

Anu Kuuluvainen, Pia Laasonen

Opaskoirien taittovirheet

Skiaskopiatutkimus suomalaisten opaskoirien taittovirheistä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi

Optometria

Opinnäytetyö

20.3.2013

Tekijät Otsikko Sivumäärä Aika	Anu Kuuluvainen, Pia Laasonen Opaskoirien taittovirheet Skiaskopiatutkimus suomalaisten opaskoirien taittovirheistä 45 sivua + 1 liite 20.3.2013
Tutkinto	Optometrismi (AMK)
Koulutusohjelma	Optometria
Ohjaajat	Yliopettaja Kaarina Pirilä Lehtori Eero Kokko
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli koirien taittovirheiden tutkiminen skiaskopoimalla ja työn tarkoituksena oli selvittää, esiintyykö suomalaisten opaskoirien keskuudessa taittovirheitä. Työssä selvitettiin myös vaikuttaako koiran sukupuoli, turkin väri tai perinnöllisyys taittovirheiden esiintyvyyteen. Opinnäytetyön työelämän yhteistyökumppanina toimi Näkövammaisten Keskusliitto ry:n alaisena toimiva Opaskoirakoulu.</p> <p>Työn teoriaosuudessa käsitellään koiran silmän anatomiaa sekä koiran näkemistä muun muassa värinäön, näkökentän ja näöntarkkuuden osalta. Työssä tarkastellaan myös koiran ja ihmisen näköaistin eroavaisuuksia. Teoriaosuudessa kerrotaan opinnäytetyössä käytetyn tutkimusmenetelmän, skiaskopoinnin, toimintaperiaatteesta ja suorittamisesta sekä esitellään erilaiset taittovirheet. Lisäksi kerrotaan lyhyesti koiran ja ihmisen tavasta akkommodoida sekä sykloplegisten lääkeaineiden vaikutuksesta akkommodaatioon. Opinnäytetyön aiheeseen liittyen oli tehty aikaisempia tutkimuksia, joita on käytetty tämän työn tukena. Myös kyseiset tutkimukset esitellään teoriaosuudessa.</p> <p>Opinnäytetyön tutkimukset tehtiin Opaskoirakoulun koirille. Otosjoukkoon kuului 34 labradorinnoutajaa, joista puolet oli uroksia ja puolet narttuja. Tutkimusmenetelmänä käytettiin skiaskopointia. Tutkimukset suoritettiin skiaskopoimalla koirien silmät sekä ilman sykloplegiaa että sykloplegisten tippojen vaikutuksen alaisena. Skiaskopoimalla saadut tutkimustulokset analysoitiin SPSS-ohjelmalla.</p> <p>Tutkimuksista saatiin selville, että suurin osa koirista oli emmetrooppeja, mutta hajontaa myös hyperopian ja myopian suuntaan esiintyi jonkin verran. Koiran turkin värillä tai sukupuolella ei saatujen tutkimustulosten perusteella ollut vaikutusta taittovirheiden esiintyvyyteen. Tutkittaessa taittovirheiden perinnöllisyyttä löydettiin kuitenkin selkeitä viitteitä, että taittovirhe olisi periytyvä ominaisuus labradorinnoutajilla. Jotta tutkimustuloksia taittovirheiden periytyvyydestä voitaisiin yleistää, tarvittaisiin kuitenkin lisätutkimuksia aiheeseen liittyen.</p>	
Avainsanat	skiaskopia, taittovirhe, perinnöllisyys, labradorinnoutaja

Author(s) Title Number of Pages Date	Anu Kuuluvainen, Pia Laasonen Refractive Errors of the Guide Dogs The Study of Refractive Errors of the Finnish Guide Dogs Utilizing Skiascopy Technique 45 pages + 1 appendix Spring 2013
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Instructor(s)	Kaarina Pirilä, Principal Lecturer Eero Kokko, Senior Lecturer
<p>The goal of this study was to discover if there are any refractive errors among Labrador Retrievers that work as guide dogs in Finland. The method we used to investigate the refractive errors was skiascopy or retinoscopy. We were also interested in studying if the dogs' gender, color of the coat or genetics affect the appearance of the refractive error. This bachelor thesis was carried out in co-operation with Guide Dog School which works under the Finnish Federation of the Visually Impaired.</p> <p>We examined the anatomy of a dog's eye and compared it to the anatomy of a human eye. We also compared visual fields and color vision between dog and human. We studied methods of how to use cycloplegic medication with skiascopy and how it affects different kinds of refractive errors and accommodation. Earlier studies have been conducted in New Zealand and the USA on refractive errors in Labrador Retrievers. We utilized that information in our bachelor thesis.</p> <p>We performed the study with young adult Labrador Retrievers that were training to be guide dogs. Thirtyfour dogs were examined, half of them male and half female. We performed the skiascopy first without cycloplegic medication and within two hours after applying cycloplegic eyedrops we performed the skiascopy again. The results were analyzed with SPSS program by using the cycloplegic skiascopy result for each dog.</p> <p>The results showed that most of the dogs examined were emmetropic but there were few dogs that were hyperopic and myopic. The study showed that color of the coat or gender did not have any effect on the occurrence of a refractive error. However there were some clues that refractive error could have a genetic component among Labrador Retrievers. Further research should be carried out on this subject in order to make conclusions about the inheritance of refractive errors within dogs and particularly within Labrador Retrievers.</p>	
Keywords	skiascopy, refractive error, Labrador Retriever, cycloplegic medication

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yhteistyökumppanimme Opaskoirakoulu	3
3	Koiran silmän anatomia	4
3.1	Silmäkuoppa	5
3.2	Silmälihakset ja silmäluomet	5
3.3	Sidekalvo	6
3.4	Kyynelneeste, kyynelkanava ja kyynelrauhaset	6
3.5	Sarveiskalvo	7
3.6	Mykiö	8
3.7	Uvea	10
3.8	Värikalvo	10
3.9	Sädekehä	10
3.9.1	Suonikalvo ja tapetum	11
3.10	Verkkokalvo	13
3.11	Näköhermo	16
4	Miten koira näkee?	17
4.1	Fotoreseptorit eli verkkokalvon valoistinsolut	17
4.2	Näkökenttä	19
5	Silmän taittovirheet	20
5.1	Myopia eli likitaittoisuus	20
5.2	Hyperopia eli kaukotaittoisuus	21
5.3	Astigmatia eli hajataittoisuus	22
6	Skiaskopia objektiivisena näöntutkimusmenetelmänä	24
6.1	Taittovirheen määrittäminen skiaskoopilla	24
6.2	Koirien skiaskopointi	24
7	Akkommodaatio	26
8	Sykloplegia	27
8.1	Sykloplegiset lääkeaineet	27
8.2	Syklopleginen refraktio	27

9	Aikaisemmat tutkimukset koirien taittovirheistä	29
10	Tutkimus	31
10.1	Tutkimusaihe	31
10.2	Otosjoukko	31
10.3	Tutkimuksen toteutus	32
10.4	Tutkimustulosten analysointi	33
10.4.1	Mannin-Whitneyn testi	33
10.4.2	Kruskalin-Wallis testin testi	33
10.4.3	P-arvo merkitsevyystason kuvaajana	34
10.5	Tutkimustulokset	34
10.5.1	Värin ja sukupuolen vaikutus taittovirheiden esiintyvyyteen	36
10.5.2	Taittovirheen periytyvyys	36
11	Pohdinta	39
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1. Skiaskopiatulokset- taulukko	

1 Johdanto

Kiinnostus opinnäytetyömme aihetta kohtaan syntyi alkuvuodesta 2012. Halusimme löytää optometristin työnkuvaan uusia haasteita, joten ajattelimme että opinnäytetyömme aihe voisi ihmisten sijaan liittyä koirien taittovirheiden esiintyvyyteen. Yhteiskunnassamme on käytössä paljon koiria, jotka tekevät tärkeää ja vaativaa työtä esimerkiksi poliisin ja tullilaitoksen palveluksessa tai opaskoirana näkövammaisen apuna. Näille koirille hyvä näkö on tärkeää, jotta ne voivat tehdä työnsä täysipainoisesti. Koirien taittovirheiden määräytyminen voisi tulevaisuudessa olla rutiinia ja osa optometristin laajentunutta työnkuvaa.

Löysimme muutaman artikkelin, joissa käsiteltiin koirien taittovirheitä ja niiden tutkimista skiaskopoimalla. Artikkeleista kaksi käsitteli labradorinnoutajilla esiintyvää myopiaa ja sen periytyvyyttä. Tästä heräsi ajatus, että voisimme opinnäytetyössämme tutkia taittovirheiden lisäksi myös niiden esiintyvyyteen vaikuttavia tekijöitä. Näkövammaisten keskusliiton alaisena toimiva Opaskoirakoulu tuntui luonteelta yhteistyökumppaniehdokkaalta ja päätimme tiedustella heidän yhteistyöhalukkuuttaan. Opaskoirakoululta saisimme suuren otosjoukon labradorinnoutajia sekä tutkimukseen osallistuvien koirien sukutaulut avuksi taittovirheiden perinnöllisyyden selvittämiseen. Tällaista skiaskopia-tutkimusta ja selvitystä taittovirheiden esiintyvyydestä ei ollut aikaisemmin tehty Opaskoirakoulun koirille.

Näköaisti on ihmisen tärkein aisti ja jopa 80 prosenttia ympäristön havainnoinnista ihminen tekee näköaistinsa avulla. Selvitäkseen arjen asettamista jokapäiväisistä haasteista näkövammaisen tarvitsee toimintojensa tueksi erilaisia apuvälineitä. Opaskoira toimii näkövammaisen apuvälineenä ja silminä kaikissa päivittäisissä toiminnoissa. Opaskoiran täytyy hallita työssään erilaiset toimintaympäristöt, koska se kulkee käyttäjänsä mukana kaikkialle. Opaskoiran tehtävänä on helpottaa näkövammaisen liikkumista paikasta toiseen turvallisesti. Sen täytyy osata erottaa erilaisia pintoja ja kiintopisteitä liikkumisympäristössään, kuten esimerkiksi suojatiet, kulkureitillä olevat esteet ja epätasaisuudet.

Opinnäytetyömme aiheena oli selvittää esiintyykö suomalaisessa opaskoirapopulaatiossa taittovirheitä ja erityisesti myopiaa joka heikentää kaukonäöntarkkuutta. Olemme tutkineet opaskoirien taittovirheitä skiaskopoimalla koirien silmät ilman sykloplegiaa

lääkeaineita sekä niiden vaikutuksessa. Työmme teoriaosuudessa olemme esitelleet muun muassa eri taittovirheet ja muita koiran näköaistiin liittyviä tekijöitä. Olemme avanneet tavallisia käsitteitä myös kuvallisesti, jotta myös alamme ulkopuolisille tahoille asia olisi helpommin ymmärrettävissä.

Koska koira toimii heikkonäköisen apuvälineenä, koiran terveyden tulisi olla moitteettomassa kunnossa näkö mukaan lukien. Koiran näöntarkkuuden ei kuitenkaan tarvitse olla täysin virheetön, sillä koira käyttää myös hyvää kuulo- ja hajuaistiaan ympäristön hahmottamiseen. Vaikka koiran näkemisessä olisikin jotakin vikaa, ei se välttämättä ole este opaskoirana toimimiselle. Tieto koiran näkökyvystä on kuitenkin koulutusta helpottava tekijä, sillä heikentynyt näkö voidaan ottaa huomioon koulutuksessa. Heikosti kauas näkevä opaskoirakokelas saattaa reagoida joihinkin annettuihin tehtäviin eri tavoin kuin normaalisti näkevä. Joidenkin tehtävien oppimiseen saattaa kulua tavallista enemmän aikaa, jotkin paikat ja tilanteet saattavat tuntua pelottavilta ja koira voi jopa kieltäytyä yhteistyöstä.

Optometristin työnkuvaan kuuluu skiaskopointi näöntutkimuksen yhteydessä. Tätä ammattiosaamista voisi laajentaa ja hyödyntää myös koirien näköä tutkittaessa. Suomessa käytetään koiria erilaisissa tehtävissä helpottamaan ihmisen työtä ja arkea. Näiden työkoirien hyvä terveys ja näkö ovat oleellinen osa niiden työkykyä. Siksi näöntutkimuksen voisi liittää osaksi muuta koirien terveystarkastusta.

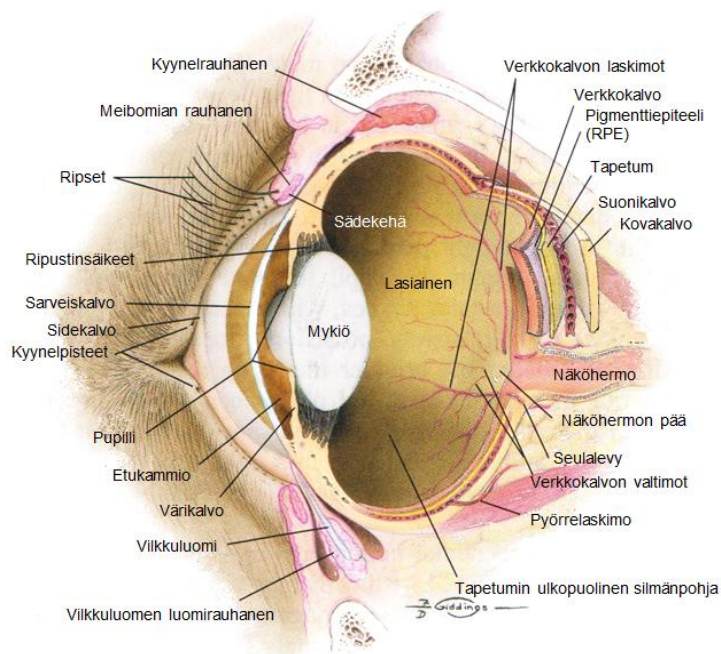
2 Yhteistyökumppanimme Opaskoirakoulu

Opinnäytetyömme yhteistyökumppanina meillä oli Vantaan Itä-Hakkilassa sijaitseva Opaskoirakoulu. Opaskoirakoulun tehtävänä on kasvattaa, kouluttaa ja luovuttaa käyttöön opaskoiria sokeille ja vaikeasti heikkonäköisille henkilöille. Koulu on Näkövammaisten Keskusliitto ry:n alainen tulosityksikkö ja kansainvälisen opaskoirakoulujen liiton IGDF (International Guide Dog Federation) jäsen. (Opaskoirakoulu n.d.)

Opaskoirakoulun ylivoimaisesti käytetyin koirarotu on labradorinnoutaja. Tällä hetkellä Suomessa on opaskoiria noin 270, joista työssä toimii noin 180 opaskoiraa. Opaskoirakoulu kasvattaa lähes kaikki opaskoiransa itse. He eivät käytä jalostuksessa sairaita yksilöitä tai koiria, joiden vanhemmilla tai sisaruksilla on jokin haitallinen perinnöllinen sairaus. Näitä sairauksia ovat mm. silmäsairaudet. Jalostuksessa koirayksilöä käytetään vain muutaman kerran, näin taataan riittävän laajan geenipopulaation säilyminen opaskoirakannassa. (Opaskoirakoulu n.d.) Pennut syntyvät Opaskoirakoululla, josta ne luovutetaan kasvattiperheisiin kahdeksan viikon ikäisenä. Noin vuoden ikäisenä tuleva opas palaa takaisin opaskoirakoululle, jossa aloitetaan koiran koulutus opaskoiraksi. Koulutus on kaksivaiheinen ja kestää yhteensä noin viisi kuukautta. Koulutusjakson loppuvaiheessa joukosta karsiutuvat pois sellaiset koirat, jotka eivät jostain syystä tule soveltumaan opaskoiraksi. Kahden vuoden ikäisenä koira luovutetaan käyttäjälleen opaskoiraksi ja noin 12 vuoden ikäisenä koira jää eläkkeelle. (Väkeväinen 2013.)

3 Koiran silmän anatomia

Koiran silmän anatomia ei merkittävästi poikkea ihmisen silmän anatomiasta. Sekä koirilla että ihmisillä silmät ovat suuntautuneet siten, että molemmilla on suhteellisen laaja binokulaarinen näkökenttä. Tarkastelemme koiran näköaistia ja näkökentän ko-koa omassa kappaleessaan myöhemmin tässä työssä. Silmän anatominen rakenne on koiralla ja ihmisellä hyvin samankaltainen. Keskitymme tässä luvussa niihin koiran sil-män rakenteisiin, jotka osallistuvat kuvan muodostamiseen verkkokalvolle tai ovat ih-misen silmän anatomiaan verrattuna erilaisia. Suurin ero koiran ja ihmisen silmän ana-tomiassa on ihmiseltä puuttuva valoa heijastava kerros tapetum, joka sijaitsee koiralla suonikalvon rakenteissa silmän takaosassa. Kerromme koiran silmän rakenneosista (Kuvio 1) tarkemmin jäljempänä tekstissä.



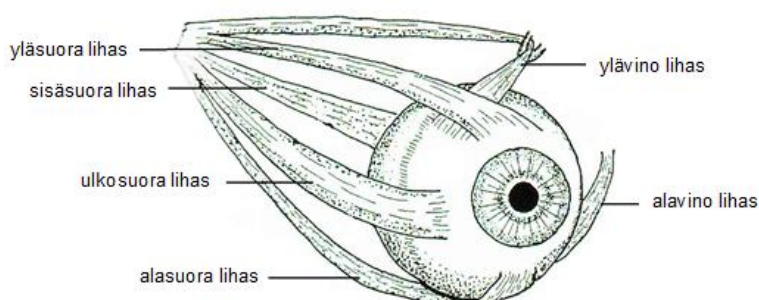
Kuvio 1. Koiran silmän rakenne (Miller 2008: 2).

3.1 Silmäkuoppa

Silmä sijaitsee kallon sisällä luisen silmäkuopan, orbitan, suojassa. Silmäkuoppa koostuu koiralla viidestä tai kuudesta kallon luusta. Se on alaosastaan osittain avoin, mahdollistaen näin leukojen avaamisen mahdollisimman avoimiksi. Verrattuna ihmisen silmäkuopan rakenteeseen koiralta puuttuu vain silmäkuopan sisäseinämän suurimmaksi osaksi muodostava seulaluu (os ethmoidale). Silmäkuoppa suojaa silmiä ulkoisilta vaurioilta. Sen asento vaikuttaa siihen, minkä kokoinen koiran näkökenttä on. Koiralla silmäkuoppa asettuu kalloon siten, että silmät sijoittuvat rodusta riippumatta hieman kallon molemmille sivuille näköakselin ollessa kuitenkin lähes eteenpäin. Koiran näköakseli on noin 20 astetta keskilinjasta ohimoon päin ja tästä johtuen koiran binokulariteetti on hyvä. (Samuelson 2007: 37–38.)

3.2 Silmälihakset ja silmäluomet

Koiran silmää liikuttavat samat ulkoiset silmälihakset kuin ihmisellä (Kuvio 2). Myös niiden toiminta ja vaikutus silmänliikkeisiin on samanlainen kuin ihmisellä. Koiralla on kuusi ulkoista silmälihasta, jotka liikuttavat silmämunaa eri katsesuuntiin. Ulko- ja sisäsuorat lihakset liikuttavat silmiä horisontaalisuunnassa oikealle ja vasemmalle. Ylä- ja alasuorat lihakset huolehtivat silmän kääntymisestä vertikaalisuunnassa ylöspäin ja alaspäin. Ylävino lihas kääntää silmää sisään ja alaspäin ja alavino lihas kääntää silmää sisään ja ylöspäin. (Samuelson 2007: 41.)



Kuvio 2. Koiran ulkoiset silmälihakset (Samuelson 2007:41).

Silmäluomien tehtävänä on suojata silmää liialliselta valolta, pyyhkiä silmän pinnasta vierasesineet ja levittää silmän pintaan kyynelnestettä. Silmäluomet myös suojaavat silmää ulkoisilta vaurioilta, jotka voisivat vahingoittaa sitä. Koiran silmäluomien rakenne on samankaltainen kuin ihmisellä. Sekä ylä- että alaluomessa on rauhasia, jotka erittä-

vät talia kyynelneeseen joukkoon. Kyynelneeste poistuu silmän sisäkulmassa olevan kanavan kautta nenäonteloon. Koiran yläluomessa on muutama rivi silmäripsiä, alaluomesta ripset puuttuvat kokonaan. (Samuelson 2007: 42–43.)

3.3 Sidekalvo

Sidekalvo (conjunctiva) peittää luomien sisäpinnat ja kulkee kovakalvon päällä muuttuen limbusalueella sarveiskalvoksi. Silmäluomien ja silmämunan sidekalvon yhtymäkohdassa luomien pohjukassa, forniksissa, sidekalvo on hyvin ohutta ja se on vain löyhästi kiinnittynyt alla olevaan kudokseen. Lähellä limbusta kovakalvo, sidekalvo ja näiden välissä oleva tiivis sidekudoksinen Tenonin kapseli yhdistyvät vahvasti toisiinsa. Sidekalvo muodostaa niin kutsutun kolmannen silmäluomen eli vilkkuluomen silmän sisänurkkaan. Sen sisällä on T-kirjaimen muotoinen rusto, joka on joustavaa ja pigmentoitunutta kudosta. Vilkkuluomen sisällä on lymfaattista rauhaskudosta. Sidekalvon päätehtävänä on estää sarveiskalvon kuivuminen. Se toimii myös liukasteena silmämunan ja luomien välissä sekä estää haitallisten partikkelien pääsyn silmään. (Samuelson 2007: 42 – 45.)

3.4 Kyynelneeste, kyynelkanava ja kyynelrauhaset

Kyynelneeseen tarkoitus on parantaa silmän optiikkaa, suojata silmää ulkoisilta haittehtäjöiltä ja mikrobeilta sekä toimittaa ravinteita ja happea sarveiskalvolle. Koiran kyynelneeseen rakenne on samanlainen kuin ihmisellä. Luomituen sisällä sijaitsevat Meibomian rauhaset ja ripsien tyvessä olevat Zeissin rauhaset tuottavat päällimmäisen, lipidipitoisen kerroksen. Orbitan ohimonpuoleisessa yläkulmassa sijaitseva kyynelrauhanen (glandula lacrimalis) tuottaa yli puolet keskimmäisestä, vesimäisestä kerroksesta. Myös ylä- ja alaluomissa sijaitsevat Wolfringin ja Krausin rauhaset osallistuvat vesimäisen kerroksen tuottamiseen. Sarveiskalvon pintaa vasten on hydrofiilinen muusiinikerros, jota erittää sidekalvon pikarisolut. Alin kerros kiinnittyy tiiviisti sarveiskalvon pintaan ja leviää siihen tasaisesti. Luomia räpyttämällä koira saa kyynelneesten levittymään tasaisesti silmän pinnalle. Ylimääräinen neste poistuu silmän sisänurkassa sekä ylä- että alaluomessa olevien kyynelpisteiden kautta kyynelkanaviin ja sieltä nenäonteloon. (Samuelson 2007: 46–47.)

3.5 Sarveiskalvo

Sarveiskalvo (cornea) kattaa noin viidenneksen koiran silmämunan etuosan pinta-alasta (Samuelson 2007: 49). Sarveiskalvo yhtyy kovakalvon ja sidekalvon kanssa limbusalueella (Maggs 2008: 175). Se koostuu viidestä eri kerroksesta ja sen kokonaispaksuus vaihtelee yksilöittäin. Koiralla sarveiskalvon paksuus on keskimäärin 0,45–0,55 millimetriä keskeisellä alueella ja reuna-alueella 0,50–0,65 millimetriä. Ihmisen sarveiskalvon kokonaispaksuus on noin 0,5 millimetriä. Koiran sarveiskalvo paksuuntuu merkittävästi iän myötä ja ikä huomioiden se on myös säännönmukaisesti ohuempi nartuilla kuin uroksilla. (Samuelson 2007: 49.)

Uloimpana kerroksena on noin kuusikerroksinen pintaepiteeli ja sen tyvikalvo. Pintaepiteelisolut ovat sarveistumattomia levyepiteelisoluja. Pintaepiteelin vaurioituessa se uusiutuu nopeasti eikä siihen ei jää arpea. (Maggs 2008: 175–177.)

Strooma on sarveiskalvon paksuin kerros kattaen noin 90 % koko sarveiskalvon paksuudesta. Se koostuu läpinäkyvistä yhdensuuntaisista kollageenisäikeistä, joiden joukossa on satunnaisia lymfosyyttejä, makrofageja ja neutrofiilejä. (Maggs 2008: 175.) Kollageenilamellien väleissä on tumallisia keratosyyttejä, jotka strooman vaurioituessa muuttuvat fibroblasteiksi ja muodostavat läpinäkymättömän arven vauriokohtaan. Strooman uloin kerros on soluvapaa kollageenisäikeistä muodostuva kerros pintaepiteelin tyvikalvon ja strooman välissä. Ihmisellä tämä tunnetaan Bowmanin kerroksena. Suurimmalta osalta eläimiä tämä kerros puuttuu sellaisena kuin se on ihmisellä. Eläimen stroomassa saattaa esiintyä samantyyppistä kollageenia kuin ihmisellä, mutta eläimellä säikeet ovat paksumpia ja heikommin järjestäytyneitä. Strooman alla on sarveiskalvon endoteelin jäykkärakenteinen tyvikalvo, jota kutsutaan Descemetin kalvoksi. Se muodostuu hienoista kollageenisäikeistä ja se paksuuntuu iän myötä. (Samuelson 2007: 54–57.)

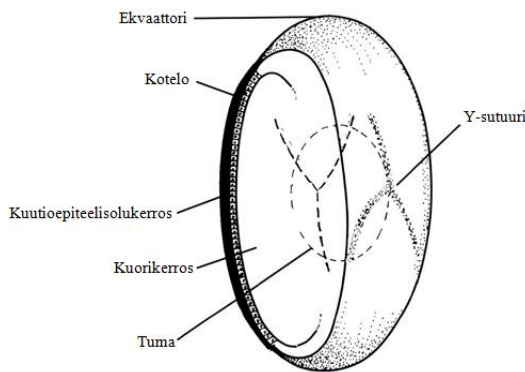
Endoteeli on sarveiskalvon sisin kerros. Se muodostuu yhdestä kerroksesta kuusikulmaisia litteitä soluja, jotka eivät uusiudu. Endoteelin tehtävänä on huolehtia sarveiskalvon nestetasapainosta pumppaamalla nestettä stroomasta etukammioon. (Kivelä 2011: 17.)

Sarveiskalvon tehtävänä on taittaa valoa. Sen valontaittokyky on sekä koiralla että ihmisellä noin 43 dioptriaa. Se antaa myös tukea silmän sisäosan rakenteille. (Samuel-

son 2007: 49.) Sarveiskalvon kirkkaus perustuu sen verisuonettomuuteen, säännölliseen lamellaarirakenteeseen ja pigmenttisolujen puutteeseen. Sarveiskalvo saa ravinteita ja happea kyynelnerveestä, kammionerestä ja limbuksen verenkierron kautta. (Kivelä 2011: 17.)

3.6 Mykiö

Mykiö (lens) sijaitsee värikalvon takana ja sen takapinta rajoittuu lasiaiseen. Mykiö on läpinäkyvä, kaksoiskupera ja verisuoneton linssi. Sen takapinta on hieman etupintaa kaarevampi. Mykiö kiinnittyy sädekehään ripustinsäikeiden avulla. (Ofri 2008: 258.)



Kuvio 3. Mykiön rakenne (Petersen – Jones 2002: 205).

Mykiö koostuu neljästä kerroksesta. Uloimpana on joustava kotelo, joka muodostuu mykiön epiteelisolujen tyvikalvosta. Se ympäröi koko mykiötä ja sen paksuus vaihtelee siten, että se on ohuin kotelon takaosassa ja paksuin etuosassa. Ihmisellä kotelon etusa on noin 10 mikrometrin paksuinen, koiralla noin 50–70 mikrometriä. Koiralla kotelon paksuuntuminen tapahtuu ensimmäisen elinvuoden aikana. (Samuelson 2007: 101; Kivelä 2011: 23.)

Kotelon sisäpinnalla on yksikerroksinen kuutioepiteelisolukerros. Epiteelisolut jakautuvat mykiön ekvatoriaalisella alueella muodostaen linssisäikeitä koko elämän ajan. Ne työntävät vanhempia säikeitä kohti mykiön keskustaa samalla pidentyen ja menettäen tumansa. (Teräsvirta 2011: 208.) Mykiö rakentuu pääosin linssisäikeistä. Ne ovat järjestäytyneet lomittain, jotta linssi pysyy kirkkaana. Säikeet kiinnittyvät mykiön etu- ja takaosassa samaan kohtaan, niin kutsuttuun Y-sutuuriin. (Ofri 2008: 258.)

Kuorikerros muodostuu uusista ja nuorista linssisäikeistä. Tämä kerros säilyttää joustavuutensa läpi elämän. Kuorikerroksen sisälle jää mykiön tuma, joka koostuu vanhoista mykiösäikeistä. Se tiivistyy ja kovettuu vuosien mittaan. (Kivelä 2011: 23.) Kun koira saavuttaa noin kuuden vuoden iän, sen mykiö on menettänyt suurimman osan joustavuudestaan. Ihmisellä mykiön kovettuminen alkaa noin 40 vuoden ikäisenä. (Samuelson 2007: 107.)

Mykiö saa hapen ja ravinteensa kammionesteestä ja pieneltä osin myös lasiaisen kautta. Mykiön kapseli läpäisee vettä, glukoosia ja valkuaisaineita ja se pumpppaa natriumkaliumpumpun avulla itsestään jatkuvasti vettä ulos. Näin se pystyy säilyttämään rakenteensa kirkkauden. (Samuelson 2007: 106.)

Mykiön tehtävänä on taittaa silmään tulevat valonsäteet verkkokalvolle ja fovealle. Sekä ihmisellä että koiralla silmän kokonaistaittovoima on noin 60 dioptriaa, josta mykiön taittovoima on noin yksi kolmasosa. Loput taittovoiman tarpeesta hoitaa sarveiskalvo. Mykiön täytyy olla kirkas, pysyä paikoillaan ja kyetä akkommodoimaan, jotta se voi välittää valonsäteet häiriöttä verkkokalvolle. (Samuelson 2007: 98; Ofri 2008: 258.)

Koiran mykiö on tilavuudeltaan noin 0,5 millilitraa, sen ympärysmitta ekvatorisesti on noin kymmenen millimetriä ja halkaisija etupinnasta takapintaan keskimäärin seitsemän millimetriä. Aikuisen ihmisen mykiö on noin millimetrin koiran mykiötä pienempi. (Samuelson 2007: 99; Teräsvirta 2011: 209.)

Sädekehän ripustinsäikeet, jotka kiinnittyvät mykiön ekvatoriaaliselle alueelle, säätelevät mykiön muotoa ja paksuutta. Kun ihminen haluaa katsoa lähellä olevaa kohdetta, sen täytyy akkommodoida. Tällöin sädekehä supistuu, ripustinsäikeet löystyvät ja mykiö pullistuu. Näin mykiön taittovoima lisääntyy ja tarkasteltavan kohteen kuva tarkentuu fovealle. Koiralla ripustinsäikeiden löystyminen saa mykiön siirtymään eteenpäin kohti sarveiskalvoa ja kuva tarkentuu verkkokalvon keskusalueelle. Vastaavasti kun katseltava kohde on kauempana, ihmisellä sädekehä rentoutuu, ripustinsäikeet kiristyvät ja saavat mykiön litistymään. Kun koiran sädekehä rentoutuu ja ripustinsäikeet kiristyvät, mykiö siirtyy taaksepäin kohti lasiaista ja kuva tarkentuu verkkokalvolle. (Ofri 2008: 258.)

3.7 Uvea

Suonikalvo (chorioidea), sädekehä (corpus ciliare) ja värikalvo (iris) muodostavat koiralla ja ihmisellä kalvoston, jota kutsutaan yhteisnimellä uvea. Uveassa on paljon verisuonia ja se sisältää myös paljon pigmenttiä. Värikalvo ja sädekehä muodostavat etummaisesta osasta uveasta ja suonikalvo on uvean takimmainen osa. (Samuelson 2007: 62.)

3.8 Värikalvo

Värikalvo kiinnittyy sädekehään ja se jakaa silmän etuosan etu- ja takakammioon. Värikalvo on muodoltaan rengasmaisen ja sen keskellä on mustuainen. Värikalvo muodostuu kahdesta kerroksesta, stroomasta ja epiteelistä. Strooma muodostaa värikalvon etulehden ja sen takaosassa on mustuaisaukon reunassa rengasmaisen mustuaisen kurojalihakseen (musculus sphincter pupillae). Lihas säätelee mustuaisaukon kokoa ja silmän sisään pääsevän valon määrää. Silmän väri määräytyy strooman sisältämän pigmentin mukaan. Stroomassa on myös hermoja ja verisuonia. Epiteeli muodostaa värikalvon kaksikerroksisen takalehden. Etummaisesta kerroksen solut muodostavat mustuaisen laajentajalihaksen (musculus dilator pupillae). Takimmaisesta kerroksen solut ovat voimakkaasti pigmentoituneita ja ne estävät valon heijastumista silmän sisällä. Ravinteensa värikalvo saa etummaisista ja pitkistä takimmaisista siliarivaltimoista. Koiralla värikalvon verisuonitus on paljon runsaampaa kuin ihmisellä. Värikalvon tehtävänä on säädellä silmän sisään tulevan valon määrää pienentämällä tai suurentamalla mustuaisaukon kokoa. (Kivelä 2011: 19–20; Miller 2008: 203.)

3.9 Sädekehä

Sädekehä on suonikalvon ja värikalvon väliin jäävä rengasmaisen rakenne ja se on koiralla ja ihmisellä samanlainen. Sädekehä jatkuu takaosastaan suonikalvona ja etuosa muuttuu värikalvoksi eli iirikseksi. Sädekehä jaetaan kahteen rakenneosaan, litteään takaosaan (pars plana) ja poimuttuneeseen kruunuosaan (pars plicata). Mykiön ripustinsäikeet (zonula lentis) kiinnittyvät litteään osan tyvikalvoon ja kulkevat kruunuosan poimujen lomitse kiinnittyen mykiöön. (Kivelä 2011: 20.)

Sädekehä jaetaan kolmeen kerrokseen. Epiteeli on sädekehän sisin osa ja muodostuu kahdesta yksisoluisesta kerroksesta. Sisempi kerros muuttuu sensoriseksi verkkokalvoksi sädekehän takana. Sädekehän etuosassa tämä sisempi epiteelikerros muuttuu pigmentoituneeksi värikalvon takalehdeksi. Myös ulompi epiteelikerros sisältää pigmenttiä ja se jatkuu sädekehän takaosasta verkkokalvon pigmenttiepiteelinä. Etuosastaan se muuttuu värikalvon epiteelin etulehdeksi. Sädekehän keskimmäinen kerros on strooma. Sen kautta poistuu pieni osa kammionesteestä. Sädekehän poimuttunut osa on valtaosaltaan sädelihasta, joka on sileää lihasta ja sitä hermottaa parasympaattinen hermosto. (Kivelä 2011: 22.)

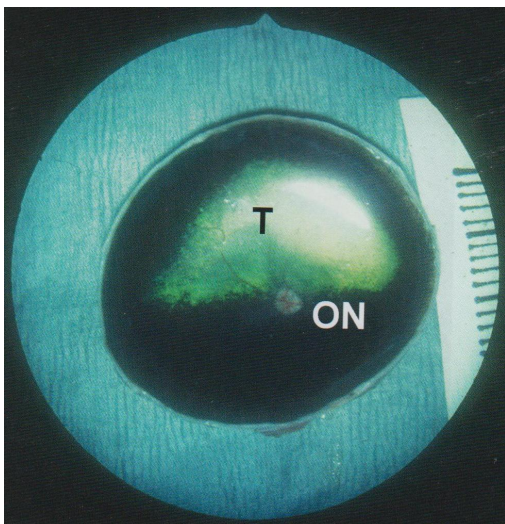
Sädekehän tehtävänä on tuottaa kammionestettä ja säädellä sädelihaksella akkommodaatiota. Se toimii mykiön ripustinsäikeiden kiinnitysalustana. Sädekehän lihas saa supistuessaan ripustinsäikeet löystymään ja mykiön pullistumaan. Kammioneste ravitsee mykiötä ja sarveiskalvoa sekä poistaa silmästä kuona-aineita kammiokulmassa olevan trabekkelivyohtimen kautta. Kammioneste ylläpitää myös silmän sisäistä painetta ja tukee silmän pyöreää muotoa. Sädekehän verisuonitus muodostuu etummaisista ja pitkistä takimmaisista siliaarivaltimoista. (Kivelä 2011: 20–22; Samuelson 2007: 70.)

3.9.1 Suonikalvo ja tapetum

Suonikalvo on uvean takimmainen osa, joka sijaitsee kovakalvon ja verkkokalvon pigmenttiepiteelin välissä silmän takaosassa. Silmän etuosassa se rajoittuu sädekehään ja sen sahalaitaan. Ihmisellä sädekehän reuna on sahalaitainen ora serrata, koiralla puolestaan reuna on sileä ja sitä kutsutaan nimellä ora ciliaris retinae. Suonikalvo on ohut, pigmentoitunut ja hyvin verisuonittunut kudosis. Se jaetaan koiralla neljään eri kerrokseen. Uloimpana on suprachoroidea, joka sisältää pigmenttiä ja kiinnittää suonikalvon kovakalvoon. Suprachoroidean alla on pääosin suuria laskimoita ja satunnaisia valtimoita sisältävä kerros, jossa on myös paljon melanosyyttejä ja fibrosyyttejä. (Samuelson 2007: 88–90.) Valtimot kulkeutuvat täältä pyörrelaskimoihin (vena vorticosa) ja sieltä edelleen silmälaskimoon (vena ophthalmica) (Kivelä 2011: 180).

Seuraavana on ohut kerros keskisuuria verisuonia, jotka yhdistävät lähimpänä verkkokalvoa sijaitsevan hiussuoniston suurempiin verisuoniin. Tässä kerroksessa sijaitsee koiralla myös tapetum (tapetum lucidum). Se on huokoinen, monikulmaisista soluista muodostunut valo heijastavia sinkkipitoisia kiteitä sisältävä rakenne. Se on muodol-

taan kolmion mallinen ja se sijoittuu kanta alaspäin juuri näköhermon yläpuolelle silmänpohjan yläpuoleiseen osaan (Kuvio 4). Sen paksuus vaihtelee keskiosan useamman solukerroksen paksuudesta reuna-alueen yksikerroksiseen solukkoon. Tapetumin tehtävänä on heijastaa valoainstinsolukerroksesta läpi tulevaa valoa ja näin tehostaa valoainstinsolujen toimintaa. Tästä on erityisesti hyötyä hämärässä ja pimeässä. Tapetumin ansiosta koiran silmät kiiltävät ja heijastelevat kellertävinä tai vihertävinä, kun valo osuu niihin pimeässä. (Samuelson 2007: 92–93.)



Kuvio 4. Tapetum (T) sijaitsee näköhermon pään (ON) yläpuolella (Samuelson 2007: 92).

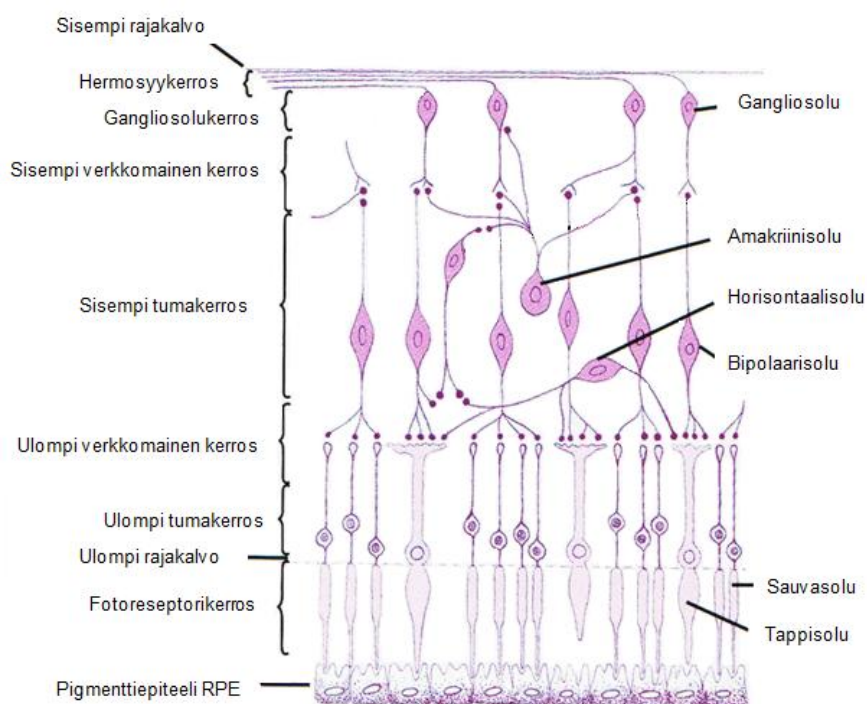
Alkionkehitysvaiheessa kovakalvon, suonikalvon ja tapetumin kehitystä indusoi silmämaljan uloin solukerros eli muodostuva verkkokalvon pigmenttiepiteeli RPE (retinal pigment epithelium). Sen normaali kehitys on edellytyksenä myös normaalille suoni- ja kovakalvon kehitykselle. Koiranpennun syntyessä suoni- ja kovakalvo ovat kehittyneet valmiiksi, mutta tapetum kehittyy edelleen noin neljä kuukautta syntymän jälkeen. Alkuun sinertävä tapetum muuttuu vähitellen keltaoranssiksi koiran aikuistuessa. (Cook 2007: 16.)

Hiussuonikalvosto (choriocapillaris) on Bruchin kalvon ja verkkokalvon pigmenttiepiteelin viereinen kerros ja sisin kerros suonikalvostossa. Bruchin kalvo muodostuu hiussuonikalvoston ja verkkokalvon pigmenttiepiteelin tyvikalvoista ja jää niiden väliin. Kalvoston kapillaarit ovat tavallista suurempia, niissä mahtuu jopa kolme punasolua kulkemaan vierekkäin sen sijaan, että ne joutuisivat ahtautumaan peräkkäin hiussuonistossa. (Samuelson 2007: 97.)

Suonikalvon tehtävänä on toimittaa happea ja ravinteita verkkokalvon uloimmille osille. Se saa verenkiertonsa lyhyistä takimmaisista siliarivaltimoista, pitkistä takimmaisista siliarivaltimoista ja etummaisista siliarivaltimoista. Kun melanosyytit luovat tumman taustan verkkokalvon taakse suonikalvoon ja tapetum heijastaa valoa takaisin valoistinsoluille, pystyy koira hyödyntämään kaiken käytettävissä olevan valon etenkin pimeässä. (Miller 2008: 206–207.)

3.10 Verkkokalvo

Verkkokalvo (retina) sijaitsee silmän takaosassa kovakalvon ja lasiaisen välissä. Se kiinnittyy silmän takaosassa näköhermon nystyyn ja silmän etuosassa ihmisellä sädekehän reunan ora serrataan eli sahalaitaan, ja koiralla sädekehän sileään ora ciliaris retinaehen. Sädekehän reuna sijaitsee muutaman millimetrin päässä limbusalueelta. (Immonen – Kivelä – Saari 2011: 232.) Verkkokalvon aineenvaihdunta on erittäin vilkasta. Hapen ja ravinteet verkkokalvo saa pääosin suonikalvostosta ja verkkokalvon valtimoista, pieni osa välittyy lasiaisen kautta (Samuelson 2007: 112). Verkkokalvon tehtävänä on muuttaa, muokata ja välittää aivoihin valoenergiaa siten, että siitä syntyy yksilölle näköaistimus (Kivelä 2011: 25). Verkkokalvo jaetaan kymmeneen eri kerrokseen (Kuvio 5).



Kuvio 5. Koiran verkkokalvon kerrokset ja solut (Ofri 2008: 286).

Uloimpana on pigmenttiepiteeli RPE (retinal pigment epithelium). Se on yksikerroksinen ja rajoittuu Bruchin kalvoon ja suonikalvoon. Koiralla se on pigmentoitunut tapetumin ulkopuolisella alueella ja tapetumin kohdalla se on läpinäkyvä. Tämä mahdollistaa sen, että valoainestien eli fotoreseptoreiden ohi kulkeutunut valo heijastuu tapetumin ansiosta takaisin fotoreseptoreille ja valoainestien vahvistuu. Ihmiseltä puuttuu tapetum lucidum -alue ja pigmenttiepiteeli on kauttaaltaan pigmentoitunutta. Pigmenttiepiteelisolut ovat kuusikulmaisia ja ne sisältävät melaniinia. Solut eivät uusiudu koiran vanhetessa. Pigmenttiepiteelin tehtävänä on huolehtia aineenvaihduntatuotteiden siirtämisestä ulommista verkkokalvon osista suonikalvostoon ja toisin päin. Se myös kierättää fotoreseptorisolujen käyttämän fotopigmentin. (Ofri 2008: 285; Kivelä 2011: 28.)

Ulompi rajakalvo muodostuu fotoreseptoreiden sisäjaokkeiden ja Müllerin solujen välistä liitoksista ja se sijoittuu pigmenttiepiteelikerroksen ja fotoreseptorikerroksen väliin (Kivelä 2011: 28). Müllerin solut ulottuvat läpi koko verkkokalvon ulommasta rajakalvosta aina sisempään rajakalvoon asti. Ne muodostavat verkkokalvolle tukirakenteen ja osallistuvat myös verkkokalvon aineenvaihduntaan. (Ofri 2008: 286.)

Seuraavassa kerroksessa sijaitsee fotoreseptoreiden sisä- ja ulkojaokkeet eli reseptoriosat. Ulkojaokkeissa sijaitsevat kalvopussit, joissa on valoherkät näköpigmentit, opsiinit ja rodopsiinit. Näköpigmentti muuttaa fotoreseptoreille tulevan valoenergian hermoimpulsseiksi. (Kivelä 2011: 27–28.) Fotoreseptoreita on kahdenlaisia: sauvoja ja tappeja. Sauvat ovat aktiivisesti toiminnassa hämärässä valaistuksessa ja tapit kirkkaassa valossa. Sauvat välittävät näkö tiedon kohteiden muodoista ja liikkeistä, tapit vastaavat kuvan tarkkuudesta ja värinäkemisestä. Ihmisellä tappisoluja on kolme eri tyyppiä, koiralla niitä on kahta eri tyyppiä. (Miller 2008: 7.) Tappeja on tiheimmillään verkkokalvon keskiosissa, sauvat sijoittuvat verkkokalvon reuna-alueille. Ihmisillä verkkokalvon keskellä on alue, jossa on pelkästään tappeja. Aluetta kutsutaan foveaksi ja se välittää näkö tietoa hyvässä valaistuksessa väreistä, värisävyistä ja syvyysnäkemisestä. Myös binokulaarinen näkeminen tapahtuu fovean alueella. Koiralla ei ole foveaa, mutta sillä on kuitenkin verkkokalvolla alue, jossa on muuta verkkokalvoa suurempi tappitiheys. Tätä aluetta kutsutaan keskusalueeksi. Se on ovaalin muotoinen ja leveämpi horisontaalisuunnassa. Se sijaitsee muutaman millimetrin päässä dorsolateraalisesti näköhermosta. (Samuelson 2007: 116.)

Neljännessä kerroksessa eli ulommassa tumakerroksessa sijaitsevat sauva- ja tapisolujen soomat. Viides ulompi verkkomainen kerros on synaptinen kerros. Se sisältää fotoreseptoreiden aksonit, bipolaarisolujen ja horisontaalisolujen dendriitit ja näiden väliset synapsit. Sisempi tumakerros koostuu bipolaarisolujen, Müllerin solujen, horisontaalisolujen ja amakriinisolujen tumista. Solut välittävät ja muokkaavat hermoimpulsseja. Seitsemännessä, sisemmässä verkkomaisessa kerroksessa on gangliosolujen dendriitit sekä bipolaari- että amakriinisolujen aksonit ja näiden väliset synapsit. Tässä kerroksessa koiralla on myös takimmaisista siliaarivaltimoista peräisin olevaa verisuonitusta (Ofri 2008: 286–287; Kivelä 2011: 27.)

Gangliosolukerros on sisin soluja sisältävä verkkokalvon kerros. Siellä sijaitsee gangliosolujen soomat. Koiralla keskeisen näön alueella verkkokalvon keskiosassa se on muutaman solukerroksen paksuinen ja verkkokalvon reuna-alueilla soomat ovat asettuneet vain yhteen kerrokseen. Koiralla gangliosolukerroksessa on myös takimmaisista siliaarivaltimoista peräisin olevaa verisuonitusta. (Samuelson 2007: 127–129.) Ihmisellä fovean alueella solukerros voi olla jopa kymmenen kerroksen paksuinen (Kivelä 2011: 27).

Toiseksi sisin verkkokalvon kerros muodostuu gangliosolujen aksoneista. Aksonit kulkevat samansuuntaisesti verkkokalvon perifeerisistä osista kohti näköhermon päätä. Ne muodostavat paksuja hermosyökkimppuja lähellä näköhermon nystyä. (Ofri 2008: 287.) Näköhermon keskuskuopan pohjalta aksonit kulkevat kovakalvon seulalevyn, lamina cribrosan läpi muodostaen silmäkuopan sisäisen osan näköhermoa (Kivelä 2011: 27–30). Koiralla tässä hermosyökkeroksessa on myös takimmaisista siliaarivaltimoista peräisin olevia suuria verisuonia (Samuelson 2007: 129). Lähinnä lasiaista on sisin kerros, sisempi rajakalvo, joka muodostuu Müllerin gliasolujen päätelevyistä (Kivelä 2011: 27).

Hapen ja ravinteet verkkokalvo saa suonikalvon verisuonien ja verkkokalvon sisällä kulkevien verisuonien kautta (Ofri 2008: 287). Verkkokalvon valtimot tulevat lyhyistä takimmaisista siliaarivaltimoista ja niitä kutsutaan yhteisnimellä silioiretinaaliset valtimot. Koiralla on noin 20 silioiretinaalista valtimoa ja kolmesta neljään laskimoa lähtee säteittäin näköhermon päästä kohti verkkokalvon eri alueita. (Samuelson 2007: 130.) Laskimoita voi olla koiralla useampiakin ja ne saattavat kulkea näköhermon päällä ristiin tai muodostaa renkaan näköhermon ympärille (Ofri 2008: 298). Ihmisillä verkkokalvon sisempiä osia ravitsee verkkokalvon keskusvaltimo ja sen haarat. Verkkokalvon veren-

kierron ja ravinteiden saannin ihmisillä varmistaa silioretinaalinen valtimo. Keskusvaltimon tukkeutuessa, silioretinaalivaltimo huolehtii verkkokalvon hapen ja ravinteiden saannista. Silioretinaalivaltimo kulkee näköhermon nystystä kohti makulan aluetta. (Kivelä 2011: 29.)

3.11 Näköhermo

Näköhermo (nervus opticus) välittää tiedon verkkokalvokuvasta aivojen näköaivokuorelle. Gangliosolujen aksonit muodostavat näköhermon pään eli papillin silmänpohjan takaosaan, foveasta hieman nasaaliseen suuntaan. Näköhermon pään keskellä sijaitsee keskuskuoppa. Se on sikiökautisen lasiaisvaltimon (arteria hyaloidea) ja sitä ympäröivän gliakudoksen jäännös. (Kivelä 2011: 30.) Papillista hermosyyt kulkevat seulalevyn eli lamina cribrosan läpi ja jatkuvat näköhermokanavaa pitkin kohti aivojen näköaivokuorta (Setälä – Ihanamäki – Saari 2011: 264). Näköhermon päässä olevan myeliinin määrä määrittää näköhermon pään koon ja muodon. Koiralla tavallisesti myelinisaatio alkaa jo näköhermon pään tasolta ja tyypillisesti se on muodoltaan hieman kolmion mallinen ja väriltään vaaleanpunainen. Keskuskuoppa saattaa näkyä tummana pisteenä. Vaihtelut muodon, koon ja värin suhteen koiran näköhermon päässä ovat kuitenkin tavallisia. (Ofri 2008: 297–298.) Ihmisellä hermosyiden myelinisaatio alkaa usein vasta lamina cribrosan tasolta (Samuelson 2007: 134).

4 Miten koira näkee?

Koiran ja ihmisen silmän rakenne on anatomisesti samankaltainen. Siitä huolimatta koira näkee ympäristön hieman eri tavalla kuin ihminen. Eroavaisuudet ovat selkeimmät valoistinsolujen eli fotoreseptorien toiminnassa sekä niiden määrässä ja sijainnissa verkkokalvolla. Verkkokalvolla sijaitsevalla valoa heijastavalla tapetumilla on myös merkittävä rooli koiran näkemisessä, erityisesti hämärässä valaistuksessa ja pimeässä. Rungas sauvasolujen määrä yhtä gangliosolua kohden ja valoa heijastava tapetum kuitenkin heikentävät koiran näöntarkkuutta kirkkaassa valaistuksessa ja saavat kuvan näyttämään rakeiselta (Miller 2008: 6). Ihmiseltä tapetum puuttuu kokonaan.

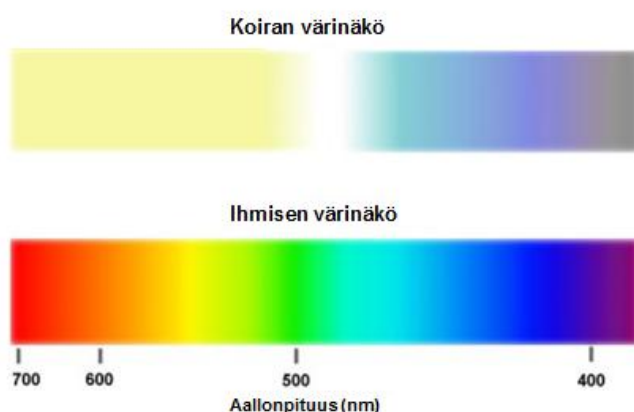
Koiran näöntarkkuus vaihtelee visusarvon 0,4 ja 0,1 välillä, keskiarvon ollen noin 0,3. Koira ei tarvitse samanlaista ihmisen 1,0 näöntarkkuutta suoriutuakseen päivittäisistä sille asetetuista tehtävistä. Koiran loistava hajuaisti ja hyvä kuulo tukevat ympäristön hahmotuskykyä vaikka näöntarkkuus olisikin huono. (Miller 2008: 7.)

4.1 Fotoreseptorit eli verkkokalvon valoistinsolut

Ihmisellä on verkkokalvolla alue jossa on vain tappeja. Tätä aluetta kutsutaan foveaksi. Fovealla tapahtuu tarkka näkeminen hyvässä valaistuksessa ja värien erottelu. Koiralta fovea puuttuu, sen korvaa runsaasti tappeja sisältävä alue, jota kutsutaan keskusalueeksi. Ihmisellä fovea koostuu lähes 100 %:sesti tappisolusta, kun koiralla keskusalueella tappien osuus on kuitenkin vain noin 10 %. (Miller 2008: 7.) Koiralla keskusalue on ovaalin muotoinen ja se sijaitsee näköhermon päästä dorsolateraaliseen eli ylätemporaaliseen suuntaan ollen leveämpi horisontaalisuunnassa (McLellan 2002: 227). Tällä alueella on kuitenkin myös runsaasti sauvoja ja siksi koiran näöntarkkuus ei ole niin hyvä kuin ihmisellä. Sauvojen suuren määrän ansiosta koiralla on kuitenkin ihmiseen verrattuna parempi hämäränäkö. Niin koiralla kuin ihmiselläkin sauvojen määrä lisääntyy verkkokalvon reuna-alueilla. (Ofri 2008: 289.) Koiran verkkokalvolla sijaitseva, valoa heijastava tapetum auttaa myös koiran hämäränäkemistä heijastamalla valoistinsolukerroksesta läpi tulevaa valoa ja näin se tehostaa valoistinsolujen toimintaa pimeässä.

Ihmisen kolme erilaista tappisolua pystyvät absorboimaan sellaisia aallonpituuksia, jotka aistitaan sinisenä, vihreänä ja punaisena värinä. Tästä syystä ihmisen värinäköä kutsutaan trikromaattiseksi. Koiralla on kahdenlaisia tappisoluja ja sen värinäköä kutsu-

taan dikromaattiseksi. Koiran värinäkökyky on siis rajoittunut, mutta ei kuitenkaan täysin musta-vaikoinen kuten aiemmin on luultu (Kuvio 6). Se pystyy havaitsemaan tappisolujen valoherkstä näköpigmentistä opsiinista riippuen kahta pääväriä ja niiden eri sävyjä. (Ofri 2008: 290–291.) Koiran tappisolut eivät ole täysin verrattavissa ihmisen tappisoluihin, jotka siis aistivat sinistä, vihreää ja punaista väriä. Koiran toiset tappisolut aistivat sellaista aallonpituutta, jonka koira näkee violetin sävyisenä värinä ja toiset tappisolut aistivat sellaista aallonpituutta, jonka koira näkee kelta-vihreänä värinä. Kelta-vihreää aistiva tappisolu pystyy aistimaan myös pidempiä aallonpituuksia, kuten ihmisen näkemää punaista värisävyä. Ihmisen vihreää aistiva tappisolu puuttuu koiralta sellaisenaan, joten koiran on hankala erottaa vihreää, kelta-vihreää, keltaista, oranssia ja punaista väriä sellaisina kuin ihminen ne aistii. Vihreän tappisolun puutteesta johtuen koira aistii keskipitkät valon aallonpituudet valkoisen ja harmaan eri sävyinä. Koira perustaa värien erottelukykynsä enemmän kontrasti- ja kirkkauseroihin värien välillä. Koira pystyy lisäksi erottamaan harmaan eri sävyjä ihmistä paremmin. (Miller 2008: 7–8.)



Kuvio 6. Koiran ja ihmisen aistimat aallonpituudet spektrissä (Dog Vision n.d.).

Koira havaitsee liikkuvia kohteita paremmin kuin paikallaan pysyviä, kuten ihminenkin. Koiralla on enemmän liikettä aistivia sauvasoluja kuin ihmisellä ja siksi koira aistii liikettä herkemmin. Tapetumin ansiosta koiran sauvasolujen toiminta on ihmisen sauvasoluja tehokkaampaa myös pimeässä ja liikkuvan kohteen havaitseminen hämärässä ei tuota koiralle ongelmia. (Miller 2008: 2.)

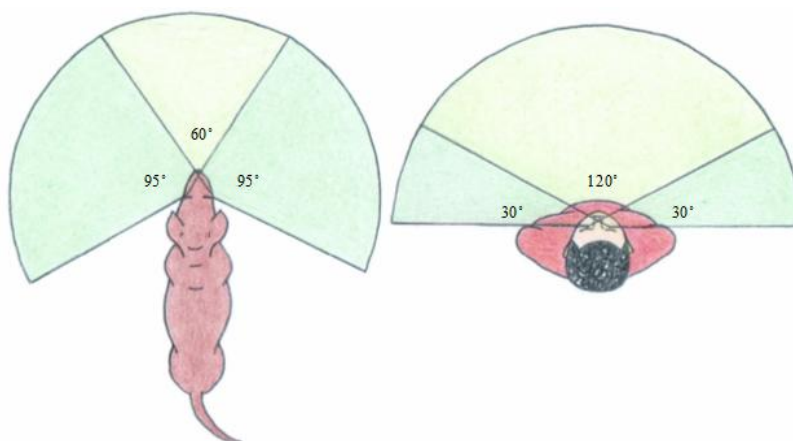
Sauvojen ja tappien toiminnassa on eroja myös sen suhteen miten koira ja ihminen havaitsevat välkkyvää valoa. Koiran valoistinsolut aistivat valon välkkymisenä kun valo välkkyi jopa 70–80 hertsin nopeudella. Ihmisen valoistinsolut aistivat jo 60 hertsin nopeudella värähtelevän valon tasaisena valaistuksena, eikä ihminen havaitse va-

lon värähtelevän tätä suuremmilla hertsilukemilla. Television näyttö välkkyy noin 60 hertsin taajuudella, joten koira aistii näytön vain vilkkuvana valona eikä liikkuvana kuvana, kuten ihminen. (Miller 2008: 2.)

4.2 Näkökenttä

Koiran kallon muoto ja silmien sijoittuminen kalloon vaikuttaa jonkin verran siihen millainen koiran näkökenttä on. Ympäristön kokonaiskuvan muodostamiseen vaikuttaa myös se minkä kokoinen koira on (Miller 2008: 3). Pieni koira katselee ympäristöään eri perspektiivistä kuin iso koira. Eri koirarotujen välillä oleva kokoero voi olla jopa lähes metrin. Maailman suurimpiin koiriin lukeutuva tanskandoggi katselee ympäristöään selkeästi korkeammalta kuin maailman pienimpiin koiriin kuuluva chihuahua.

Ihmisen näkökenttä on noin 180 astetta, josta binokulaarista näkökenttää on noin 120 astetta (Henson 1994: 2). Koiralla, rodusta riippuen, näkökenttä on noin 250 astetta. Molempien silmien yhteinen, binokulaarinen näkökenttä on koiralla 30–60 astetta (Kuvio 7). Labradorinnoutajalla binokulaarinen näkökenttä on kallon rakenteesta johtuen noin 60 astetta. Yhdellä silmällä katsoessaan se näkee noin 90 asteen kokoisen alueen kerrallaan. Kallon taakse jää noin 120 asteen kokoinen sokea alue. Binokulaarisen näkökentän alueella koiralla on samanlainen syvyys- eli stereonäkö kuin ihmisellä. (Miller 2008: 3–4.)



Kuvio 7. Koiran ja ihmisen näkökentät.

5 Silmän taittovirheet

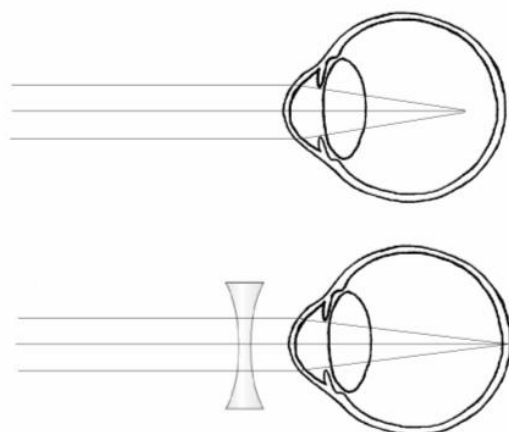
Taittovirheellä eli ametropialla tarkoitetaan sellaista silmän tilaa, jossa silmän pituus ja taittovoima eivät vastaa toisiaan. Taittovirhe vaikuttaa siihen, että äärettömyydestä tulevat valonsäteet eivät lankea verkkokalvolle vaan sen eteen tai taakse ja verkkokalvolle muodostuva kuva on epätarkka. Taittovirheitä ovat myopia eli likitaittoisuus, hyperopia eli kaukotaittoisuus ja astigmatia eli hajataittoisuus. Astigmatiaa voi esiintyä myös yhdessä hyperopian tai myopian kanssa. (Saari – Korja 2011: 303.)

5.1 Myopia eli likitaittoisuus

Myopialla eli likitaittoisuudella tarkoitetaan silmän taittovirhettä, jossa äärettömyydestä tulevat valonsäteet taittuvat verkkokalvon eteen (Kuvio 8). Tämä vaikuttaa erityisesti kaukana olevien katselukohteiden tarkkuuteen. Myopia jaotellaan aksiaaliseen ja refraktiiviseen myopiaan. Aksiaalisella myopialla tarkoitetaan tilaa, jossa silmämuna on liian pitkä silmän taittovoimaan nähden. Refraktiivinen myopia puolestaan johtuu silmän taittovoiman liiallisesta suuruudesta silmän pituuteen nähden. (Saari – Korja 2011: 305.) Paralleelit valonsäteet taittuvat molemmissa tapauksissa verkkokalvon eteen, jolloin katsottavan kohteen kuva on epätarkka. Myooppinen virhe korjataan valon säteitä hajottavilla koverilla miinuslinseillä, jolloin valonsäteet saadaan taittumaan verkkokalvolle. Lähellä olevista kohteista heijastuvat valonsäteet tulevat silmään divergenttisinä, jolloin ne taittuvat verkkokalvolle, ja katsottava kohde nähdään tarkkana. (Lens 2006: 18.)

Ihmisillä myopia jaetaan neljään eri kategoriaan. Jaottelu perustuu siihen missä kehitysvaiheessa myopia esiintyy. Synnynnäinen myopia (congenital myopia) säilyy lapsella kouluikänsä saakka. Nuoruusiän myopia (youth-onset myopia) alkaa kehittyä lapselle noin kuusi-vuotiaana ja jatkuu teini-ikäisyyteen asti. Tämä myopian muoto liittyy usein pituuskasvuun. Kahden- ja neljäkymmenen ikävuoden väliin ajoittuu nuoren aikuisiän myopia (early adult-onset myopia). Myopian määrä on yleensä pieni ja se muuttuu usein ihmisen ikääntyessä emmetropiaksi. Kaihi saattaa vaikuttaa myopian syntyyn lisäämällä mykiön taittovoimaa. Näin syntyy myöhäisikäisyyden myopia (late adult-onset myopia). (Rosenfield 2006: 6.)

Myopia jaetaan kategorioihin myös suuruuden perusteella. Se jaotellaan lievään eli alle -3,0 dioptrian suuruiseen, keskisuureen eli -3,12 – -6,0 dioptrian suuruiseen ja suureen eli yli -6,0 dioptrian suuruiseen myopiaan. (Edwards 1998: 5.) Ihmisillä esiintyvää suurta myopian määrää, jolloin taittovirheen määrä on yli -6,0 dioptriaa, ei yleensä tavata koirilla. Labradorinnoutajilla esiintyvän myopian on todettu olevan aksiaalista myopiaa eikä sarveiskalvon tai mykiön liiallisen taittovoiman aiheuttamaa refraktiivista myopiaa. (Mutti – Zadnik – Murphy 1999: 1577.)



Kuvio 8. Valon taittuminen verkkokalvolle myooppisessa silmässä korjaamattomana ja korjattuina miinuslinssillä.

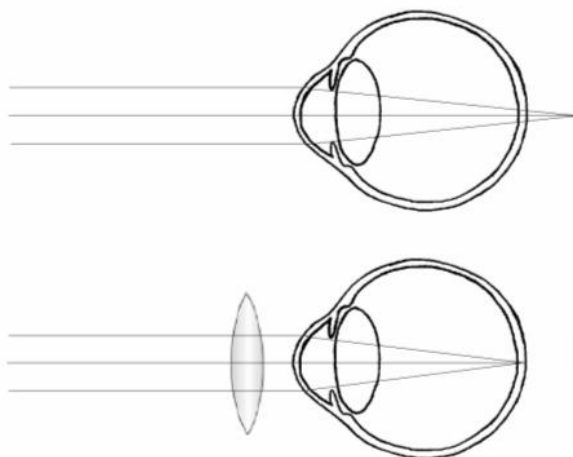
5.2 Hyperopia eli kaukotaittoisuus

Hyperopialla eli kaukotaitteisuudella tarkoitetaan taittovirhettä, jossa äärettömyydestä tulevat valonsäteet taittuvat verkkokalvon taakse ja katsottava kohde nähdään epätarkkana (Kuvio 9). Hyperopia jaotellaan myopian tavoin aksiaaliseen hyperopiaan ja refraktiiviseen hyperopiaan. Aksiaalisessa hyperopiassa silmämuna on liian lyhyt silmän taittovoimaan nähden ja refraktiivisessa hyperopiassa silmän taittovoima on liian heikko silmän pituuteen nähden. (Saari – Korja 2011: 304.) Hyperooppinen virhe korjataan valonsäteitä kokoavilla kuperilla pluslinssillä tai lisäämällä silmän taittovoimaa akkommodaation avulla, jolloin valonsäteet saadaan taittumaan verkkokalvolle (Lens 2006: 18).

Ihmisillä hyperopia jaotellaan absoluuttiseen, manifestiin, latenttiin, totaaliin ja fakultaatiiviseen hyperopiaan. Absoluuttisella hyperopialla tarkoitetaan hyperopiaa, jota ei voida akkommodaation avulla minimoida. Se määritetään pienimmällä mahdollisella plus-

korjauksella, jolla saavutetaan maksimaalinen näöntarkkuus. Manifesti hyperopia määritetään suurimmalla mahdollisella pluskorjauksella, jonka asiakas vielä hyväksyy ilman että kaukonäöntarkkuus huononee. Latentti hyperopia on piilossa olevaa hyperopiaa ja se saadaan selville vain sykloplegiassa. Totaalisella hyperopialla tarkoitetaan manifestin ja latentin hyperopian summaa eli sitä hyperopian määrää mikä on kokonaisuudessaan olemassa. Fakultatiivinen hyperopia on sellainen hyperopian muoto, joka on akkommodaation avulla hallittavissa, mutta se voidaan saada selville myös ilman sykloplegiaa, esimerkiksi skiaskopian avulla. (Rosenfield 2006: 10–11.)

Hyperopia voidaan jaotella myös suuruuden mukaan lievään eli alle +3,0 dioptrian suuruiseen, keskisuureen eli +3,12 – +5,0 dioptrian suuruiseen ja suureen eli yli +5,0 dioptrian suuruiseen hyperopiaan (Rosenfield 2006: 10).



Kuvio 9. Valon taittuminen verkkokalvolle hyperooppisessa silmässä korjaamattomana ja korjattuna pluslinssillä.

5.3 Astigmatia eli hajataittoisuus

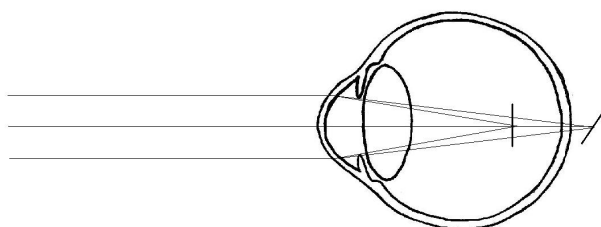
Astigmatia eli hajataittoisuus aiheutuu kun silmän valoa taittavat osat eivät ole sfäärisiä eli pinnanmuodoltaan säännöllisiä eivätkä valonsäteet taitu yhteen pisteeseen (Kuvio 10). Yleisimmin astigmatia johtuu siitä, että sarveiskalvolla on eri kaarevuussäde eri meridiaaneilla. Sarveiskalvo siis taittaa valonsäteitä toisessa suunnassa jyrkemmin kuin toisessa. Astigmatia voi joskus aiheutua myös mykiön epäsäännöllisestä muodosta. (Saari – Korja 2011: 307.) Astigmatia korjataan sylinterilinssillä, joka taittaa valonsä-

teitä linssin toisessa suunnassa eri tavalla kuin vastakkaisessa suunnassa (Lens 2006: 19).

Astigmatia jaotellaan säännölliseen ja epäsäännölliseen astigmatiaan sekä säännömukaiseen ja säännönvastaiseen astigmatiaan. Säännöllisessä astigmatiassa päämeridiaanien kaarevuussäteet ovat kohtisuorassa toisiinsa nähden. Epäsäännöllisessä astigmatiassa meridiaanit eivät ole säännöllisesti kohtisuorassa toisiinsa nähden. Säännöllinen astigmatia on yleisempää kuin epäsäännöllinen astigmatia. Epäsäännöllinen astigmatia johtuu monesti jostakin sarveiskalvon epätasaisuutta aiheuttavasta vammasta tai sairaudesta, kuten arvista tai keratokonuksesta. Säännömukaisella astigmatialla tarkoitetaan sellaista astigmatian muotoa, jossa valonsäteet taittuvat jyrkemmin vertikaali- kuin horisontaalisuunnassa. Säännönvastaisessa astigmatiassa horisontaalisuunta taittaa valoa jyrkemmin kuin vertikaalisuunta. Hajataitteisuuden korjaava sylinterivoimakkuuden suunta ilmoitetaan astelukuna. Säännömukaisessa astigmatiassa miinussylinterin asteluku on vaakasuorassa lähellä 180 astetta kun säännönvastaisessa astigmatiassa korjaavan miinussylinterin akselisuunta on pystysuorassa lähellä 90 astetta. Hajataitteisuudessa kaarevuussäteet ovat yleensä keskittyneet vertikaali- ja horisontaalisuuntiin, mutta astigmatiaa voi esiintyä myös vinoissa suunnissa, kuten 60 astetta tai 120 astetta. (Saari – Korja 2011: 307–308.)

Suuruuden perusteella astigmatia jaotellaan lievään eli alle 2,0 dioptrian suuruiseen, suureen eli 2,0 – 6,0 dioptrian suuruiseen ja erittäin suureen eli yli 6,0 dioptrian suuruiseen astigmatiaan (Rosenfield 2006: 13).

Koirilla astigmatiaa tavataan harvoin. Yleensä koirilla esiintyvä astigmatia johtuu sarveiskalvon kaarevuussäteiden vääristymisestä jonkin sairauden aiheuttamana. (Miller 2008: 5.)



Kuvio 10. Valon taittuminen verkkokalvolle astigmaattisessa silmässä.

6 Skiaskopia objektiivisena näöntutkimusmenetelmänä

Skiaskopia on objektiivinen eli tutkittavasta riippumaton menetelmä silmän taittovirheen määrittämiseen. Skiaskoppia käytetään valaisemaan silmän sisäosia ja samalla tarkkaillaan valoa, joka heijastuu verkkokalvolta. Valonsäteet taittuvat kulkiessaan silmän optisten rakenneosien läpi. Silmän taittovirhe saadaan määritettyä tutkimalla miten ja kuinka paljon valonsäteet muuttuvat. (Corboy 2003: 1.)

Skiaskopiaa voidaan hyödyntää objektiivisena näöntutkimusmenetelmänä tilanteissa, jossa kommunikointi tutkittavan kanssa on hankalaa tai mahdotonta, kuten esimerkiksi nuorilla lapsilla, kehityshäiriöisillä ja eläimillä. Silmää tarkastellaan optisena instrumenttina eikä skiaskopoidessa huomioida sitä informaatiota, mikä verkkokalvolta siirtyy aivoihin tai minkä linssivoimakkuuden tutkittava kokee miellyttävimmäksi. Skiaskopia ei ole riippuvainen tutkittavan näöntarkkuudesta tai arvostelukyvystä vaan siinä tarkastellaan ainoastaan silmän objektiivista taittovirhettä. (Corboy 2003: 1.)

6.1 Taittovirheen määrittäminen skiaskoopilla

Skiaskoopilla valaistaan verkkokalvo ja seurataan heijastuvan valon liikettä kun valonlähdettä liikutetaan. Kun silmässä on taittovirhettä, se ilmenee heijasteessa joko vastatai myötäliikkeenä. Divergentillä valolla valaistaessa näkyy likitaitteisessa silmässä vastaliike ja kaukotaitteisessa silmässä myötäliike. Astigmaattisessa silmässä ei yhdellä linssivoimakkuudella voida neutralisoida valon liikettä kaikissa suunnissa vaan valon liike astigmaattisessa silmässä näkyy toisessa suunnassa myötäliikkeenä ja toisessa suunnassa vastaliikkeenä. Voimakkuuden ollessa oikea silmän taittovirheeseen nähdessä heijasteena niin sanottu vilkkupiste, jolloin koko verkkokalvo valaistuu kerralla. (Karhunen 2006.)

6.2 Koirien skiaskopointi

Koirien skiaskopointi suoritetaan samalla tavalla kuin ihmisen skiaskopointi. Koska koiran akkomodaatiokyky on vain 1-3 dioptriaa, sykloplegien käyttö skiaskopiassa ei ole välttämätöntä (Ofri 2007: 189). Skiaskopointi suoritetaan 67 senttimetrin etäisyydeltä ja silmän eteen tuodaan +1,50 dioptrian linssi, joka neutraloi tutkimusetäisyyden (Kuvio 11). Jos etulinssiä ei käytetä, täytyy saadussa tuloksessa huomioida tutkimusetäisyy-

den neutraloivan etulinssin voimakkuus +1,50 dioptriaa. (Ollivier – Plummer – Barrie 2007: 458 – 459.)

Koirien taittovirheitä on tutkittu aikaisemminkin skiaskopimalla. Skiaskopoinnin perusteella on saatu selville, että suurin osa koirista on emmetrooppeja, mutta vaihtelua suuntaan tai toiseen esiintyy yleisimmin noin yhden dioptrian verran. Tutkimuksissa on todettu myös rotukohtaisia eroja ja muun muassa labradorinnoutajilla on havaittu esiintyvän myopiaa. (Ollivier ym. 2007: 459.)



Kuvio 11. Koiran skiaskopointi.

7 Akkommodaatio

Akkommodaatiolla tarkoitetaan silmän taittovoiman nopeaa mukautumista etäisyydeltä toiselle. Tällä tavoin kuva saadaan muodostumaan tarkasti verkkokalvolle. Akkommodaation laukaisee epätarkka kuva. Ihminen akkommodoi kun sädelihhas supistuu, ripustinsäikeet löystyvät ja samalla mykiö pullistuu. Näin mykiön kaarevuutta säätelemällä ihminen voi muuttaa silmän taittovoimaa. (Ofri 2007: 188.) Ihmisen akkommodaatiokyky on nuorena noin 14 dioptriaa, mutta akkommodaatiokyky heikkenee iän myötä ja 60 vuoden iässä ihminen pystyy akkommodoimaan enää noin 1,5 dioptrian verran (Saari – Korja 2011: 309).

Koiralla on kaksi tapaa akkommodoida. Se muuttaa mykiön kaarevuutta tai siirtää mykiötä eteenpäin kohti sarveiskalvoa. (Miller 2008: 5.) Koiran akkommodaatiokyky on suhteellisen pieni ja se vaihtelee yhden ja kolmen dioptrian välillä (Ofri 2007:189). Tämän perusteella koira siis pystyy tarkentamaan kuvan verkkokalvolle kun katsottava kohde on 33–100 senttimetrin päässä silmästä tai kauempana. Tätä lähempänä olevat kohteet koira aistii epätarkkoina. (Miller 2008: 5.) Myös koiralla akkommodaatiokyky heikkenee iän myötä ja koiran ollessa noin kuuden vuoden ikäinen mykiö on menettänyt suurimman osan joustavuudestaan (Samuelson 2007: 107).

8 Sykloplegia

Sykloplegialla tarkoitetaan silmän sädelihaksen halvaus- tai lamaannustilaa. Se saadaan aiheutettua sädelihasta lamaannuttavilla silmätipoilla. Lääkeaineet lamaannuttavat sädelihaksen ja estävät näin akkommodaation toiminnan. (Kivelä 2011: 22.)

8.1 Sykloplegiset lääkeaineet

Silmän sädelihas voidaan lamauttaa parasymptomolyyttisillä lääkeaineilla kuten atropiinilla, skopolamiinilla, syklopentolaatilla ja tropikamidilla (Kivelä 2011: 22). Sykloplegiset lääkeaineet vaikuttavat sekä pupillin kokoon että akkommodaatiokykyyn. Ne salpaavat autonomisen hermoston välittäjäaineen eli asetyylikoliinin vaikutuksen. Tästä syystä niitä kutsutaan antikolinergeiksi, antimuskariineiksi tai kolinergisiksi antagonisteiksi. Vaikutus kohdistuu hermoston muskariinireseptoreihin ja sileisiin lihassoluihin. Sykloplegisillä lääkeaineilla saadaan aikaiseksi väliaikainen halvaustila sädelihakseen ja värikalvon kurojalihakseen. (Frazier 2008: 125.)

Koiran skiaskopiassa käytetään yleisesti syklopleginä tropikamidia. Se annostellaan tippoina paikallisesti silmään 0,5 % tai 1 % vahvuisena liuoksena. Tropikamidi vaikuttaa nopeasti ja noin puoli tuntia annostelun jälkeen saavutetaan jo maksimaalinen pupillin laajentuminen. (Herring 2007: 332.) Voimakkaasti pigmentoitunut värikalvo hidastaa tropikamidin vaikutuksen alkamista jonkin verran (Maggs 2008: 53). Vaikutus alkaa hiipua noin kaksi tuntia annostelun jälkeen mutta kokonaisvaikutusaika on noin kaksitoista tuntia. Tropikamidin vaikutus akkommodaatioon on lievempi kuin pupillin laajentumiseen. Tutkimusten perusteella sykloplegia ei juuri vaikuta skiaskopiatulokseen koiralla, koska koiran akkommodaatiokyky on vain 1–3 dioptriaa. (Herring 2007: 332–333.)

8.2 Syklopleginen refraktio

Sykloplegisellä refraktiolla tarkoitetaan taittovirheen määrittämistä sykloplegisten lääkeaineiden avulla. Sykloplegeillä lamaannutetaan silmän sädelihas ja minimoidaan näin akkommodaation vaikutus refraktioon. Syklopleginen refraktio on hyödyllinen erityisesti määritettäessä refraktiivista virhettä sellaisilla potilailla, jotka eivät ole yhteistyö-

kykyisiä, joiden kanssa kommunikointi on hankalaa tai jos tutkittavalla on toiminnallisen näön alentumaa. Sykloplegisessä refraktiossa tutkimus ei perustu tutkittavan fiksoivan kohteen etäisyyteen, vaan tutkittava saa katsella mille etäisyydelle tahansa, sillä akkommodaatio pysyy minimissään sykloplegian ansiosta. (Wickum 2008: 343.)

Sykloplegian taso voidaan ihmisillä tarkistaa mm. lähitestillä, jossa katsottava kohde asetetaan 40 senttimetriin ja silmien eteen asetetaan +2,50 dioptrian linssit. Tutkittavaa pyydetään sen jälkeen tuomaan kohdetta niin lähelle kuin mahdollista ilman, että kohde sumenee. Kohteen tulisi alkaa sumentua välittömästi 40 senttimetrissä olettaen, että tutkittavan refraktiivinen virhe on korjattu oikein. Sykloplegejä käytettäessä sivuvaikutuksena on pupillien laajeneminen. Tämä ei kuitenkaan kerro sykloplegian vahvuudesta, sillä maksimaalinen pupillien laajeneminen vie kauemmin kuin maksimaalinen sykloplegia. Pupillien laajentumisesta voi aiheutua aberraatioita, jotka huonontavat silmän optiikkaa. Aberraatiot voivat myös hankaloittaa skiaskopiaa ja refraktion määrittystä. (Wickum 2008: 344–347.)

9 Aikaisemmat tutkimukset koirien taittovirheistä

Koirilla esiintyviä taittovirheitä ja niiden suuruuksia on tutkittu aikaisemminkin. Tutkimuksissa on huomattu myös viitteitä taittovirheen, erityisesti myopian, perinnöllisyydestä. Myös koiran rodun, kallon muodon ja iän on havaittu vaikuttavan taittovirheen esiintyvyyteen (Maehara – Itoh – Higashinozono – Izumisawa 2011: 927).

Labradorinnoutajilla myopian on todettu kehittyvän silmän aksiaalisen pituuskasvusta johtuen. Myös ihmisten keskuudessa tämä on yleisin syy myopian kehittymiseen. (Black – Browning – Collins – Phillips 2008: 4784; Mutti 1999: 1577.) läkkäämmillä koirilla, keskimäärin yli 8 vuotiailla, havaitaan nuoria koiria yleisemmin myopiaa. Tämä johtuu yleensä mykiön samentumisesta ja sen rakenteiden tiivistymisestä. (Maehara ym. 2011: 928.)

Joanna Black ja hänen yhteistyökumppaninsa tekivät Uudessa-Seelannissa vuonna 2008 tutkimuksen, jossa tutkittiin labradorinnoutajilla esiintyvien taittovirheiden yleisyyttä ja periytyvyyttä. He totesivat, että tutkimusjoukosta 31 % oli myooppeja, 9 % oli hyperooppeja ja loput 60 % oli emmetrooppeja. He määrittelivät emmetroopeiksi myös koirat, joiden taittovirhe oli maksimissaan -0,50 dioptriaa myopiaa ja maksimissaan +1,0 dioptriaa hyperopiaa. Heidän tutkimusjoukossaan astigmatiaa ei juuri esiintynyt. Koirien taittovirheet oli tutkittu skiaskopimalla molemmat silmät sykloplegisiä tippoja apuna käyttäen. Tutkimukseen osallistuneet koirat periytyivät kaikki samasta jalostusuroksesta. Kyseisellä uroksella oli todettu olevan -2,0 dioptrian myopia. (Black ym. 2008: 4784–4787.)

Donald Mutti ja hänen yhteistyökumppaninsa tekivät noin 10 vuotta aikaisemmin vastaavanlaisen tutkimuksen labradorinnoutajille. Tässä amerikkalaisessa tutkimuksessa todettiin myopian yleisyyden olevan tutkimusjoukon sisällä vain 8 % eikä tutkimuksessa myöskään todettu merkittävää astigmatiaa. Koirat skiaskopoitiin sykloplegisiä tippoja apuna käyttäen kuten Blackin tutkimuksessakin. Muttin tutkimuksessa keskityttiin erityisesti myopian esiintyvyyteen labradorinnoutajien keskuudessa, joten hyperopian tarkkaa osuutta tutkittavista ei ole mainittu. Tutkimusjoukossa kuitenkin oli koiria, joiden hyperopian määrä oli suurimmillaan jopa +3,5 dioptriaa. Tämän tutkimuksen koirat eivät olleet toisilleen sukua, toisin kuin Blackin tutkimuksessa. (Mutti 1999: 1577.) Blackin tutkimuksessa myopian osuus otosjoukosta oli suurempi kuin Muttin tutkimuksessa. Ero myopian esiintyvyydessä voi selittyä Blackin tutkimuksessa käytetyillä yhtei-

sellä kantaisällä, jolla oli todettu myopiaa. Tämä antaa viitteitä myös myopian periytyvyydestä koirilla.

10 Tutkimus

10.1 Tutkimusaihe

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus selvittää esiintyykö suomalaisessa opaskoirapopulaatiossa taittovirheitä. Halusimme selvittää erityisesti myopian osuutta taittovirhejakaumassa, sillä tutkimuksissa, joihin tutustuimme työmme alkuvaiheessa, oli labradorinnoutajilla todettu esiintyvän myopiaa. Meitä kiinnosti myös vaikuttaako tutkimiemme koirien sukulaisuussuhteet, turkin väri ja sukupuoli eriasteisten taittovirheiden esiintyvyyteen.

10.2 Otosjoukko

Tutkimusjoukko koostui kolmestakymmenestäneljästä (n=34) Opaskoirakoulun labradorinnoutajasta. Otosjoukko kattaa noin 12 % Suomen opaskoirista. Aikaisemmin tehdyissä tutkimuksissa on havaittu taittovirheitä myös muilla koiraroduilla, mutta halusimme keskittyä erityisesti labradorinnoutajiin, koska niitä on suurin osa Suomessa käytössä olevista opaskoirista. Koirat valikoituivat tutkimuksen otosjoukkoon sattumanvaraisesti niistä koirista, jotka olivat tutkimuspäivinä Opaskoirakoululla suorittamassa koulutuksensa ensimmäistä tai toista vaihetta. Otosjoukon keski-ikä oli noin kaksi vuotta. Nuorin tutkituista koirista oli viisi kuukautta vanha ja vanhin viisi vuotta ja kahdeksan kuukautta. Halusimme keskittää tutkimuksemme nuoriin aikuisiin koiriin. Pentukoiria emme halunneet sisällyttää otosjoukkoomme, koska halusimme varmistaa, että tutkittavien koirien kasvu ja silmän kehitys olisivat jo pysähtyneet. Poikkeuksena otosjoukossamme oli yksi viiden kuukauden ikäinen koira, jonka skiaskopiatuloksen olemme kuitenkin ottaneet mukaan tutkimustuloksiimme. Emme myöskään halunneet otosjoukkoomme niin vanhoja koiria, joilla iän puolesta voisi olla esimerkiksi kaihimuutoksia mykiöissä. Näin varmistimme, että silmän valoa läpäisevät väliaineet olisivat kirkaat eivätkä antaisi virheellistä myopiatulosta.

Tutkimamme koirat edustivat molempia sukupuolia ja ne olivat väritään mustia ja keltaisia. Uroskoiria oli seitsemäntoista, joista mustia oli kaksitoista ja keltaisia viisi. Nartukoiria oli seitsemäntoista, joista mustia oli kolmetoista ja keltaisia neljä. Kaikki tutkimamme koirat olivat perusterveitä ja eläinlääkärin terveystarkastamia ennen skiaskopointiamme. Yhdelläkään koirista ei ollut todettu silmäsairauksia. Tutkituilla koirilla ei

ollut myöskään havaittu mitään käyttäytymiseen liittyvää ongelmaa, jonka olisi ajateltu johtuvan näkemisen heikkoudesta.

Tutkimamme koirat olivat viidestätoista eri pentueesta. Emme tutkineet näiden pentueiden vanhempia, vaan ainoastaan niiden jälkeläisiä. Poikkeuksena oli yksi narttu, joka oli tutkimusjoukossamme sekä pentueen jäsenenä että yhden pentueen emänä.

10.3 Tutkimuksen toteutus

Toteutimme tutkimuksen kvantitatiivisena eli määrällisenä tutkimuksena. Tutkimme 34 opaskoiran silmät skiaskopoimalla. Tutkimukset teimme syys- ja lokakuussa 2012 sekä tammikuussa 2013 Vantaalla Opaskoirakoulun tiloissa. Skiaskopoimme koirien silmät sekä sykloplegisten silmätippojen kanssa että ilman niitä. Syklopleginä käytimme 5 mg/ml (0,5 %) Oftan Tropicamidia.

Skiaskopoinnin suoritimme siten, että ensin toinen meistä tutki koiran molemmat silmät ilman sykloplegejä, jonka jälkeen toinen meistä tarkisti tuloksen molempien silmien osalta. Vaihtelimme järjestystä kumpi meistä tutki ensimmäiseksi ja kumpi tarkisti tuloksen. Kun olimme molemmat saaneet tuloksen koiran silmistä, tiputimme koiran silmiin yhden tipan Oftan Tropicamidia sykloplegisen vaikutuksen aikaansaamiseksi. Annoimme lääkeaineen vaikuttaa, jonka jälkeen skiaskopoimme koiran silmät uudelleen sykloplegisen vaikutuksen alaisena. Noudatimme lääkeaineen suositeltua vaikutusaikaa ennen uudelleen tutkimista. Lääkeaineen suositeltu vaikutusaika oli vähintään 30 minuuttia, mutta kuitenkin enintään 2 tuntia. Tutkimme koiran silmät sykloplegiassa samalla tavalla kuin alussa ilman sykloplegiaa eli ensin toinen meistä skiaskopoi silmät ja toinen tarkisti tuloksen.

Pyrimme minimoimaan tulosten virheellisyyttä siten, että me molemmat skiaskopoimme koiran silmät sekä ilman tippoja että niiden kanssa. Halusimme lisäksi tietää kuinka paljon koiran akkommodaatio vaikuttaisi tulokseen, joten tutkimme silmät myös ilman sykloplegiaa. Koska koiran akkommodaatiokyky on vain 1–3 dioptriaa, oli oletettavaa, ettei akkommodaatio vaikuttaisi oleellisesti lopputulokseen. Halusimme kuitenkin varmistaa saatujen tutkimustulostemme luotettavuuden, joten tutkimme koirien silmät myös sykloplegian vaikutuksen alaisena. Tulosten analysoinnissa käytimme aina sykloplegialla saatua skiaskopiatulosta, jotta saisimme akkommodaation vaikutuksen suljettua pois. Tarkastelimme skiaskoopilla sekä horisontaali että vertikaalisuunnat ja tar-

vittaessa myös vinot suunnat. Tutkimusetäisyytenä meillä oli 67 senttimetriä ja käyttimme +1,50 dioptrian etulinssiä neutraloimaan tutkimusetäisyyden.

Tutkimuksemme alkaessa tiesimme koirien taustoista vain sen, että ne olivat eläinlääkärin terveystarkastamia ja terveiksi todettuja. Niiden silmänpohjat oli tutkittu perinnöllisten silmäsairauksien varalta eikä yhdelläkään tutkimuksen koirista ollut todettu mitään sairauteen viittaavaa. Meillä ei ollut etukäteen tietoa koirien käyttäytymisestä, oppimiskyvystä tai luonteesta, jottei tällainen tieto vaikuttaisi meidän skiaskopointiimme siten, että meillä olisi ennako-odotus taittovirheen mahdollisesta suuruudesta.

10.4 Tutkimustulosten analysointi

Olemme tutkineet työssämme koirien yleistä taittovirhejakaumaa eli sitä kuinka suuri osa koirista on emmetrooppeja, kuinka suuri osa myooppeja ja hyperoeppeja. Lisäksi olemme selvittäneet vaikuttaako koiran turkin väri, sukupuoli tai perinnöllisyys taittovirheen esiintyvyyteen. Näitä muuttujia ja niiden välisiä suhteita olemme analysoineet SPSS tilasto-ohjelmalla.

10.4.1 Mannin-Whitneyn testi

Turkin värin ja sukupuolen vaikutusta olemme tutkineet SPSS-ohjelman Mannin-Whitneyn testillä, joka tunnetaan myös nimellä U-testi. Mannin-Whitneyn testi soveltuu erityisesti pienille otoksille ja siinä vertaillaan kahden toisistaan riippumattoman keskiarvon eroja (Metsämuuronen 2004: 181). Opinnäytetyössämme Mannin-Whitneyn testin vertailupareina ovat olleet siis mustat ja keltaiset labradorinnoutajat ja urokset että nartut. Olemme jakaneet vertailuparit kahteen eri ryhmään ja tutkineet esiintyykö taittovirheitä toisessa ryhmässä enemmän kuin toisessa vai ovatko tulokset ryhmien välillä samankaltaiset. Tarkastelimme oliko mustilla labradorinnoutajilla suurempia taittovirheitä kuin keltaisilla tai oliko taittovirheiden esiintyvyydessä eroja urosten ja narttujen välillä.

10.4.2 Kruskalin-Wallis testin testi

Taittovirheiden perinnöllisyyttä, eli sitä vaikuttaako koirien sukutaustat taittovirheiden esiintyvyyteen, olemme tutkineet SPSS-ohjelman Kruskalin-Wallis testillä. Kruskalin-

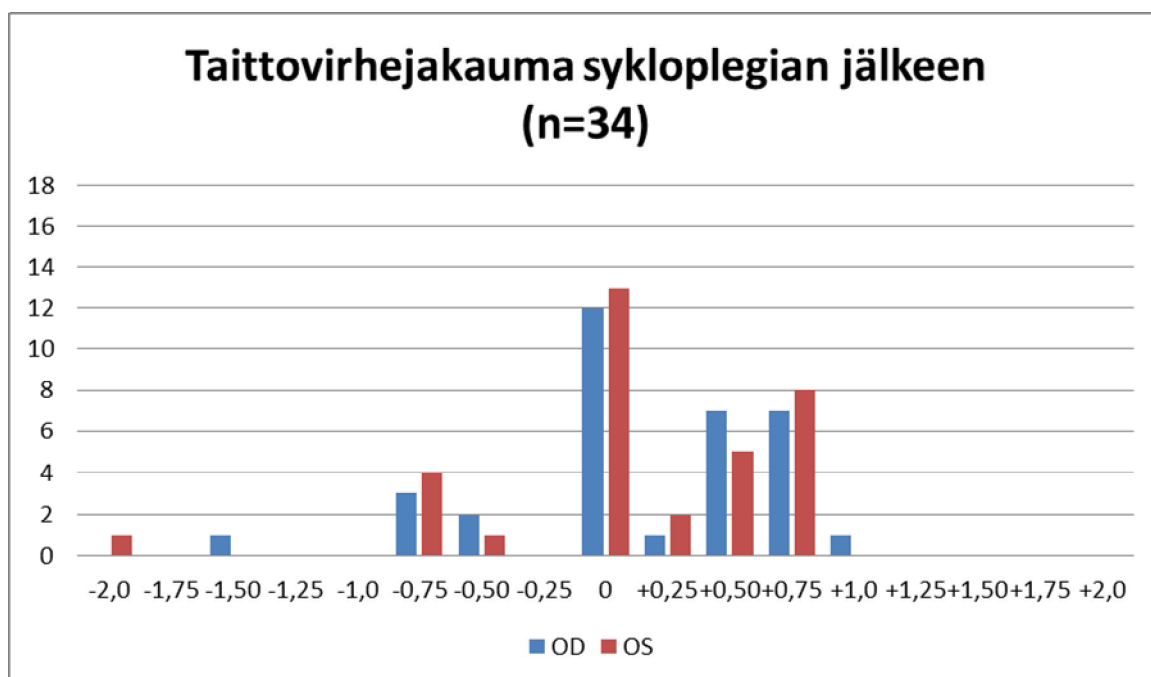
Wallisin testi soveltuu hyvin tilanteisiin, jossa vertailtavia ryhmiä on enemmän kuin kaksi ja ryhmien otoskoot ovat erisuuruisia (Metsämuuronen 2004: 194–195). Työssämme tutkittavina ryhminä Kruskalin-Wallis testissä oli seitsemän eri pentuetta ja pentueiden otoskoot vaihtelivat 2–5 yksilön välillä. Tutkimme esiintyykö joidenkin pentueiden jäsenillä enemmän taittovirheitä kuin toisissa pentueissa.

10.4.3 P-arvo merkitsevyydestason kuvaajana

Tulosten yhteydessä tilasto-ohjelma ilmoittaa yleensä automaattisesti myös havaitun merkitsevyydestason, joka kuvaa tulosten tilastollista luotettavuutta. Tämä ilmoitetaan usein p-arvolla. P-arvo kertoo kuinka suuri riski on siinä, että muuttujien välille saatu ero tai riippuvuus johtuu sattumasta. Tuloksia voidaan pitää tilastollisesti merkitsevinä, kun p-arvo on alle 0,05, joka tarkoittaa sitä, että tuloksissa on alle 5 %:n todennäköisyys sattumalle. (Heikkilä 1998: 194–195.)

10.5 Tutkimustulokset

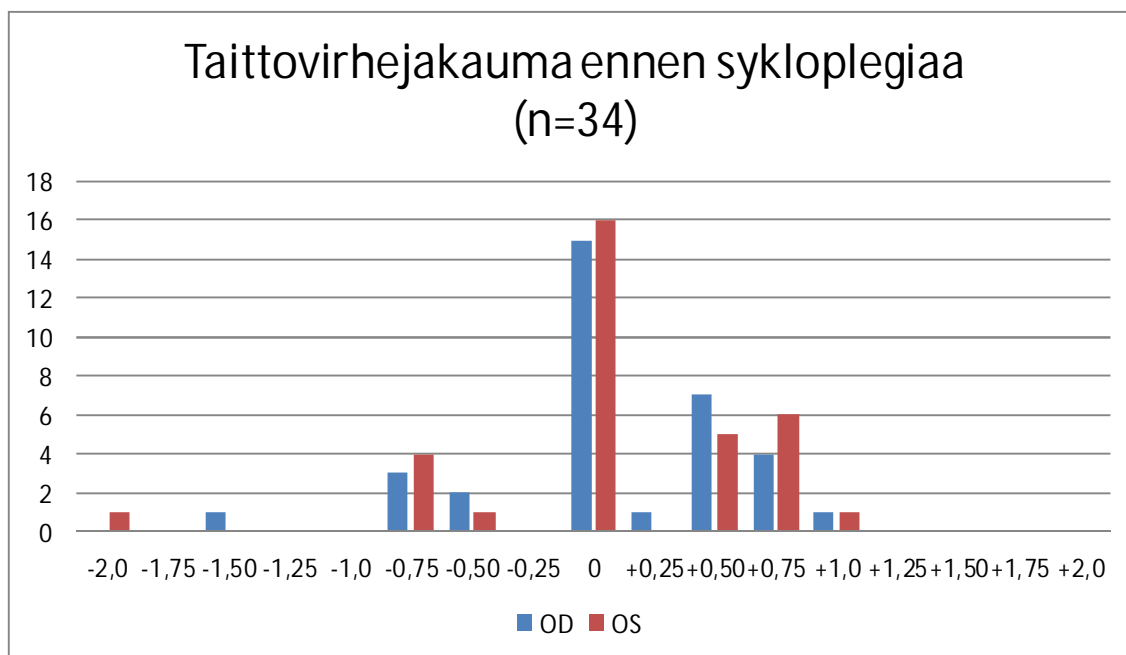
Yleisen taittovirhejakautuksen tarkastelussa emme ole käyttäneet SPSS tilasto-ohjelman testejä vaan olemme tarkastelleet tuloksia sellaisenaan. Suurin osa tutkituista koirista oli emmetrooppeja tai lieviä hyperoeppeja. Tarkastelemme työssämme lopullisena tuloksena sykloplegeillä saatuja arvoja, koska syklopleginen tulos kertoo luotettavimmin taittovirheen oikean määrän, kun akkommodaatio ei vääristä skiaskopiatulosta. Olemme tarkastelleet tuloksia siten että ± 0 dioptrian tuloksen saaneet koirat ovat emmetrooppeja, kaikki plussuuntaiset $\geq +0,25$ dioptrian suuruiset koirat ovat hyperoeppeja ja kaikki miinussuuntaiset $\geq -0,25$ dioptrian suuruiset ovat myoeppeja. Tutkimiemme koirien taittovirheet jakautuivat kuvion 12 mukaisesti.



Kuvio 12. Taittovirhejakauma sykloplegistien tippojen jälkeen.

Kuvaajassa koirien oikea silmä on kuvattu sinisellä ja vasen silmä punaisella palkilla (Kuvio 12). Vaaka-akselilla on kuvattuna taittovirheen suuruus ja pystyakselilla koirien lukumäärä. Koirista 35 % oli emmetrooppeja, 47 % hyperooppeja ja 18 % myooppeja. Yhden silmän osalta suurin hyperooppinen tulos oli +1,0 dioptriaa ja suurin myooppinen tulos -2,0 dioptriaa. Koiralla jolla oli suurin hyperooppinen tulos +1,0 dioptriaa, toisen silmän tulos oli +0,75 dioptriaa. Koiralla jolla oli suurin myooppinen tulos -2,0 dioptriaa, toisen silmän tulos oli -1,50 dioptriaa.

Tutkimme koirien silmät myös ilman sykloplegiaa. Tutkimustulokset eivät poikenneet oleellisesti sykloplegisestä skiaskopiatuloksesta. Suurimmalla osalla koirista saimme saman tuloksen, vain kuudella koiralla (17,6 %) skiaskopiatulos poikkesi ilman sykloplegiaa saadusta tuloksesta. Tyypillisesti tulos poikkesi siten, että taittovirheen määrä muuttui 0,25–0,50 dioptriaa, yleisimmin hyperooppiseen suuntaan. Kuviossa 13 on kuvaaja tutkimiemme koirien taittovirhejakaumasta ilman sykloplegiaa.



Kuvio 13. Taittovirhejakauma ilman sykloplegiaa.

Kuvaajassa oikea silmä on kuvattu sinisellä ja vasen silmä punaisella värillä (Kuvio 13). Vaaka-akselilla on kuvattuna taittovirheen suuruus ja pystyakselilla on kuvattuna koirien lukumäärä.

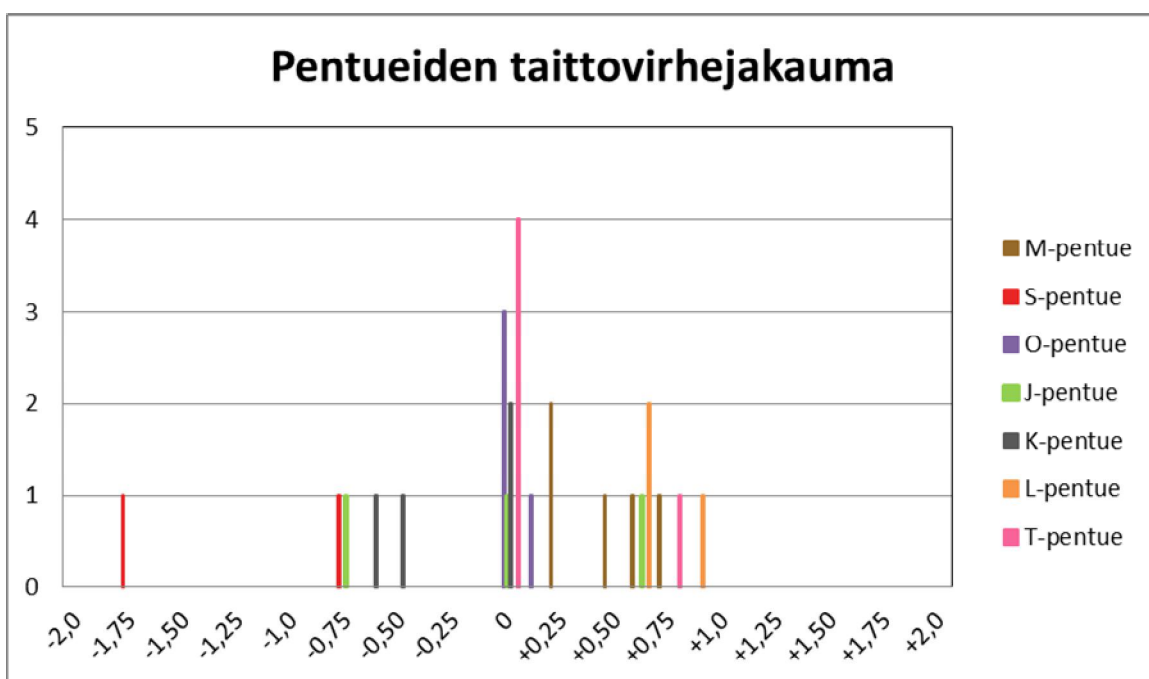
10.5.1 Värin ja sukupuolen vaikutus taittovirheiden esiintyvyyteen

Halusimme opinnäytetyössämme myös selvittää vaikuttaako koiran sukupuoli tai väri taittovirheiden esiintyvyyteen. SPSS-ohjelman Mannin-Whitneyn testillä tarkasteltuna koiran sukupuoli ei vaikuta taittovirheen esiintyvyyteen otosjoukossamme. Tarkasteltaessa koiran värin vaikutusta taittovirheen esiintyvyyteen Mannin-Whitneyn testillä näyttäisi siltä, että keltaiset saavat hieman suurempia hyperopiatuloksia kuin mustat. Tulos ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevä ($p=0,107$ / $U=72,5$).

10.5.2 Taittovirheen periytyvyys

Selvitimme myös taittovirheen jakautumista eri pentueiden kesken SPSS-ohjelman Kruskalin-Wallis testillä. Pentueeseen kuuluvat kaikki samasta isästä ja emästä samanaikaisesti syntyneet pennut. Tutkimuksessamme tarkasteltavia pentueita oli seitsemän, joissa tutkittavien koirien määrä vaihteli 2–5 yksilön välillä. Olemme jättäneet pentuetarkastelusta pois sellaiset yksilöt, jotka olivat pentueensa ainoita edustajia otos-

joukossamme. Pentueiden taittovirhejakauman otoskooksi muodostui 26 koiraa, kun jätimme huomioimatta koirat, joilla ei ollut sisaruksia tutkimusjoukossamme. Tarkasteltaessa taittovirheiden jakautumista eri pentueiden kesken, tulokset antavat viitteitä taittovirheen periytyvyydestä. Kuviossa 14 on kuvattu taittovirhejakauma pentueiden välillä. Kuvaaja on tehty koirien oikean ja vasemman silmän taittovirheen keskiarvon perusteella sykloplegisten tippojen jälkeen. Suurimmalla osalla koirista taittovirheen määrä oli sama sekä oikeassa että vasemmassa silmässä. Seitsemällä koiralla eroa silmien välillä oli 0,25 dioptriaa ja vain kahdella koiralla ero silmien välillä oli 0,50 dioptriaa.



Kuvio 14. Taittovirhejakauma pentueiden välillä.

Eri pentueet on merkitty kuvaajaan eri väreillä (Kuvio 14). Vaaka-akselilla on kuvattuna taittovirheen suuruus ja pystyakselilla koirien lukumäärä. Esimerkiksi vaaleanpunaisella palkilla kuvatun T-pentueen neljä pentua ovat emmetrooppeja ja viides pentueeseen kuuluva koira on hyperooppi. Kuvioista käy ilmi, että oranssilla palkilla merkityn L-pentueen (n=3) yksilöiden taittovirheet asettuvat kuvaajaan hyperopian puolelle ja vastaavasti punaisella palkilla merkityn S-pentueen (n=2) yksilöillä esiintyy enemmän myopiaa kuin muissa pentueissa. Kummassakaan pentueessa ei ole yhtään yksilöä joka olisi emmetrooppi. Muiden pentueiden osalta taittovirheet jakautuvat lähemmäs nollaa ollen joko emmetrooppeja tai lieviä hyperooppeja ja myooppeja. Ainoastaan vihreällä palkilla merkityn J-pentueen yksilöillä esiintyy sekä myopiaa että hyperopiaa. Analysoimme tuloksia SPSS-ohjelman Kruskalin-Wallis testillä, jonka mukaan tulok-

set olivat tilastollisesti merkitseviä ($p=0,007$ / $\chi^2=17,748$ / $df=6$). Tulokset antavat selkeitä viitteitä taittovirheen periytyvyydestä labradorinnoutajilla.

11 Pohdinta

Opinnäytetyömme tavoitteena oli selvittää esiintyykö suomalaisessa opaskoirapopulaatiossa taittovirheitä. Yleisesti ajatellen koirien taittovirheiden tutkimisesta on hyötyä myös ihmisten osalta, sillä koirilla syntyy paljon jälkeläisiä lyhyessä ajassa, joten tutkimusjoukkoa taittovirheiden tutkimiseen kertyy nopeammin. Lisäksi koiran silmän rakenne ja toiminta on samankaltainen ihmisen silmän kanssa, joten niitä voidaan verrata keskenään.

Opinnäytetyömme yhteistyökumppanina toimi Näkövammaisten Keskusliitto ry:n Opaskoirakoulu ja yhteistyö heidän kanssaan sujui hyvin. Opaskoirakoulu tarjosi meille riittävän otosjoukon opaskoiria tutkittavaksi. Koska otosjoukkomme oli suuri suhteessa Suomessa toimiviin opaskoiiriin, voidaan tuloksia joissakin määrin yleistää. Tutkimustulostemme perusteella näyttäisi siltä, että suurin osa Suomen opaskoirista on emmetrooppeja tai lieviä hyperooppeja.

Suoritimme taittovirhetutkimuksemme skiaskopimalla. Koirille tehtävä skiaskopointi oli meille molemmille uusi asia ja harjoittelimme sitä etukäteen tutuilla koirilla. Tiesimme, että tutkijan skiaskopointitaidot vaikuttavat lopputulokseen ja halusimme minimoida virheiden mahdollisuuden skiaskopiatuloksessa. Tästä syystä me molemmat skiaskopioimme koiran silmät sen sijaan, että olisimme tyytyneet vain yhden tutkijan tulokseen. Tutkimme koirat skiaskopoiden siten, että meistä molemmat tutkivat koiran silmät ilman sykloplegiaa ja sykloplegian kanssa. Näin ollen koiran yksi silmä on tutkittu siis neljään otteeseen. Tällä menetelmällä halusimme varmistaa skiaskopiatulosten luotettavuuden. Pääsääntöisesti tutkimustulostemme välillä ei ollut poikkeavuuksia, vain neljän koiran kohdalla saimme 0,25 dioptrian eron skiaskopiatulosten välillä ja yhden koiran kohdalla ero oli 0,50 dioptriaa. Ero voi selittyä tutkimusetäisyyden vaihtelulla tai koiran katse-suunnalla skiaskopiahetkellä. Jos skiaskopiatuloksissamme oli eroavaisuutta 0,25 dioptrian verran, olemme pyöristäneet tuloksen lähempänä nollaa olevaan arvoon. Jos eroa oli 0,50 dioptrian verran olemme ottaneet tuloksista keskiarvon. Emme ole jakaneet 0,25 dioptrian eroa keskiarvoksi, koska optometrian alalla linssivoimakkuudet vaihtuvat 0,25 dioptrian välein, joten skiaskopoidessa tätä pienempiä eroja on mahdollista todentaa.

Koirien skiaskopointi sujui mielestämme hyvin. Koirat olivat yhteistyökykyisiä ja helppoja tutkittavia. Alkuun osa koirista saattoi olla hieman jännittyneitä, mutta tutkimusten

edetessä ne rauhoittuivat ja tutkimukset sujuivat ongelmitta. Koska koiran silmä vastaa rakenteeltaan hyvin pitkälle ihmisen silmän anatomiaa, skiaskopointi suoritetaan samalla tavalla kuin ihmisellä. Suurin ero koiran skiaskopoinnissa on heijasteen kirkkaus tapetumin vuoksi. Kun voimakkuus on oikea silmän refraktioon nähden, nähdään skiaskopoidessa niin sanottu vilkkupiste. Koiralla tämä vilkkupiste välähti erityisen kirkkaana, joten skiaskopiatuloksen määrittäminen oli helppoa. Oman haasteensa sen sijaan asetti se, että koiran katse täytyi saada kohdistumaan suoraan tutkijaa kohti. Tapetum heijastelee myös kun skiaskopoidaan vinossa suunnassa ja saattaa antaa virheellisen skiaskopiatuloksen, jos koira katsoo toiseen suuntaan. Havaitsimme tutkimusten edetessä, että jos koiran katse ei ollut oikeassa suunnassa tutkijaan nähden, skiaskopiatulokseen tuli yleisimmin liikaa plussaa. Kun koiran katsesuunta ei ollut oikea, vilkkupiste ei ollut niin kirkas, joten tiesimme että koiran katsesuunta oli väärä ja tulos olisi näin ollen virheellinen.

Olemme tutkimuksessamme analysoineet tuloksia siten, että ainoastaan ± 0 dioptrian skiaskopiatuloksen saaneet koirat olivat emmetrooppeja, kaikki $+0,25$ dioptriaa tai enemmän saaneet hyperoopppeja ja kaikki $-0,25$ dioptriaa tai enemmän saaneet myoopppeja. Halusimme jakaa analysointia varten tulokset tällä tavoin, jotta saisimme absoluuttiset skiaskopiatulokset kuvioihin. Samalla saimme selvitettyä onko koirista suurin osa oikeasti emmetrooppeja vai onko niillä enemmän taipumusta hyperopian tai myopian suuntaan. Kun luimme aiheesta tehtyjä aikaisempia tutkimuksia, huomasimme, että emmetroopeiksi oli luettu $-0,50$ – $+0,50$ dioptrian väliin jäävät skiaskopiatulokset. Tällainen jaottelu on järkevää, sillä siinä suljetaan pois se mahdollisuus, että emmetrooppi koira luokiteltaisiin hyperooppiksi tai myooppiksi skiaskopiatuloksen virheen vuoksi. Tämän suuruiset taittovirheet ovat lisäksi niin pieniä, etteivät ne haittaa oleellisesti koiran näkemistä, joten voidaan ajatella, että ne luetaan emmetroopeiksi.

Selvitimme opinnäytetyössämme myös vaikuttaako koiran turkin väri tai sukupuoli taittovirheen esiintyvyyteen. Analysoidessamme tuloksia SPSS-ohjelmalla saimme selville, että koiran sukupuoli ei vaikuttanut taittovirheen esiintyvyyteen. Väriin suhteen näytti siltä, että keltaisilla koirilla esiintyi enemmän hyperopiaa kuin myopiaa. Mustilla koirilla taittovirheet jakautuivat tasaisemmin siten, että suurin osa oli emmetrooppeja, hyperoopppeja ja myoopppeja oli suunnilleen yhtä paljon. Otosjoukossamme oli keltaisia koiria kuitenkin vain yhdeksän ja mustia oli kaksikymmentäviisi, joten keltaisten koirien kohdalla hyperopian yleisempi esiintyvyys voi olla vain sattumaa. Lisäksi tulos ei ollut SPSS-ohjelman Mannin-Whitneyn testillä analysoitaessa tilastollisesti merkitsevä, joten

voidaan ajatella, ettei myöskään turkin värillä ole merkitystä taittovirheen esiintyvyyteen labradorinnoutajilla.

Tutkimme työssämme myös taittovirheiden perinnöllisyyttä. Analysoimme tuloksia SPSS-ohjelman Kruskalin-Wallis testillä ja saimme tulokseksi selkeitä viitteitä taittovirheen periytyvyydestä. Yksilöiden määrä samasta pentueesta oli tutkimuksessamme niin vähäinen, ettei tuloksista voi suoraan päätellä, että taittovirheet olisivat koirilla periytyvä ominaisuus. Yleisesti kuitenkin tiedetään, että taittovirheet ovat periytyvä ominaisuus ihmisillä. Uusiseelantilaisessa tutkimuksessa saadut tulokset tukevat taittovirheiden periytyvyyttä myös labradorinnoutajilla. Tässä tutkimuksessa tutkittiin taittovirheiden esiintyvyyttä koirilla joiden kantaisä oli uros, jolla tiedettiin olevan -2,0 dioptrian myopia. Kyseisessä tutkimuksessa myopiaa esiintyi 31 %:lla tutkituista koirista. Opin näytetyömme tutkimuksissa myopiaa esiintyi vain 18 %:lla koirista. Tutkimuksissamme koirilla ei ollut yhteistä kantaisää, jolla tiedettäisiin olevan myopiaa. Ero myopian esiintyvyydessä tukee väitettä, että taittovirheet olisivat labradorinnoutajilla periytyvä ominaisuus. Meillä oli yhdestä pentueesta vain 2–5 koira edustamassa koko pentuetta, vaikka labradorinnoutajilla pentueen koko on yleensä keskimäärin seitsemän pentua. Tutkimustuloksissa voi olla jonkin verran sattumaa mukana, joten tuloksia ei voida pitää täysin luotettavina. Pentuetarkastelussa meillä oli yhdessä pentueessa ainoastaan myopopeja, koiria kyseisessä pentueessa oli kuitenkin vain kaksi. Jos pentueen muutkin yksilöt olisi tutkittu, voisi olla mahdollista, että muut pennut olisivat olleet emmetrooppeja tai jopa hyperooppeja. Jatkotutkimusehdotuksena olisikin tutkia taittovirheiden perinnöllisyyttä koirilla siten, että kaikki pentueen yksilöt ja myös niiden vanhemmat skiaskopoitaisiin. Koirilla tiedetään taittovirheen johtuvan yleisimmin silmän liiallisesta aksiaaliseen pituuskasvusta. Tätä voisi tutkia jatkossa tarkemmin mittaamalla esimerkiksi koiran sarveiskalvon kaarevuudet ja silmän pituuden ja verrata näitä skiaskopoimalla saatuun taittovirhetulokseen.

Opaskoiran täytyy olla luonteeltaan rohkea ja tasapainoinen. Sillä ei saa olla ääniarkuatua tai pelkoja erilaisia paikkoja kohtaan ja sen täytyy työssään kyetä liikkumaan erilaisissa ympäristöissä. Puhtaasti pelkkää näköaistiaan koira käyttää erilaisten pintojen ja korkeuserojen havaitsemiseen. Opaskoirakoulun kouluttajat ovat havainneet, että erityisesti kiiltävät lattiapinnat, lasiseinät sekä portaikot saattavat olla joillekin koirille haasteellisia paikkoja kulkea aristelematta. Pohdimme voisiko näiden paikkojen aristelellä olla jotain tekemistä koiran näkemisen kanssa. Olisikin mielenkiintoista tutkia myös sellaisten koirien taittovirheitä, jotka on hylätty koulutusvaiheessa jonkin arkuuden ta-

kia, jotta saataisiin selville johtuiko aristelu huonosta näöstä tai jostain muusta syystä. Taittovirheellä voi varmasti olla vaikutusta, mutta pohdimme vaikuttaako myös koiran kontrastinäkö erilaisten pintojen ja korkeuserojen havaitsemiseen ja niissä esiintyviin arkuuksiin. Haasteellista olisikin jatkaa koiran näön tutkimista selvittämällä sen kontrastinäköä.

Tämän opinnäytetyömme pääasiallisena tarkoituksena oli selvittää, esiintyykö Suomessa toimivilla opaskoirilla taittovirheitä. Meillä ei ollut ajatuksena, että koirille alettaisiin valmistaa silmälaseja tai muita näönkorjausvaihtoehtoja mahdollisten taittovirheiden korjaamiseksi. Eniten työmme tuloksia voidaan hyödyntää koirien jalostuksessa, mutta koska koiran silmän rakenne ja toiminta on hyvin samankaltainen kuin ihmisellä, tuloksia voidaan hyödyntää myös ihmisillä esiintyvien taittovirheiden tutkimuksissa. Tarkemmat ja laajemmat tutkimukset taittovirheiden esiintymisestä opaskoirapopulaatiossa ovat toki tarpeen ennen kuin voidaan tehdä päätelmiä koiran jalostuskäytön suhteen. Koska skiaskopointi on helppo tapa selvittää taittovirheitä koirilla, olisi optometristillä mahdollisuus laajentaa toimenkuvaansa ilman suuria investointeja myös koirien taittovirheiden tutkimiseen. Opaskoirien lisäksi optometristi voisi tutkia myös muita yhteiskunnalle tärkeitä työkoiria kuten poliisi-, avustaja- ja tullikoiria. Tällaisen koirille suoritettavan skiaskopoinnin yleistyessä myös aktiiviset harrastuskoirien ja kotikoirien omistajat voisivat olla halukkaita tutkituttamaan koiriansa näön esimerkiksi eläinlääkärikäynnin yhteydessä.

Lähteet

Black, Joanna – Browning, Sharon R. – Collins, Andrew V. – Phillips, John R. 2008. A Canine Model of Inherited Myopia: Familial Aggregation of Refractive Error in Labrador Retrievers. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 49 (11). 4784–4789.

Cook, Cynthia S. 2007. Ocular Embryology and Congenital Malformations. In Gelatt, Kirk. N. (ed.): *Veterinary Ophthalmology*. 4th edition. Volume 1. Iowa: Blackwell Publishing. 16–30.

Corboy, John M. – Norath, David J. – Reffner, Richard – Stone, Ron 2003. *The Retinoscopy book. An Introductory Manual for Eye care Professionals*. 5th edition. Thorofare: SLACK Incorporated.

Dog Vision n.d. Pawsite Training. Verkkodokumentti.
<http://pawsitive.org/articles/dog_vision.asp> Luettu 4.2.2013.

Edwards, Marion H. 1998. Myopia: definitions, classifications and economic implications. In Rosenfield, Mark – Gilmartin, Bernard: *Myopia & nearwork*. Oxford: Butterworth-Heinemann. 1–12.

Ekestén, Björn 2007. Ophthalmic Examination and Diagnostics. Part 4: Electrodiagnostic Evaluation of Vision. In Gelatt, Kirk. N. (ed.): *Veterinary Ophthalmology*. 4th edition. Volume 1. Iowa: Blackwell Publishing. 520–532.

Frazier, Marcela – Jaanus, Siret D. 2008. Cycloplegics. In Bartlett, Jimmy D. – Jaanus, Siret D.: *Clinical Ocular Pharmacology*. 5th edition. Butterworth-Heinemann Elsevier. 125–138.

Heikkilä, Tarja 1998. *Tilastollinen tutkimus*. 5.painos. Helsinki: Edita.

Henson, David 1994. *Visual Fields*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Herring, Ian P. 2007. Clinical Pharmacology and Therapeutics. Part 3: Mydriatics/Cycloplegics, Anesthetics, Ophthalmic Dyes, Tear Substitutes and Stimulators, Intraocular Irrigating Fluids, Topical Disinfectants, Viscoelastics, Fibrinolytics and Antifibrinolytics, Antifibrotic Agents, Tissue Adhesives, and Anticollagenase Agents. In Gelatt, Kirk. N. (ed.): *Veterinary Ophthalmology*. 4th edition. Volume 1. Iowa: Blackwell Publishing. 332–345.

Immonen, Ilkka – Kivelä, Tero – Saari K. Matti 2011. Verkkokalvo ja sen sairaudet. Teoksessa Saari, K. Matti ja Kandidaattikustannus Oy (toim.): *Silmätautioppi*. 6. painos. Keuruu: Otava. 232–262.

Karhunen – Kostin 2006. Skiaskopia. Verkkodokumentti.
<<http://www.sote.oamk.fi/ko/optometria/skia.php?PHPSESSID=ce0eaaac4fe4ae857a1e1b4db0501a4c>> Luettu 19.6.2012.

Kivelä, Tero 2011. Silmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Saari, K. Matti ja Kandidaattikustannus Oy (toim.): *Silmätautioppi*. 6. painos. Keuruu: Otava. 12–36.

Kivelä, Tero 2011. Suonikalvosto ja sen sairaudet. Teoksessa Saari, K. Matti ja Kandidaattikustannus Oy (toim.): *Silmätautioppi*. 6. painos. Keuruu: Otava. 180–206.

Lens, AI 2006. Optics, Retinoscopy and Refractometry. 2nd edition. Thorofare: SLACK Incorporated.

Maehara, Seiya – Itoh, Yoshiki – Higashinozono, Kouki – Izumisawa, Yasuharu 2011: Evaluation of Refractive Value by Skiascopy in Healthy Beagles. *Journal of Veterinary Medical Science* 73 (7). 927–929.

Maggs, David J. 2008. Cornea and Sclera. In Maggs, David J.– Miller, Paul E. – Ofri, Ron (eds.): *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. 4th edition. St.Louis: Saunders Elsevier. 175–201.

Maggs, David J. 2008. Ocular Pharmaceuticals and Therapeutics. In Maggs, David J.– Miller, Paul E. – Ofri, Ron (eds.): *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. 4th edition. St.Louis: Saunders Elsevier. 33–60.

McLellan, Gillian 2002. The canine fundus. In Petersen-Jones, Simon – Crispin, Sheila (eds.): *BSAVA Manual of Small Animal Ophthalmology*. 2nd edition. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association. 227–245.

Metsämuuronen, Jari 2004. Pienten aineistojen analyysi. Parametrittomien menetelmien perusteet ihmistieteissä. Jyväskylä: Gummerus.

Miller, Paul E. 2008. Structure and Function of the Eye. In Maggs, David J.– Miller, Paul E. – Ofri, Ron (eds.): *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. 4th edition. St.Louis: Saunders Elsevier. 1–19.

Miller, Paul E. 2008. Uvea. In Maggs, David J. – Miller, Paul E. – Ofri, Ron (eds.): *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. 4th edition. St.Louis: Saunders Elsevier. 203–228.

Mutti, Donald O. – Zatnik, Karla – Murphy, Christopher J. 1999. Naturally Occurring Vitreous Chamber-Based Myopia in the Labrador Retriever. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 40 (7). 1577–1584.

Ofri, Ron 2007. Ophthalmic Examination and Diagnostics. In Gelatt, Kirk. N. (ed.): *Veterinary Ophthalmology*. 4th edition. Volume 1. Iowa: Blackwell Publishing. 189–213.

Ofri, Ron 2008. Lens. In Maggs, David J.– Miller, Paul E. – Ofri, Ron (eds.): *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. 4th edition. St.Louis: Saunders Elsevier. 258–275.

Ollivier, Franck J. – Plummer, Caryn E. – Barrie, Kathleen P. 2007. Ophthalmic Examination and Diagnostics. In Gelatt, Kirk. N. (ed.): *Veterinary Ophthalmology*. 4th edition. Volume 1. Iowa: Blackwell Publishing. 438–476.

Opaskoirakoulu n.d. Verkkodokumentti < www.opaskoirakoulu.fi/fi/opaskoirakoulu > Luettu 20.9.2012.

Rosenfield, Mark 2006. Refractive Status of the Eye. In Benjamin, William J.: *Borish's Clinical Refraction*. 2nd edition. St.Louis: Butterworth-Heinemann Elsevier. 3–34.

Saari, K. Matti – Korja, Taru 2011. Silmän refraktio ja akkommodaatio. Teoksessa Saari, K. Matti ja Kandidaattikustannus (toim.): Silmätautioppi. 6. painos. Keuruu: Otava. 301–321.

Samuelson, Don A. 2007: Ophthalmic Anatomy. In Gelatt, Kirk. N. (ed.): Veterinary Ophthalmology. 4th edition. Volume 1. Iowa: Blackwell Publishing. 37–138.

Setälä, Kirsi – Ihanamäki, Tapio – Saari, K. Matti 2011. Näköhermo ja näköhermon sairaudet. Teoksessa Saari, K. Matti ja Kandidaattikustannus Oy (toim.): Silmätautioppi. 6. painos. Keuruu: Otava. 263–277.

Teräsvirta, Markku 2011. Mykiö ja sen sairaudet. Teoksessa Saari, K. Matti ja Kandidaattikustannus Oy (toim.): Silmätautioppi. 6. painos. Keuruu: Otava. 208–222.

Väkeväinen, Vesa 2013. Kennelpäällikkö. Näkövammaisten Keskusliitto ry, Opaskoira-koulu. Vantaa. Haastattelu 10.2.

Wickum, Suzanne M. – Amos, John F. 2008. Cycloplegic Refraction. In Bartlett, Jimmy D. – Jaanus, Siret D.: Clinical Ocular Pharmacology. 5th edition. Butterworth-Heinemann Elsevier. 343–348.

Skiaskopiatulokset-tilukko

Tutkittujen opaskoirien skiaskopiatulokset taulukoituna.

KOIRA NRO.	SUKUPUOLI	VÄRI	IKÄ TUTKIMUSHETKELLÄ	OIKEA SILMÄ (OD)	VASEN SILMÄ (OS)	OD (ILMAN SYKLOPLEGIAA)	OS (ILMAN SYKLOPLEGIAA)
1	♂	keltainen	21	+ 0,75	+ 0,75	+ 0,50	+ 1,0
2	♀	musta	17	+ 0,50	+ 0,50	+ 0,50	+ 0,50
3	♂	musta	28	- 0,50	- 0,50	- 0,50	- 0,50
4	♂	musta	30	+ 0,75	+ 0,75	± 0	+ 0,75
5	♀	musta	30	± 0	± 0	± 0	± 0
6	♀	keltainen	21	+ 0,25	+ 0,25	+ 0,25	± 0
7	♀	musta	17	± 0	+ 0,25	± 0	± 0
8	♂	musta	17	± 0	± 0	± 0	± 0
9	♀	musta	28	± 0	± 0	± 0	± 0
10	♂	musta	29	- 0,75	- 0,75	- 0,75	- 0,75
11	♂	keltainen	21	+ 0,50	+ 0,75	+ 0,75	+ 0,75
12	♀	musta	17	± 0	± 0	± 0	± 0
13	♂	musta	8	- 0,75	- 0,75	- 0,75	- 0,75
14	♀	musta	68	+ 0,75	+ 0,75	+ 0,75	+ 0,75
15	♀	musta	48	+ 0,50	± 0	+ 0,50	± 0
16	♀	musta	30	+ 0,50	+ 0,75	± 0	+ 0,75
17	♀	musta	29	± 0	± 0	± 0	± 0
18	♂	keltainen	24	+ 0,75	+ 0,50	+ 0,75	+ 0,75
19	♀	keltainen	21	+ 0,50	± 0	+ 0,50	± 0
20	♀	musta	30	± 0	± 0	± 0	± 0
21	♀	musta	29	- 0,50	- 0,75	- 0,50	- 0,75
22	♂	keltainen	21	+ 0,50	+ 0,50	± 0	± 0
23	♀	musta	24	+ 0,75	+ 0,50	+ 0,50	+ 0,50
24	♀	keltainen	24	+ 1,00	+ 0,75	+ 1,00	+ 0,50
25	♀	keltainen	9	± 0	± 0	± 0	± 0
26	♀	musta	9	± 0	± 0	± 0	± 0
27	♂	musta	64	± 0	± 0	± 0	± 0
28	♂	musta	13	- 1,50	- 2,00	- 1,50	- 2,00
29	♂	musta	12	+ 0,75	+ 0,75	+ 0,75	+ 0,75
30	♂	musta	12	± 0	± 0	± 0	± 0
31	♂	keltainen	13	- 0,75	- 0,75	- 0,75	- 0,75
32	♂	musta	12	± 0	± 0	± 0	± 0
33	♂	musta	5	+ 0,50	+ 0,50	+ 0,50	+ 0,50
34	♂	musta	13	+ 0,75	+ 0,75	+ 0,50	+ 0,50