoksessa Milton, M. Hom – Adrian, S. Bruce (toim.) Manual of contact lens prescribing and fitting. Third Edition. Butterworth Heinemann Elsevier. 151–643.

Rinehart, John M. – Reeves, James W 2002. Rinehart-Reeves Ortho-K Lenses: Fitting and Understand the Rinehart-Reeves Lens design for Orthokeratology. David Thomas. Verkkodokumentti. <http://www.davidthomas.com/assets/Uploads/pdfs/Ortho_K_R-R_Manual_2002.pdf>. Luettu 19.3.2015

Ruston, David – van der Worp, Eef 2004. Is Ortho-k OK? Fitting techniques and safety issues. Optometry today. Verkkodokumentti. <<http://www.optometry.co.uk/clinical/details?aid=406>>. Luettu 19.3.2015

Saari, K. Matti – Korja, Taru 2011. Silmän refraktio ja akkommodaatio Teoksessa Saari, K. M. (toim.) Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy. 302–305.

Silmien ja näön kehitys kouluikässä n.d. Lapsen näkö ja sen kehitys. Lea-Test Ltd. Verkkodokumentti. <<http://www.lea-test.fi/su/silmat/lapsen.html>>. Luettu 3.2.2015.

Slowing Down Myopia With Contact Lenses 2010. Myopia control. Contact Lens Spectrum. <<http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleid=105007>>. Luettu 3.2.2015.

Smith, Andrew J. Elder 2012. Oxygen: are your corneae getting enough? Optometry Today. Tutkimus. Verkkodokumentti. <http://www.optometry.co.uk/uploads/exams/articles/cet_16_november_2012_smith.pdf>. Luettu 25.3.2015.

Special Contact Lens Fitting n.d. Orthokeratology. International association of contact lens educators. Verkkodokumentti. <https://www.iacle.org/index.php?option=com_content&view=article&id=322>. Luettu 13.3.2015.

Tervo, Timo 2011. Sarveiskalvo ja sen taudit Teoksessa Saari, K. M. (toim.) Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy. 152–154.

Tomlinson, Mark 2013. The soft approach to RGPs: Part 1: realising great potential. Optometry Today. Verkkodokumentti. <<http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/cet-2013/c-32740-july-26-2013.pdf>>. Luettu 25.3.2015.

Van der Worp, Eef, 2008. Orthokeratology: Shaping Up. Contact Lens Spectrum. Verkkodokumentti. <<http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=101450>>. Luettu 27.3.2015.

Veys, Jane – Meyler, John – Davies, Ian 2008. Rigid Contact Lens Fitting. Johnson&Johnson Vision Care. Verkkodokumentti. <<http://www.thevisioncareinstitute.co.uk/sites/default/files/private/uk/pdf/ECLP%20Chapter%206.PDF>> . Luettu 25.3.2015

Zaidi, Tanweer – Mowrey-Mckee, Mary – Pier, Gerald B 2004. Hypoxia increases corneal cell expression of CFTR leading to increased Pseudomonas aeruginosa binding, internalization and initiation of inflammation. National Center for Biotechnology Information. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15505057>>. Luettu 19.3.2015.