

Jurvanen Terhi, Virkki Mira

Tutkimus sarveiskalvopaksuuden vaikutuksesta
silmänpainemittaustulokseen
- onko mittaustavalla väliä?

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Optometrismi (AMK)
Optometrian koulutusohjelma
Opinnäytetyö
8.10.2013

| | |
|------------------------|--|
| Tekijät Otsikko | Jurvanen Terhi, Virkki Mira Tutkimus sarveiskalvopaksuuden vaikutuksesta silmänpainemittaustulokseen -onko mittaustavalla väliä? |
| Sivumäärä Aika | 39 sivua + 4 liitettä 8.10.2013 |
| Tutkinto | Optometrismi (AMK) |
| Koulutusohjelma | Optometria |
| Suuntautumisvaihtoehto | Optometria |
| Ohjaajat | Lehtori Juha Havukumpu Lehtori Juha Päällysaho |

Tutkimme sarveiskalvopaksuuden vaikutusta silmänpaineen mittausten tuloksiin. Tavoitteena oli kerätä tietoa sarveiskalvon keskipaksuuden vaikutuksesta eri silmänpainemittareiden antamiin mittaustuloksiin. Halusimme selvittää, missä laitteessa sarveiskalvon keskipaksuus vaikuttaa vähiten saatuihin mittaustuloksiin. Tutkimukseen valittiin ne laitteet, jotka ovat yleisimmin käytössä suomalaisissa optikkoliikkeissä. Osassa mittauksia käytettiin apuna silmän pintapuudutetippoja, joiden käytön mahdollistaa tuore lainmuutos, joka sallii optikoiden Pro Auctore -lääkkeenmääräämisoikeuden. Lehtorit Satu Autio ja Juha Päällysaho valvoivat silmänpintaa puuduttavien lääkeaineiden käyttöä.

Kun väestö ikääntyy, glaukoomaa eli etenevää näköhermosairautta esiintyy enemmän. Glaukooma on suomalaisella väestöllä yksi eniten sokeutta aiheuttavista silmänsairauksista. Glaukooman mahdollisuutta tutkitaan monesti sen jälkeen, kun henkilöltä on ensin mitattu normaalia korkeampi silmänpaine arvo näöntutkimuksen yhteydessä. Opinnäytetyössämme pohdimme optikoiden käytössä olevien silmänpainemittarien luotettavuutta ja vertailukelpoisuutta.

Mittasimme tutkittavilta sarveiskalvon keskipaksuuden ultraäänipaksuusmittarilla (Accutome PachPen®). Silmänpaine arvot mitattiin Goldmann-aplanaatiotonometrillä, ilmanpainetonometrillä ja kimmoketonometrillä. Analysoimme tuloksia SPSS-ohjelman avulla. Vertasimme silmänpainemittaustuloksia keskenään eri laitteilla ryhmittelemällä esimerkkiryhmät sarveiskalvon keskipaksuuden mukaan. Vertailuun valittiin satunnaisesti 15 henkilön oikean silmän painemittaustulokset.

Tutkimuksessamme tuli esille, että ilmanpainetonometrin ja kimmoketonometrin tulokset olivat lähellä Goldmann-aplanaatiotonometrin tuloksia. Goldmann-aplanaatiomenetelmää on pidetty yleisenä standardimittausmenetelmänä. Tutkimuksessamme sarveiskalvon paksuus vaikutti ilmanpainetonometrin tuloksiin eniten ja iCare-tuloksiin vähiten. Erot eri mittaustulosten välillä olivat korkeimmillaan 4 mmHg. Tämä laitteiden tulosten välinen ero voi olla merkittävä silloin, kun silmänpaine on viitearvojen ylärajoilla ja pohditaan asiakkaan jatkotutkimuksiin lähettämistä. On kuitenkin tärkeää muistaa, että glaukoomadiagnoosia ei tehdä vain silmänpaine arvojen perusteella. Silmänpaineseurannat olisi kuitenkin suositeltavaa mitata aina samaa laitetta käyttäen.

Uusimmat ilmanpainetonometrit ja kimmoketonometrit ovat hyviä optikoiden käytössä helppokäyttöisyytensä vuoksi sekä koska niiden käyttö ei edellytä sarveiskalvon pinnan puuduttamista.

Avainsanat

Silmänpaine, glaukooma, Goldmann-aplanaatiotonometri, iCare-kimmoketonometri, ilmanpainetonometri, pakymetri, sarveiskalvopaksuus

| | |
|-------------------------|---|
| Authors Title | Jurvanen Terhi, Virkki Mira Study of the impact of central cornea thickness to eye intraocular pressure - which device is best taken into account? |
| Number of Pages Date | 39 pages + 4 appendices 8 October 2013 |
| Degree | Optometrist (AMK) |
| Degree Programme | Optometry |
| Specialisation option | Optometry |
| Instructors | Juha Havukumpu Project Manager Juha Päällysaho Project Manager |

We studied the impact of central cornea thickness on intraocular pressure. The objective of the study was to collect data of the effect of central cornea thickness (CCT) on readings of different instruments measuring intraocular pressure (IOP). We wanted to find out, which device least takes into account the effect of CCT on the reading of IOP. The measuring devices used in this study are the ones most commonly used by Finnish ophthalmic opticians. Measuring of CCT required the use of local anesthetic. Senior Lecturers Satu Autio and Juha Päällysaho monitored the use of the local anesthetic drug.

As the population ages, glaucoma also known as a progressing optic nerve disease becomes more common. Among Finnish population, glaucoma is one of the major causes of blindness. The possibility of glaucoma is often suspected when a higher than normal IOP is detected during a routine eye examination. In our study we consider the reliability and comparability of the instruments most commonly used by optometrists to measure IOP.

We measured the CCT with an ultrasound pachymeter (Accutome PachPen®) and intraocular pressures with a Goldmann applanation tonometer, a non-contact tonometer and a rebound tonometer. We analyzed the results using the SPSS statistical program. The IOP measurements obtained with different instruments were statistically analyzed by grouping the subjects by the CCT. The values were compared with the correct right eye IOP values of 15 randomly selected persons.

In this study group, we found that the results of non-contact tonometer and rebound tonometer were close to the values given by the Goldmann applanation tonometer. Goldmann applanation is considered a general standard method to measure the IOP. In our study, the central corneal thickness affected most the results of non-contact tonometer and least the results of iCare tonometer. The largest difference between the used measuring equipments was 4 mm Hg in IOP. This difference between the results can be significant, when the pressure in the eye is in the upper limit of the reference values, and when it is considered referring a patient to further examination. However, it is important to remember not to diagnose glaucoma based on the intraocular pressure values alone. It would be advisable to make eye pressure controls always with the same device.

Recent non-contact tonometers and the rebound tonometer are good and easy to use instruments because they do not require corneal anesthesia.

Key words

Intraocular pressure, glaucoma, Goldmann applanation tonometer, iCare -rebound tonometer, non-contact tonometer, pachymeter, central corneal thickness

Sisällys

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Silmän rakenne | 1 |
| 2.1 | Sarveiskalvo | 2 |
| 2.2 | Verkkokalvo | 3 |
| 2.3 | Silmän nestekierto ja silmänpaineen syntyminen | 5 |
| 2.4 | Yleistietoa glaukoomasta eli etenevästä näköhermosairaudesta, jota aiemmin kutsuttiin myös silmänpainetaudiksi | 6 |
| 2.4.1 | Glaukooman toteaminen | 7 |
| 2.4.2 | Glaukoomapotilaan hoito | 8 |
| 3 | Sarveiskalvopaksuuden vaikutus silmänpaineeseen | 9 |
| 3.1 | Yleistä sarveiskalvon keskipaksuuden vaikutuksesta silmänpainelukemaan | 9 |
| 3.2 | Aikaisempia tutkimuksia | 9 |
| 3.2.1 | Käypä hoito -suositukset Suomessa silmänpaineen arvioimiseen | 10 |
| 3.2.2 | Englantilaisia tutkimuksia | 10 |
| 3.2.3 | Japanilaisväestön tutkimus | 11 |
| 3.2.4 | Belgialainen glaukoomatutkimus | 12 |
| 3.2.5 | Yhdysvaltalaisia tutkimuksia | 12 |
| 3.2.6 | Amerikkalais-intialainen tutkimus | 13 |
| 4 | Silmänpainemittarit ja silmänpaineen mittaaminen | 14 |
| 4.1 | Goldmann-aplanaatiotonometri | 14 |
| 4.2 | Ilmapainetonometri (Non contact tonometer, NCT) | 17 |
| 4.3 | Kimmoketonometri (iCare®) | 19 |
| 4.4 | Pakymetri | 21 |
| 5 | Optikoiden käyttämät pintapuuduteaineet ja fluoreseiini | 22 |
| 5.1 | Yleistä sarveiskalvon pintapuudutteiden käytöstä optikon työssä | 22 |
| 5.2 | Sarveiskalvon pintapuuduteaineiden käyttäminen tutkimuksessa | 23 |
| 5.3 | Oftan Flurekain® -silmatippaliuos | 24 |
| 5.4 | Oftan Obucain® 4 mg/ml -paikallispuudute | 25 |
| 5.5 | Fluoreseiininitrium – värjäysaine | 25 |
| 6 | Tutkimuksen aihe, tavoite, tarkoitus ja ongelmat | 26 |

| | | |
|-----|--|----|
| 7 | Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus | 27 |
| 7.1 | Tutkimusmenetelmät | 27 |
| 7.2 | Tutkimuksen eteneminen | 27 |
| 7.3 | Tutkimusjoukko ja otanta | 28 |
| 7.4 | Mittaukset ja aineiston kerääminen | 28 |
| 7.5 | Aineiston analysointi | 30 |
| 8 | Tutkimustulokset ja johtopäätökset | 33 |
| 9 | Pohdinta | 36 |
| | Lähteet | 39 |
| | Liitteet | |
| | Liite 1. Saatekirje | |
| | Liite 2. Suostumuslomake | |
| | Liite 3. Esitietolomake | |
| | Liite 4. Palautelomake tutkittavalle | |

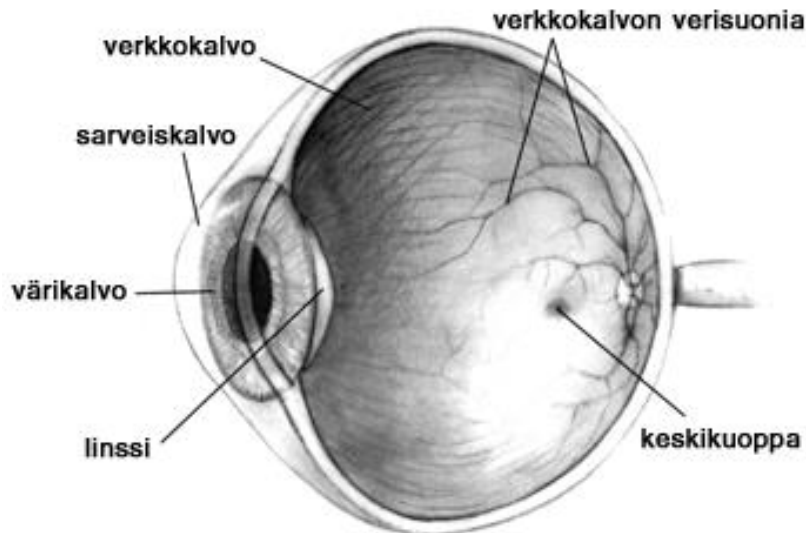
1 Johdanto

Tutkimme sarveiskalvopaksuuden vaikutusta silmänpainelukemaan ilmiönä, koska Suomessa ei tiettävästi ole aikaisemmin tehty vastaavanlaista tutkimusta. Tutkimuksen tavoite oli tiedon keruu sarveiskalvon keskipaksuuden vaikutuksesta eri silmänpainemittareiden antamiin lukemiin. Halusimme selvittää, missä laitteessa sarveiskalvon keskipaksuuden vaikutus silmän painelukemaan olisi vähäisin. Valitsemamme mittauslaitteet ovat niitä, joita yleisimmin käytetään suomalaisissa optikkoliikkeissä. Pohdimme opinnäytetyössämme myös ulkomailla tehtyjen vastaavien tutkimustulosten soveltuvuutta suomalaiseen väestöön. Kun väestö ikääntyy, glaukoomaa eli etenevää näköhermosairautta (aiemmin tunnettu myös silmänpainetautina) esiintyy enemmän. Glaukooma on suomalaisella väestöllä yksi eniten sokeutta aiheuttavista silmäsairauksista. Glaukooman mahdollisuutta tutkitaan usein sen jälkeen, kun henkilöltä on mitattu korkea silmänpainearvo näöntutkimuksen yhteydessä. Opinnäytetyössämme pohdimme optikoiden käytössä olevien silmänpainemittarien luotettavuutta ja vertailukelpoisuutta. Vertasimme optikoiden käyttämien laitteiden tuloksia silmä lääkäreiden yleisesti käyttämän Goldmann-aplanaatiotonometrin mittaustuloksiin, koska Goldmann-aplanaatiotonometria on yleisesti pidetty standardi laitteena, johon muilla silmänpainemittareilla mitattuja tuloksia on verrattu. Koska silmänpaineen mittaus Goldmann-aplanaatiotonometrillä vaatii silmän pinnan puudutuksen ja voi olla potilaalle hankala toimenpide, pohdimme, voisivatko muut silmänpainemittauslaitteet korvata sen.

2 Silmän rakenne

Silmä (Kuvio1) sijaitsee kallon silmäkuopan etuosassa. Silmämuna on n. 24 mm läpimitaltaan ja se voidaan jakaa etu- ja takaosaan. Etuosaan kuuluvat etukammio, sarveiskalvo, värikalvo, sädekehä, takakammio, mykiö eli linssi ja mykiön ripustinsäikeet. Kovakalvo, suonikalvo, verkkokalvo, lasiainen ja näköhermo muodostavat silmän takaosan. Silmän apuelimet suojaavat sitä vammoilta ja auttavat silmää toimimaan häiriöttömästi. Apuelimiä ovat silmäluomet, sidekalvo ja kynelelimet. Silmän verenkierrosta huolehtii silmävaltimo ja sen tärkeimpiä haaroja ovat verkkokalvon keskusvaltimo, lyhyet takimmaisat siliaarivaltimot, pitkät takimmaisat siliaarivaltimot ja etumaiset siliaarivaltimot. Mykiössä ja sarveiskalvossa ei kulje verisuonia lainkaan. (Montgomery 1998–2013.)

Läpinäkymätön kovakalvo muodostaa silmän uloimman kerroksen. Kovakalvo on väriltään valkoista ja erittäin sitkeärakenteista. Silmän etuosassa kovakalvo muuttuu kirikkaaksi sarveiskalvoksi. (Montgomery 1998–2013.)



Kuvio 1. Ihmisen silmä (Wikimedia Commons n.d.)

2.1 Sarveiskalvo

Sarveiskalvo on silmän tärkein valoa taittava osa, jonka taittovoima on n. 43 dioptriaa. Valo kulkee silmän sisäosiin sarveiskalvon läpi. Sarveiskalvon kirkkaus perustuu säännölliseen lamellaariseen rakenteeseen, verisuonettomuuteen sekä sarveiskalvon solujen kykyyn poistaa ylimääräinen neste sarveiskalvon kudoksista. Sarveiskalvon tehtävä on myös suojella silmää vammoilta ja tulehduksilta. Sarveiskalvo saa ravintonsa limbuksen verenkierrosta, kammiovedestä ja kyynelneesteestä. Sarveiskalvolla on paljon tuntohermoja, joiden vauriot hidastavat sarveiskalvon vaurioiden paranemista. (St. Luke's Cataract & Laser Institute 2012.)

Sarveiskalvo rakentuu kuudesta kerroksesta. Uloin kerros on epiteelikerros, joka yhdessä kyynelnestekerroksen kanssa muodostaa säännöllisen kuperan pinnan. Epiteelikerros hylkii vettä tehokkaasti sen pinnalla olevan mukoosin eli limakerroksen ansiosta. Limakerros auttaa kyynelnestettä levittäytymään tasaisesti. Sarveiskalvon pinta on herkkä vahingoittumaan, jos se kuivuu. (St. Luke's Cataract & Laser Institute

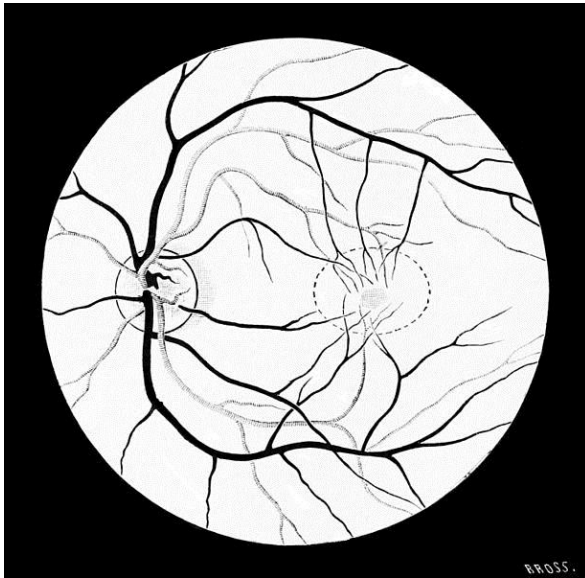
2012.) Haavaumat paranevat nopeasti epiteelin nopean uusiutumiskyvyn ansiosta. Epiteelin tyvikalvon alla on Bowmanin kerros. Bowmanin kerros on sidekudosta, joka ei uusiudu vaan vaurioituessaan arpeutuu. Sarveiskalvon kolmas kerros on tukikerros eli strooma, joka käsittää suurimman osan sarveiskalvon paksuudesta. Strooma muodostuu säännöllisesti järjestäytyneistä kollageenisäikeistä ja keratosyyteistä, jotka ovat erilaistuneita sidekudossoluja. (St. Luke's Cataract & Laser Institute 2012.) Neljäs kerros eli Duan-kerros on löydetty 2013. Duan-kerros on vain 15 µm paksu ja vahva. (Harminder - Faraj - Said - Gray 2013.) Viides kerros eli Descemetin kalvo on sarveiskalvon endoteelisolujen tyvikalvo ja se paksuuntuu jatkuvasti ihmisen ikääntyessä. Sarveiskalvon takapinta on endoteeliä, joka koostuu litteistä monikulmaisista soluista. Endoteelisolut estävät sarveiskalvoa turpoamasta pumppaamalla etukammionestettä takaisin etukammioon. (St. Luke's Cataract & Laser Institute 2012.) Silmälääkäri Jari Tervon mukaan suomalaisen väestön keskimääräinen keskeinen sarveiskalvopaksuus on noin 530–580 µm. Tervon kertomat viitearvot perustuvat saksalaisen professorin Theo Seilerin tutkimuksiin. (Tervo 2000.) Sarveiskalvon paksuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat silmäsairaudet, ikä, sukupuoli, taittovirheen määrä, sarveiskalvoastigmatia ja rotu. Sarveiskalvon ohuin kohta on sen keskellä, josta sarveiskalvo paksunee tasaisesti mentäessä kohti sen reuna-aluetta limbusta. (Montgomery 1998–2013.)

2.2 Verkkokalvo

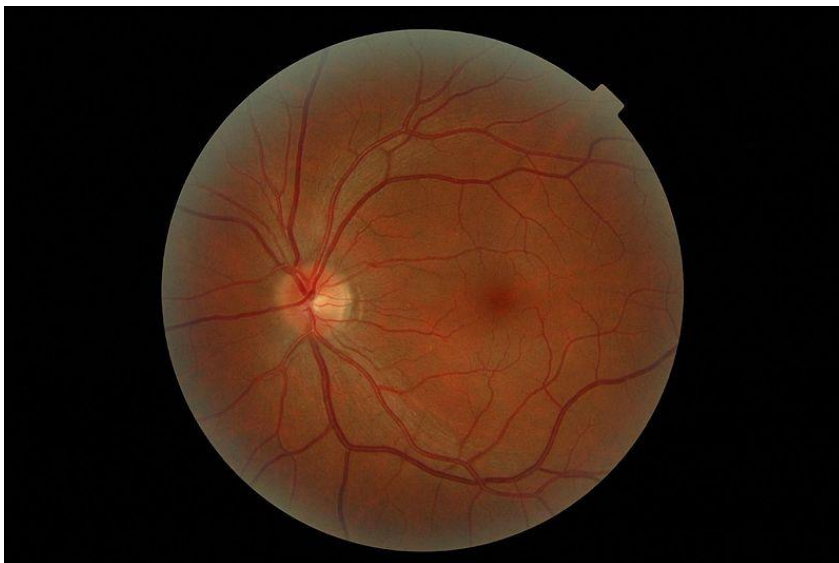
Verkkokalvo eli retina peittää silmän takaosan sisäpintaa. Se on hauras hermokudoskerros, jossa sijaitsevat mm. valoa aistivat solut. Verkkokalvon keskiosaa kutsutaan maculaksi ja sen keskellä on verkkokalvon keskikuoppa, fovea. Foveassa sijaitsee tarkan näön alue eli foveola. Tarkan näkemisen alue (Kuviot 2 ja 3) vastaa pienten yksityiskohtien erottamisesta ja sen valon aistinsolut ovat ainoastaan tappisoluja. Verkkokalvon reunaosia kutsutaan periferiaksi, jossa on sekä tappi- että sauvasoluja. Verkkokalvo päättyy suonikalvon ja sädekehän rajalle verkkokalvon sahalaidaksi (ora serrata). Suonikalvo huolehtii verkkokalvon ulomman osan ravinnonsaannista ja sen aineenvaihdunnasta. (St. Luke's Cataract & Laser Institute 2012.)

Verkkokalvolla sijaitseva näköhermon pää muodostuu verkkokalvon gangliosolujen aksoneista. Näköhermon pää eli nysty on n. 1,5 mm halkaisijaltaan ja hieman koholla muusta verkkokalvorakenteesta. Näköhermon päässä on keskikuoppa, jonka koko ja

muoto vaihtelevat, mutta koko on yleensä alle puolet näköhermon nystyn halkaisijasta. Näköhermon pään ulkomuotoa voidaan käyttää hyväksi arvioitaessa silmänpohjamuutoksia ja niiden kokoa. Verkkokalvolta näköhermolle tuleva näköimpulssiviesti kulkee näköhermoa pitkin kohti näköaivokuorta ja näköhermovauriot aiheuttavat näkökenttäpuutoksia. (St. Luke's Cataract & Laser Institute 2012.)



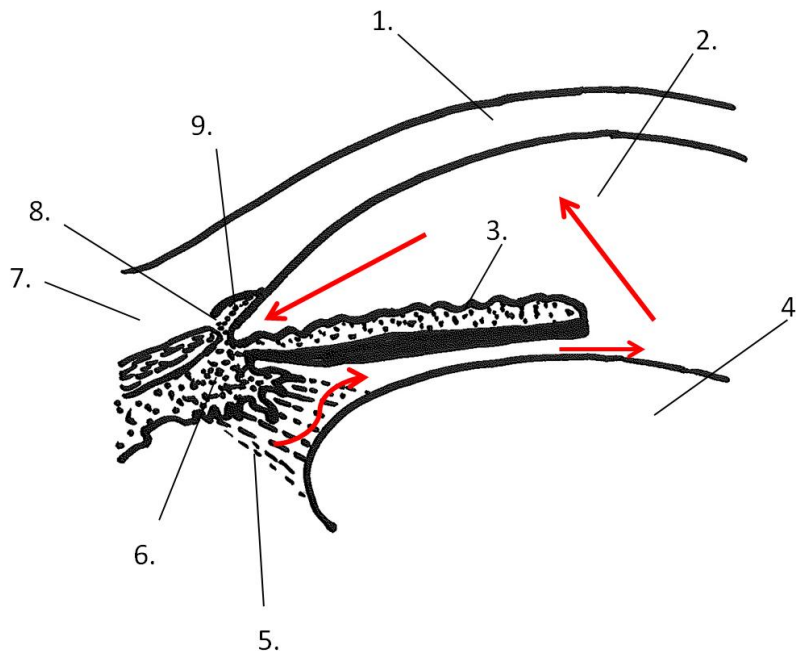
Kuvio 2. Vasemman silmän verkkokalvo piirroskuvana. Yhtenäisellä viivalla ympyröity alue on näköhermon pää. Katkoviivalla ympyröity alue on macula-alue, jonka keskellä sijaitsee fovea. (Wikimedia Commons n.d.)



Kuvio 3. Kuva ihmisen vasemman silmän verkkokalvosta. (Wikimedia Commons n.d.)

2.3 Silmän nestekierto ja silmänpaineen syntyminen

Silmän sisällä on oltava painetta, jotta silmä pysyy muodossaan eikä mene kasaan ilmakehän paineen vaikutuksesta (Montgomery 1998–2013). Silmänpaine syntyy kammionesteen kiertämisestä silmän sisällä (Kuvio 4). Sädekehä erittää nestettä takakammioon. Takakammio on värikalvon, mykiön kannatinsäikeiden ja mykiön rajaama tila. Pupilliaukon kautta neste kulkeutuu etukammioon kohti kammiokulmaa. Kammiokulmassa on trabekkelivyoöhyke, jonka kudoksen läpäisyyn tarvitaan painetta. Trabekkelivyoöhykkeen läpi virrattuaan kammioneste kulkeutuu Schlemmin kanavaan. (Bembridge - Murgatroyd 2008.) Schlemmin kanavasta neste virtaa pieniä suonia pitkin laskimoihin ja osa kammionesteestä poistuu silmän kovakalvon kautta (Montgomery 1998–2013).



Kuvio 4. Poikkileikkauskuvaa silmän etuosasta: 1. sarveiskalvo, 2. etukammio, 3. iiris, 4. mykiö, 5. mykiön ripustinsäikeet, 6. sädekehän kruunu, 7. kovakalvo, 8. Schlemmin kanava ja 9. ansasverkko eli trabekkelivyoöhyke. Punaiset nuolet kuvaavat kammionesteen kiertosuuntaa (Virkki, Mira 2012).

Terveen ihmisen silmänpaine on keskimäärin 10–21 mmHg (elohopeamillimetriä), jolloin silmään erittyvän nesteen määrä on sama kuin kammiokulmasta poistuvan nesteen määrä. Normaalisti silmänpaine vaihtelee eri päivien ja vuorokauden aikoina n. 5 mmHg verran. Silmänpaine on korkeimmillaan yleensä aamuisin. Terveen henkilön

silmänpaine voi joissain tapauksissa olla alle 10 mmHg tai yli 21 mmHg. Suurimmalla osalla terveistä ihmisistä silmänpaine arvot ovat yleensä normaalialueella. (Bembridge - Murgatroyd 2008.)

Kammionesteen ulosvirtauksen vaikeutuminen nostaa silmänpainetta. Korkeaa silmänpainetta voidaan hoitaa lääkityksellä ja/tai leikkauksella, jossa nesteen ulosvirtausta pyritään helpottamaan. Jos silmänpaineen säätelyssä on häiriöitä, paineen vaihtelu voi kasvaa ja silmänpaine nousta ajoittain normaalitason yläpuolelle. Lievästi kohonnut silmänpainelukema ei vielä kerro mahdollisesta glaukoomariskistä, vaan se saattaa vielä mahtua normaalin vaihteluvälin rajoihin. (Bembridge - Murgatroyd 2008.)

2.4 Yleistietoa glaukoomasta eli etenevästä näköhermosairaudesta, jota aiemmin kutsuttiin myös silmänpainetaudiksi

Glaukooma on ryhmä tauteja, joille on tyypillistä silmänpaineen kohoaminen normaalia korkeammaksi. Glaukooma on sairaus, joka voi aiheuttaa näköhermon vaurioita ja siitä johtuvia näkökenttävaurioita. Glaukoomassa näköhermon keskikuoppa suurenee ja näköhermon pään hermosäikeitä tuhoutuu. Pahimmillaan glaukooma voi hoitamattomana johtaa jopa täydelliseen sokeuteen. Aina 20 - 30 välillä oleva painearvo ei merkitse sitä, että kyseessä olisi glaukooma. (Glaucoma research foundation.) Normaali keskeinen näöntarkkuus ja viitealueella oleva silmänpaine (10–21 mmHg) eivät myöskään sulje pois mahdollista avokulmaglaukoomaa (Duodecim Terveyskirjasto 2013).

Silmänpaine voi alkaa nousta missä iässä tahansa. Glaukooma voi olla synnynnäinen, suvuittain esiintyvä, tapaturman seurausta (esim. iskuvamma päähän), tulehduksiin tai kortisonin tai muiden lääkkeiden käyttöön liittyvä. Usein oireeton ja hitaasti etenevä silmänpaineen nousu tarkoittaa alkavaa silmänpainetautia, avokulmaglaukoomaa tai äkillinen silmänpaineen nousu sulkukulmaglaukoomaa. (Glaucoma research foundation.)

Glaukooma vaikuttaa sitä sairastavan henkilön elämänlaatuun. Glaukooman aiheuttamat näkökenttävauriot heikentävät näkemisen laatua sitä enemmän, mitä enemmän vaurioita glaukooma on aiheuttanut silmänpohjiin. Glaukoomapotilailla on usein näön menettämisen pelkoja. Hoidot saattavat olla käytännön kannalta

ongelmallisia, jos glaukoomaa hoidetaan lääketipoilla, ja henkilön on itse hankala annostella lääke oikein silmiinsä. Duodecim Terveyskirjaston teettämän yhteenvedon mukaan jopa 5–80 % potilaista jättää noudattamatta lääkkeiden käytöstä annettuja ohjeita. Glaukoomahoidot ovat useimmissa tapauksissa sitovia ja glaukoomahoidon onnistuminen vaatii aktiivista silmälääkärin seurantaa. (Duodecim Terveyskirjasto 2013.)

Hoidettavien glaukoomapotilaiden osuus Suomessa kasvaa jatkuvasti vanhusten määrän kasvaessa. Glaukooman osuus näkövamman aiheuttajana on kuitenkin oleellisesti pienentymässä nykyisten hoitokeinojen ansiosta. Lääkäreiden on tärkeää osata työssään arvioida asiakkaan riskiä sairastua glaukoomaan, koska glaukooman hoitoennuste on sitä parempi mitä aikaisemmassa vaiheessa tauti pystytään havaitsemaan. (Hyvärinen 2001.)

2.4.1 Glaukooman toteaminen

Optikot mittaavat silmänpaineen, mutta eivät yleensä arvioi silmänpohjaa, joten optikon suorittaman näöntarkastuksen yhteydessä glaukoomaa ei yleensä voi todeta (Kivelä n.d.). Ensimmäinen vihje alkavasta glaukoomasta saattaa tapahtua rutiininäöntutkimuksen tai -terveystutkimuksen yhteydessä mitatusta silmänpaineesta, joka on viitealueen 10–21 mmHg ylärajalla tai sen yli. Glaukoomavaurioiden riski kasvaa, kun silmänpaine on yli 30 mmHg. Yksinään silmänpaineen mittaus ei riitä glaukooman seulontaan. Aikuisväestöön kohdistuneissa glaukooman seulonnoissa on huomattu, että silmänpaine oli normaali yli puolessa todetuista glaukoomatapauksista. (Duodecim Terveyskirjasto 2013.) Yksittäinen silmänpaineenmittaus ei myöskään anna todellista kuvaa silmänpaineen vaihteluista vuorokauden aikana. Silmänpainearvo on usein korkeimmillaan aamuyön tunteina tai aamuisin nukutun yön jälkeen. Eri silmänpainemittauslaitteet saattavat myös antaa keskenään erilaisia lukemia. (Duodecim Terveyskirjasto 2013.)

Glaukooman diagnosoiminen perustuu silmänpaineen ja kammiokulman tutkimiseen. Lisäksi nykyisin diagnoosia tukemaan ja taudin vaiheen selventämiseen tarvitaan useissa tapauksissa näkökenttätutkimus, hermosäiekerroskuvaus sekä näköhermon pään kuvaus. Tärkeimmät riskitekijät sairastua glaukoomaan ovat korkea silmänpaine, ikä, sukurasite, myopia eli likitaitoisuus ja eksfoliaatio-oireyhtymä eli mykiön hilseilytauti. (Duodecim Terveyskirjasto 2013.)

Glaukooma on salakavala tauti, jonka oireita sairastava henkilö ei yleensä itse huomaa helposti. Kun potilas havaitsee näkökenttäpuutoksen, tauti on yleensä edennyt jo pitkälle. Glaukooman havaitseminen ajoissa tapahtuu monesti sattumalöydöksenä silmälääkärikäynnin yhteydessä. Glaukooman synnylle ei löydy yksiselitteistä tekijää. Glaukooman aiheuttamien vaurioiden toteaminen riippuu hoitavan silmälääkärin käyttämistä tutkimusmenetelmistä. Taudin aikainen toteaminen on tärkeää, koska glaukooman aiheuttamia vaurioita silmässä ei pystytä parantamaan. Keski-ian jälkeen säännölliset silmälääkärikäynnit 4-5 vuoden välein ovat suositeltavia, vaikka henkilö olisi oireeton. Glaukoomassa hermosäie-, papilla- ja näkökenttämuutosten etenemisnopeus vaihtelevat suuresti. Muutosten etenemisen havaitseminenkin voi viedä useita vuosia. Hoitoa saavilla potilailla ensimmäisen näkökenttäpuutoksen ilmaantumisesta mahdolliseen sokeuteen on arvioitu kuluvan aikaa 30–40 vuotta. (Duodecim Terveyskirjasto 2013.)

2.4.2 Glaukoomapotilaan hoito

Hoidon tehosta glaukoomavaurioiden synnyn ja etenemisen ehkäisyssä on julkaistu suhteellisen vähän tutkimuksia. Valtaosa tutkimuksista on keskittynyt hoidon silmänpainetta alentavan tehon osoittamiseen, koska silmänpaineen alentaminen on toistaiseksi ainoa glaukooman hoitomuoto. (Duodecim Terveyskirjasto 2013.) Lääkkeiden käyttö perustuu yleensä niiden vaikutukseen vähentää kammionesteen muodostumista. Laserhoidossa (SLT-laserhoito eli selektiivinen lasertrapekulooplastia) lasersäteellä poltetaan trabekkelivyöhykkeen pintaan polttoarpia, jolloin kammionesteen ulosvirtaus tehostuu ja paine laskee. Leikkauksissa voidaan käsitellä trabekkelivyöhykettä, jotta kammionesteen ulosvirtaus tehostuisi tai sädekehää voidaan leikata, jotta se synnyttäisi vähemmän kammionestettä. Glaukoomaa voidaan hoitaa myös leikkausmenetelmällä asentamalla etukammioon putki eli suntti. Suntti johtaa kammionesteen etukammioista sidekalvon alle ja sieltä verenkiertoon. Silmäkirurgi voi myös leikata kovakalvolle pienen luukun, jonka kautta kammioneste pääsee virtaamaan sidekalvon alle imeytyäkseen sieltä verenkiertoon. (Glaucoma research foundation.)

Glaukoomapotilas joutuu käyttämään valittua hoitokeinoa lopun elämäänsä ja käymään säännöllisesti silmälääkärissä, koska taudin etenemistä tulee seurata. Seurantaan liittyy muitakin tutkimuksia kuin pelkästään silmänpaineen mittausta. Glaukoomapotilailta

mitataan säännöllisesti näkökentät, hermokudoksen paksuus ja kuvataan silmänpohjat. (Duodecim Terveyskirjasto 2013.)

3 Sarveiskalvopaksuuden vaikutus silmänpaineeseen

3.1 Yleistä sarveiskalvon keskipaksuuden vaikutuksesta silmänpainelukemaan

Sarveiskalvon paksuuteen vaikuttavat monet eri tekijät. Tällaisia tekijöitä ovat mm. ikä, rotu, elintasosairaudet (esim. diabetes), piilolinssien käyttäminen, silmänsairaudet sekä silmään ja sarveiskalvoon kohdistuneet kirurgiset toimenpiteet. Sarveiskalvon paksuuden yleinen keskiarvo on n. 545 μm ja se on määritelty aikaisemmin tehtyjen tutkimusten perusteella. (Doughty - Zaman 2000.) Sarveiskalvon keskipaksuus vaikuttaa silmänpaineen mittaustulokseen. Paksu sarveiskalvo nostaa ja ohut laskee silmänpainemittarilla saatavaa lukemaa. Yleisesti hyväksyttyä, sarveiskalvon paksuudesta johtuvaa muuntotaulukkoa ei kuitenkaan ole olemassa. Nykyään tiedetään, että sarveiskalvon keskipaksuuden mittaamiseen käytettyjen eri laitteiden antamat lukemat poikkeavat toisistaan ja tämän takia ne eivät ole vertailukelpoisia keskenään. (Näpänkangas 2007.) Tutkimuksessamme käytimme ainoastaan yhtä laitetta sarveiskalvon paksuuden määrittämiseen, koska tutkimuksen tavoite oli vertailla eri silmänpainemittareiden vertailukelpoisuutta. Päädyimme käyttämään sarveiskalvon keskipaksuuden keskiarvona 530–580 μm (Tervo 2000). Tätä keskiarvoa pienemmät paksuusmittarin ilmoittamat mittaustulokset määrittelimme ohuiksi sarveiskalvoiksi ja suuremmat paksuiksi sarveiskalvoiksi.

3.2 Aikaisempia tutkimuksia

Teimme katsauksen aikaisemmin tehtyihin vastaavanlaisiin tutkimuksiin, joissa on mitattu tai sivuttu sarveiskalvon keskipaksuuden vaikutusta silmänpainelukemaan. Emme löytäneet tietoa, että Suomessa olisi tehty vastaavaa tutkimusta aikaisemmin. Internet osoittautui parhaimmaksi tietolähteeksi aikaisemmin tehtyjen tutkimusten etsimisessä. Löydettyjen tutkimusten tekijät ovat useimmiten silmälääkäreitä tai silmälääkäriopiskelijoita.

3.2.1 Käypä hoito -suositukset Suomessa silmänpaineen arvioimiseen

Käypä hoito -suosituksia laatii suomalainen Lääkäriseura Duodecim yhdessä erikoislääkäriyhdistysten kanssa. Suositusten tuottaminen rahoitetaan julkisella rahoituksella. Suosituksissa käsitellään tärkeitä suomalaisten terveyteen ja sairauksiin liittyviä kysymyksiä. Suositukset laaditaan lääkäreille, terveydenhuollon ammattihenkilöstölle ja kansalaisille hoitopäätösten pohjaksi. Käypä hoito -toimitus ja asiantuntijatyöryhmä ovat tehneet glaukooman hoidosta tiivistelmän vuonna 2007, jonka yhteydessä silmätautien erikoislääkäri Ulla Näpänkangas kertoo (tiivistelmä Sarveiskalvon paksuuden mittaaminen) sarveiskalvon mittaamiseen käytettyjen eri laitteiden antamien arvojen ilmeisesti poikkeavan toisistaan. Tämän vuoksi Näpänkangas esittää, että mittatulosten poikkeavuuksien takia eri laitteet eivät ole vertailukelpoisia keskenään. (Näpänkangas 2007 a.) Väittämän hän perustelee ulkomailla tehtyjen tutkimusten perusteella, joihin hän viittaa, ja joita esittelemme seuraavissa kappaleissa. Näpänkangas on tehnyt yhteenvedon myös aiheesta Sarveiskalvon paksuuden vaikutus silmänpaineeseen, jossa hän toteaa ulkomailla tehtyjen tutkimusten perusteella sarveiskalvon paksuuden vaikuttavan silmänpainemittaustulokseen. (Näpänkangas 2007b.)

3.2.2 Englantilaisia tutkimuksia

Englannissa Glasgow-Caledonian -yliopistossa Doughty ja Zaman ovat julkaisseet analyttisen tutkimuksen (Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach) sarveiskalvon paksuuden mittaamiseen käytetyistä laitteista. Samalla he tutkivat sarveiskalvon keskipaksuuden vaikutusta silmänpainelukemaan. Kolmeenkymmeneen kolmeen julkaistuun tutkimukseen perustuvan meta-analyysin mukaan 10 % muutos sarveiskalvon keskipaksuudessa aiheuttaa keskimäärin 3.4 mmHg muutoksen silmänpainelukemaan. He arvioivat loppupäätelmässään, että sarveiskalvon paksuusmittarin käyttö yhdessä silmänpainemittarin lukeman kanssa olisi tärkeää henkilön todellisen silmänpainelukeman arvioimiseksi, jos henkilöllä on esimerkiksi krooninen silmänsairaus. (Doughty - Zaman 2000.) Näpänkangas on arvioinut, että tämä tutkimus on laadullisesti kelvollinen ja sen käytettävyys suomalaiseen väestöön on hyvä (Näpänkangas 2007b).

Toinen englantilainen tutkimusryhmä on vuonna 2004 tehnyt tutkimuksen sarveiskalvopaksuuden vaikutuksesta silmänpainelukemaan glaukoomatutkimuksessa nimeltä "The influence of central corneal thickness and age on intraocular pressure measured by pneumotometry, non-contact tonometry, the Tono-Pen XL, and Goldmann applanation tonometry". Glaukoomatutkimukseen osallistuneilla 105 koehenkilöllä oli todettu joko glaukooma tai kohonnut silmänpaine. Tutkimuksen mukaan, sarveiskalvon paksuus vaikuttaa merkitsevästi silmänpainemittareiden: apalanaatiotonometrin, TonoPen XL:n, OBF:n ja pneumatonometrin mittaustuloksiin. Pneumatonometri eli non-contact tonometri yliarvioi tutkimustulosten mukaan silmänpainelukeman helposti verrattuna Goldmann-aplanaatiotonometriin, kun tutkittavalla on keskivertoa paksumpi sarveiskalvon keskipaksuus. (Tonnu - Ho - Newson - El Sheikh - Sharma - White - Bunce - Garway - Heath 2004.)

3.2.3 Japanilaisväestön tutkimus

Japanissa neljän henkilön tekemä tutkimus japanilaisväestöllä, "IOP Measured by Dynamic Contour Tonometry Correlates With IOP Measured by Goldmann Applanation Tonometry and Non-contact Tonometry in Japanese Individuals", esiteltiin tieteellisen Journal of Glaucoma -lehden sivustolla tammikuussa 2012 (Lippincott Williams - Wilkins 2012). Tutkimuksessa verrattiin Goldmann-apalanaatiotonometrin, pneumatonometrin ja DCT:n (dynamic contour tonometry) antamia silmänpainelukemia toisiinsa. Lisäksi tutkimuksessa mitattiin sarveiskalvon keskipaksuutta ja sarveiskalvon kaarevuutta (corneal curvature radius, CCR), joita verrattiin silmänpainelukemiin. Tutkimusta varten silmänpaineet ja sarveiskalvon paksuus mitattiin 74 koehenkilöltä. (Ito - Tawara - Kubota - Harada 2012.) Tutkimustuloksissa havaittiin, että silmänpaine mitattuna DCT:llä oli 2.8 mmHg korkeampi kuin mitattaessa Goldmann-aplanaatiotonometrillä ja 3.2 mmHg korkeampi, kun verrattiin pneumatonometriä Goldmann-aplanaatiotonometriin. Tämä ero mittauslaitteiden kesken oli merkittävämpi verrattaessa koehenkilöihin, joilla sarveiskalvon keskipaksuus oli keskivertoa ohuempi ja silmänpaine alhaisempi. Tutkijat havaitsivat myös koehenkilön pulssin vaikuttavan silmänpainemittaustuloksiin, kun silmänpaine mitataan DCT:llä. Johtopäätelmä on, että sarveiskalvon paksuus vaikuttaa suoraan pneumatonometrin ja Goldmann-aplanaatiotonometrin antamiin tuloksiin. DCT:n tuloksiin sarveiskalvon paksuus ei merkittävästi vaikuta. (Ito - Tawara - Kubota - Harada 2012.)

3.2.4 Belgialainen glaukoomatutkimus

Belgialaiset Burvenich ja De Clercq saivat tutkimuksensa, "The combined IOP and CCT measurement in glaucoma screening", valmiiksi vuonna 2000. Tutkimus oli prospektiivinen eli seurantatutkimus. Siinä mitattiin sarveiskalvon keskipaksuus pakymetrillä ja silmänpaine aplanaatiotonometrillä yhteensä 245 yksityislääkärin vastaanotolla käyneeltä potilaalta. Tuloksia verrattiin 30 glaukoomapotilaan arvoihin sekä 15 henkilön arvoihin, joilla oli korkea silmänpaine. Tutkimus suunniteltiin glaukooman seulontaa varten. Burvenich'in ja De Clercq'in mittausten perusteella sarveiskalvojen paksuuksissa ei ole suuria eroja oli sitten kyseessä terve silmä tai silmä, jonka silmänpaine on normaalia korkeampi. Näiden koehenkilöiden keskimääräinen sarveiskalvon paksuus oli 554 μm . Tutkijat ehdottivat, että aplanaatiotonometrit tulisi kalibroida lähemmäs tätä lukemaa. He olivat myös sitä mieltä, että aplanaatiotonometrillä saatava silmänpainelukema on lineaarisessa suhteessa sarveiskalvon keskipaksuuteen. (Burvenich - De Clerq 2000: 15–17.) Näpänkangas arvioi tämän tutkimuksen Käypä hoidon -sivustolla heikkolaatuiseksi, mutta tutkimustulosten käytettävyyttä suomalaiseen väestöön hän kuvailee hyväksi (Näpänkangas 2007b).

3.2.5 Yhdysvaltalaisia tutkimuksia

Löysimme USA:ssa vuonna 2001 tehdyn tutkimuksen, nimeltä "Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study" (OHTS), jossa tutkittiin 131 henkilöä. Tutkimuksen tekijät ovat Brandt, Beiser, Kass ja Gordon California-Davis -yliopistosta. Tutkimuksen tavoite oli selvittää, vaikuttaako rotu sarveiskalvon keskipaksuuteen ja miten sarveiskalvopaksuutta voidaan hyödyntää korkean silmänpaineen hoidossa. Tutkimuksen lopputuloksena tuli esille, että tutkittavalla ryhmällä oli hieman keskivertoa paksummat sarveiskalvopaksuudet (keskiarvo 573 μm), ja että afroamerikkalaisilla oli valkoihoiseen verrokkiryhmään verrattuna ohuempat sarveiskalvopaksuudet. Lopputulosten perusteella tutkimuksen tekijät arvioivat, että sarveiskalvopaksuuden vaikutuksen tietäminen silmänpainelukemaan vaikuttaa aplanaatiotonometrimittauksen tarkkuuteen ja mittaustuloksiin. Nämä tiedot taas auttavat selvittämään, onko jollain henkilöllä todellisuudessa glaukooma tai korkea silmänpaine. (Brandt - Beiser - Kass - Gordon 2001.)

"Intraocular pressure, Goldmann appalanation tension, corneal thickness, and corneal curvature in Caucasians, Asians, Hispanics, and African Americans" -tutkimus on myös

yhdysvaltalainen ja sen ovat tehneet Shimmyo, Ross, Moy ja Mostafavi. Tutkimuksessa tutkittiin sarveiskalvon paksuuksia, silmänpainelukemia ja sarveiskalvon kaarevuuksia 1482 kaukaasialaisella, 172 aasialaisella, 204 hispanilla ja 118 afroamerikkalaisella. Kaikki 1976 koehenkilöä olivat taittovirhekirurgiapotilaita. Aplanaatiotonometrillä mitattu silmänpaine suhteutettiin sarveiskalvon keskipaksuuteen ja kaarevuuteen. Tutkimustuloksissa huomattiin sama ilmiö kuin vuonna 2001 tehdyssä tutkimuksessa: afroamerikkalaisilla on selvästi muita ryhmiä ohuempi sarveiskalvon keskipaksuus. Ohut sarveiskalvon keskipaksuus voi vaikeuttaa glaukooman toteamista ja hoidon aloittamista ajoissa. Shimmyo, Ross, Moy ja Mostafavi ehdottavat että Goldmann-aplanaatiotonometrin lukemaan pitäisi aina korjata henkilön todellisen sarveiskalvon keskipaksuuden ja kaarevuuden vaikutukset. Vain silloin lukema olisi riittävän vertailukelpoinen diagnoosien tekemiseen ja mm. glaukooman toteamiseen. (Shimmyo - Ross - Moy - Mostafavi 2003.)

Kolmas amerikkalainen tutkimus on "Clinical comparison of contour and applanation tonometry and their relationship to pachymetry" (Kniestedt - Lin - Choe - Bostrom - Nee - Stamper 2005), jossa tutkittiin yhteensä 258 silmää. Tutkimukseen osallistui terveysilmäisiksi todettuja sekä glaukoomaan sairastuneita. Tutkimus on tehty California-San Franciscon Yliopistossa. Tutkimuksen luonne on prospektiivinen poikkileikkaustutkimus. Sarveiskalvon paksuutta mitattiin tutkittavilta pakymetrillä. Silmänpainetta mitattiin tutkittavista silmistä Goldmann-aplanaatiotonometrillä, pneumatonometrillä ja DCT:llä (dynamic contour tonometry). Silmänpainelukemia verrattiin sarveiskalvon paksuuslukemiin. Tuloksena havaittiin, että ohut sarveiskalvo antaa matalampia silmänpainelukemia ja keskivertoa paksumpi sarveiskalvo suurempia silmänpainelukemia Goldmann-aplanaatiotonometrillä mitattaessa. Pneumatonometrillä ja DCT:llä mitattaessa sarveiskalvopaksuuden vaikutus ei ole tilastollisesti niin merkittävä silmänpainelukemaan kuin Goldmannin aplanaatiotonometrillä. (Kniestedt - Lin - Choe - Bostrom - Nee - Stamper 2005.)

3.2.6 Amerikkalais-intialainen tutkimus

Amerikkalais-intialainen tutkimusryhmä teki tutkimuksen nimeltä "Evaluation of Tonometric Correction Factors" (Gunvant - O'Leary - Baskaran ym. 2005). Tutkittavat olivat intialaisia ja amerikkalaisia. Tutkimuksessa mitattiin silmänpaine, sarveiskalvon keskipaksuus ja kaarevuus 175 normaalilta koehenkilöltä ja 149 joko glaukoomaa tai okulaarista hypertensiota sairastavalta potilaalta. Kokeen tarkoitus oli selvittää, millä

yhtälöillä tai laskukaavoilla sarveiskalvon yksilöllisen paksuuden vaikutus voidaan huomioida Goldmannin aplanaatiotonometrin tuloksessa. Sarveiskalvon kaarevuuden ja silmänpainemittauksen tuloksien väliltä ei tässä tutkimuksessa löytynyt korrelaatiota. Goldmann-aplanaatiotonometrin tuloksia korjattiin käyttäen Ehlersin ja Orssengo-Pyen muuntokaavoja. Tutkimuksessa todettiin selvä positiivinen yhteys sarveiskalvon keskipaksuuden ja silmänpainelukeman välillä. Analyysin mukaan sekä Ehlersin että Orssengo-Pyen muuntotaulukot antavat liian alhaisen silmänpainelukeman sarveiskalvon ollessa paksu ja liian korkean silmänpaineen sarveiskalvon ollessa ohut. Tuloksena havaittiin, että muuntokaavat helposti yliarvioivat sarveiskalvon paksuuden vaikutusta silmänpaineen mittaustulokseen. (Guvant - O'Leary - Baskaran ym. 2005.)

4 Silmänpainemittarit ja silmänpaineen mittaaminen

4.1 Goldmann-aplanaatiotonometri

Goldmann-aplanaatiotonometrin toiminta perustuu tasopainaumaperiaatteeseen, jossa nesteellä täytetyn pallon (silmiä) sisäinen paine voidaan mitata mittaamalla ulkoinen voima, joka on juuri riittävä painamaan pallokalotin tasoksi. Paine voidaan mitata pallon ulkopuolelta, jos pallon seinämä on joustava, kuiva ja ohut. Tällöin pallon jäykkyys ei vaikuta mittaukseen. (Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu 2000.) Tonometrin mittakärki syrjäyttää sarveiskalvoa painaessaan aina 0.05 ml nestettä silmän sisällä. Silmänpaine on sarveiskalvoa painava voima kerrottuna kymmenellä (silmänpaine (mmHg) = voima x 10). (Moilanen 1996.)

Goldmann-aplanaatiomenetelmää on pidetty yleisenä standardimenetelmänä ja sen mittaustuloksessa voidaan huomioida sarveiskalvopaksuuden vaikutus mittaustulokseen erillisen korjaustaulukon avulla. Sarveiskalvopaksuus voidaan mitata erikseen esimerkiksi ultraäänilaitteella eli pakymetrillä. (Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu 2007.) Sarveiskalvopaksuuden ollessa 545 µm silmänpainearvo on aplanaatiotonometrillä mitattu arvo. Sarveiskalvopaksuuden ollessa tätä ohuempi mittaustulokseen lisätään elohopeamillimetrejä Taulukko 1:n mukaisesti. Korjausarvot perustuvat Doughtyn ja Zamanin vuonna 2000 tekemään tutkimukseen. Jos sarveiskalvo on 545 µm paksumpi, aplanaatiotonometrin arvosta vähennetään elohopeamillimetrejä taulukon mukaisesti (Taulukko 1). (PachPen n.d.)

Taulukko 1. Korjaustaulukko sarveiskalvopaksuuden huomioimiseen Goldmann-mittauksessa (PachPen n.d.)

Table 1 below provides the IOP correction values.

Table 1 IOP Correction Values

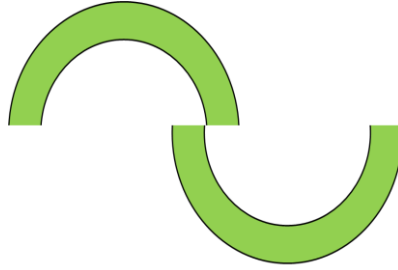
| Corneal Thickness (micrometers) | Correction Values (mm Hg) |
|--|---------------------------|
| 405 | 7 |
| 425 | 6 |
| 445 | 5 |
| 465 | 4 |
| 485 | 3 |
| 505 | 2 |
| 525 | 1 |
| 545 | 0 |
| 565 | -1 |
| 585 | -2 |
| 605 | -3 |
| 625 | -4 |
| 645 | -5 |
| 665 | -6 |
| 685 | -7 |
| 705 | -8 |
| | |
| Correction Values according to corneal thickness of 545 micrometers These correction values are modified from the work of Doughty and Zamen. This chart was reproduced from the Review of Ophthalmology, July 2002 Leon Herndon, MD, Duke University, Glaucoma Service, Pages 88, 89, 90. | |

Goldmannin aplanaatiotonometri voidaan liittää useimpiin tavallisiin silmämikroskooppeihin. Tässä tonometrissä on tasopainaumaperiaatteeseen perustuva, halkaisijaltaan 3,06 millimetrin ja pinta-alaltaan 7.35 mm² kokoinen mittauskärki, joka syrjäyttää kyynelneesten ja koskettaa silmänpintaa. Mittauksissa käytössämme oli Goldmann-tyyppinen Carl Zeiss Applanation Tonometer AT 020®, joka oli kiinnitetty Carl Zeiss SL 120® silmämikroskooppiin (Kuvio 5). Tonometrissä on uudelleen käytettävä lasinen mittauskärki, joka tutkimushenkilön vaihtuessa tulee desinfioida. Desinfointiin käytetään tätä tarkoitusta varten tehtyjä, kertakäyttöisiä desinfiointipyyhkeitä. Mittausten päätteeksi mittauskärki upotetaan puoleksi tunniksi desinfiointiaineeseen ja ilmakeivataan. (Applanation Tonometer AT 020 2011.)



Kuvio 5. Goldmann-applanaatiotonometri, Carl Zeiss Applanation Tonometer AT 020® ja Carl Zeiss SL 120® rakovalomikroskooppi (Jurvanen, Terhi 2013)

Mittausta varten tutkijan tulee puuduttaa silmän sarveiskalvon pinta (puuduteaine, jossa on mukana fluoreseiiniväriaine). Silmänpaineenmittaus suoritetaan rakovalomikroskoopin läpi katsoen. Mittauksen yhteydessä mikroskooppiin vaihdetaan koboltinsininen valo, jolloin tutkija näkee paremmin vihertävän fluoreseiiniväriaineen sarveiskalvon pinnalla. Mittauskärjen koskettaessa sarveiskalvoa, sarveiskalvon pinnan huippu painuu tasomaiseksi. Tutkija näkee mikroskoopin okulaareista fluoreseiinin värjäämässä kyynel nesteessä kaksi puoliympyrää, jotka mittauspään prisma saa aikaan (Kuvio 6). Puoliympyrät kohdistetaan ja tarkennetaan mittauksen suorittamiseksi säätöruuvista. Mittaus on onnistunut silloin, kun puoliympyrät ovat yhtä suuret ja niiden sisäreunat juuri ja juuri koskettavat toisiaan. Tonometrin sarveiskalvoa painava ulkoinen jousivoima eli silmänpainelukema luetaan säätöruuvista. Lopulliseen silmänpainetulokseen huomioidaan tarvittaessa sarveiskalvopaksuus korjaustaulukon mukaisesti. (Moilanen 1996.)



Kuvio 6. Malli hyvän mittauksen näkymästä rakovalomikroskoopin läpi. Fluoreseiinin vuoksi puoliympyrät näkyvät mikroskoopilla vihertävinä. Kuvassa puoliympyröiden sisäreunat koskettavat toisiaan. (Virkki, Mira 2013)

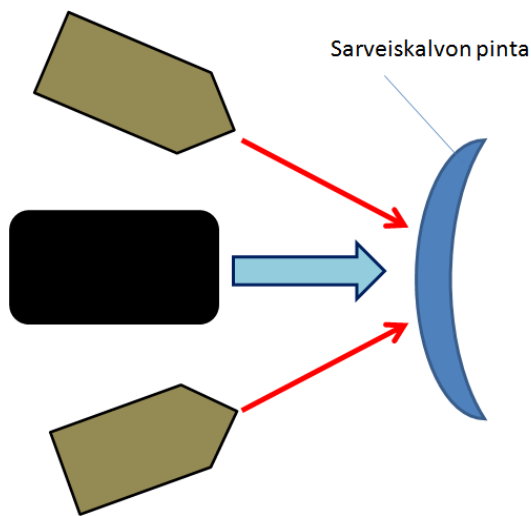
Virhemahdollisuudet mittauksessa johtuvat usein puoliympyröiden kohdistuksen tai tarkennuksen epäonnistumisesta. Tämän vuoksi tuloksen luotettavuus on suuresti riippuvainen mittaajasta. Jos kaaret ovat liian kapeat, sarveiskalvolla on liian vähän värjäytynyttä kyynelnestettä. Jos kaaret näyttävät liian paksuilta tai epätarkkareunaisilta, nestettä on liikaa, jolloin painetulos on todellista suurempi. Kaarien ollessa erikokoiset tai etäällä toisistaan, tonometrillä kärjen paikkaa tulee muuttaa ylä-, ala- tai sivusuunnassa. (Moilanen 1996.)

Sarveiskalvon astigmatia (hajataitto) voi vaikuttaa mittaustuloksen luotettavuuteen, koska sarveiskalvon muoto on erilainen eri suunnissa. Kun hajataitteisuuden miinus akseli on sarveiskalvolla vaakasuoraan, mitataan aplanaatiolla liian matalia silmänpainelukemia. Jos hajataiton miinus akseli on pystysuoraan, saadaan vastaavasti liian korkeita paineita. Astigmatia täytyy siis huomioida mittausta tehtäessä silloin, kun astigmatian määrä on 3 dioptriaa tai enemmän. Lisäksi mittaustulosta voi aiheuttaa kohonnut verenpaine, akkommodaatio, väärä katsesuunta mittauksen aikana, silmäluomien väkisin avaaminen (henkilöillä joilla on vaikeuksia pitää silmää auki mittauksen aikana), mittauskärjen epäpuhtaudet tai roskat, mittauskärjen osuminen ripsiin tai luomiin ja tutkittavan jännittäminen. Mittaajan olisi tärkeää yrittää toimia rauhallisesti niin, että tutkittava henkilö ei jännitä itse mittausta. (Harju 2007.)

4.2 Ilmanpainetonometri (Non contact tonometer, NCT)

Ilmanpainetonometrillä sarveiskalvon huippu saadaan hetkellisesti aplanaatiotilaan ilmasuihkun avulla noin kolmen millimetrin alueelta (Pekkanen 2013). Laite rekisteröi ajan, joka kuluu tasopainauksen saavuttamiseksi. Tämän ajan laite muuttaa

silmänpainelukemaksi (mmHg) (Kuvio 7). Mittaustapahtuma kestää millisekunteja. Koska silmänpaine voi vaihdella sydämen pulsaation mukaan, mittaus tehdään kolmeen kertaan. Laite laskee mittaustulosten keskiarvon. Ilmanpainetonometriä käytettäessä silmään ei tule mekaanista kosketusta, joten silmän pintaa ei tarvitse puuduttaa, eikä mittauskärkiä desinfioida. (Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu 2007.) Ilmanpainetonometrit on kehitetty painemittauksiin normaalisti heijastaville ja kirkkaille sarveiskalvoille, eivätkä ne ole tarkimmillaan, jos sarveiskalvo on kuiva, arpeutunut tai muuten poikkeava (Dr. Bernard Grolman Tribute 2002).



Kuvio 7. Ilmanpainetonometrin mittausperiaate esitettyinä kaaviokuvan avulla. Sininen nuoli kuvaa ilmasuihkua, joka painaa sarveiskalvon aplanaatiotilaan. Punaiset nuolet kuvaavat infrapunavalon säteitä, jotka mittaavat silmänpaineen. (Virkki, Mira 2013)

Käytimme mittauksissamme Nidekin Tonoref RKT-7700® laitetta (Kuvio 8), jolla mittasimme silmänpaineiden lisäksi sarveiskalvon kaarevuusarvot. Sarveiskalvon kaarevuusarvo kertoo sarveiskalvon pinnan mahdollisesta hajataitaisuudesta. Aplanaatiotonometrillä voidaan mitata silmänpaine horisontaalisesti silloin, kun sarveiskalvon astigmatia on korkeintaan 3 dioptriaa (Applanation Tonometer AT 020 2011).



Kuvio 8. Nidek Tonoref RKT-7700® (Jurvanen Terhi 2013)

4.3 Kimmoketonometri (iCare®)

Kimmoketonometri (rebound tonometry), iCare® (kuvio 9), on silmänpaineenmittauslaite, jossa kevyt ja hitaasti liikkuva anturi koskettaa silmän pintaa. Menetelmässä mitataan anturin takaisin ponnahdusta ja hidastuvuutta sähkömagneettisen induktion avulla. Silmänpaineen ollessa matala anturin hidastuvuus silmään osuessa on vähäinen ja kosketusaika pitkä. Korkeammilla painelukemilla anturin kosketusaika silmän pintaan on lyhyt ja hidastuvuus suuri sekä anturin takaisin ponnahdus nopeaa. (Kontiola 2007.) Mittaustapahtuma kimmoketonometrillä on nopea ja kivuton, mutta herkkäsilmaisimmät saattavat kokea sen epämiellyttävänä. Kertakäyttöinen anturi, halkaisijaltaan 1,8 mm ja pituudeltaan 4 cm, koskettaa silmänpintaa vain pari tuhannesosasekuntia. Koska mittaustapahtuma on nopea ja anturin liike-energia vähäinen (nopeus alle 0,3 m/s ja paino 26 mg), voidaan toimenpide tehdä ilman silmän pinnan puudutusta. (Kontiola 2007.)



Kuvio 9. iCare®-kimmoketonometri (Jurvanen, Terhi 2013)

iCare®-kimmoketonometrin paineenmittauslaajuus on 1-99 elohopeamillimetriä. Laitte ilmoittaa mittaustuloksen 2,8 elohopeamillimetrin tarkkuudella silmänpaineen ollessa 5-30 elohopeamillimetriä. Silmänpaineen ollessa 30–80 elohopeamillimetriä iCare voi antaa 15 prosenttia liian matalia tai korkeita arvoja. (iCare Tonometer 2003.) iCare-kimmoketonometrin mittaustarkkuuden on tutkimuksissa todettu olevan Goldman-aplanaatitonometrin veroinen ja se on kalibroitu 545 mikrometrin sarveiskalvopaksuudelle. Ero laitteiden antamien mittaustulosten välillä on ollut laitteen valmistajan mukaan 0-2,50 elohopeamillimetriä. (iCare Finland 2013.) Osassa mittaustarkkuutta arvioivia tutkimuksia kuitenkin suositellaan huomioimaan lopullisessa silmänpainemittaustuloksessa myös sarveiskalvon keskipaksuus (Brusini - Salveta - Zeppieri - Toson - Parisi 2006). Taulukko 2. esittää laitteen valmistajan korjauskaavat eri iCare-laitteille. Käytimme tutkimuksessamme iCare TA01 -mittaria. iCare-mittaustuloksen luotettavuuden kannalta on tärkeää suorittaa mittaus mahdollisimman suorassa keskeltä sarveiskalvoa, koska mittaus sarveiskalvon reuna-alueilta tai vinoista suunnista saattaa vääristää silmänpainelukemaa (Muttuvelu - Baggesen - Ehlers 2010).

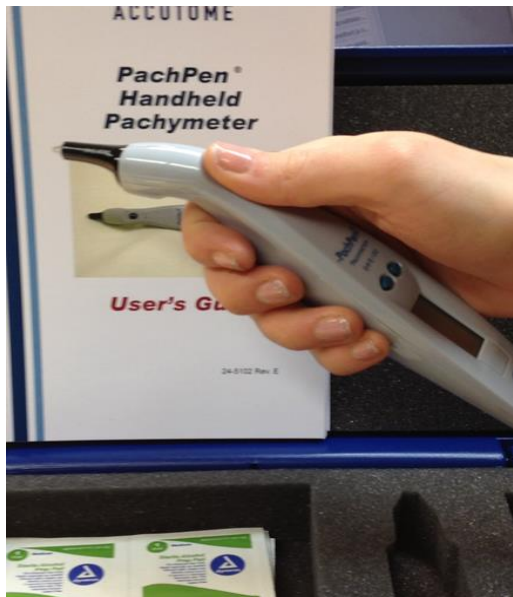
Taulukko 2. Sarveiskalvon keskipaksuuden vaikutuksen korjauskaavat iCare-laitteen mukaan. (Prokofjeff 2013)

| Laite | Kaava |
|-------------------|---|
| iCare TA01 ja ONE | $P_{CCT} = P_{ONE} + 0.035 (545 - CCT)$ |
| iCare PRO | $P_{CCT} = P_{PRO} + 0.02 (545 - CCT)$ |

4.4 Pakymetri

Sarveiskalvon paksuus on mahdollista mitata useilla erityyppisillä laitteilla. Tietokonepohjaisilla laitteilla silmän etuosanrakenteista otetaan useita kymmeniä mittauksia kymmenistä tuhansista mittauspisteistä ja näin saadaan tulokseksi mm. sarveiskalvonpaksuus. Mittauksia tehtäessä sarveiskalvoa ei kosketeta millään tavalla, ja mittaustapahtuma kestää vain joitakin sekunteja. (Jokela 2012.)

Käytimme tutkimuksessamme Accutome PachPen® pakymetriä (Kuvio 10). PachPen® on ultraäänimenetelmään perustuva laite, jonka mittausalue on 300–999 mikrometriä. Laite ottaa mittaustilanteessa yhdeksän peräkkäistä sarveiskalvon paksuusarviota, joista lasketaan sarveiskalvon keskimääräinen paksuus. PachPeniin® on mahdollista syöttää Goldman-aplanaatiotonometrillä mitattu silmänpainearvo, jonka jälkeen laite ilmoittaa silmänpaineen sarveiskalvon keskipaksuudella korjattuna. (PachPen n.d.)



Kuvio 10. Accutome PachPen® (Jurvanen, Terhi 2013)

Silmäsairaalooissa pakymetria käytetään esimerkiksi silloin, kun arvioidaan potilaan sarveiskalvon keskipaksuuden soveltuvuutta taittovirhekirurgiaan sekä sarveiskalvon turvotuksen määrän tutkimiseen (Espoon Yksityinen Silmäsaaraala 2009). Koska PachPen®-pakymetri mittaa sarveiskalvon paksuuden silmän pintaa koskettaen, silmän pinta pitää ennen mittausta puuduttaa esim. Obucain®-puudutteella. Mittakärki

pyritään kohdistamaan kohtisuoraan keskelle sarveiskalvoa (Kuvio 11), jolloin saadaan mitattua sarveiskalvon keskiosan paksuus. Jokaisen mitattavan henkilön välillä pakymetrin mittakärki pitää desinfioida. (PachPen n.d.) Tähän käytimme tutkimuksessamme kertakäyttöisiä desinfiointipyyhkeitä.



Kuvio 11. Mittausasetelma: mittauskärki kohdistetaan mahdollisimman keskelle sarveiskalvoa (Jurvanen, Terhi 2013)

5 Optikoiden käyttämät pintapuuduteaineet ja fluoreseiini

5.1 Yleistä sarveiskalvon pintapuudutteiden käytöstä optikon työssä

Laissa on määritelty, että optikko saa määrätä Pro Auctore -lääkemääräyksellä apteekista vastaanotto toiminnassa tarvitsemiaan lääkkeitä, mutta optikolla ei ole oikeutta määrätä lääkkeitä potilaille. Optikko tarvitsee lisäkoulutuksen saadakseen Pro Auctore -oikeuden ja voidakseen käyttää asetuksen sallimia lääkeaineita. Eduskunnan hyväksymä lakimuutos Terveystieteiden ammattihenkilöistä tuli voimaan 1.1.2011. (Sosiaali- ja Terveysministeriön asetus Terveystieteiden ammattihenkilöistä 1088/2010.)

Tutkimuksessamme pääsimme hyödyntämään lain antamaa oikeutta käyttää lääkeaineita opinnäytetyössämme, koska aplanaattonometrin ja pakymetrin käyttö ei olisi mahdollista ilman puudute- ja värjäysaineiden käyttöä. Toinen opinnäytetyötämme ohjaavista lehtoreista Juha Päällysaho sekä lehtori Satu Autio, osallistuivat tutkimukseen olemalla vastuussa lääkeaineiden käytöstä, koska heillä on Pro Auctore -

oikeudet ja kokemusta tutkimuksessamme käytettyjen silmänpainemittareiden ja pakymetrin käytöstä.

5.2 Sarveiskalvon pintapuuduteaineiden käyttäminen tutkimuksessa

Tutkimusta varten tutkittaville jouduttiin tiputtamaan silmätippoja silmiin. Samalla pääsimme harjoittelemaan oikeaoppista tekniikkaa silmätippojen tiputtamiseen. Yritimme kiinnittää huomiota asiakasystävälliseen tapaan toimia kertoen tutkittaville koko ajan mitä olimme tekemässä ja miksi, jotta tutkittava pysyisi rauhallisena eikä jännittäisi turhaan. Tutkittaville kerrottiin jo ennen tipan laittamista silmiin, että puuduteaine saattaa hetkellisesti kuivattaa silmän pintaa ja tuntua epämiellyttävää kuivumisen aiheuttamaa kirvelyä tai luomet saattavat tuntua raskailta. Tutkittavia kehoitettiin olemaan hieromatta silmiään käsillään reilun tunnin ajan, jolloin puuduteaine vaikuttaa silmässä. Myös piilolinssien käyttöä tulisi välttää tunnin ajan puuduteaineen laittamisesta (Oftan Obucain® 2009).

Hygienia on tärkeää ja tippojen käyttö on aloitettava siitä, että pestään kädet. Tämän jälkeen silmätipppapullo avataan. On varottava koko ajan, ettei tippapullon kärki osu minnekään, jotta pullon sisältö pysyy steriilinä seuraavaa käyttökertaa varten. Tippapullon kärki ei saa osua esimerkiksi silmään tai ripsiin. Jos tippapullon kärki osuu johonkin, tippapullo on hävitettävä asianmukaisesti esimerkiksi viemällä se apteekkiin hävitettäväksi asianmukaisesti. Tutkittavaa pyydetään kallistamaan päätään taaksepäin. Tipan tiputtaminen onnistuu myös, jos henkilö makaa selällään. Henkilöä pyydetään katsomaan ylös ja samalla vedetään alaluomea alaspäin. Ohjeen mukaisesti tippoja annostellaan painamalla tippapulloa kevyesti. Tippa tiputetaan alaluomitaskuun, jonka jälkeen koehenkilöä pyydetään sulkemaan silmä. Silmän sisänurkkaa tulisi painaa kevyesti etusormella minuutin ajan. Tällä pyritään estämään lääkeaineen kulkeutuminen systeemiverenkiertoon. Tippapullo suljetaan heti tipan laitton jälkeen. (Oftan Obucain® 2009.)

Kun silmänpaine mitataan Goldman-aplanaatiotonometrillä, silmä puudutetaan käyttämällä fluoreseiinia sisältävää puuduteainetta (Oftan Flurekain®) tai laittamalla puuduteaine (Oftan Obucain®) ja fluoreseiini erikseen (Than - Yang - Williams 2008: 320–201). Tutkimuksessamme päädyimme käyttämään ainoastaan Oftan Flurekainia® tutkittaville, koska tutkimusta varten riittää, että yhteen silmään tiputetaan ainoastaan yksi tai kaksi tippaa puuduteainetta halutun puudutusvaikutuksen aikaansaamiseksi.

Puuduteaineen tiputtamisen jälkeen silmänpaine voidaan mitata minuutin vaikutusajan jälkeen (Than - Yang - Williams 2008: 320–201). Jos tutkittava kyynelehtii paljon, saattaa fluoreseiinatrium huuhtoutua silmän pinnalta, jolloin fluoreseiinia voi lisätä fluoreseiiniliuskasta silmän pinnalle. Tutkimuksessamme käytettiin Goldmann-mittauksissa apuna BioGlo-fluoreseiiniliuskoja, joissa fluoreseiinatrium on pienimolekyylisiä.

5.3 Oftan Flurekain® -silmatippaliuos

Oftan Flurekain® -silmatippojen vaikuttavat aineet ovat oksibuprokaiinihydrokloridi 3 mg/ml ja fluoreseiinatrium 1,25 mg/ml. Oksibuprokaiini on paikallispuudute, jolla saadaan nopeasti lyhytkestoinen puudutus silmän pintaan. Fluoreseiini on väriaine, joka helpottaa sarveiskalvovaurioiden havaitsemista ja sen vuoksi Oftan Flurekain® on vihertävän tai kellertävän värinen liuos. Oftan Flurekain® - silmatippoja käytetään silmänpainemittausten ja sarveiskalvovaurioiden tutkimisen yhteydessä. Yleisimmin käytetty annostus on 1-2 tippaa kumpaankin silmään, jolloin silmän pinta puuttuu silmänpaineen mittausta varten noin minuutin kuluessa. Vaikutus häviää noin tunnin kuluttua. (Oftan Flurekain® 2011.)

Oftan Flurekain® -silmatippojen sisältämä fluoreseiini voi värjätä pehmeät piilolinssit. Piilolinssit tulee poistaa silmistä ennen tipan tiputtamista ja laittaa takaisin silmään aikaisintaan tunnin kuluttua tiputtamisesta. Oftan Flurekainia® ei tule käyttää, jos on allerginen oksibuprokaiinille tai fluoreseiinille. Oftan Flurekain® ei yleensä aiheuta haittavaikutuksia ja se sopii useimmille ihmisille. Tipan tiputtamisen jälkeen normaalia on ohimenevä silmien kirvely. Kun puuduteaineen vaikutus katoaa, saattaa silmissä olla roskantunnetta, joka johtuu silmän pinnan hetkellisestä kuivumisesta. Allergiset reaktiot Oftan Flurekainista® ovat erittäin harvinaisia. Oftan Flurekainia® säilytetään jääkaapissa. Tippapullon avaamisen jälkeen aine säilyy 14 vuorokautta huoneenlämmössä tai 28 vuorokautta jääkaapissa, jonka jälkeen tippapullo on hävitettävä asianmukaisesti. (Oftan Flurekain® 2011.)

Oftan Flurekain® on erinomainen silmatippa mitattaessa silmänpainetta Goldman-aplanaatiotonometrillä, koska se sisältää sekä värjäys- että puuduteaineen oikeissa suhteissa. Suomessa silmälääkärit todennäköisesti käyttävät eniten Oftan Flurekainia® Goldman-aplanaatiotonometrimittauksissa. Flurekainin® voi korvata tiputtamalla

silmään erikseen tipan Oftan Obucainia® (4 mg/ml) ja lisäämällä fluoreseiinatriumia silmän pinnalle joko tippana tai liuskasta.

5.4 Oftan Obucain® 4 mg/ml -paikallisuudute

Oftan Obucain® 4mg/ml -silmätipat (ATC-koodi S01HA02) kuuluvat farmakoterapeuttisiin paikallisuudutteisiin. Vaikuttavana aineena on oksibuprokaiinihydrokloridi, jota on 4 mg millilitrassa. Lääke sisältää myös boorihappoa ja injektionesteisiin käytettävää vettä. Säilöntäaineena Oftan Obucainissa® on bentsalkoniumkloridia 0,1 mg/ml. Liuos on kirkasta, väritöntä tai lievästi kellertävän väristä. Käyttöaika pullon avaamisesta on 28 vuorokautta ja avaamattomana kaksi vuotta. Tippapulloa säilytetään joko jääkaapissa (2° - 8°C) tai huoneenlämmössä alle 25°C. (Oftan Obucain 2010.)

Oksibuprokaiini on esterirakenteinen paikallisuudute, jota käytetään erilaisiin tutkimus- ja hoitotoimenpiteisiin. Rakenteeltaan oksibuprokaiini muistuttaa prokaiinia. Sen puudutusvaikutus on nopea, voimakas ja kestoltaan lyhyt. Puudutusvaikutus häviää yleensä n. yhden tunnin kuluttua. Oksibuprokaiini ei vaikuta silmän mustuaisen kokoon. Oftan Obucainia® voidaan käyttää esim. vierasesineiden poistoon silmän pinnalta tai silmänpaineen ja sarveiskalvopaksuuden mittausta varten. (Oftan Obucain® 2010.) Oftan Obucain® annostellaan silmään tiputtamalla lääkeaine alaluomitaskuun. Silmänpaine- ja sarveiskalvopaksuusmittausta varten riittävä annostus on 1 - 2 tippaa. Tarvittava puudutevaikutus syntyy yleensä noin minuutin kuluttua tiputtamisesta. (Oftan Obucain® 2009.)

5.5 Fluoreseiinatrium – värjäysaine

Fluoreseiinatrium on diagnostinen värjäysaine, jota voidaan käyttää mm. side- ja sarveiskalvon haavaumien ja naarmujen toteamiseen. 2-prosenttisia (20 mg/ml) fluoreseiinitippoja tiputetaan silmään tarvittava määrä eli yleensä 1-2 tippaa. (Saari 2001: 435–436.) Kun kyynelneste on huuhtonut väriaineen pois silmästä, fluoreseiini ei vaikuta ajokykyyn eikä tarkkuutta vaativien tehtävien suorittamiseen. Fluoreseiini voi värjätä pehmeät piilolinssit. Piilolinssit tulisi sen vuoksi poistaa silmistä ennen väriaineen tiputtamista silmiin ja laittaa takaisin silmään aikaisintaan tunnin kuluttua tiputtamisesta. (Oftan Flurekain® 2011.)

Fluoreseiinia käytetään myös fluoreseiiniliuskojen avulla esim. BioGlo. Yksittäispakattuihin paperisiin liuskoihin on imeytettynä fluoreseiinatriumia, joka erikseen tiputettavan suolaliuoksen avulla saadaan nestemäiseen muotoon. Yhteen BioGlo-liuskaan on imeytetty fluoreseiinatriumia 1mg. Fluoreseiiniliuskan avulla värjäysainetta on helppo annostella silmän pinnalle tarvittava määrä. Kostuneella liuskan päällä kosketetaan varovasti sidekalvoa, jonka jälkeen tutkittavaa pyydetään räpäyttämään muutama kerta, jolloin aine levittyy koko sarveiskalvon alueelle. Ylimääräinen aine valuu helposti luomireunojen yli ja se värjää mm tekstiilejä herkästi. Fluoreseiiniliuskat säilyvät huoneenlämmössä. Fluoreseiiniliuskoja on saatavilla suuri- ja pienimolekyylisellä fluoreseiinatriumilla ja niitä on saatavilla erilaisilla tuotenimillä eri valmistajilta. (Daily Med 2012.)

6 Tutkimuksen aihe, tavoite, tarkoitus ja ongelmat

Opinnäytetyömme aiheena on tutkia ilmiönä sarveiskalvon keskipaksuuden vaikutusta silmänpainelukemaan. Meitä kiinnosti tietää, miten sarveiskalvon paksuus vaikuttaa eri silmänpainemittareiden antamiin tuloksiin. Lisäksi halusimme selvittää, mikä yleisesti optikoiden ja silmälääkäreiden käytössä olevista silmänpainemittareista antaa eniten lineaarisia tuloksia sarveiskalvopaksuuden vaikutuksen huomioiden. Kiinnostavaa oli myös selvittää, miten eri silmänpainemittareiden antamat tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia. Jos asiakas esimerkiksi käy silmänpainemittauskontrolleissa ja häneltä mitataan usealla erityyppisellä laitteella silmänpainelukemia, miten mahdolliset eroavaisuudet mittaustuloksissa eri laitteiden välillä pitäisi tulkita. Tarkoituksena oli kerätä aineistoa mittaamalla silmänpainearvoja ja sarveiskalvon keskipaksuuksia Metropolia Ammattikorkeakoulun opiskelijoilla. Tutkimusaineistosta haettiin korrelaatioita silmänpainearvojen ja sarveiskalvopaksuuden välillä. Vertasimme keskenään myös silmänpainemittauslaitteiden antamia tuloksia. Tutkimustulosten perusteella pohdimme miten eri silmänpainemittausmenetelmillä saatuja painearvoja pitäisi tulkita ja mikä silmänpainemittauslaitteista olisi paras hankinta optikkoliikkeeseen.

7 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteutus

7.1 Tutkimusmenetelmät

Kvantitatiivisessa eli määrällisessä tutkimuksessa keskeistä ovat johtopäätökset aiemmista tutkimuksista, aiemmat teoriat sekä käsitteiden määrittely (Hirsjärvi - Remes - Sajavaara 2006:131). Tutkimuksessa on tavoitteena saada vastauksia kysymyksiin, jotka pohjautuvat tutkimusongelmiin. Määrällisen lähestymistavan keinoja on hyvä käyttää silloin, kun opinnäytetyön tueksi tarvitaan tilastollisesti ilmoitettavaa numeraalista tietoa ja selvityksen kohteena oleva tieto on mitattavissa. Määrällisessä tutkimusmenetelmässä käsitellään tutkittavia asioita numeroiden avulla. Tutkittava tieto saadaan numeroina tai vaihtoehtoisesti aineisto ryhmitellään numeeriseen muotoon. Numerotiedot tulkitaan ja selitetään sanallisesti. (Vilka – Airaksinen 2007: 14, 58–59.)

Opinnäytetyömme on määrällinen tutkimus, koska kvantitatiivisen menetelmän keinoin on helpoin saavuttaa vastauksia tutkimusongelmiin. Tutkimuksessa tutkittavien silmistä kerätyt tiedot on ilmoitettu numeroina. Keräsimme aineistoa aluksi itse suunnittelemaamme lomakkeeseen ja tulokset mittauksista kirjattiin käsin lomakkeisiin. Näistä lomakkeista siirsimme tulokset sähköiseen muotoon SPSS-ohjelmaan. Tulosten vertailu ja tulkitseminen tapahtui SPSS-ohjelmiston avulla. SPSS-ohjelman avulla saimme tietoa tilastollisesti tietojen luotettavuudesta sekä pystyimme vertailemaan eri silmänpainemittareiden tuloksia keskenään, kun vakiona niissä kaikissa oli sarveiskalvopaksuudet.

7.2 Tutkimuksen eteneminen

Opinnäytetyömme käynnistyi tammikuussa 2012 saadessamme aiheidean tutkimuksesta ”Sarveiskalvopaksuuden merkitys silmänpainemittarin lukemaan eri silmänpainemittareilla mitattaessa”. Aiheesta meille kertoi lehtori Juha Päälysaho. Aloimme kerätä teoretietoa sekä suunnitella tutkimuksen koeasetelmaa. Ensimmäiseen ideaseminaariin osallistuimme 25.4.2012. Toiseen ideaseminaariin osallistuimme 12.2.2013.

Mittausten valmistelu aloitettiin syksyllä 2012 ja 18.10.2012 pääsimme harjoittelemaan mittauslaitteiden käyttöä. Ensimmäiset varsinaiset silmänpainemittaukset suoritimme 18.10–29.10.2012 ja tammi-helmikuussa 2013 mittauksia jatkettiin. Mittausten

etenemistä pitkittivät mm. opintojen harjoittelujaksot sekä laitteiden huollot. Tulosten tulkinta ja analysointi tapahtui huhti-toukokuussa 2013. Opinnäytetyön esitysajankohta on 22.11.2013.

7.3 Tutkimusjoukko ja otanta

Kun tutkimusjoukko valitaan sillä perusteella, että se on helposti saavutettavissa ja sopii tutkimuksen tarkoitukseen, on kyseessä harkinnanvarainen otanta. Tutkija valitsee harkinnanvaraisessa otoksessa koehenkilöt oman harkinnan mukaan parhaaksi katsomallaan tavalla. (Vilka 2007:58.) Tutkimuksen tutkimusjoukoksi valittiin joukko Metropolia ammattikorkeakoulun optometristiopiskelijoita ja siihen osallistui myös yksi opettaja. Mittauksiin osallistui 18 henkilöä, joista yksi oli mies ja loput 17 naisia. Henkilöiden ikäjakauma oli 21–52 vuotta ja keskiarvo ikäjakaumasta on 27.

Tutkittavat valittiin sen perusteella, että heidät oli helppo tavoittaa ja heidän oli helppo sovittaa mittaukset omiin aikatauluihinsa. Lisäksi karsimme tutkittavistamme pois ne joilla oli silmäsairaus, puudutusaineallergia tai astigmatiaa 3 dioptriaa tai enemmän. Optometristiopiskelijoita oli melko helppo saada koehenkilöiksi, koska he kokivat oppivansa osallistuessaan uusia asioita silmänpaineen mittaamisesta ja saavansa itse kokemusta mittaustapahtumasta asiakkaan näkökulmasta katsoen. Vastaamme tuli myös opiskelijoita, jotka eivät halunneet osallistua tutkimukseen, koska pelkäsivät silmän pintaan koskettamista mittauslaitteella. Tutkittavat henkilöt valikoituivat vapaaehtoisuuteen perustuen. Yhteensä mittasimme 35 silmää, joka on tutkimuksemme otanta. Yhdeltä naisista mittasimme vain toisen silmän. Siksi lopullinen otanta on lukuna pariton määrä silmiä.

7.4 Mittaukset ja aineiston kerääminen

Tutkimuksen aineiston keruu tapahtui 18.10.2012- 21.2.2013 Metropolia Ammattikorkeakoulun tiloissa Mannerheimintie 172 toimipisteessä, missä koulutetaan optometristejä. Annoimme tutkittaville saatekirjeet (liite 1), jotka samalla toimivat kutsuina tilaisuuteen. Tutkittavilla oli mahdollisuus esittää kysymyksiä opinnäytetyöhön ja aineiston keruuseen liittyen tutkimuksia ennen, niiden aikana ja tutkimusten jälkeen.

Tutkimuksiin saapuessaan tutkittavat pyydettiin aluksi istumaan, jotta suljettiin pois korkean verenpaineen tai fyysisen rasituksen mahdollinen silmänpainetta nostava

vaikutus. Samalla he täyttivät suostumuslomakkeen (liite 2) ja esitietolomakkeen (liite 3). Esitietolomakkeesta varmistimme, ettei tutkittavalla ole puuduteallergioita, silmänsairautta tai suurta astigmatiaa. Mittaukset aloitettiin laitteilla, jotka eivät vaatineet silmän pintapuudutusta.

Ensimmäiseksi tutkittavilta mitattiin silmänpaine ja silmän pinnan kaarevuusarvot Nidek Tonoref RKT-7700 ilmanpainetonometrillä. Keratometriarvoista varmistimme esitietolomakkeen lisäksi, ettei tutkittavalla ollut suurta sarveiskalvon astigmatiaa. Tämän jälkeen mittasimme silmänpaineen iCare®-kimmoketonometrillä. iCare®-mittausta varten pyrimme asettelemaan jokaisen tutkittavan istumaan samankaltaiseen asentoon, jotta tässä tutkimuksessa tulokseen ei pääsisi vaikuttamaan tutkittavan istumisasento tai pään asentojen suuret eroavaisuudet. Tutkittavia pyydettiin kohdistamaan katse yhteen kohteeseen mittauksen ajaksi. iCare®-tonometrillä otettiin kuusi mittausta silmää kohden. Laite ilmoitti tulosten keskiarvon sekä luotettavuusarvion mittauskerrasta. Jos laite ilmoitti luotettavuuden välttäväksi, toistimme mittauksen kunnes tulos oli luotettavuusasteeltaan hyvä. Mittaukset pyrittiin ottamaan mahdollisimman keskeltä sarveiskalvoa, koska mittaus sarveiskalvon reuna-alueilta saattaa vääristää iCare®-kimmoketonometrin tulosta (Muttuvelu - Baggesen - Ehlers 2010).

Sarveiskalvon paksuutta mitattaessa tutkimus aloitettiin tiputtamalla Oftan Obucain-tippa tutkittavan silmiin ja minuutin jälkeen sarveiskalvot olivat puutuneet. Tutkittava kohdisti katseensa pyydettyyn kohteeseen. Yhdestä silmästä otettiin paksuusmittarilla yhdeksän mittausta, joista laite ilmoitti keskiarvon. Laitteen antamaa keskiarvoa käytettiin tutkittavan sarveiskalvon keskipaksuustuloksena. Sarveiskalvopaksuus pyrittiin mittaamaan kaikilta tutkittavilta mahdollisimman keskeltä sarveiskalvoa, koska sarveiskalvon paksuus muuttuu reuna-alueille (limbusalue) siirryttäessä (Montgomery 1998–2013).

Goldmann-aplanaatiotonometrimittausta varten tutkittavien sarveiskalvot puudutettiin Oftan Flurecain® -puudutteella, joka sisältää 3 mg/ml oksibuprokaiinia ja mittaustuloksen analysoimiseksi tarvittavaa väriainetta fluoreseiiniä 1,25 mg/ml. Tarvittaessa lisäsimme fluoreseiinia silmään BioGlo-fluoreseiiniliuskasta. Lisäfluoreseiinia tarvittiin henkilöillä, jotka kyynelehtivät paljon. Goldmann-aplanaatiotonometrillä otettiin kustakin silmästä kolme perättäistä mittausta, joista laskettiin keskiarvo. Mittaustilannetta pohtiessamme päädyimme siihen, että vain

toinen meistä tekee silmänpainemittaukset aplanaatiotonometrilla, koska mittausmenetelmä on haastava ja sen tulos riippuu mittaajan omasta tulkinnasta. Näin pyrimme keskenään mahdollisimman luotettaviin mittaustuloksiin. Muiden tutkimuksessa käytettyjen mittauslaitteiden osalta mittaustulos ei ole riippuvainen mittaajan omasta tulkinnasta, joten näitä mittauksia teimme molemmat. Tutkimustulokset kirjassimme käsin esitietolomakkeen (liite 3) loppuun. Annoimme tutkittaville palautelomakkeen (Liite 4) hänen omista mittaustuloksistaan. Lisäksi tutkittavat saivat osallistumisestaan lahjana avaimenperän.

7.5 Aineiston analysointi

Päädymme tutkimaan tuloksia parittaisen T-testin avulla, koska mittasimme toisistaan riippuvia muuttujia (silmänpaine ja sarveiskalvopaksuus). Otos oli 35 silmää. T-testiä ei tulisi käyttää, jos otos jäisi alle 30. P-arvo kertoo sattuman mahdollisuudesta saatuihin tuloksiin. Mitä pienempi p-arvo sitä enemmän saadaan tukea sille, että sattuma ei merkitsevästi vaikuta tulokseen. Jos p-arvo on alle 0,001, tulos on tilastollisesti erittäin merkitsevä. Jos p-arvo on alle 0,01, tulos on vielä tilastollisesti merkitseväksi ja p-arvon ollessa alle 0,05, tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä. (Taanila 2013.) Aineistossamme P-arvot ovat Goldman-aplanaatiotonometrimittauksissa ja ilmanpainetonometrimittauksissa 0,000 eli vertailun avulla saamamme tulokset näillä laitteilla ovat tilastollisesti merkitseviä eli sattuman mahdollisuus mittaustuloksiin on hyvin pieni. iCare-mittausten p-arvot suhteessa Goldmannin aplanaatiotonometriin, ilmanpainetonometriin ja pakymetriin ovat melkein merkitseviä. Sattuman mahdollisuus iCarella saaduissa tuloksissa on suurempi kuin muilla laitteilla saaduissa tuloksissa.

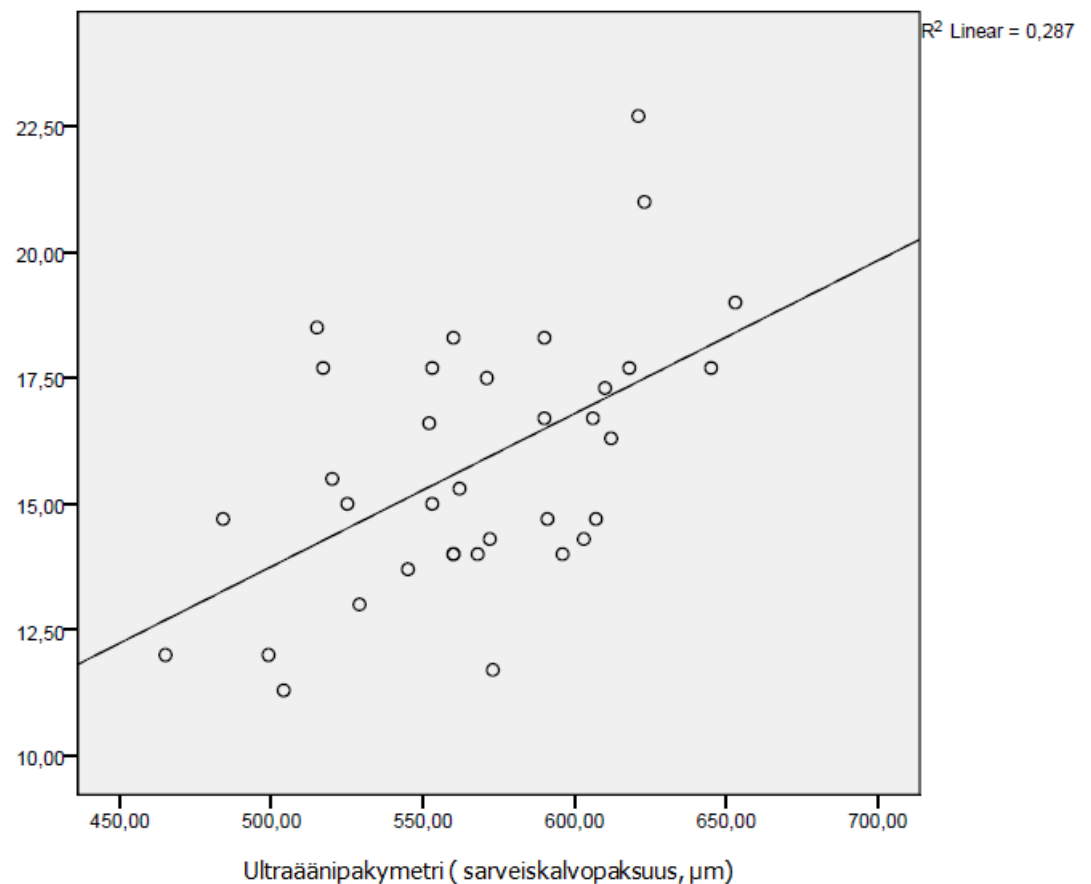
Taulukoissa 3-4 on esitettyinä sarveiskalvopaksuudet suhteessa eri laitteilla mitattuihin silmänpainearvoihin. Pearsonin korrelaatiokertoimen (r) mukaan sarveiskalvopaksuudella ja silmänpaineella on kaikilla silmänpainemittauslaitteilla mitattuna positiivinen korrelaatio eli kahden muuttujan välinen riippuvuus. Positiivisessa korrelaatiossa toisen muuttujan kasvaessa myös toinen muuttuja kasvaa. Korrelaatiokertoimen ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin 0,7 on korrelaatio voimakas. Korrelaatio on kohtalainen korrelaatiokertoimen ollessa 0,3-0,7 ja heikko korrelaatiokertoimen ollessa alle 0,3. (Taanila 2013.) Selitysasteviiva (R^2) kertoo, kuinka lineaarisesti silmänpainearvo kuvastaa sarveiskalvopaksuutta ja toisinpäin, kuinka sarveiskalvopaksuus kuvastaa silmänpainearvoa. Goldmann-aplanaatiotonometrilla mitatuista silmänpainearvoista 28,7 % selittyy

sarveiskalvopaksuudella. Ilmanpainetonometrillä vastaavasti 42 % silmänpainearvoista selittyy sarveiskalvopaksuudella. iCarella silmänpaineen ja sarveiskalvopaksuuden korrelaatio on 16,4 %. Ilmanpainetonometrillä saadut arvot ovat kaikkein lineaarisimmat eli muuttujat selittävät toisiaan enemmän kuin muilla paineenmittausmenetelmillä. iCare:n tuloksissa oli eniten hajontaa, joka saattaa selittyä sillä, että iCare-tuloksissa on eniten sattuman mahdollisuutta ($p=0,016$).

Goldmann-aplanaatiotonometrin ja pakymetrin tulosten välillä on positiivinen korrelaatio, joka on tilastollisesti kohtalaisen luotettava ($r = 0,535$). Taulukko 3 kuvaa korrelaatiota Goldmann-aplanaatiotonometrin ja pakymetrin tulosten välillä. Riippuvuus on sitä voimakkaampi, mitä enemmän korrelaatiokertoimen arvo eroaa nolasta.

Taulukko 3. Goldmann-aplanaatiotonometrin silmänpainearvojen lineaarinen riippuvuus sarveiskalvopaksuudesta. (SPSS)

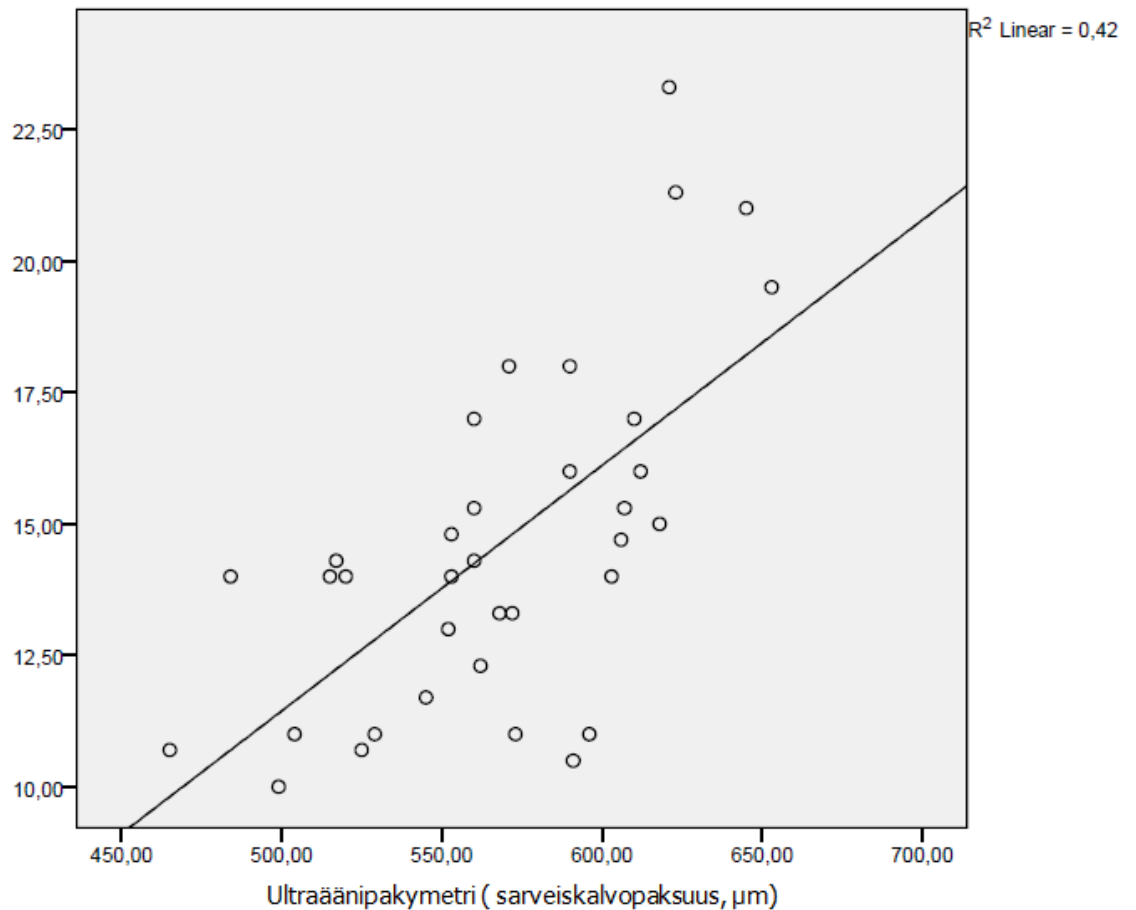
Goldmann applanaatiotonometri
(silmänpainearvo, mmHg)



Ilmanpainetonometrin ja pakymetrin välinen positiivinen korrelaatio on 0,648 eli tilastollisesti lineaarinen riippuvuus (r) on kohtalainen. Taulukko 4 havainnollistaa ilmanpainetonometrin ja pakymetrin tulosten riippuvuutta. Ilmanpainetonometrin ja pakymetrin korrelaatio on suurempi kuin Goldmannin ja pakymetrin korrelaatio.

Taulukko 4. Ilmanpainetonometriarvojen lineaarinen riippuvuus sarveiskalvopaksuudesta. (SPSS)

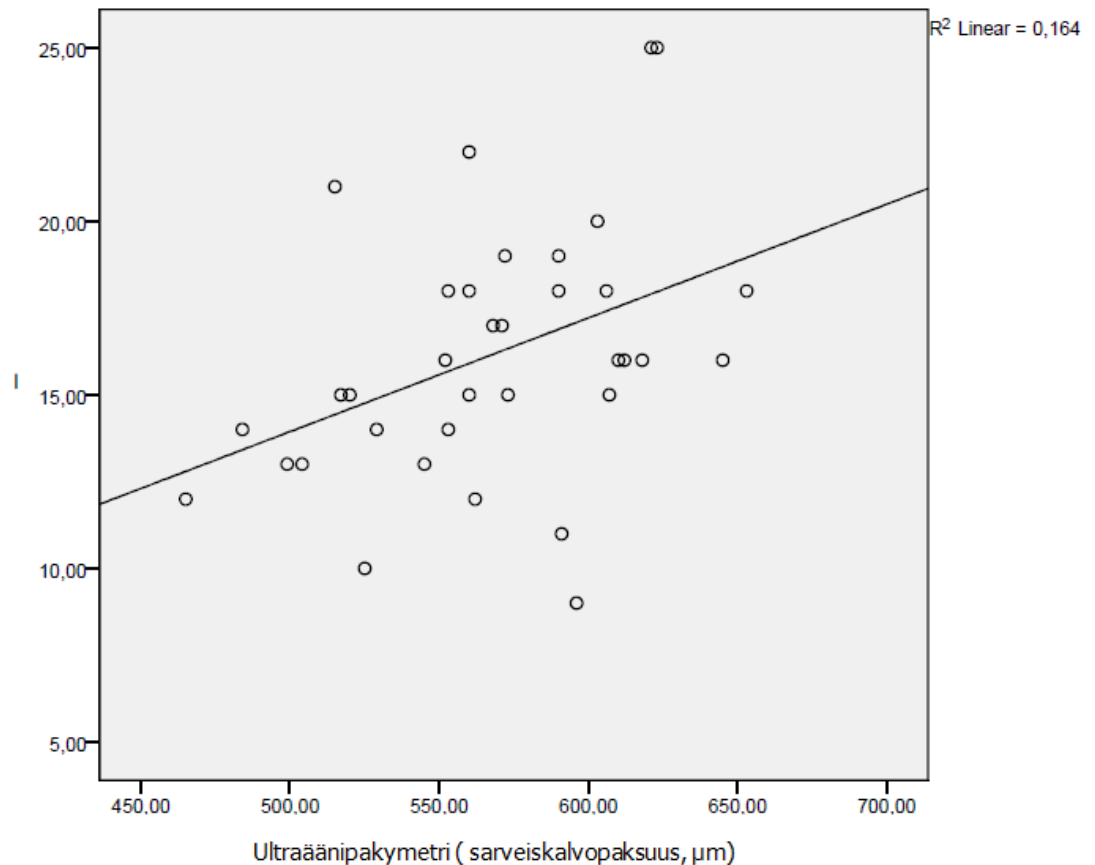
Ilmanpainetonometri
(silmapaine-arvo, mmHg)



iCare:n ja pakymetrin korrelaatio on Goldmann-aplanaatiotonometriin ja ilmanpainetonometriin verrattuna heikoin. Korrelaatiokerroin iCare:n ja pakymetrin välillä 0,404. Taulukossa 5 on esitetty iCare:n ja pakymetrin korrelaatio ja selitysasteviiva.

Taulukko 5. iCare-silmänpainearvojen lineaarinen riippuvuus sarveiskalvopaksuudesta. (SPSS)

iCare
(silmanpainearvo, mmHg)



8 Tutkimustulokset ja johtopäätökset

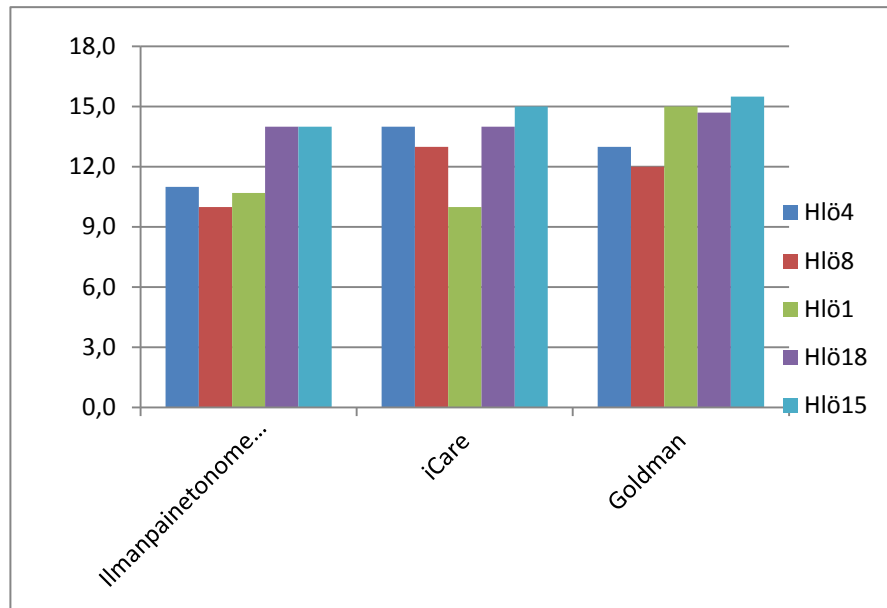
Ihmistieteissä riskitason eli sattuman mahdollisuus tutkimustuloksissa pitää olla alle viisi prosenttia (SPSS Pikaohjeita 2010). Tässä tutkimuksessa riskitaso oli 3 % eli tutkimuksemme luotettavuutta voidaan pitää hyvänä. Goldmann-aplanaatiotonometria pidetään ”kultaisena” standardimittauslaitteena silmänpainemittauksissa. Kaikkien laitteiden väliset korrelaatiokerroimet olivat vahvoja. Tutkimusaineistomme perusteella ilmanpainetonometrin tulokset korreloivat parhaiten Goldmann-aplanaatiotonometrin tulosten kanssa. Korrelaatiokerroin näiden kahden laitteen välillä oli 0,851. Näin ollen pakymetrin sarveiskalvopaksuuden korjaustaulukko olisi käyttökelpoinen myös

ilmanpainetonometrin mittaustulosten kanssa. Goldmann-aplanaatiotonometrin ja iCare:n välinen korrelaatiokerroin oli 0,704 ja ilmanpainetonometrin sekä iCare:n välinen korrelaatiokerroin oli 0,743. Myös nämä korrelaatiokertoimet ovat tilastollisesti voimakkaita.

Vertasimme silmänpainemittaustuloksia keskenään eri laitteilla ryhmittelemällä esimerkkiryhmät sarveiskalvopaksuuden mukaan. Kaikkien tutkittavien silmien sarveiskalvopaksuuden keskiarvo oli 567 mikrometriä (μm), joka on hyvin linjassa käyttämiemme viitearvojen kanssa. Jotta pystyimme vertailemaan silmänpainemittaustuloksia vielä tarkemmin, valitsimme tutkittavistamme 15 henkilöä, joiden oikean silmän sarveiskalvopaksuudet ja eri silmänpainemittaustulokset taulukoimme. Jaoin tutkittavat edelleen ryhmiin, joissa viidellä oli ohut sarveiskalvo (alle 530 μm), viidellä keskiarvon (530–580 μm) mukainen sarveiskalvopaksuus ja viidellä paksu sarveiskalvo (yli 580 μm). Usean tutkimushenkilön kohdalla oikean ja vasemman silmän sarveiskalvopaksuudet erosivat toisistaan niin, että silmät kuuluivat eri sarveiskalvopaksuusryhmiin.

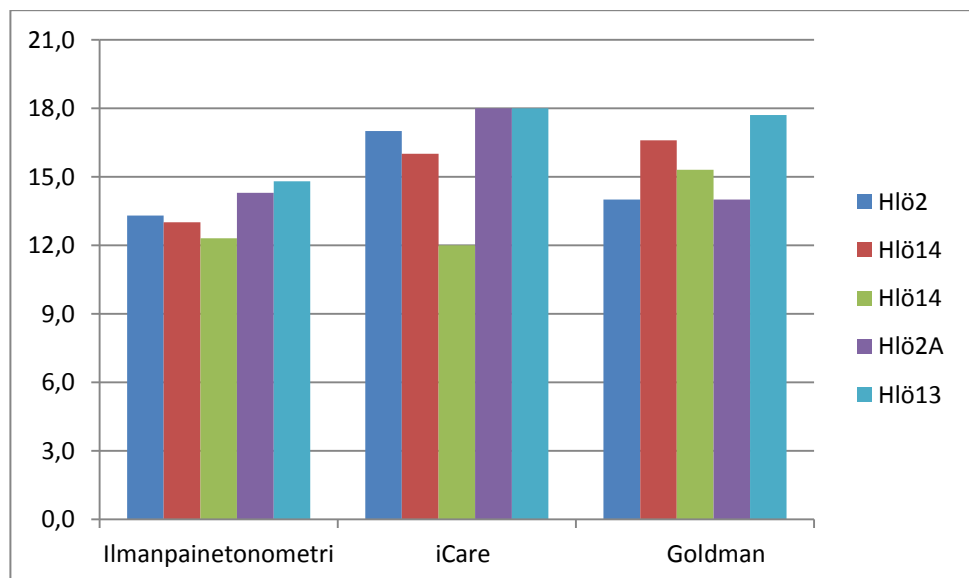
Silmänpainearvot jäivät alle 15,5 mmHg tutkittavien kohdalla, joilla on keskivertoa ohuemmat sarveiskalvot (Taulukko 6). Kuten aiemmissa tutkimuksissa on todettu, ihmisiltä, joilla on keskivertoa ohuempi sarveiskalvo, saadaan mitattua matalampia silmänpainearvoja (Kniestedt - Lin - Choe - Bostrom - Nee - Stamper 2005). Silmänpainemittaustuloksissa oli laitteesta riippumatta hajontaa. Tämän perusteella ohut sarveiskalvo ei vaikuta merkittävästi mittaustuloksen luotettavuuteen, vaikka silmänpainearvot ovat tässä tutkittavien ryhmässä matalampia kuin paksujen ja keskiarvopaksujen sarveiskalvojen ryhmissä.

Taulukko 6. Tutkimushenkilöt joiden sarveiskalvopaksuus on alle 530 µm



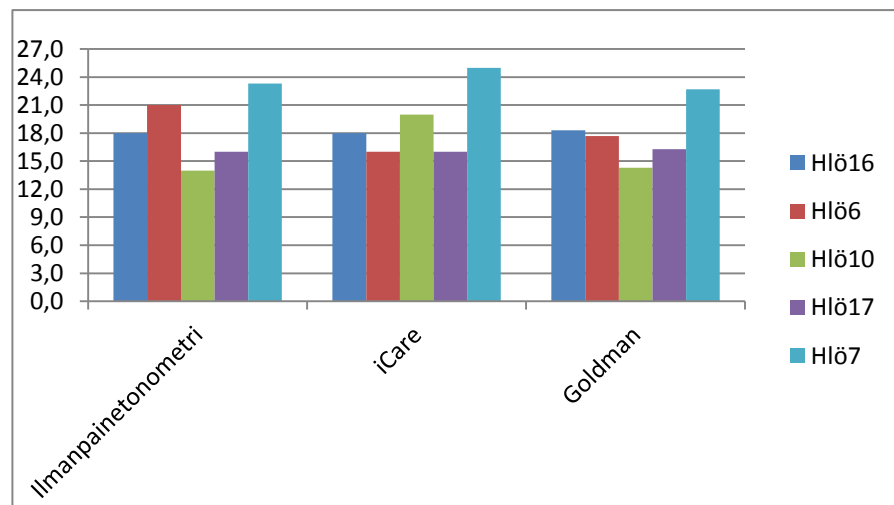
Taulukossa 7 on silmänpainearvoja tutkittavilta, joilla on 530–580 µm sarveiskalvopaksuus. Mittaustulosten väliset erot olivat keskenään pienimpiä muihin ryhmiin verrattuna. Tämän perusteella kaikki laitteet ovat luotettavuudeltaan hyvin lähellä toisiaan. Silmänpainemittarit ovat yleensä kalibroitu 545 µm sarveiskalvopaksuudelle. Silmänpainearvojen pieni hajonta saattaa selittyä sillä, että tutkittavien sarveiskalvopaksuudet olivat lähellä 545 mikrometriä.

Taulukko 7. Tutkimushenkilöt joiden sarveiskalvopaksuus on 530-580 µm.



Kun tutkittavilla oli paksut sarveiskalvot (Taulukko 8), on silmänpainemittaustulosten hajonta mittauslaitteiden välillä samankaltaista kuin ohuilla sarveiskalvopaksuuksilla, mutta silmänpainelukemat ovat huomattavasti korkeampia kuin ohuilla sarveiskalvopaksuuksilla.

Taulukko 8. Tutkimushenkilöt joiden sarveiskalvopaksuus yli 580 μm .



Laskimme myös kaikista silmänpainemittaustuloksista keskiarvot laitekohtaisesti. Tällöin emme siis ottaneet sarveiskalvopaksuutta lainkaan huomioon. Ilmanpainetonometrillä mitattujen silmänpainelukemien keskiarvo oli 15,1 mmHg. iCarella saimme mittaustulosten keskiarvoksi 16,2 mmHg ja Goldman-aplanaatiotonometrillä keskiarvotulos oli 15,8. Pienimmän ja suurimman keskiarvotuloksen ero oli 1,1 mmHg, joka ei mielestämme ole kliinisesti merkittävä.

9 Pohdinta

Tutkimuksemme perusteella voimme todeta, että ilmanpainetonometrin ja kimmoketonometrin tulokset olivat lähellä Goldmann -aplanaatiotonometrin tuloksia. Alkuperäinen oletuksemme oli, että iCare:n tulokset saattaisivat olla lähempänä Goldmann-aplanaatiotonometrin tuloksia kuin ilmanpainetonometrin. Uusimmat ilmanpainetonometrit ja kimmoketonometrit ovat hyviä optikoiden käytössä helppokäyttöisyytensä vuoksi sekä koska niiden käyttö ei vaadi sarveiskalvon pinnan

puuduttamista. Useimpien tutkittaviemme mielestä silmänpaineen mittaaminen Goldmann-aplanaatiotonometrillä tuntui epämiellyttävimmältä käyttämistämme menetelmistä.

Tutkimuksessamme sarveiskalvon paksuus vaikutti ilmanpainetonometrin tuloksiin eniten ja iCare-tuloksiin vähiten. Pohdimme, antaisiko iCare sittenkin luotettavimmat silmänpainelukemat, kun sarveiskalvopaksuutta ei huomioida, koska laitteen aplanaatioalue on pienin. Tälle pohdinnalle emme kuitenkaan saaneet julkaisuista tukea. iCare ei anna liian korkeita silmänpainelukemia, kun sarveiskalvopaksuus on keskiarvoa paksumpi tai liian alhaisia silmänpainelukemia, kun sarveiskalvo on keskiarvoa ohuempi. Erot eri mittauslaitteiden tulosten välillä olivat korkeimmillaan 4 mmHg. Tämä laitteiden tulosten välinen ero voi olla merkittävä silloin, kun silmänpaine on viitearvojen ylärajoilla ja pohditaan asiakkaan jatkotutkimuksiin lähettämistä. On kuitenkin tärkeää muistaa, että glaukoomadiagnoosia ei tehdä pelkän silmänpainearvon perusteella. Silmänpaineseurannat olisi kuitenkin suositeltavaa mitata aina samalla laitteella.

Tuloksia pohdittaessa on huomioitava, että tutkimusjoukkomme oli pieni. Pienelläkin otannalla saadaan kuitenkin esille itse mittaustekniikkoihin liittyvä ilmiö, kun toistomittauksia on riittävä määrä. Suuremmalla otannalla tulos voi kuitenkin olla toisenlainen. Suurempaa tutkittavien joukkoa ei ollut opinnäytetyömme puitteissa mahdollista tutkia, koska emme voineet tehdä tutkimusta muualla kuin Metropolian Mannerheimintien tiloissa. Puudutusaineen käyttö vaati valvovan opettajan läsnäoloa ja mittaukset täytyi suorittaa samoilla laitteilla. Vapaaehtoisia tutkittavia oli myös haastavaa löytää. Tutkittavien keski-ikä oli 27 vuotta, joka mahdollisesti voi myös vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin. Iäkkäämmällä tutkimusjoukolla toteutettuna tutkimustulokset voisivat olla erilaisia. Tutkimustuloksiin on saattanut myös vaikuttaa mittaajista, tutkittavista tai mittauslaitteista johtuvat tekijät. Näitä tekijöitä ovat laitteen hetkelliset toimintahäiriöt, laitteen vialliset asetukset, mittaajan taidot ja kokemus. iCarella ja pakymetrillä mitattaessa on tärkeää, että mittaajan käsi on vakaa, mittakärki kohdistetaan oikein ja mittaus tapahtuu sarveiskalvon keskeiseltä alueelta. Silmänpainelukemia kohottaa virheellisesti tutkittavan jännittäminen, rasiustaso ja hengityksen pidättäminen. (Kontiola 2007.)

Jatkotutkimusehdotuksiksi ehdotamme silmänpainearvojen vertailua uusimpien ja eri valmistajien ilmanpainetonometreillä. Lisäksi mielenkiintoista olisi tietää, vaikuttaako

taittovirhekirurgia silmänpaineeseen tai miten leikkaus vaikuttaa silmänpainemittareiden tulosten luotettavuuteen. Tutkimuksessa voisi mitata tutkittavilta silmänpaineen ennen ja jälkeen taittovirheleikkauksen. Tutkimuksemme aineistosta voisi tehdä opinnäytetyön, jossa silmänpainearvoja vertailtaisiin korjauskaavoilla korjattuna. Tutkimuksessamme emme käyttäneet korjauskaavoja, koska niitä ei työelämässä juuri käytetä ja halusimme tietää, mikä silmänpainemittauslaitteista olisi luotettavin sellaisenaan.

Lähteet

Applanation Tonometer AT 020 2011. Käyttöohje. Carl Zeiss Meditec AG. Saksa.
Bembridge, Jane – Murgatroyd, Harry 2008. Intraocular pressure. Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain. Oxford Journals. Verkkodokumentti. <<http://ceaccp.oxfordjournals.org/content/8/3/100.full>>. Luettu 15.11.2012

Brandt, JD – Beiser, JA – Kass, MA – Gordon, MO 2001. Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS). Department of Ophthalmology, University of California-Davis, Sacramento, California. USA. PubMed. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11581049>>. Luettu 3.4.2012

Brusini, P – Salvatat, ML – Zeppieri, M – Tosoni, C – Parisi, L 2006. Comparison of ICare tonometer with Goldmann applanation tonometer in glaucoma patients. Department of Ophthalmology, University of California-Davis, Sacramento, California. USA PubMed. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16778643>>. Luettu 16.1.2013.

Burvenich, H. - De Clercq J. 2000. The combined IOP and CCT measurement in glaucoma screening. Bull Soc Belge Ophthalmol 276:15-18. Laser Refractie Centrum 2000. Verkkodokumentti. <http://www.ophtalmologia.be/download.php?dof_id=49>. Luettu 4.4.2012

Daily Med 2012. Current Medication Information. Verkkodokumentti. Päivitetty 4.2012. <<http://dailymed.nlm.nih.gov/dailymed/drugInfo.cfm?id=66999>> Luettu 10.2.2013

Doughty, MJ – Zaman, ML 2000. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. Survey Ophthalmol. Department of Vision Sciences, Glasgow-Caledonian University, Glasgow, United Kingdom. PubMed. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10734239>>. Luettu 2.4.2012

Dr. Bernie Crolman Tribute 2002. Haastattelu. Verkkodokumentti. <<http://www.dickwhitney.net/GrolmanNCTInterviewSubmittedByDavidTaylor.html>>. Luettu 10.9.2012

Duodecim Terveyskirjasto 2013. Glaukooma. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Silmälääkäriyhdistys ry:n ja Suomen Glaukoomaseura ry:n asettaman työryhmän tuotos. Verkkosivusto. <http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=hoi37030#s7>. Luettu 16.1.2013

Espoon Yksityinen Silmäsaaraala 2009. Leikkaukset. Glaukoomaleikkaukset. Verkkodokumentti. <<http://www.silmasairaala.fi/espoo/leikkaukset/glaukoomaleikkaukset.php>> Luettu 15.6.2012.

Finlex. Valtion säädöstietopankki. Verkkodokumentti. <[http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20101088?search\[type\]=pika&search\[pika\]=1088%2F2010](http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20101088?search[type]=pika&search[pika]=1088%2F2010)>. Luettu 6.3.2012

Glaucoma research foundation. Verkkosivusto. <<http://www.glaucoma.org/glaucoma/>>. Luettu 19.12.2012

- Gunvant, P. - O'Leary, DJ – Baskaran, M. ym. 2005. Evaluation of tonometric correction factors. *Journal of Glaucoma*. 2005;14(5):337-43. *Optometric Physician*. Verkkodokumentti. <http://legacy.revoptom.com/archive/OP/op_102405.htm#article7>. Luettu 13.4.2012
- Harju, Mika 2007. Goldmannin applanaatiotonometrian virhelähteet. *Duodecim Terveyskirjasto*. Verkkodokumentti. Päivitetty 26.1.2007. <http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=nix00669>. Luettu 10.2.2013
- Harminder, Dua S. - Faraj, Dalia A. - Said, Trevor G. - Gray, James Lowe 2013. Human Corneal Anatomy Redefined : A Novel Pre-Descemet's Layer (Dua's Layer). *Ophthalmology Volume 120*. Issue 9. 1778–1785.
- Hirsjärvi, S. - Remes, P. - Sajavaara, P. 2006. Tutki ja kirjoita. 12. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 131
- Hyvärinen, Lea 2001. Silmät ja näkeminen. Silmän rakenne. Kovakalvo ja Sarveiskalvo. Verkkodokumentti. <<http://www.lea-test.fi/su/silmat/silman.html>>. Luettu 18.3.2012
- Hyvärinen, Lea 2001. Silmät ja näkeminen. Glaukooma. Verkkodokumentti. <<http://www.lea-test.fi/su/silmat/silman.html>>. Luettu 23.3.2012.
- ICare Finland 2013. Verkkosivusto. <<http://www.icaretonometer.com/index.php?page=icare-faq-ta01i>>. Luettu 16.1.2013.
- ICare Tonometer 2003. Käyttö- ja huolto-ohjekirja. Tiolat Oy.
- Ito, Ken - Tawara, Akihiko - Kubota, Toshiaki - Harada, Yukinori 2012. IOP Measured by Dynamic Contour Tonometry Correlates With IOP Measured by Goldmann Applanation Tonometry and Non-contact Tonometry in Japanese Individuals. *Journal of Glaucoma*. Verkkodokumentti. <http://journals.lww.com/glaucomajournal/Abstract/2012/01000/IOP_Measured_by_Dynamic_Contour_Tonometry.7.aspx>. Luettu 11.4.2012
- Jokela, Anita 2012. Haastattelu. *Medilaser*. Jyväskylä 10.12.2012.
- Kivelä, Tero n.d. Glaukooma. *Therapia Fennica*.fi. Kandidaattikustannus Oy. Verkkodokumentti. <<http://therapiafennica.fi/wiki/index.php?title=Glaukooma>> Luettu 16.1.2013
- Kniestedt, C. – Lin, S. – Choe, J. – Bostrom, A. – Nee, M. – Stamper, RL 2005. Clinical comparison of contour and applanation tonometry and their relationship to pachymetry. Department of Ophthalmology, University of California-San Francisco, USA. PubMed. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16286615>>. Luettu 10.4.2012
- Kontiola 2007. Kimmoketonometri, helppo ja luotettava silmänpaineen mittauslaite. *Duodecim* 2007;123(21):2635-8.
- Käypä hoito. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Verkkodokumentti. <<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/etusivu>>. Luettu 3.4.2012.

Lippincott Williams & Wilkins 2012. Journal of Glaucoma. Internetsivusto. <http://journals.lww.com/glaucomajournal/Abstract/2012/01000/IOP_Measured_by_Dynamic_Contour_Tonometry.7.aspx>. Luettu 11.9.2012

Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim. Verkkodokumentti. <http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/etusivu?p_p_id=dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku&p_p_action=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku__spage=%2Fportlet_action%2Fdlehtihakuartikkeli%2Fviewcle%2Faction&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_tunnus=duo96853&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_frompage=haku&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_hakusana=icare>. Luettu 10.9.2012.

Mladenovich, Derek 2008. Goldmann Applanation Tonometry (GAT). Opetus- ja luentomateriaali. Center for International Studies.

Moilanen, Jukka 1996. Silmänpaineen mittaaminen. Helsingin Yliopisto Silmätautien Kliinikka. Verkkodokumentti. <<http://www.helsinki.fi/~tekivela/opetus/tensio.html>>. Luettu 12.3.2012.

Montgomery, Ted M. 1998-2013. Anatomy, Physiology & Pathology of the Human Eye. Verkkodokumentti. <http://www.tedmontgomery.com/the_eye/index.html>. Luettu 15.10.2012

Muttuvelu, DV.- Baggesen, K.- Ehlers, N 2010. Precision and accuracy of the ICare tonometer - Peripheral and central IOP measurements by rebound tonometry. Department of Ophthalmology, University of California-San Francisco, USA. PubMed Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20840218>>. Luettu 1.2.2013.

Näpänkangas, Ulla 2007a. Sarveiskalvon paksuuden mittaaminen. Käypä hoito. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Verkkodokumentti. <<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/naytaartikkeli/tunnus/nak05628>>. Luettu 2.4.2012.

Näpänkangas, Ulla 2007b. Sarveiskalvon paksuuden vaikutus silmänpaineeseen. Käypä hoito. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Verkkodokumentti. <<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/naytaartikkeli/tunnus/nak05627>>. Luettu 2.4.2012.

Oftan Flurekain 2011. Pakkausseloste. Lääkeinfo. Verkkodokumentti. <http://www.laakeinfo.fi/Medicine.aspx?m=1390&i=SANTEN_OFTAN+FLUREKAIN>. Luettu 27.4.2012

Oftan Obucain 2009. Pakkausseloste. Fimea, lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus. Verkkodokumentti. <<http://spc.nam.fi/indox/nam/html/nam/humpil/0/319120.pdf>>. Luettu 12.3.2012.

Oftan Obucain 2010. Valmisteyhteenveto. Fimea, lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus. Verkkodokumentti. <<http://spc.fimea.fi/indox/nam/html/nam/humspc/5/85315.pdf>>. Luettu 12.3.2012.

Optifin 2012. Laitteiden tuotekuvaukset. Verkkodokumentti. <<http://www.optifin.fi/tuotteet/veterinary/accutome-pachpen.htm>>. Luettu 7.1.2013.

Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu 2007. Artikkele. Silmänpaineen mittaaminen. Verkkodokumentti.
<http://www.oamk.fi/sote/hakijalle/koulutusohjelmat/optometria/silmanpaineen_mittaus.php?PHPSESSID=c58b3cfa82f6648e74671d2f88945873>. Luettu 19.9.2012

PachPen n.d. Accutome. Käyttöohje.

Pekkanen, Jouni 2013. Esmed Oy. Puhelinkeskustelu.

Saari, K.M. 2001: Glaukooma. Teoksessa Saari, K.M. (toim.)
Silmätautioppi. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy. 279-288

Saari, K.M. 2001: Silmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Saari, K.M. (toim.)
Silmätautioppi. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy. 11-31.

Shimmyo, M. – Ross, AJ – Moy, A. - Mostafavi R. 2003. Intraocular pressure, Goldmann applanation tension, corneal thickness, and corneal curvature in Caucasians, Asians, Hispanics, and African Americans. Am J Ophthalmol. Department of Clinical Ophthalmology, New York Medical College, New York, New York, USA. PubMed. Verkkodokumentti. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14516799>>. Luettu 4.4.2012.

Sosiaali- ja Terveysministeriön asetus Terveystieteiden ammattihenkilöistä 1088/2010. Annettu Helsingissä 2.12.2010.

SPSS Pikaohjeita 2010. Verkkodokumentti.
<www.helsinki.fi/~reunamo/opetus/spssohje.htm> Luettu 14.5.2013

St. Luke's Cataract & Laser Institute 2012. Anatomy. Verkkodokumentti.
<<http://www.stlukeseye.com/anatomy/cornea.html>>. Luettu 15.12.2012

Taanila, Aki 2013 SPSS: kahden riippuvan otoksen vertailu. Kirjoituksia Aki Taanilan kvantitatiivisesta menetelmäpajasta. Verkkodokumentti.
< <http://tilastoapu.wordpress.com/tag/parittainen-t-testi/>>. Luettu 29.4.2013

Tervo, Timo 2000. Mediakohu LASIK-leikkausten harvinaisesta komplikaatiosta. Silmätaudit. Erikoislääkärin uutiset. Duodecim. Verkkodokumentti.
<<http://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo91277.pdf>> Luettu 11.2.2013

Than, Tammy Pifer – Yang-Williams, Kathy 2008. Topical and Regional Anesthesia. In Bartlett, Jimmy D. – Jaanus, Siret D. (eds.): Clinical Ocular Pharmacology. Fifth Edition. St. Louis Missouri: Butterworth Heinemann Elsevier. 319–328.

Tonnu, P-A – Ho, T. – Newson, T. - El Sheikh, A. – Sharma, K. – White, E. – Bunce, C. - Garway-Heath, D. 2004. The influence of central corneal thickness and age on intraocular pressure measured by pneumotometry, non-contact tonometry, the Tono-Pen XL, and Goldmann applanation tonometry. Glaucoma Research Unit. Moorfields Eye Hospital. London EC1V 2PD. British Journal of Ophthalmology 2005. Verkkodokumentti. <<http://bjo.bmj.com/content/89/7/851>>. Luettu 10.4.2012

Vilka, Hanna – Airaksinen, Tiina. 2003: Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Tammi. 58–59

Wikimedia Commons n.d. File. Verkkodokumentti.
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Left_Eye_Retina.jpg>. Luettu 20.3.2012

Wikimedia Commons n.d. File. Verkkodokumentti.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:Ihmisen_silm%C3%A4.png>. Luettu 12.3.2012

Wikimedia Commons n.d. File. Verkkodokumentti.
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM_V45_D216_Visual_portion_of_the_retina_as_seen_by_the_ophtalmoscope.jpg>. Luettu 20.3.2012

Saatekirje

Hyvä silmänpainemittaustutkimukseen osallistuja!

Tilaisuus liittyy Metropolia Ammattikorkeakoulun optometrian opiskeilijoiden opinnäytetyöhön. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia, vaikuttaako sarveiskalvon paksuus silmänpainemittaustulokseen, kun silmänpainetta mitataan eri laitteilla. Vaikuttavuuden arviointi voi helpottaa mm. glaukoomariskin toteamista. Suomessa ei tiettävästi ole aikaisemmin toteutettu vastaavanlaista tutkimusta suomalaisella väestöllä. Samalla osallistuja saa tietää omat silmänpainearvonsa, sarveiskalvonsa paksuuden ja lisää tietoa silmistään tutkimuksen yhteydessä.

Tätä varten pyydämme Sinua osallistumaan mittaustilaisuuteen, jonka kesto on 30 minuuttia. Mittaukset toteutetaan Metropolia Ammattikorkeakoulun Mannerheimintien toimipisteessä näöntutkimustiloissa. Opinnäytetyön tekijät havainnoivat mittaustilaisuutta ja ovat itse mittaajina. Osa mittauksista vaatii silmänpintapuuduteaineen ja pintavärjäysaineen käyttöä. Ammattikorkeakoulun optometrian lehtorit Juha Päälyysaho ja Satu Autio vastaavat puuduteaineen käytöstä mittausten aikana.

Mittauksia varten pyydämme allekirjoittamaan ennen mittausta suostumuskaavakkeen ja lyhyen esitietokaavakkeen. Aineisto käsitellään luottamuksellisesti ja tulokset raportoidaan siten, ettei ketään voida yksilönä tunnistaa. Kerätty aineisto hävitetään opinnäytetyön valmistuttua. Voitte halutessanne keskeyttää osallistumisenne milloin tahansa syytä ilmoittamatta.

Pyydämme, että saman päivän aikana ette käyttäisi piilolinsejä ennen tutkimukseen osallistumista. Piilolinssit voitte laittaa silmiinne noin tunti mittausten jälkeen. Mittausten aikana ja niiden jälkeen silmien hieromista tulee välttää noin tunnin ajan, jolloin pintapuuduteaineen vaikutus häviää.

Työ valmistuu syksyllä 2013. Valmis opinnäytetyö on luettavissa esimerkiksi Metropolia Ammattikorkeakoulun verkkosivujen kautta Theseus-tietojärjestelmässä.

Opinnäytetyötä ohjaavat optometrian lehtori Juha Päälyysaho (juha.paallysaho@metropolia.fi) ja lehtori Juha Havukumpu (juha.havukumpu@metropolia.fi)

Pyydämme, että suostutte osallistumaan mittaustilaisuuteen. Tarvittaessa annamme mielellämme lisätietoa: Optometrian opiskelijat Terhi Jurvanen (terhi.jurvanen@metropolia.fi) ja Mira Virkki (mira.virkki@metropolia.fi)

Kiitos osallistumisestasi!

Ystävällisin terveisin

Optometrian opiskelijat Terhi Jurvanen ja Mira Virkki

SUOSTUMUS**SARVEISKALVOPAKSUUDEN MERKITYS SILMÄNPAINEMITTARIN LUKEMAAN :
TUTKIMUSMITTAUSTILAISUUS**

Minua on pyydetty osallistumaan tutkimukseen, jonka tarkoituksen on selvittää sarveiskalvopaksuuden merkitystä silmänpainemittaustulosten tulkintaan. Olen perehtynyt saatekirjeen sisältöön, saanut suullista tietoa aiheesta ja minulla on ollut tilaisuus esittää aineistoon liittyviä kysymyksiä. Olen saanut riittävästi tietoa tutkimuksen tavoitteesta ja tarkoituksesta.

Ymmärrän että osallistumiseni on vapaaehtoista. Olen tietoinen, että voin keskeyttää osallistumiseni mittaustilaisuuteen koska tahansa syytä ilmoittamatta. Tiedän, että tietojani käsitellään luottamuksellisesti ja kerätty aineisto hävitetään opinnäytetyön valmistuttua. Tätä sopimusta on tehty kaksi kappaletta, toinen haastateltavalle ja toinen opinnäytetyön tekijälle.

Päivämäärä

Osallistujan allekirjoitus ja nimen selvennys

Puhelinnumero

Mira Virkki

Opinnäytetyön tekijän allekirjoitus ja nimen selvennys

Puhelinnumero

Terhi Jurvanen

Opinnäytetyön tekijän allekirjoitus ja nimen selvennys

Puhelinnumero

ESITIETOLOMAKE:**SARVEISKALVOPAKSUUDEN MERKITYS SILMÄNPAINEMITTARIN LUKEMAAN:
TUTKIMUSTILAISUUS**

| | |
|---|---|
| Nimi: | |
| Sukupuoli: | <input type="checkbox"/> Nainen <input type="checkbox"/> Mies |
| Ikä: | |
| Allergiat: lista allergioista (lääkeaine, ruoka-aine jne.): | <input type="checkbox"/> Ei allergioita |
| Silmäsairaudet ja leikkaukset: Onko teillä todettu tai ollut silmäsairaus ja mikä? Onko teille tehty silmiin kohdistuvia leikkauksia tai muita kirurgisia toimenpiteitä? Lyhyt kuvailu riittää. | <input type="checkbox"/> Ei silmäsairauksia eikä silmiin kohdistuvia leikkauksia. |
| Silmälasivoimakkuudet (tai oma arvio niistä): | Oikea: sf cyl ax Vasen: sf cyl ax Add: |

| | |
|--|---|
| | <input type="checkbox"/> Ei silmälaseja |
| Päivämäärä, kellonaika ja paikka: | Pvm: _____ Klo. _____ Paikka: _____ |
| Allekirjoitus: | |

| | |
|--|------|
| Opinnäytetyöntekijät täyttävät: | |
| 1. Pneumatonometri | mmHg |
| 2. Kimmoketonometri | mmHg |
| 3. Applanaatiotonometri | mmHg |
| 4. Pakymetri | µm |

PALAUTE TUTKITTAVALLE

Pvm:

Klo:

Silmänpaine (mmHg):

- Normaali silmänpaine n. 10-21 mmHg

| | |
|------------------------------------|--|
| 1. Pneumatonometri ("Puhku") | |
| 2. Kimmoketonometri (iCare) | |
| 3. Applanaatiotonometri (Goldmann) | |

Sarveiskalvon paksuus (μm):

- keskimääräinen sarveiskalvopaksuus (n. 530-580 μm)
- ohut sarveiskalvo (alle 530 μm)
- paksu sarveiskalvo (yli 580 μm)

| | |
|--------------|--|
| 4. Pakymetri | |
|--------------|--|

KIITOS OSALLISTUMISESTA!