



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Janne Savo & Santeri Vessalo

Digitalisaatio ja tekoäly osana näön- huoltoa

Opinnäytetyö

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi (AMK)

Optometrian tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

28.3.2022

Tekijät Otsikko	Janne Savo, Santeri Vessalo Digitalisaatio ja tekoäly osana näönhuoltoa
Sivumäärä Aika	43 sivua + 1 liite 28.3.2022
Tutkinto	Optometrismi (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Optometrian koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Optometria
Ohjaaja	Lehtori Kajsa Sten Lehtori Saija Flinkkilä
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, millaisia digitalisaation ja tekoälyn käytön ja markkinoinnin mahdollisuuksia on Suomen näönhuollossa. Tätä tietoa voivat hyödyntää niin alalle tulevat kuin myös alalla jo pitkään olleet. Tavoitteena on lisätä ymmärrystä digitalisaation ja tekoälyn positiivisista vaikutuksista ja mahdollisuuksista osana optometristin työtä. Näin voidaan vähentää mahdollisia epäilyksiä tekoälystä ja parantaa suhtautumista kehittyvää teknologiaa kohtaan.</p> <p>Tutkimusosuus on toteutettu kvalitatiivisena tutkimuksena hyödyntäen puolistrukturoitua haastattelumenetelmää. Haastateltaviksi valittiin kaksi laitevalmistajaa ja yksi optikko. Tärkeintä haastateltavien valinnassa oli valita henkilöt, jotka työskentelevät tai ovat työskennelleet tekoälyn parissa näönhuollossa. Haastatteluista saadut tulokset analysoitiin hyödyntäen teemoittelu menetelmää.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään ensiksi teoriaosuudessa läpi, mitä digitalisaatio ja tekoäly ovat. Tämän jälkeen käsitellään näönhuollon osa-alueita, joissa tekoälyä jo käytetään tai missä sitä tullaan todennäköisesti tulevaisuudessa käyttämään. Tutkimusosuudessa kerätään saatu tieto kasaan haastateltavilta ja tästä tehdään johtopäätökset. Lopuksi pohdinnassa tehdään oletukset tekoälyn vaikutuksista näönhuollossa ja näönhuollon mahdollisesta muutoksesta tulevaisuudessa johtopäätösten perusteella.</p> <p>Tutkimustuloksissa selviää, miten teknologian kehittyminen tulee vaikuttamaan tulevaisuudessa optometristin työnkuvaan. Uusia laitteita tulee osata käyttää ja hyödyntää, jottei oma syväosaaminen pääse katoamaan. Tulevaisuudessa näönhuollossa keskitytään yhä enemmän silmän terveydentilan tutkimiseen ja tekoälyn avulla työtä voidaan helpottaa ja nopeuttaa. Nyt jo osa teknologia maista käyttää tekoälyä seulonta menetelmänä, sekä hyödyntää tekoälyn tekemiä diagnooseja ja erilaisia älykkään refraktion järjestelmiä tukena silmälasimääräyksen tekemiseen. Suomessa optikkoliikkeillä kiinnostus on kasvanut näitä mahdollisuuksia kohtaan ja laitevalmistajat myös Suomessa ovat valmistaneet silmänpohjakameroita ja OCT-laitteita, jotka hyödyntävät tekoälyä. Työkalut silmien tutkimiseen tulevat siis muuttumaan ja ne tulevat muuttamaan myös toimintatapoja näönhuollossa. Nämä muutokset voivat tulevaisuudessa vaikuttaa myös optometristin koulutukseen, sillä tekoälyä ja sen mahdollisuuksia on ymmärrettävä, jotta uuden teknologian ottaminen käyttöön olisi helpompaa ja siihen voitaisiin suhtautua positiivisemmin.</p>	
Avainsanat	Tekoäly, Näönhuolto, Optometrismi

Authors Title	Janne Savo, Santeri Vessalo Digitalization and artificial intelligence part of eye care
Number of Pages Date	43 pages + 1 appendice 28 March 2022
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Specialisation option	Optometry
Instructor	Kajsa Sten, Lecture Saija Flinkkilä, Lecture
<p>The purpose of the thesis is to find out what are the possibilities of digitalization and the use and marketing of artificial intelligence in Finnish eye care. This information can be used by those entering the industry as well as those who have been in the industry for a long time. The aim is to increase understanding of the positive effects and opportunities of digitalization and artificial intelligence as part of an optometrist's work. This will reduce potential suspicions about AI and improve attitudes towards evolving technology.</p> <p>The research part has been implemented as qualitative research using a semi-structured interview method. Two equipment manufacturers and one optician were selected to be interviewed. The most important thing in selecting the interviewees was to select people who work or have worked with a pair of AI in eye care. The results of the interviews were analyzed using a thematic approach.</p> <p>In the first part of the thesis, the theoretical part goes through what digitalization and artificial intelligence are. This is followed by an overview of the aspects of eye care where AI is already used or is likely to be used in the future. In the research part, the obtained information is collected from the interviewees and conclusions are made about this. Finally, the reflection makes assumptions about the effects of artificial intelligence on eye care and the possible future change in eye care based on the conclusions.</p> <p>The research results show how the development of technology will affect the job description of an optometrist in the future. You need to know how to use and utilize new equipment, even if your own in-depth know-how is not lost. In the future, eye care will increasingly focus on examining the health of the eye, and artificial intelligence will make work easier and faster. Now, some technology countries are using artificial intelligence as a screening method, as well as utilizing artificial intelligence diagnoses and various intelligent refraction systems to support spectacle prescribing. In Finland, opticians have grown to take an interest in these opportunities, and equipment manufacturers in Finland have also made eye base cameras and OCT devices that utilize artificial intelligence. The tools for eye examination will therefore change and they will also change the way we look at eye care. These changes may also affect the training of optometrists in the future, as AI and its potential need to be understood in order to facilitate the introduction of new technologies and to be more positive.</p>	
Keywords	Artificial intelligence, Eye care, Optometrist

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Digitalisaatio ja tekoäly	2
2.1	Mitä digitalisaatio on	2
2.2	Digitalisaatio sosiaali- ja terveysalalla	3
2.3	Digitalisaation uhkia	4
2.4	Mitä on tekoäly	4
2.5	Tekoäly sosiaali- ja terveysalalla	6
2.6	Tekoälyn rajoitteita	7
3	Näönhuolto	8
3.1	Taittovirheen määrittäminen	9
3.2	Näkökenttä	12
3.3	Silmän takaosien tutkiminen	14
3.3.1	Silmänpohjakamera	14
3.3.2	OCT	16
3.4	Teleoftalmologia	18
3.5	Pilvipalvelut	19
4	Tutkimuksen toteuttaminen	20
4.1	Tutkimusmenetelmä	20
4.2	Tutkittavien valinta ja aineiston kerääminen	21
4.3	Tutkimustulosten analysointi	22
5	Tutkimuksen tulokset	23
6	Johtopäätökset	33
7	Pohdinta	34
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Haastattelukysymykset	

1 Johdanto

Digitalisaation myötä yhä enemmän tieto on siirretty digitaaliseen muotoon. Tietoa on entistä helpompi tallentaa ja siirtää paikasta toiseen. Myös suurien tietomäärien analysointi on digitalisaation myötä mahdollistunut. Digitalisaatio on mahdollistanut tekoälyn kehityksen. Suurien tietopankkien ansiosta voidaan tekoälylle syöttää dataa, mitä se tarvitsee oppiakseen. Tällä hetkellä käytössämme on vain kapeaa tekoälyä. Tekoälyn voi siis opettaa vain yhteen tehtävään. Suomessa tekoäly ei ole vielä käytössä terveydenhuollossa. Muualla maailmassa tekoälyä on jo kuitenkin käytössä näönhuollossa ja laitevalmistajat valmistavat jatkuvasti kehittyneempiä laitteita, jotka voiva hyödyntää tekoälyä. Voidaan siis olettaa tekoälyn saapuvan lopulta myös Suomeen osaksi näönhuollon ammattilaisten apuvälineitä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, millaisia digitalisaation ja tekoälyn käytön ja markkinoinnin mahdollisuuksia on Suomen näönhuollossa. Tavoitteena on lisätä ymmärrystä digitalisaation ja tekoälyn positiivisista vaikutuksista ja mahdollisuuksista osana optometristin työtä. Näin voidaan vähentää mahdollisia epäilyjä tekoälystä ja parantaa suhtautumista kehittyvää teknologiaa kohtaan. Tietoa voivat hyödyntää niin alalle tulvat kuin pitkään jo alalla olleet. Tavoitteen kannalta oleellista on aluksi kertoa yleisesti digitalisaatiosta ja tekoälystä, miten ne ovat vaikuttaneet sosiaali- ja terveysalaan sekä, millaisia uhkia ja rajoitteita niillä on. Lisäksi teoria osuudessa on käsitelty näönhuollon osa-alueita, joissa on jo tekoälyä käytössä tai missä tekoälyä luultavasti tullaan käyttämään. Lisää oleellista tietoa tavoitteen kannalta on hankittu henkilöiltä, jotka ovat työskennelleet tai työskentelevät tekoälyn parissa näönhuollossa. Näin on tuotettua lisää tärkeää tietoa, jota teoriaosuuteen ei olla löydetty. Lopuksi tämän tiedon pohjalta on pohdittu mahdollisuuksia, miten näönhuolto tulee muuttumaan tulevaisuudessa ja miten tekoäly tulee olemaan osana näönhuollon ammattilaisten työtä. Tutkimukseen haastateltaviksi valittiin kaksi laitevalmistajaa ja yksi optikko. Kysymykset näille henkilöille muodostuivat pohtimalla opinnäytetyön tavoitetta ja käymällä läpi, mitä oleellista tietoa ei teoriassa vielä ollut.

Opinnäytetyön yhteistyökumppanina toimii ERTO. ERTO on monialainen ammattiliitto yksityisellä palvelusektorilla työskenteleville asiantuntijoille ja palveluammattilaisille. ERTO on auttanut opinnäytetyön haastateltavien henkilöiden löytämisessä.

2 Digitalisaatio ja tekoäly

2.1 Mitä digitalisaatio on

Digitalisaatio tarkoittaa tiedon siirtymistä digitaaliseen muotoon sekä digitaalisten tekniikoiden käytön yleistymistä. Tiedon siirtyessä digitaaliseen muotoon mahdollistuu nopea suurien tietomäärien analysointi, mikä ei ennen ollut mahdollista. Digitalisaatio on tällä hetkellä suurin teknologian kehitysmuoto. Digitalisaatio alkoi muiden länsimaiden tapaan kotitietokoneiden käytöllä 1980-luvulla Suomessa. Nopeasti kehittynyt teknologia mahdollisti jo vuonna 1999 mobiili-internetin käytön ja 2000-luvulla matkapuhelinten yleistymisen. Lähes jokaisella meistä on nykyisin älypuhelin käytössä. Nykyään älypuhelimien suorituskykyä voidaan verrata 1980- ja 1990-luvulla olleisiin supertietokoneisiin. Tuolloin olisi ollut mahdotonta uskoa, että samanlaisia laitetta voitaisiin pitää 30 vuoden päästä taskussa. Digitalisaation myötä myös viranomaisten kanssa käytävät julkiset asiointit, sekä monet julkiset ja hallinnolliset tietokannat ovat vauhdilla siirtyneet verkkoon. (Koiranen, Räsänen & Södegård: Talous ja yhteiskunta 3/2016: 24-29; Kiiski-Kataja 2016: 9-10; Valtiovarainministeriö 2019: 16)

Teknologian kehittyminen on nyt nopeampaa kuin koskaan. Tästä kertoo patenttihakemusten ja tieteellisten julkaisuiden määrä, sekä teknologiayhtiöiden globaalikasvu. Teknologiaa on yhä enemmän jokapäiväisessä tekemisessämme mukana ja uusia sekä kehittyneempiä ratkaisuita kehitetään hurjaa vauhtia. Voidaan sanoa, että digitalisoitumisen ja internetin mahdollistamien uusien toimintatapojen synty luo samanlaisen siirtymän kuin teollinen vallankumous aikoinaan. Tuolloin uudet teknologiat mullistivat tuotannon, mutta ne myös muuttivat suurelta osin sen, miten ihmiset työskentelivät. Tällaiseen siirtymään totta kai kuuluu aina mukaan vaikeuksia sopeutua, mutta samalla tällainen muutos tuo mukanaan suuria mahdollisuuksia. (Kiiski-Kataja 2016: 9)

Uusilla teknologioilla on uskomattomia mahdollisuuksia ja nopeus niiden kehittämisessä on eri luokkaa kuin ennen. Teknologian kehittyessä yhä pidemmälle myös kehitys nopeutuu entisestään. On jopa näkemys siitä, että ihmiskunta saattaa muuttua kolmenkymmenen vuoden aikana enemmän kuin viimeisen kolmensadan vuoden aikana. Tekoälyjärjestelmät, robotit, sekä automatisoidut ja itseoppivat teknologiat vaativat runsaasti suorituskykyä, muistitilaa ja nopeita yhteyksiä. Näiden kehittyessä yhä paremmiksi, mahdollistuu aivan uusia palveluita ja järjestelmiä käyttöömmee. Vaatimukset kaikelle teknikalle tulee siis kasvamaan jatkuvasti. Kysymys siitä mitä koneet voivat tehdä siis katoaa

ja tilalle syntyy kysymys siitä, mitä koneiden pitäisi tehdä. (Kiiski-Kataja 2016: 12-13; Valtiovarainministeriö 2019: 16-17)

Tulevaisuudessa ymmärrys teknologiasta tulee yhä tarpeellisemmaksi jokaisella meistä. Ohjelmointi ja tietokoneen käytön osaaminen tulee olemaan yhä enemmän osana arkipäiväämme. Ohjelmointi tulevaisuudessa tulee nousemaan vielä yhä tärkeämmäksi ja tulee olemaan kansalaistaito lukemisen, kirjoittamisen ja matematiikan kanssa. (Jaiprakash, Roberts & Crawford 2016)

2.2 Digitalisaatio sosiaali- ja terveysalalla

Sosiaali- ja terveysalalla digitalisaatio on kasvanut hurjaa vauhtia 2000-luvun alusta lähtien. Sähköisten tietojärjestelmien käyttö alkoi jo vuosituhaten vaihteessa. Omakanta järjestelmän käyttöönotto tapahtui toukokuussa 2010, ja samoihin aikoihin kirjoitettiin jo ensimmäiset sähköiset reseptit. Tuotantopilotti kokeilussa 2011 marraskuussa oli mahdollista omien potilastietojen näkeminen Omakannassa. Vuonna 2017 esimerkiksi kaikki reseptit ovat määrätty sähköisesti Kanta palvelussa. Kanta palvelu on mahdollistanut myös vanhojen potilastietojen tuomisen samaan järjestelmään, mikä on mahdollistanut potilaiden tiedon olevan ajantasaisena ja käytettävissä hoitotilanteissa. (Kanta 2021)

Kanta-palveluista pystyvät nyt myös optikot ja silmälääkärit hyödyntämään. Silmälääkäreiden silmänterveydentietojen tallennus Kanta-palveluun ja nyt myös näöntutkimustiedot optikkokäynneiltä mahdollistavat sujuvampaa yhteistyötä optikoiden ja silmälääkäreiden välillä. Näöntutkimuksista Kanta-palveluun voidaan tallentaa taittovirhetiedot ja silmänpainetiedot. Kuvantamistietoja kuten silmänpohjankuvaus sekä OCT-kuvausta voidaan mahdollisesti tallentaa myös myöhemmin, niiden kuuluessa yhä useampaan näöntutkimukseen. (Kanta 2019)

Teknologian kehityksen myötä on käyttöömmme tullut erilaisia mahdollisuuksia seurata omaa hyvinvointiamme. Nykyisin käytössä on erilaisia kelloja, sormuksia ja laitteita, jotka mittaavat tarvittavia tietoja iholta. Tulevaisuudessa on mahdollista, että siirrytään laitteisiin, jotka mittaavat eri tietoja kehosta sisältäpäin. Tällaisilla laitteilla voidaan saada tietoa, mitä ei muuten kyettäisi saamaan helposti selville ja omasta hyvinvoinnista voidaan saada yhä enemmän tietoa jatkuvasti. (Valtiovarainministeriö 2019: 17)

Tulevaisuudessa myös henkilön tiedot voidaan huomattavasti nopeammin saada selville. Terveystiedot sisältäen lääkitykset ja sairaudet voidaan jatkossa saada selville kännykästä ja tulevaisuudessa mahdollisesti myös sirusta ihon alta. Tällöin tietoja ei tarvitse odottaa esimerkiksi tajuttomilta potilailta ja hoitotoimenpiteet voidaan aloita heti. (Jaiprakash ym., 2016).

2.3 Digitalisaation uhkia

Tällä hetkellä yhä useammalla meistä on älypuhelimien lisäksi muita laitteita, jotka ovat yhteydessä internetiin ja muihin laitteisiin. Näiden laitteiden määrän uskotaan kolmiker- taistuvan vuoteen 2025 mennessä ja yhä useammalla meistä on vielä enemmän laitteita käytössä. Laitteiden avulla valvonta, etähallinta ja -ohjaaminen yleistyvät. Tällaiset lait- teet, sekä hyvinvointia mittaavat laitteet mahdollistavat valmistajille mahdollisuuden saada yhä enemmän tietoa käyttäjästä ja seurata laitteella tapahtuvia toimintoja. Tässä korostuu yksityisyydensuojan tärkeys ja on huomioitava, että tällaisissa laitteissa on mahdollisuuksien lisäksi myös omat riskinsä. (Valtiovarainministeriö 2019: 17)

Teknologian tuoma kehitys on tuonut meille paljon asioita, jotka ovat helpottaneet arke- amme ja työtämme. Tällaiset asiat saavat mielenkiinnon heräämään tulevaisuudesta ja sen tuomista mahdollisuuksista. Se tuo kuitenkin mukanaan paljon asioita, joita ei rat- kaista vain kehittämällä teknologiaa. Meidän tulee pohtia, onko kaikki laitteet ja palvelut tulevaisuudessa turvallisia ja ovatko ne edes laillisia. On pohdittava, miten voidaan jat- kossa huolehtia, että näin olisi ja lainsäädäntö pysyisi teknologian kehityksen mukana. Yksityisyyden suoja on ollut paljon puhuttu jo pitkään ja on erittäin tärkeää, että jatkossa ihmiset voisivat luottaa siihen, että voivat turvallisesti antaa tietonsa palvelulle, eikä niitä käytettäisi väärin muuhun tarkoitukseen. Omien tietojen hallitseminen ja turvaaminen tu- lee olemaan yhä tärkeämmässä roolissa tulevaisuudessa. (Valtiovarainministeriö 2019: 18)

2.4 Mitä on tekoäly

Algoritmit tekoälyn toiminnan pohjaksi on kehitetty jo 1970-luvun loppupuolella. Konei- den laskentateho oli kuitenkin vielä pitkään liian hidasta, jotta tekoälyä olisi päästy kehit- tämään. Vasta 2012 laskentateho riitti aloittamaan tekoälyn todellisen kehittämisen. Tä- män jälkeen tekoälyä on alettu kehittämään nopealla vauhdilla monilla eri osa-alueilla. Tekoäly on konepohjaista keिनotekoista älyä, joka pystyy suorittamaan tehtäviä lasken- nallisesti, jotka olisi muuten mahdollista suorittaa vain ihmisen. Tekoälyn osa-alueena

on koneoppiminen ja syvä oppiminen. Koneoppimisessa kone oppii kokemuksista ja voi näin ollen toimia entistä paremmin. Syväoppimisessa taas koneen on mahdollista oppia itse suoriutumaan tehtävistä algoritmien avulla (Odaibo 2018; Rahman 2020: 19-20).

Tekoälyä on kahdenlaista. On kapea tekoäly (narrow AI) ja yleinen tekoäly (Artificial general intelligence). Kapean tekoälyn ideana on toimia tietyn tehtävän parissa. Esimerkiksi seuloa tiettyjä kuvia tai tutkia tiettyä dataa. Sillä on siis tehtävänä ratkaista vain tietty ongelma. Yleinen tekoäly taas kykenisi tekemään yhden ongelman lisäksi muita tehtäviä ja kokoamaan näistä vielä suurempia kokonaisuuksia. Se kykenisi myös näiden tietojen avulla itse pohtimaan parempia ratkaisuja ja oppimaan itsenäisesti. Se kykenisi siis kohtamaan erilaisia ongelmia ja keksimään niihin ratkaisun ja pystyisi toimimaan täysin ilman ihmistä. Tällä hetkellä käytössämme on vain kapeaa tekoälyä. (Rahman 2020: 10-12)

Suurien datamäärien käsittelyn ja nopeampien tietokoneiden myötä on mahdollista kehittää tekoälyä. Tekoäly on viimevuosien aikana kehittynyt valtavasti ja kehitys ei ole tästä enää hidastumassa. Tekoälylle voidaan opettaa jo erilaisia taitoja ja opettaa tunnistamaan kuvista ongelmakohtia. Suurien datamäärien nopeaprosessointi ja kyky kehittyä mahdollistaa erilaisen analysointikyvyn kuin ihmisellä. On siis ajankysymys, milloin tekoälyä aletaan ottaa yhä enemmän mukaan jokapäiväisiin työaskareisiimme. Tekoäly on jo vahvasti osana joka päivästä elämäämme. Google haut, Netflixin suositukset, älypuhelimien virtuaaliset avustajat ja kohdennettu mainonta ovat kaikki tekoälyn mahdollistamia. On kuitenkin huomioitava, että panokset ovat paljon kovemmat, kun puhutaan tekoälyn valinnoista vaikuttaa ihmishenkiin kuin Netflixin suosituksiin (Kiiski-Kataja 2016: 9-10; Allen 2016)

Tekoäly luo osalle ihmisistä negatiivisia ajatuksia. Pelätään, että se syrjäyttää ihmisen ja saa aikaan paljon enemmän paha kuin hyvää. Tekoäly kuitenkin voi luoda mahdollisuuksia tehdä tietyt asiat paremmin. Ihminen ei kaiken aikaa ole järkevä ja moni asia vaikuttaa ihmisen suorituskykyyn. Ihmisen käyttäessä konetta apunaan tulokset voivat olla parempia ja se voi avata ihmisille täysin uusia mahdollisuuksia. Koneet voivat vapauttaa ihmisiä tietyistä tehtävistä ja näin ollen luoda uusia tehtäviä ihmisille. Samalla se voi näyttää ihmisille ongelmakohtia, joita se ei itse osaa edes huomata. Tekoäly ei vielä ole kovin älykäs, mutta se voi olla mahtava työkalu ihmiselle oikein käytettynä. Sen suorituskyky ei heikkene ja sillä on muistissa kaikki tieto, mitä ihminen joutuisi erikseen et-

simään tietokoneelta. Se voi auttaa meitä tekemään päätöksiä ja etsimään poikkeavuuksia. Vaikka se kykeneekin vain tällaisiin tehtäviin, se voi mullistaa tietyjä tehtäviä ja helpottaa huomattavasti ihmisen työtä. (Jääskeläinen 2019: 4-6, 9-11)

2.5 Tekoäly sosiaali- ja terveysalalla

Jos ihmiselle tärkeän henkilön selviytymismahdollisuus on 90 prosenttia normaalilla hoitomenetelmällä ja pitkälle kehitetyn robotiikan avulla selviytymismahdollisuus on 95 prosenttia, on todennäköisesti selvää, kumman ihminen tällaisessa tilanteessa valitsee. Jos mietimme pelkkiä lukuja, valitsisimme ehdottomasti suuremman todennäköisyyden. On kuitenkin epäselvää uskaltaako ihminen luottaa pelkkiin lukuihin ja antaa täyden vastuun koneelle, kun kyseessä on ihmishenki. On mahdotonta sanoa, milloin robotit tulevat tekemään leikkaukset paremmin kuin ihminen ja pystymään hoitamaan potilaitaan tarkemmin kuin ihminen. Teknologia kehittyi kuitenkin koko ajan ja se tulee olemaan väistämättöä jonain päivänä. Vaikka täydellisyyteen pyritään, ei ole tarvetta täydellisyydelle ennen kuin koneille annetaan suurempi vastuu. Riittää vain, että ne tekevät työn tarkemmin kuin ihminen ja tällöin niille voidaan antaa suurempi vastuu. (Jaiprakash ym., 2016)

Vaikka robotiikkaa ja tekoälyä on kehitetty huimaa vauhtia, ne ovat osoittaneet kykynsä teollisuudessa ja ne ovat toimineet kyvykkäästi kokeissa myös terveysalalla, on niiden tuleminen vahvasti osaksi terveydenhoitoa ollut hidasta. Terveydenhoidossa tärkeintä on turvallisuus ja tämä on suurin syy robotiikan ja tekoälyn hidasta tulemisesta osaksi jokapäiväistä työtämme. Tulevaisuudessa kuitenkin robotit kykenevät tekemään pienemmällä virhemarginaalilla töitä kuin ihminen. Suurin ero hoitotasossa syntyy, jos verrataan alan ammattilaista juuri valmistuneeseen ja aloittavaan työntekijään. Tekoäly taas voidaan opettaa heti ammattilaisen tasolle, ellei jopa paremmaksi ja se voi toimia kaikkialla, missä halutaan. (Jaiprakash ym., 2016; Allen 2016)

Tutkimusten perusteella on todettu, että 88 prosenttia tapauksista arviota diagnoosille pyydetään myös toiselta ammattilaiselta. Lisäksi kymmenen prosenttia diagnooseista on johtanut kuolemaan ja seitsemäntoista prosenttia komplikaatioihin. Vaikka teknologia on kehittynyt hurjasti ja sairauksista ymmärretään yhä enemmän, on diagnosoinnissa aina mahdollisuus virheisiin. Tulevaisuudessa koneoppiminen tulee mahdollistamaan toisen mielipiteen heti, eikä mielipidettä tarvitse odottaa toiselta ammattilaiselta. Lisäksi se tulee tarjoamaan tarkinta diagnostiikkaa menetelmää koskaan. Oikein käytettynä koneoppimi-

nen voi siis olla mahtava työkalu ja se voi vähentää kustannuksia, sekä helpottaa terveydenalan ammattilaisten työtä, jolloin potilaat voivat saada yhä parempaa hoitoa. Tällaista työkalua voidaan lisäksi kehittää jatkuvasti syöttämällä sille lisää dataa, jolloin siitä tulee entistä tarkempi ja hyödyllisempi. (13D Research 2017)

Jokainen potilas on erilainen ja vaati omat erilaiset hoitomenetelmänsä. Tekoäly voi tällaisissa tapauksissa ehdottaa erilaisia vaihtoehtoja kuin ihminen. Se kykenee laskemaan erilaisia vaihtoehtoja ja tuloksia ja kykenee näyttämään tuloksia ammattilaiselle. Se kykenee tekemään asioita, joihin ihmisillä ei ole aikaa, ja näin ollen yhteistyö ihmisen ja koneen välillä edistäisi hoitotehokkuutta. Tästä syystä tulisi tunnistaa tekoäly mahdollisuutena paremmalle tulevaisuudelle, sillä siinä ihminen tarvitsee apua. Ihmisten on turha olla hyödyntämättä tällaista mahdollisuutta, sillä ihmisillä on ollut mahdollisuus näyttää kykynsä terveydenhuollossa. Tekoälyn aika on tulossa seuraavaksi. (Freiherr 2015)

Jos jokin menee pieleen, on ongelmana se, että on vaikea löytää syylistä tapaukselle. Jos ihminen ei ole koskenut potilaaseen, ei ole tiettyä henkilöä kenet voitaisiin asettaa tästä vastuuseen. Tämä on tilanne, mikä herää vahvasti monen mieleen ja vaati totta kai vastauksen. Ihmiset eivät välttämättä muutenkaan ole valmiita antamaan koneiden tehdä diagnooseja, määrätä lääkkeitä tai tehdä leikkauksia. On kuitenkin muistettava, että ihmiset ovat kaukana täydellisyydestä ja jokainen on altis virheille. Samoin aina voi olla mahdollisuus, että kone tekee virheen. On kuitenkin muistettava, että tekoälyn ja robotiikan avulla voimme mahdollisesti vähentää virhemarginaalia, pelastaa enemmän henkiä ja vähentää terveydenhuollon kuluja. Tällaisista syistä ei ole mahdotonta antaa isompaa vastuuta koneille tulevaisuudessa. (Jaiprakash ym., 2016)

2.6 Tekoälyn rajoitteita

Tekoälyllä on yhä tärkeämpi rooli terveyden huollossa. Vaikka sen potentiaali potilaiden hoidossa on selvää, tuo se mukanaan tietynlaisia rajoitteita ja haasteita. Lisääntyvän teknologian hyödyntäminen ja turvautuminen autonomisiin toimintoihin voi pahimmassa tapauksessa johtaa siihen, että ammattilaisten taidot heikkenevät tulevaisuudessa tehdä päätöksiä ja mielipiteitä havaituista ennusteista ja oireista. Tekoäly ei voi myöskään ottaa kokonaisvaltaista hallintaa ja sille ei voi antaa täyttä harkitsemiskykyä sosiaalisesta ja psykologisesta näkökulmasta terveydenhuollossa. (Kapoor, Whigham & Al-Aswad Lama A. 2019).

Tekoäly vaatii suurta dataa, jotta siitä voidaan kehittää mahdollisimman virheetön tulkitsemaan erilaisia kuvia. Vaikka ohjelmia kehitetyllä datalla saataisiinkin hyviä tuloksia, on eri asia käyttää ohjelmaa todellisen elämän kuvissa. Todellisissa tilanteissa tarkkuus voi-kin laskea yllättävän paljon, vaikka tutkimukset antaisivatkin hyvin lupaavia tuloksia. (Kapoor, ym. 2019).

Tekoäly ei myöskään usein pysty ratkaisemaan epäselviä tilanteita, jotka vaativat havainnointi- ja päätöksentekotaitoja, joita ammattilaisilla on. Tällaisia ovat esimerkiksi glaukooma ja keskosen verkkokalvosairaus. Näissä sairauksissa vaikuttavat havaittsijoiden mielipiteet ja havaittsijoiden välillä voi myös olla erimielisyyksiä lopputuloksesta. Kuitenkin tekoäly voi kyetä oppimaan koko ajan enemmän analysoimaan käsiteltävää dataa. Ei kuitenkaan täysin ymmärretä, miten syväoppimisessa tekoäly oppii algoritmien kautta tuottamaan tuloksia ja se luo tietynlaista epävarmuutta kliiniseen päätöksentekoon. Tästä huolimatta tullaan kuitenkin tulevaisuudessa hyödyntämään uutta teknologiaa potilaiden hoitamisessa ja siksi on tärkeää, että pyritään ymmärtämään tekoälyn tapaa oppia yhä paremmin ja ymmärtämään sen päätöksentekoa ja ratkaisuja tarkemmin. (Kapoor, ym. 2019).

Tekoälyn algoritmit oppivat vanhoista tapauksista, jotka lääkärit ovat tehneet. Nämä tapaukset sisältävät hyviä ja vähemmän hyviä ratkaisuja. Vaikka tulokset tekoälyllä ovat olleet tarkkoja, on vakavasti harkittava, miten tällaisia laitteita voidaan todellisessa elämässä käyttää. Etenkin kriittisissä klinikallisissa tehtävissä. Ei täysin ymmärretä, mitä ohjelmat tekevät ja miten ne oppivat. Tiedetään, että ratkaisu ei synny tuloksista tehdyistä johtopäätöksistä. Ratkaisu syntyy ennemminkin laskennalla, mikä perustuu vanhaan kliiniseen hoitotietoon. Se siis voi toimia hyödyllisenä tietona ja tarjota koulutetuille lääkäreille toisen mielipiteen. Olisi kuitenkin tärkeä välttää tekemästä ratkaisuja ilman ihmisen hyväksyntää tähän. (Qi 2017).

3 Näönhuolto

Optometristin ja optikon täytyy toimia terveydenhuollon lakien, asetusten sekä terveydenhuollonalalle määritettyjen yleisten eettisten periaatteiden mukaisesti. Näöntutkimuksessa tulee selvittää silmien taittovirhe ja yhteistoiminta sekä näköjärjestelmän toimintakykyä. Näkemisen tarpeet ja oireet täytyy huomioida asiakaskohtaisesti, jolloin oikeita tutkimuksia voidaan hyödyntää. Tällöin tutkimustilanne etenee anamneesin perusteella. Myös silmien terveydentilan tutkiminen kuuluu osaksi näöntutkimista. Tutkimukset tulee

tehdä tarkoituksenmukaisin ja yleisesti hyväksytyin välinein ja menetelmin. (Hyvä optometristin tutkimuskäytäntö -ohjeistus 2021).

Opinnäytetyöhön ei ole otettu mukaan kaikkia näöntutkimuksen vaiheita. Tarkoituksena on tarkastella lähemmin tutkimuksia näönhuollossa, joissa käytetään laitteita, jotka hyödyntävät tai tulevat mahdollisesti tulevaisuudessa hyödyntämään tekoälyä. Tämän vuoksi taittovirheissä tarkastellaan autorefraktometriä. Lisäksi mukana ovat näkökenttä-tutkimukset sekä silmänpohjantutkimus mahdollisuudet.

Oftalmologia on parhaimpia osa-alueita terveydenhuollossa, jossa kehittää tekoälyä. Tekoälyn kehittämiseen tarvitaan runsaasti dataa ja laadukkaiden kuvien ja kehittyneiden kuvantamismenetelmien takia dataa riittää runsaasti käytettäväksi. Koska tekoäly tarvitsee uskomattoman määrän kuvia, jotta se voi oppia ja tulla tarkemmaksi, yksi tapa on myös muokata kuvia. Kuvaan voidaan esimerkiksi kiertää, siirtää ja suurentaa. Lisäksi kuvasta voidaan muokata kontrastia ja kirkkautta. (Qi 2017; Takeshi Iwase 2019).

Kehittyvä tekoälyn teknologia on hyödyllistä kaikille, jotka osallistuvat silmäsairauksien hoitoon ja diagnosointiin. Tähän kuuluvat potilas, silmälääkärit sekä optometristit ja optikot. Potilaille kuvantamisjärjestelmät ovat yhä helpommin käytettävissä ja tulevaisuudessa tekoäly voi mahdollistaa entistä paremman palvelun heille. Kuvien otettua tekoäly voi tulkita kuvat ja lopuksi ammattilainen tarkistaa tekoälyn analyysin. Silmälääkäreille tekoäly toimii avustajana, joka auttaa järjestämään klinikan toimivammaksi. Se voi tarjota diagnooseja, tehdä oikeanlaisia huonejärjestelyitä ja lisäksi se voi kyetä ennakoimaan, mitä toimenpiteitä tai lähetteitä potilas mahdollisesti tarvitsee. Tämä mahdollistaa yhä tehokkaamman ja laadukkaamman hoidon jokaiselle potilaalle. Lisäksi tämä voi lyhentää odotusaikoja ja auttaa käyttämään resursseja järkevämmiin. (Odaibo 2018)

3.1 Taittovirheen määrittäminen

Refraktion määrittämiseen kuuluvat objektiivinen ja subjektiivinen refraktio. Lopullisen refraktion määrittäminen on helpompaa, kun pohjalle on tehty objektiivinen refraktio, mitä täydennetään subjektiivisella refraktiolla. Yleisimpiä objektiivisiä refraktiomenetelmiä ovat skiaskopia ja autorefraktometri. (Rabbetts 1998: 330).

Objektiivisella refraktiolla arvioidaan puhtaasti silmän taittovoimaa. Vuorovaikutus asiakkaan kanssa jätetään tässä kohtaa vielä pois. Tämän vuoksi häiriöt visuaalisella tiedonkäsittelyn hermestoalueella jätetään vasta subjektiiviseen refraktioon. Yleisimmät syyt

heikentyneeseen näöntarkkuuteen ovat kuitenkin silmän taittovoimassa. (Kascke, M. Donnerhacke, K. & Rill, M. S. 2014: luku 14, kappale 5).

Subjektiiivisessa refraktiossa asiakas on aktiivisessa roolissa ja kertoo näkökokemuksestaan. Tämä mahdollistaa silmän taittovoiman sekä koko näköjärjestelmän toiminnan kerralla. Tällöin saadaan siis tietoa myös verkkokalvon ja aivojen toiminnasta näkemisessä. Lisäksi subjektiivinen refraktio on mahdollista suorittaa myös binokulaarisesti, joka vastaa todellisempaa näkökokemusta. (Kascke, ym. 2014: luku 14, kappale 5).

Ensimmäiset autorefraktometrit kehitettiin vuonna 1969. Laitteet ovat olleet käytössä siis pitkään, ja laitteiden käytön helppous ja nopeus ovat syitä, jonka takia laitteita käytetään. Tänä päivänä autorefraktometriä käytetään paljon objektiivisessa refraktoinnissa. Käytön yleistyminen viime vuosina johtuu laitteen tarkkuudesta, nopeudesta ja toistettavuudesta. On kuitenkin hyvä tietää, että kaikki autorefraktometrit eivät huomioi silmän suuria aberraatioita, sameutta mykiössä tai väliaineissa, jota voidaan perinteisellä skiaskopialla havainnoida. Osa autorefraktometreistä on helpompi käyttää kuin toisia. Osa vaatii enemmän aikaa ja taitoa kuin toiset. Jokainen niistä on kuitenkin tarkoitettu avustamaan näöntutkimuksessa niin, ettei laajempaa tietämystä ja kokemusta laitteesta tarvita. Osassa laitteissa kuitenkin on sellaisia mittausmenetelmiä, jotka saattavat vaatia hieman harjoittelua. Pääasiassa mittaus on nopea ja saattaa viedä aikaa vain sekunteja, kun laitetta osaa käyttää. (Stein H., Stein R. & Freeman M. 2012: 184; Trusit 2004: 28-32)

Yleisimmät autorefraktometrit sisältävät infrapunavalonlähteen ja fiksoitavan kohteen. Kohteeksi valitaan usein kuva, joka on reuna-alueilta sumea. Tällä saadaan aikaan akkommodaation rauhoittuminen. Autorefraktometreissä käytettävä infrapunavalon aallonpituudeltaan 800-900 nanometriä. Tätä käytetään sen läpäisevyyden ja kovakalvolta heijastumisen vuoksi. Autorefraktometreissä on perinteisesti käytetty Badalin optometriä mittauspäänä. Badalin linssin etäisyydellä silmästä ja silmänpohjalta heijastuvalla valolla on suora lineaarinen suhde. Suurennusvaikutus Badalin linssikohteen systeemillä pysyy muuttumattomana linssin etäisyydestä riippumatta. (Trusit 2004: 28-32).

Autorefraktometrin mittaustapa perustuu Scheinerin toimintaperiaatteeseen, joka on yleisin toimintaperiaate. Periaate perustuu valontaittumiseen silmässä. Scheinerin toimintaperiaatteessa käytetään hyväksi tuplaneulareikämittausta. Jos tutkittavalla on myopiaa

hän näkee risteävät kaksoiskuvat. Hyperopilla sen sijaan kaksoiskuvat eivät risteä. Risteäminen on yksinkertaista selvittää, kysymällä tutkittavalta kumpi kuva katoaa, kun alempi tai ylempi kuva on peitetty. (Trusit 2004: 29-30)

Scheinerin periaatetta käytetään autorefraktometreissä seuraavasti. Kaksi valoa suunnataan näköakseleille. Mahdollinen silmän taittovirhe aiheuttaa kuvien kahdentumisen. Valot heijastuvat verkkokalvolta takaisin, ja valo heijastetaan havaitsevaan laitteeseen. Havaitseva laite huomioi yhden valon kerrallaan, tällöin mahdollinen kaksoiskuvien risteäminen on helpompi havaita. Valoja tuodaan eteen- ja taaksepäin, kunnes valoa havaitsevaan laitteeseen heijastuu vain yksi piste. Valojen etäisyys toisistaan kertoo virheetaitteisuuden määrän. Astigmaattisen silmän mittauksessa tarvitaan neljä valoa. Lopuksi laite vertaa pisteiden etäisyydet toisiinsa, jotta hajataitteisuuden määrä saadaan selville. (Trusit 2004: 30-31)

Automaattisia subjektiivisia refraktometrejä on ollut markkinoilla 2000-luvulta lähtien. Ne ovat todella tarkkoja mittausrakenteita, mutta vaativat paljon taitoa käyttää niitä. Tässäkin on huomioitava kuitenkin samat ongelmat kuin autorefraktometrissä. Kuitenkaan vielä nykypäivänäkään puhdas objektiivinen tai subjektiivinen refraktio ei voi korvata nykyisiä tekniikoita, joissa käytetään molempia yhdessä. On huomattavasti tarkempaa käyttää molempia keinoja hyväksi. Vaikka laitteet kehittyvät koko ajan tarvitaan kuitenkin ymmärrystä ja kokemusta refraktion tekemisestä, jotta saadaan luotettavia tuloksia. Tämä johtuu siitä, että autorefraktometrit toimivat kuitenkin kuin automaattiset skiaskopit ja subjektiivinen refraktio jää kuitenkin vielä tutkijan vastuulle. Tutkittavan kokemus on siis kuitenkin otettava vielä huomioon koekehysillä tai foropterilla. Laitteet kuitenkin kehittyvät koko ajan ja laitteilla saadaan koko ajan tehtyä yhä tarkempia subjektiivisia refraktioita sekä mitattua lähiläsän ja todellisen akkommodaation määrää. (Stein H., ym. 2012: 185-186)

Automaattiset refraktiot ovat kuitenkin tulossa yhä tarkemmiksi. On mahdollista, että ne olisivat joskus tarkempia kuin nykypäivän tekniikka. Laitteista saadaan jo laadukasta objektiivista mittausta ja nykyisin pyritään päästä koko ajan lähemmäs täydellistä subjektiivisen refraktion tekemistä laitteilla. Nykypäivänä se onkin jo mahdollista tietyllä tasolla. Laitteen käsittely vaatii kuitenkin paljon ymmärrystä ja vaatii huolellista ohjeistusta, kun laitteen käyttöä aloitetaan opettamaan. Opettelu vaatii huolellisuutta ja kärsivällisyyttä. Käyttäjän on myös opittava tunnistamaan tilanteita, joissa refraktio ei ole todenmukainen. Tällöisissä tilanteissa tulisi osata myös arvioida tulisiko tutkimus tehdä uudelleen

vai käyttää tavanomaisempaa menetelmää hyödyksi. Laitteisiin ei voi siis sokeasti luottaa ja on osattava hahmottamaa tilanteita, jolloin tuloksiin ei ole luottamista. Tämä tulee harjoittelun kautta ja käyttäjät voivat myös jakaa kokemuksiaan toisille. Laitteilta ei voi siis odottaa liikoja, mutta niihin tulisi pystyä tietyllä tasolla luottamaan ja ottamaan toiseksi mahdolliseksi keinoksi tutkia asiakas. Tulevaisuudessa kuitenkin laitteet tulevat varmasti kehittymään niin, että harjoitusta vaaditaan yhä vähemmän laitteen käyttöön, mutta perinteisen tutkimustavan osaaminen ja ymmärrys refraktion tekemisestä ja mahdollisista ongelmakohdista säilyvät edelleen. (Stein H., ym. 2012: 186)

3.2 Näkökenttä

Näkökenttien arviointi on suomessa osa Optometrian Eettisen Neuvoston asettamaa ”Hyvä optometristin tutkimuskäytäntöä”. Näkökenttien arviointi tulisi arvioida jokaisessa näöntarkastuksessa. (Optometrian Eettinen neuvosto 2021)

Näkökentällä tarkoitetaan kolmiulotteista aluetta, joka havainnoidaan yhteen kohteeseen fiksoivalla silmällä. Monokulaarisesti normaalin näkökentän rajat ovat noin 60 astetta nasalisesti, 107 astetta temporaalisesti, 80 astetta ylä- ja 70 astetta alasuunnassa. Bino-kulaarisessa tilanteessa syntyy yhteisnäkökenttä, jolla havainnoidaan noin 180 astetta. Yhteisnäkökentässä keskeinen alue on noin 120 astetta, joka nähdään molemmilla silmillä, ja molemmille temporaalireunoilla nähdään 30-40 astetta yhdelle silmällä. Näkökentän kokoon vaikuttavat myös ihmisen fysiologiset tekijät kuten nenä ja otsa (Comer 2006: 548-549)

Näkökenttientutkimuksessa asiakkaan valon herkkyyttä tutkitaan systemaattisesti sekä erittäin standardoidusti. Näkökenttiantutkimuslaite eli perimetri, on yleensä puolipallon muotoinen kupoli, jonka sisäpinnalle heijastetaan valonvälähdyksiä. Näiden pienten valonvälähdysten kesto, muoto, koko ja valon intensiteettiä säädellään standardoidusti. Perimetriat vaihtelevat nopeista seulovista testeistä, pitkäkestoiisiin kattaviin testeihin. Perimetria tutkimuksessa tutkittavan toinen silmä on peitettynä, tutkittava fiksoi tutkimuksen ajan yhteen pisteeseen. Asiakas pyydetään reagoimaan tutkimuksen aikana kaikkiin hänen näkemiinsä valonvälähdyksiin. Valon intensiteetti vaihtelee eri testauskohdissa ja alhaisin tutkittavan havaitsema intensiteettiarvo kutsutaan kynnyksarvoksi. Automaattiperimetrit tutkivat alueiden kynnyksarvot sattumanvaraisesti ja käyttävät erilaisia strategioita alueiden tutkimiseen. (Elliot, Flanagan 2014: 40; Racette Fischer, Bebie, Holló, Johnson & Matsumoto 2018: 12-27; Weijland 2004: 10)

Perimetria suoritetaan varsinkin, jos näkökentässä on todettu olevan puutoksia tai epäilyä sellaista sairautta, joka voi aiheuttaa näkökenttäpuutoksia. Tutkimuksella selvitetään tarkemmin puutoksen syvyysaste sekä sijainti ja seurataan tilanteen kehittymistä. Näkökenttien tutkimuksen tarkoituksena on selvittää mahdolliset puutokset tai mahdollisia kontrastiherkkyden alenemia eri näkökentän alueilla. Perimetriassa voidaan hyödyntää useampaa erilaista menetelmää. Yleisimpiä ovat sormiperimetria, Kineettinen perimetria ja TOP-strategia. Keskipenttää tarkemmin tutkiessa käytetään myös tangent screen –perimetriaa sekä Amslerin karttaa. (Comer 2006: 522-544; Racette ym. 2018: 48)

Kineettisellä ja staattisella näkökenttä tutkimuksella voidaan tutkia koko näkökenttää. Kineettisessä tutkimuksessa liikkuva objekti tuodaan näkyville näkökentän ulkopuolelta. Tuloksena muodostuu näkökentän rajat. Goldmannin perimetri on yksi kineettinen näkökenttätutkimus, jossa tutkia liikuttaa valopistettä perimetrin sisällä reunoista kohti keskiosaa. Samalla kun asiakas ilmoittaa näkevänsä valon, tutkija piirtää kaavakkeelle potilaan ilmoitusten perusteella näkökentän rajat. Staattisessa näkökenttä tutkimuksessa objekti pysyy paikallaan, mutta objektin valon intensiteettiä vaihtelemalla saadaan esille kynnysarvo, jolla objekti saadaan näkyviin. Näkökentän reunoilla havaitaan vain kirkkaat objektit, kun keskeisellä alueella havainnoidaan himmeätkin valonvälähdykset. Octopus- ja Humphrey-perimetrit perustuvat staattiseen perimetriaan. (Setälä, Ihanamäki & Saari 2011: 366-370, Racette ym. 2018: 48, 82-87)

Octopus- ja Humphrey-perimetrit ovat staattisia sekä automaattisia perimetrejä. Automaattiperimetreissä kohde ei ole liikkuva, vaan kohde välähtää tietyissä kohdissa erilaisilla intensiteeteillä. Asiakas reagoi kohteen välähdykseen, ja ohjelma laskee tietyssä kohtaa näkökenttää havaitun alhaisimman valointensiteetin, jota kutsutaan kynnysarvoksi. Kynnysarvot mitataan useasta kohdasta, ja näiden avulla muodostetaan potilaan näkökukkula algoritmien avulla. Algoritmit ovat tuotettu normaaliarvojen perusteella. Normaalin näkökentän kynnysarvot on tuotettu suuresta joukosta tehtyjä testejä erilaisissa tutkimuksissa. (Weijland ym. 2004: 15-17)

TOP-strategia eli Tendency oriented perimetry on menetelmä, joka huomio vierekkäisiä alueita toisiinsa. Strategiassa jokaisen alueen kynnysarvoa alueesta verrataan toisiinsa ennakoarvioiden perusteella, mutta strategia antaa hieman epätarkemman tuloksen. TOP-strategian etuna on lyhyt tutkimusaika, mikä on noin muutama minuutti. Tämä voi kuitenkin jossain tapauksissa johtaa tiedon vähyyteen. (Weijland 2004: 33)

Jo vuonna 1975 käyttöön otettu automaattiperimetri on ollut edistyksellinen tutkimusmenetelmä perimetrian tutkimisessa osana silmäsairauksien diagnosoinnissa sekä seurannassa. Perimetria on edelleen tärkeä diagnostinen testi glaukooman diagnosoinnissa. Vaikka kehitys on vienyt menetelmiä eteenpäin, silti loppuvaiheen glaukoomassa ja potilailla, jolla on vaikeuksia tehdä yhteistyötä automaattisen testi kanssa, on puoliautomaattinen kineettinen testauksella tärkeä rooli näkökentän tutkimisessa. (Weijland 2004: 2, 41-43 146)

3.3 Silmän takaosien tutkiminen

Verkkokalvon sairaudet eivät aiheuta kipua, mutta aiheuttavat näön muutoksia. Tästä syystä potilaalla ei välttämättä ole oireita, joita huomaisi. Siksi verkkokalvon sairaudet saattavat tulla esille vasta silmänpohjantutkimuksissa tai verkkokalvon toimintaa selvittämissä tutkimuksissa. Optometristin tulee arvioida silmänterveydentila näöntutkimuksen yhteydessä. Verkkokalvon reunaosien häiriöitä potilaan on vaikeampi huomata, sillä oireita saattavat olla hämäräsokeus, näkökentän reuna-alueiden heikentyminen tai puutokset. Keskeinen näkökenttä pysyy kuitenkin näissä tapauksissa hyvänä. Fovean häiriöt taas huomataan useammin, sillä ne aiheuttavat kuvien vääristymistä tai koon muutoksia. Yleisempiä tutkimusmenetelmiä, joilla muutokset silmänpohjassa voidaan havainnoida ja dokumentoida, ovat oftalmoskopia, silmänpohjan valokuvaus sekä valokerroskuvaus (OCT, optical coherence tomography). (Hyvä optometristin tutkimuskäytäntö -ohjeistus 2021; Immonen, Kivelä & Saari 2011: 236-237)

3.3.1 Silmänpohjakamera

Silmänpohjan valokuvauksella pystytään tutkimaan silmänpohjia sekä seurata silmäsairauksien tai muiden löydösten muutoksia ja kehittymistä. Silmänpohjakameraa käytetään pääsääntöisesti dokumentoimaan kuvat silmänpohjasta. Hankittuja kuvia verrataan normaalin silmänpohjan rakenteeseen. Tällä tavoin on mahdollista huomata poikkeavuudet terveestä silmänpohjasta tai erottaa tiettyjen sairauksien aiheuttamia morfologisia muutoksia silmänpohjassa. Silmänpohjakuvien avulla voidaan seurata muun muassa diabeteksen aiheuttamia silmänpohjamuutoksia. Silmänpohjakamera on nopea ja kivuton kuvantamistapa asiakkaalle. Nopeutensa vuoksi silmänpohjakameran käyttö sopii hyvin myös seulonta tarkoituksiin. Silmänpohjakameroita löytyy monista optikkoliikkeistä ja se

tarjoaa tarkan kuvan verkkokalvon keskeiseltä 45 asteen alueelta. Kuva pystytään ottamaan myös laajentamattomallakin mustuaisaukolla. (Prokopich, Hrynychak, Elliott, Flanagan 2014: 248; Kascke, ym. 2014: luku 16, kappale 6.7)

Silmänpohjankuvasta voidaan suorittaa kahdella tekniikalla, joita ovat laservalo hyödyntävä kuvaustekniikka sekä valkoista valoa käyttävä perinteinen kuvaustekniikka. Valkoista valoa hyödyntäessä kuvat ovat samanlaisia, kuin oftalmoskoopilla katsottuna. Silmänpohjakamerat ovat mahdollistaneet eri sävyisten kuvien ottamisen. Perinteinen valkoista valoa hyödyntävä kamera aikaansaa värillisiä kuvia erilaisten digitaalisten suodatimien kuin myös eri valonlähteiden avulla. Kuvia voidaan ottaa värillisinä, harmaansävyisinä sekä IR-kuvia eli infrapunakuvia. Laservalo kuvaustekniikka eli SLO-tekniikalla kuvat muodostuvat punaisella ja vihreällä lasersäteellä muodostetuista pyyhkäisykuvista. SLO kuvaustekniikka ei ota kuvaa silmänpohjasta, vaan kuva silmänpohjasta muodostuu lasersäteiden skannaamana tietokoneelle. (Ehlers, Shah 2008: 398-399; Grosvenor 2007: 160-162; Kascke, ym. 2014: luku 16, kappale 6.7; (Khurana 2008: 397)

Erilaiset kuvantamistavat ovat huomattavasti laajentaneet diagnosointi mahdollisuuksia. Yksivärisissä kuvissa valo on suodatettu eri aallonpituuksilla, jotta voidaan nähdä tarkemmin tiettyjä eri rakenteita silmänpohjasta. Esimerkiksi sinistä valoa hyödyntämällä saadaan verkkokalvon hermokudoskerros tarkasti näkyväksi. Fluorisenssi angiografia kuvauksella saadaan verisuonet tarkaksi verkko- ja suonikalvolta. Silmänpohjan autofluorisenssi kuvauksella voidaan tarkastella tauteihin liittyviä verkkokalvon pigmenttiepiteelin muutoksia. Stereokuvaus on taas kuvantamistapa, jossa normaaleista monokulaarisista kuvista voidaan synnyttää stereokuva. Stereokuva synnytetään kahden eri kuvan parista. Tätä tapaa hyödynnetään, kun arvioidaan näköhermonpään muotoa ja rakennetta glaukooma diagnooseissa. Laaja-alainen kuva saadaan aikaseksi yhdistämällä yksittäisiä kuvia, joissa näkökulmat ovat olleet erilaiset. Oma ohjelmansa luo kuvista automaattisesti yhtenäisen laajan kuvan silmänpohjasta. (Kascke, ym. 2014: luku 16, kappale 6.7)

Digitaalisesti voidaan seurata tarkasti löydöksiä silmänpohjasta. Niiden koon ja muodon vertailu on helpompaa, sillä kuviin voidaan piirtää rajat muutoksille. Nämä rajat siirtyvät suoraan toiselle kuvalle, jolloin nähdään mahdolliset muutokset ajankohtien välillä. Tällöin kontrollikäynneillä voidaan suoraan todeta löydösten tilanne. Lisäksi digitaaliset ku-

vat on helppo arkistoida asiakaskohtaisesti, jolloin ne vievät vähemmän tilaa ja ovat nopeasti löydettävissä. Myös etädiagnostiikka on mahdollista digitaalisten kuvien avulla. (Mäntyjärvi, Nummelin, Saari & Summanen 2011: 85)

Google Research on tehnyt projektin, jossa käytettiin yli 120 000 kuvaa verkkokalvosta. Tarkoituksena oli opettaa ohjelmalle tunnistaa diabeettinen retinopatia. Ohjelmassa käytettiin syväoppimista ja se kykeni oppimaan itse sille syötetystä datasta. Mitä enemmän siis dataa oli, sen paremmin se kykeni oppimaan ja suoriutumaan. Sille ei opetettu havaitsemaan erilaisia merkkejä silmänpohjasta vaan sille opetettiin, onko silmä terve vai ei. Toisin sanoin ohjelma pystyi valitsemaan vain kahdesta vaihtoehdosta ja näin oppimaan eri kuvista, miksi toiset ovat terveitä ja toiset eivät. Google hyödynsi tutkimuksessa samaa tekniikkaa, jota se käyttää merkitsemään miljoonia kuvia internetissä. Suurella datalla opetetuista kuvista tuloksia verrattiin usean silmälääkärin tuloksiin. Lopullisia tuloksia kokeiltiin 9963 kuvalla, jotka eivät olleet mukana, kun ohjelmaa opetettiin. Suorituskyvyltään ohjelma kykeni vastaamaan silmälääkärin tasoa. Ohjelma kykeni analysoidaan kuvat 93 prosentin tarkkuudella. (Qi 2017)

3.3.2 OCT

Silmänpohjan valokerroskuvaus (optical coherence tomography, OCT) on silmänpohjan tutkimusmenetelmän silmänpohjan sairauksille. Valokerroskuvaus on mahdollistanut koko verkkokalvon, pigmenttisolukalvon ja suonikalvon pintaosien poikkileikkauskuvantamisen, ilman kudoksesta otettavaa näytettä. Valokerroskuvauksessa kuvan muodostuminen tapahtuu silmän takaseinään kohdistetun valonsäteen heijastumisesta takaisin silmänpohjan eri kerroksista. Tietokoneohjelmalla pystytään tulkitsemaan informaatiota ja muodostamaan graafisesti sekä numeerisesti esitetty otos. Valokerroskuvaus on mahdollistanut nopean analyysivaiheen ja helpottanut tarkentamaan diagnooseja, samalla myös vähentänyt muiden tutkimuksien tarvetta. Valokerroskuvauslaite kykenee myös kuvantamaan näköhermoa ja sen ympärillä olevaa hermosäiekerrosta. (Kytö, Tommila: 2005)

Valokerroskuvauksen toimintaperiaate perustuu silmään lähetetyn infrapunavalonsäteen heijastumisesta silmänpohjan erilaisten kudosten rajapinnoista. Valokerroskuvauslaitteen vastaanotin vastaanottaa ja mittaa heijastuneen valon viivettä ja voimakkuutta. Valon kohdatessa puoliläpäisevän peilin jakautuu se kahteen säteeseen. Kun valonsäteet heijastuvat samalle etäisyydelle peileistä, kohtaavat ne toisensa samassa valoallon

vaiheessa ja vahvistuvat. Jos jompaakumpaa peiliä siirretään, kohdentuu vastaanottiin voimistuneita tai vaimentuneita vasteita. Kun toinen peili korvataan silmällä, silmänpohjan eri kerroksista heijastuneet valonsäteet verrataan ulkoiseen referenssivalonsäteeseen, saadaan voimakkuudeltaan vaihtelevia vasteita. Tietokoneohjelma analysoi vasteet. (Kytö, Tommila: 2005)

Valokerroskuvantamista ja tekoälyn käyttämistä kuvien tutkimiseen on tutkittu paljon. Koska OCT-kuvien ottaminen on helppoa ja turvallista hankkia, on tämä mahdollistanut suurien kliinisten kuvien määrän hankinnan. Tästä syystä OCT-kuvantaminen on oiva alue tekoälyn hyödyntämiselle. Tutkimuksia on tehty pääsääntöisesti tekoälyn hyödyntämisestä taaempien kerrosten analysointiin, jolla mahdollistetaan verkkokalvon sairauksien ja glaukooman havaitseminen. Uusimmat tutkimukset ovat kuitenkin lähteneet tutkimaan tekoälyn mahdollisuuksia analysoida myös ylempiä kerroksia OCT-kuvista. Tutkimukset ovat osoittaneet jo nyt erittäin hyvää tarkkuutta tekoälyllä tunnistaa erilaisia silmä sairauksia. Näköä alentavaa makulan turvotusta on vaikeata huomata tavallisesta silmänpohjan tutkimuksesta, mutta se on helppo huomata OCT-kuvantamisessa, missä voidaan helposti selvittää verkkokalvon paksuutta ja löytää poikkeavuuksia. Automatisoimalla makulan OCT-kuvantamisen voidaan vähentää potilaiden riskiä makulanturvotukselle diabetes potilailta. Makulanturvotuksen lisäksi tekoälyä on hyödynnetty tunnistamaan OCT-kuvista muitakin verkkokalvon sairauksia kuten silmänpohjan ikärappeuma. (Kapoor, ym. 2019)

Silmänpohjaa voidaan myös jakaa eri tavalla osiin ja silmästä voidaan myös käyttää OCT-kuvien uudelleenrakentamista 3D:nä. Erilaisia menetelmiä on kokeiltu runsaasti ja ohjelmia voidaan suunnata etsimään jotakin tiettyä poikkeamaa tai erottelemaan yleisesti terveet silmät ja poikkeamat. Tutkimuksia on myös tehty isoilla tietokannoilla ja esimerkiksi isoista tietokannoista tunnistaa terve silmä, diabeettinen retinopatia ja kostea silmänpohjan ikärappeuma toisistaan on saatu loistavia tuloksia. Pekingin tietokannasta virheettömyys oli 99.8 prosenttia. Tämän kaltaiset tulokset osoittavat sen, että tämänhetkellä tekoälyllä voidaan saavuttaa hyvin tarkkaa virheettömyyttä, vaikka tutkittaisiin useitakin poikkeamia. (Kapoor, ym. 2019)

Ongelmaksi tekoälyn hyödyntämiselle OCT-kuvien tunnistamisessa voi tulla käytettävien kuvien määrä. Liian pienellä määrällä kuvia tekoälyn oppiminen voi jäädä riittämättömäksi ja tarkkuus voi tästä syystä kärsiä. Suuremmilla kuvamäärillä mahdollistetaan erilaisten sairauksien variaatiot. Sairaudet voivat olla vakavuudeltaan erilaisia, ne voivat

sijaita eri paikoissa ja levinneisyys voi olla erilaista. Tämän lisäksi kuvien ottamisessa on eroja. Kuvat voivat olla hieman eri kulmassa otettuja, ne on voitu ottaa hieman eri kohdista, tarkkuuksissa voi olla eroja ja kuvat saattavat olla epätarkkoja tai sumeita. Tekoälyn havaintokykyä voidaan kuitenkin tarkentaa kuvan muokkauksilla. Kuvia voidaan esimerkiksi peilata toisin päin, niitä voidaan kääntää, suurentaa tai pienentää, sekä värejä, kontrastia ja kirkkautta voidaan muuttaa. Käytännössä kaikki kuvanmuokkaus mahdollisuudet luovat uuden variaation kuvasta ja näin ollen tekoäly voi oppia siitä. (Takeshi Iwase 2019)

Pienissä datamäärissä riskiä lisää myös se, että opetuksessa olisi hyvä käyttää mahdollisimman monen ammattilaisen mielipidettä kuvista. Joillakin kuvilla voi olla erilaisia johdopäätöksiä, koska löydökset voivat olla hyvin vähäisiä tai erikoisia. Isoilla datamäärillä yksittäisten kuvien epäselvyyksillä ei ole niin suurta merkitystä tekoälyn oppimisessa, sillä muut kuvat opettavat sitä tarkemmaksi. Tekoäly saattaa myös hankkia tuntematonta tietoa kuvista, sillä se saattaa käyttää menetelmiä, joita ihminen ei tunnista. (Takeshi Iwase 2019)

3.4 Teleoftalmologia

Teleoftalmologialla tarkoitetaan silmään kohdistuvien ongelmien tutkimista, monitoroimista ja hoitamista, vaikka potilas ja ammattihenkilö olisivat geologisesti eri paikoissa. Aluksi menetelmää on pidetty futuristisena ajatuksena, jota on vain kokeilumielessä käytetty. Se kuitenkin on muodostunut erikoisalaksi, joka mahdollistaa laadukkaan näönhuollon potilaille ympäri maailmaa. (Cuadros, Goldschmidt, Kumar & Yogesan 2006: 4).

Nykypäivänä teknologia on olennainen osa näönhuoltoa suuressa osaa maailmaa. Kuvien hankkiminen, säilyttäminen, katselu ja käsittely, sekä siirtäminen ovat teleoftalmologian perustaa. Teknologian avulla on mahdollista hankkia korkea laatuista palvelua potilaille alueille, jossa ei palveluita ole tarjolla samanlailla kuin muualla. On helpompaa tuoda palvelut potilaiden luo näissä tapauksissa, kuin kuljettaa potilaat palveluiden luo. Tämän takia teleoftalmologian päämäärät ovat tarpeettomien matkusteluiden eliminointi potilailta ja heitä hoitavilta ammattialeilta, sekä mahdollistaa silmäsaaraloiden hoitaa potilaitaan ympärimaailmaa geologisista alueista riippumatta. Tällä hetkellä teleoftalmologia mahdollistaa ammattihenkilöiden avun potilaille vaikeilla alueille, monipuolisen ter-

veydenhuollon resurssien yhdistämisen ja jakamisen, tutkimus ja kliinisen puolen kokeilullisen yhteistyön, etäopetuksen ja jatko-opiskelun, sekä silmäsairauksien seulonnan, diagnosoinnin, seurannan sekä hoidon. (Cuadros, ym. 2006: 4).

Ikääntyvän väestön takia osaamista tarvitaan yhä enemmän ja ammattilaisia on väestöön nähden liian vähän. Association of American Medical Colleges 2017 vuonna tekemän raportin mukaan asiantuntijapula on pahenemassa. Yhdysvalloissa tulee vuoteen 2030 mennessä olemaan noin 60 000 erikoistunutta lääkäriä. Tällaisissa tapauksissa tekoäly voi auttaa lievittämään ammattilaisten puutetta ja mahdollistaa jatkokäsittelyn erikoishoitoon. Taudista, sen vakavuudesta ja potilaan sijainnista riippuen ei lääkärin aina tarvitse olla paikalla, eikä tämä aina ole edes mahdollista. Tulevaisuudessa henkilö, joka osaa ottaa kuvat potilaan silmistä voi tehdä sen ja tekoäly voi analysoida kuvat tämän jälkeen. Tekoäly voi antaa diagnoosiin ja hoitosuunnitelman kuvan perusteella ja silmälääkäri voi lopuksi tehdä päätöksen, miten potilaan kanssa edetään, vaikka ei paikalla olisi ollutkaan. (Odaibo 2018)

3.5 Pilvipalvelut

Nature Biomedical Engineering julkaisun mukaan Kiinassa tutkijat ovat kehittäneet tekoälypohjaisen alustan nimeltä CC-Cruiser, joka kykenee ennustamaan synnyynnäisen kaihin yhtä tarkasti kuin silmälääkärit. Vertailevissa kokeissa alustan suorituskyky oli silmälääkärin tasoa ja se kykeni löytämään kaikki potentiaaliset potilaat testijoukosta. Testijoukon koko oli 50 henkilöä. Tekoälyä opetettiin 476 terveen silmän kuvalla ja 410 synnyynnäisen kaihin kuvalla. Jatkoa ajatellen alustaa voidaan opettaa tehokkaammaksi isommilla kuvamäärillä ja tätä varten on rakennettu pilvipalvelualusta. Tutkijat ovatkin ottamassa käyttöön alustaa sairaaloihin, joissa erikoisosaamista synnyynnäisen kaihin hoitoon ei ole. Saman kaltaisella menetelmällä voitaisiin mahdollisesti etsiä muitakin harvinaisia sairauksia. Tämä mahdollistaisi tehokkaan seulonnan. Harvinaisempiin tauteihin erikoistuneita sairaaloita on vähemmän ja tämä voi estää kaikkia saamasta yhtä tehokasta hoitoa. (Tan 2017)

CC-Cruiser pystyy kuvien perusteella tunnistamaan, arvioimaan ja ehdottamaan hoitoja, kun synnyynnäinen kaihi on diagnosoitu. Lisäksi se kykenee antamaan erilaisia hoito-ohjeita tilanteen mukaan. Se voi antaa määräyksen suoraan leikkaukseen tai se voi vaatia asiakkaan seurantaa. CC-Cruiseria voidaan hyödyntää, vaikka sairaalalla ei olisi erikoisosaamista synnyynnäisen kaihin hoitamiseen. Asiakkaista kerätään tällöin nimi, sukupuoli

ja ikä. Lisäksi silmistä otetaan tarvittavat kuvat ja asiakkaan yhteystiedot otetaan ylös. Nämä tiedot lähetetään tekoälyalustan pilvipalveluun. Tämän jälkeen CC-Cruiser kykenee ilmoittamaan synnyttäjästä kaihia leikkaavalle silmälääkärille potilaat, jotka tarvitsevat kiireellistä hoitoa. Kun asiakkaalle on varattu aika leikkaukseen, lääkärit kommunikoivat potilaan kanssa kyseisen alustan kautta. (Tan 2017)

4 Tutkimuksen toteuttaminen

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, millaisia digitalisaation ja tekoälyn markkinoinnin ja käytön mahdollisuuksia on Suomen näönhuollossa. Tietoa voivat hyödyntää niin alalle tulevat, kuin myös alalla jo pitkään olleet. Tavoitteena on lisätä ymmärrystä digitalisaation ja tekoälyn positiivisista vaikutuksista ja mahdollisuuksista osana optometristin työtä. Näin voidaan vähentää mahdollisia epäilyksiä tekoälystä ja parantaa suhtautumista kehittyvää teknologiaa kohtaan.

4.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkimus päätettiin toteuttaa kvalitatiivisena eli laadullisena tutkimuksena. Laadullisen tutkimuksen tarkoituksena on ymmärtää tutkittavan asian ominaisuuksia ja merkityksiä, sekä laatua kokonaisvaltaisesti (Koppa 2015). Tästä syystä laadullinen tutkimus sopii tutkimusmenetelmäksi, sillä tällöin voidaan saada syvempää ymmärrystä tutkittavasta asiasta.

Tutkimusmateriaalin kerääminen on toteutettu teemahaastatteluiden avulla. Teemahaastattelu on puolistrukturoitu haastattelumenetelmä, joka sopii sekä laadulliseen että määrälliseen tutkimukseen. Olennaista puolistrukturoidussa haastattelussa on, että vain osa näkökohdista on lyöty lukkoon. Teemahaastattelu rakentuu valmiiksi suunniteltujen teemojen varaan, joten haastattelussa paneudutaan valittuihin aihepiireihin. Tarkoituksena on saada haastateltavien ääni kuulluksi ja korostaa heidän omaa näkemystään aiheesta. Menetelmä antaa mahdollisuuden syventää vastauksia ja lisäkysymysten avulla voidaan vastauksia selventää heti, milloin epäselviä vastauksia ei synny. Teemojen määrän kanssa on osattava olla maltillinen. Liian monta teemaa tekee haastattelusta strukturoidun. Haastattelijan rooli taas kasvaa, mitä vähemmän teemoja on. Haastattelutilanteessa ei kuitenkaan tarvitse olla huolissaan teemojen riittävydestä, sillä suostuttuaan haastatteluun ihmiset ovat yleensä myös halukkaita kertomaan näkemyksistään.

Haastattelu on yksi yleisimmistä tiedonkeruu menetelmistä siitä syystä, että tiedon hankintaan voi haastattelutilanteessa vaikuttaa. Se on hyvin joustava tapa saada tietoa, sillä haastattelussa päästään suoraan vuorovaikutukseen haastateltavan kanssa. (Hirsjärvi, Hurme 2000: 34, 47-48; Juvaka, Kylmä 2007: 78-80).

Teema-alueet voidaan luoda intuitiolla, kirjallisuuden avulla tai teorian perusteella. Intuitiolla tehdessä ongelmaksi syntyy helposti ennakkokäsityksiin perustuvat teemat, joita haastattelijoilla on. Tämä todennäköisesti tuottaa ongelmia haastattelussa. Kirjallisuuden perusteella tehdessä etsitään mahdollisia teemoja alan kirjallisuudesta ja aikaisemmissa tutkimuksissa tutkituista asioista. Teorian pohjalta tehdyissä teemoissa hyödynnetään omaa teoriaa, jonka pohjalta muodostetaan sopivat teemat. Kaikkia näitä mahdollisuuksia voidaan käyttää, mutta oikeat teemat syntyvät parhaiten hyödyntämällä näitä kaikkia. Haastattelun kannalta on myös tärkeää, ettei käytetä liian yksityiskohtaisia kysymyksiä ja käydä niitä luettelomaisesti läpi. Teema-alueilla pitäisi olla tilaa, jotta asiaan voidaan syventyä ja viedä keskustelua pidemmälle tietyssä aihepiirissä. Tällöin syvempi ymmärrys ilmiön monipuolisuudesta selvenee. Keskustelua voidaan ohjata pidemmälle omilla vastauksilla, joka luo keskustelusta luonnollisemman kuin valmiit kysymykset. Teemoja ei myöskään tarvitse edetä järjestyksessä, vaan niitä voidaan käydä keskustelun mukaan läpi. (Hirsjärvi, Hurme 2000: 66-67).

Hyvän haastattelun perusta on tuntee aihepiiri ja ymmärtää haastattelun tarkoitus. Haastateltavalle on pystyttävä esittämään selkeitä ja yksinkertaisia kysymyksiä. Kysymyksillä ei saa myöskään ohjata haastateltavaa, sillä laadullisessa tutkimuksessa tärkeintä on saada esille haastateltavan omat näkemykset. Haastattelijan täytyy kyetä tiedostamaan hänen vaikutuksensa haastateltavaan. Tutkimuksen kannalta tärkeintä on saada esille tutkittavien omat ajatukset. (Hirsjärvi, Hurme 2000: 68-69; Juvakka, Kylmä 2007: 93).

4.2 Tutkittavien valinta ja aineiston kerääminen

Tutkimuksen haastateltaviksi valittiin Suomessa työskenteleviä optisen alan ammattilaisia. Haastateltavat koostuivat kahdesta hyvinvointialan teknologia yritysten johdon henkilöistä Suomessa sekä yhdestä optikosta. Haastateltavat löydettiin opinnäytetyön yhteistyökumppani Erto:n kautta. Teknologia yrityksen johdon henkilöillä tarkoitetaan korkeassa asemassa olevaa henkilöä, joka työskentelee Suomessa silmien terveyteen liittyvien laitteiden kanssa, jotka hyödyntävät tekoälyä.

Tutkimuksen haastateltavat valittiin tarkasti. Aiheen kannalta oli erittäin tärkeää, että haastatteluihin osallistuvilla olisi tarpeeksi tietoa käsiteltävästä aiheesta. Kriteereinä oli tietoa, kokemusta tai osaamista tekoälystä sekä digitalisaatiosta optisella-alalla. Haastateltavien henkilökohtaisilla ominaisuuksilla ei ollut merkitystä haastateltavine valinnassa. Saavuttaaksemme mahdollisimman kattavan tutkimusmateriaalin valitsimme kahden eri johtavan laitevalmistajan edustajat. Vähäisen tekoälyn käytön myötä Suomessa, tekoälyä käyttäneitä optikoita oli hyvin vähän, joista saimme yhden haastateltavaksi.

Haasteltaviin otettiin yhteyttä meidän toimestamme sähköpostiviestillä. Haastattelut pidettiin etänä Microsoft Teams -sovelluksen avulla. Haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina joiden kesto vaihteli 45-90 minuutin välillä. Haastattelut tallennettiin ja arkistoitettiin Microsoft Teams -sovelluksen käyttäjälle sekä pilvipalveluun. Tallenteet olivat tietoturvasuojattu ja haastattelutallenteet tuhottiin opinnäytetyön valmistuttua.

Haastattelut toteutettiin teemahaastattelut rungon avulla. Haastateltaville esitettiin kaksitoista kysymystä ja he saivat kertoa omin sanoin käsityksiään ilmiöistä. Kysymykset muotoiltiin selkeästi, jotta haastateltavalla oli mahdollista kertoa henkilökohtaisia käsityksiä ilmiöistä. Osassa haastatteluista käytettiin tarkentavia lisäkysymyksiä, kysymykseen liittyvistä käsityksistä. Haastattelu kysymyksiä ei kerrottu haastateltaville etukäteen, mutta heille kerrottiin haastattelun teema, jotta tämä ei vaikuttaisi haastattelun luotettavuuteen.

4.3 Tutkimustulosten analysointi

Laadullisessa tutkimuksessa aineiston analyysin tarkoitus on muuttaa aineisto teoreettiseksi kuvaukseksi tutkittavasta aiheesta. Tarkoituksena on tuoda esille se, mitä haastattelussa saatu aineisto kertoo tutkittavasta ilmiöstä. On muistettava, ettei lukija lue kuvausta haastattelusta, vaan hän lukee tutkijan tulkinnan haastattelusta. Tällöin on tärkeä saada lukijalle samanlainen näkökulma kuvaksesta kuin itse tutkijalle. Tällöin on kirjoitettava tarkasti se, miksi tietynlaiseen tulkintaan on päädytty. (Hirsjärvi, Hurme 2000: 151-152; Juvakka, Kylmä 2007: 66).

Tutkimuksen analysointimenetelmänä käytettiin teemoittelua, joka toimii normaalisti laadullisen tutkimuksen perusmenetelmänä analyysissa. Tässä menetelmässä nostetaan esille aiheita, jotka toistuvat litteroidussa aineistossa useaan otteeseen. Tällöin tietoa

aiheista voidaan eritellä ja ryhmitellä, jotta aiheita voidaan tarkastella yksityiskohtaisemmin. (Koppa 2016)

Tallennetut haastattelut litteroitiin värikoodaus menetelmällä eikä henkilöiden nimiä käytetty. Tällöin jokaisen haastateltavan henkilön henkilöllisyys pysyi salassa. Haastattelut litteroitiin sanatarkasti, jotta tarvittaessa voidaan käyttää suoria lainauksia haastattelusta. Haastatteluiden tavoitteena oli saada lisää olemassa olevaa tietoa optisen alan ammattilaisilta digitalisaatiosta ja tekoälystä näönhuollossa jo kerätyn aineiston rinnalle, sekä saada ammattilaisten omia ajatuksia aiheesta esiin. Teemojen alle kerättiin haastatteluista nousseita ajatuksia ja vastauksia ammattilaisilta ja näistä tehtiin kattava ja tiivis yhteenveto. Haastattelukysymysten, sekä litteroinnin perusteella esiin nousivat seuraavat teemat:

1. Digitalisaatio
2. Tekoäly
3. Näönhuolto tulevaisuudessa
4. Optometristin työ tulevaisuudessa
5. Seulonta
6. Koulutus ja kouluttautuminen

5 Tutkimuksen tulokset

Haastatteluista saadun materiaalin ja sen litteroinnin jälkeen esille nousi edellä mainitut teemat. Teemojen alle on tuotu haastatteluista saatua tietoa ja ne on jaoteltu teemojen mukaisesti, jotta jokaista teemaa voidaan tarkastella yksityiskohtaisemmin. Saatua aineisto on kirjoitettu omin sanoin, eikä suoria lainauksia ole käytetty, koska niiden ei koettu tuovan lisäarvoa. Lisäksi erittäin hyvää ja hyödyllistä tietoa tuli sen verran, että materiaalia on jouduttu supistamaan ja tästä syystä teksti on ollut helpompi tuottaa omin sanoin.

Digitalisaatio

Digitalisaatio on mahdollistanut 2000-luvun alusta lähtien eri potilastietokantojen käytön, kuvamateriaalin tallentamisen ja siirtämisen. Kuvien siirtyminen tietokoneille on mahdollistanut niiden analysoinnin mistä vain. Kaikkien optikkoliikkeiden liittyessä kantajärjestelmään on mahdollista lukea helposti asiakkaan historia. Tällöin tiedon tuonti liikkeeseen ei ole myöskään enää asiakkaan vastuulla. Nyt erilaiset käyttöjärjestelmät ovat mahdollistaneet datan keräämisen ja tallentamisen nopeasti ja helposti. Myös erilaiset applikaatiot ovat nykypäivää ja niiden kehitys on jatkuvaa. Näiden avulla asiakkaiden prosessia ja hoidon laatua on voitu parantaa.

Digitalisaation ja kuvien tallentamisen ja siirtämisen myötä on tekoälyn kehitys tullut myös entistä helpommaksi seulontaa varten. Mitä enemmän meillä on kuvia käytössä, sitä enemmän saamme laadullisia poikkeamia. Kun on suurempi heterogeeninen massa, sitä paremmin tekoäly oppii lukemaan kuvia, jotka eivät ole laadullisesti parhaimpia. Tällöin todellisessa käytössä on tekoälyn helpompi lukea hieman tärähtäneitä, epätarkkoja, valottuneita ja heijasteisia kuvia.

Digitalisaation tuoma apuvälineistö tietokoneille tulee olemaan jokaisen terveydenhuoltoyksikön laaja digitaalinen työkalupakki, minne voidaan valita juuri oikeat työkalut asiakkaiden tarpeiden mukaan. Jotkin optikkoketjuliikkeet tarjoavat jo myös refraktoinnin tekemistä internetin välityksellä. Vaikeissa tapauksissa tämä softa ohjaa asiakkaan kuitenkin varaamaan ajan optikolle.

Tekoäly

Tekoälyn kasvua optisella alalla on viime vuosina tapahtunut paljon. Laitekokonaisuuksia, sekä älykkään refraktoinnin ohjelmia, jotka ainakin osittain käyttävät tekoälyä tai erilaisia algoritmeja näöntutkimuksessa on saapunut markkinoille ympäri maailmaa. Tekoäly mahdollistaa useiden tutkimuksien tekemisen nopeammin automatisoidusti eli pystymme tekemään tutkimuksia nopeammin ilman manuaalista työtä. Tekoälyn avulla prosessit voidaan hoitaa nopeammin, ja sen avulla optometristit pystyvät keskittymään olennaisiin asioihin tekoälyn prosessoiman datan perusteella. Tekoälyllä emme pysty korvaamaan optometristeja. Se on työkalu, joka jalostaa olemassa olevaa dataa nätimeen ja helpommin luettavaan muotoon ja auttaa ammattilaisia työssään. Se on tiedonkeruun ja analyysin tuki.

Tekoäly ei poista tiedon analysoinnin tarvetta, mutta se tietyllä tapaa jalostaa dataa, mitä kerätään asiakkaista ja potilaista. Eli tekoäly voi auttaa kahdessa isossa asiassa: prosessissa ja automatisoinnissa. Eli sen avulla pystytään tekemään tiettyjä tutkimuksia nopeammin automaattisemmin ilman, että kaikki vaatii paljon manuaalista työtä. Sen lisäksi pystymme hyödyntämään tekoälyä tiedon jalostamisessa, jotta sen tiedon analysointi on optometristille helpompaa ja kätevämpää.

On myös muistettava, että jonkun on kuitenkin aina ymmärrettävä, miten tekoäly toimii ja mitä näöntutkimuksessa tapahtuu ja tätä kautta voidaan lähteä rakentamaan tekoälyä taustalle. Tekoäly ei siis poista ammattiosaamisen tarvetta, sillä muuten emme voisi hyödyntää maksimaalisesti annettuja työkaluja. Tekoäly on suuri sateenvarjo, jonka alle laitetaan monesti asioita, jotka sinne eivät kuulu. Erilaisia algoritmeja on ollut ohjelmistoissa alusta lähtien. Jos laitteessa on siis algoritmi, joka ohjaa prosessia, ei tämä laite välttämättä hyödynnä vielä tekoälyä.

Tähän mennessä Suomessa tekoäly on ollut osana näönhuoltoa enemmän vain erilaisissa kokeiluissa. Käypä hoito -suositukset eivät tunne tekoälyä. Tämä tarkoittaa sitä, ettei tekoälyä käytetä terveydenhuollossa, jos se ei ole hoito-ohjeistuksessa. Suomessa ollaan kuitenkin teknologiassa edelläkävijöitä, mutta tällaisissa asioissa kehitys on hitaampaa. Kehittyvä teknologia saatetaan nähdä uhkana, vaikka se pitäisi nähdä mahdollisuutena luopua sellaisista asioista, mitkä ei ole enää järkevä tehdä manuaalisesti tai korkeasti koulutetun henkilön toimesta. Tulevaisuudessa perusrefraktion voisi hoitaa mahdollisesti kuka tahansa ja koulutetut henkilöt voisivat keskittyä silmän terveydentilan ja vaikeampien tapausten tutkimiseen.

Skotlannissa tekoälyä on esimerkiksi käytetty jo pitkään. Singapore on mahdollisesti pisimmällä tekoälyn käytössä näönhuollossa ja sieltä on julkaistu paljon tutkimustuloksia, miten tekoäly voisi parantaa heidän diabeettisen retinopatian seurantaa. Tutkimuksissa käy ilmi kustannustehokkuuden hyöty, kun tekoäly otetaan koulutetun kuvanlukijan rinnalle avuksi. Tämä yhdistelmä on myös tehokkain. Tanskassa taas silmänterveydentilan tutkimus viedään niin pitkälle silmälääkäritasolla, ettei tekoälylle ole vielä löytynyt paikkaa. Euroopassa algoritmeilla on kuitenkin oltava CE-hyväksyntä, jolloin ne on osoitettu hyväksi ja luotettaviksi oikeassa käyttötarkoituksessa. Tekoäly algoritmit ovat siis MDR (Medical Devices Regulation) sääntelyn alaisia. Euroopassa on jo käytössä algoritmeja diabeettisen retinopatian, glaukooman ja ikärappeuman seulontaan, mitkä ovat saaneet CE-hyväksynnän.

Optikkoliikkeet varsinkin ketjut ovat aloittaneet kokeilemaan uusia laitteita ja olleet kiinnostuneita tekoälystä. Suurta muutosta on siis odotettavissa tällä rintamalla. Ketjut ovat aloittaneet kokeilemaan myös refraktioiden tekoälyratkaisuja voimakkaasti. Tulevaisuudessa tekoäly tulee siis olemaan osana näöntutkimusta ja perusrefraktiot tulevat mahdollisesti automatisoitumaan. Perusrefraktioiden tekemisen voi opettaa tekoälyn tekemään helposti. Tämä vahvistaa optometristin roolia erilaisten mittaustulosten analysoinnissa. Usko on tällä hetkellä siinä, että suurelle osalle ihmisistä voitaisiin tehdä perusrefraktio konepohjaisesti. Haastavammat tapaukset vaativat kuitenkin ammattilaisen osaamista.

Laittevalmistajat ovat aloittaneet valmistamaan älykkään refraktioiden ohjelmia ja laitekokoisuuksia, jotka osittain käyttävät tekoälyä tai ainakin erilaisia algoritmeja. Näiden avulla näöntutkimusprosessi pystytään delegoimaan optometristeilta muulle myymälähenkilökunnalle. Eli näiden applikaatioiden ja laitteiden avulla kuka tahansa voisi viedä perusrefraktioiden silmälasimääräykseen. Esimerkiksi tablettiin ja foropteriin yhdistetyssä softassa tekoäly päättää testit ja niiden järjestyksen asiakkaan vastausten perusteella. Asiakkaan tehtävänä on kertoa, kumpi vaihtoehtoista on parempi. Myös itserefraktioiden laitteita on kehitteillä maailmalla. Näissä ei tavallaan tarvita ketään tekemään refraktiota vaan potilas istuu laitteen eteen ja itse ohjaa tutkimuksen loppuun. Aasiassa löytyy jo useita automatisoituja refraktioiden järjestelmiä. Tekoälyn ohjaamat refraktioiden laitteet ja sovellukset ovat yleistyneet paljon viime vuosina Aasiassa. Odotukset niiden yleistymisestä pohjoismaissa on vain ajan kysymys. Nämä laitteistot ovat vielä alkutaipaleella, mutta niiden kehittyminen on kuitenkin jatkuvaa.

On muistettava, että tekoälyalgoritmit ovat väsymättömiä ja pääsevät samaan tai parempaan tulokseen kuin ihmiset. Joten on ajan kysymys, milloin ne tulevat Suomeen. Tällöin esimerkiksi silmänpohjakuvien tuloksin viive vähentyisi, mikä olisi tärkeää, sillä diabeetikoiden määrä lisääntyy jatkuvasti. Digifundus on kehittänyt Aalto yliopiston kanssa algoritmia diabeettisen retinopatian seulontaan. He eivät kuitenkaan ole ottaneet vielä tätä rutiiniksi työssään. Digifundus seuloo joissakin Suomen kunnissa merkittävän määrän diabeetikoista. Tekoälyn avulla diabeettisen retinopatian seulontaa voitaisiin tehostaa ilman, että tingittäisiin yhtään kliinisestä laadusta.

Tällä hetkellä silmänpohjakuvaa käytetään diabeettisen retinopatian seulontaan, mutta on muistettava, että silmänpohjakuvasta näkee valtavan paljon muutakin. Näistä kuvista voidaan havaita neurologisia poikkeamia, kardiovaskulaarisia muutoksia ja systemaattisten sairauksien merkkejä. Tällaisia voitaisiin ennustaa ja ennaltaehkäistä algoritmien

avulla, joita on jo kehitetty. Tällöin pitäisi nähdä suurempi kokonaiskuva ja muuttaa ajatusmallia silmämepohjakuvan käytöstä. Esimerkiksi kardiologeille voitaisiin luoda tarve hyödyntää silmämepohjakuvaa verisuoni ja sydän tautien seulonnassa. Tällaiset mahdollisuudet ennaltaehkäistä muitakin sairauksia silmämepohjakuvien avulla ovat vielä kauempana tulevaisuudessa, mutta varmasti tulevat osaksi rutiinia terveydenhuollossa myöhemmin.

OCT-kuvauksessa on jo käytössä tekoälyä, sekä siihen kehitetään jatkuvasti uusia ja parempia algoritmeja. Myös silmän pinnan kuvaamiseen toimivia algoritmeja on ollut ainakin ajatustasolla. Käytännössä mistä vain kuvamateriaalista voidaan alkaa hyödyntämään tekoälyä ja kehittämään algoritmeja niiden seulontaan. Tärkeää on pohtia, missä tekoälystä voidaan saada todellisia hyötyjä ja minkä avuksi sitä kannattaa kehittää. Tulevaisuudessa voidaan myös yksi ja sama kuva ajaa usean algoritmin läpi ja saada näin mahdollisimman paljon tietoa yhdestä kuvasta.

Näönhuolto tulevaisuudessa

Maapallolla on 250 tuhatta silmälääkärinä ja 500 miljoonaa diabeetikkoa. Silmälääkäreillä on paljon muutakin tekemistä, kun tutkia vain diabeetikoiden silmiä. Silmälääkärit eivät ole myöskään jakautuneet tasaisesti ympäri maapalloa. Lyhyellä tähtämellä voisi odottaa siis diabeettisen retinopatiaan tulevan algoritmeja käyttöön yleisemmin. Myös Euroopassa on maita, joissa diabeettisen retinopatian seulonta on retuperällä ja olisi tärkeää saada se kattavaksi.

Norjassa, Ruotsissa, Britanniassa ja Amerikassa optometristin työ on jo paljolti silmänterveydentilan tutkimisen painotteista. Norjassa suurissa osin alkaa optikkoliikkeissä jo olemaan OCT, näkökenttätutkimukset ja silmämepohjakamerat. Näissä optikkoliikkeissä on paljon silmänterveyden tutkimista myös refraktioonin lisäksi. Tällöin sen kerättävän datan määrä kasvaa ja optometristin käytettävä aika näöntutkimukseen ei kasva samassa suhteessa. Tällöin on mietittävä, mihin halutaan aika tutkimuksessa käyttää. Halutaanko aika käyttää siis tiedon keräämiseen vai sen tiedon analysointiin. Todennäköisesti haluamme käyttää ajan mieluummin tiedon analysointiin. Kun tiedon analysointi on tehtävissä, on parempi, että se tieto on paketoitu ja jalostettu nätimpään pakettiin ja muotoon. Tällöin ei tarvitse itse jokaista OCT-skannausta tai silmämepohjakuvaa tutkia, vaan voidaan saada tekoälyltä valmiiksi esianalysoitu paketti kerätystä tutkimustiedosta ja sen

perusteella tehdä päätös, miten hoitoa tai tutkimista jatketaan. Tällöin silmänterveydentilantutkimista voitaisiin ottaa enemmän optometristien hallintaan tekoälyn avustamana. Mahdollisesti tulevaisuudessa optikkoliikkeeseen mennäänkin hakemaan yleisterveydentilan katsausta, jonka avulla siirrytään mahdollisesti jonkun specialistin luo.

Nykyisellä lainsäädännöllä ajateltuna väestömme ikääntyy sellaisella vauhdilla, että täysien visus arvojen saaminen ja terveiden silmien tutkiminen voi jäädä tulevaisuudessa aika kapeaksi. Asiakaskunta ei voisi enää käydä vain optikkoliikkeessä. Asiaa ei tarvitse pelätä, mutta on huomioitava, että isoimmat ikäryhmät alkavat olla vanhempia ja vastaan tulee erilaisia näkemisen ongelmia.

Kun mietitään näköä ja näkemistä, niin ihmiset pitävät tätä aistia tärkeimpänä. Tästä syystä meidän on pystyttävä palvelemaan ihmisen kokemia tärkeimpiä asioita ja pitämään huolta niistä. Tämä perustuu ennaltaehkäisevään hoitoon ja pystyykö tämänhetkinen lääkärikunta hoitamaan kaiken ennaltaehkäisyyn? Tässä juuri tekoäly voi auttaa kuvantamistoimenpiteissä. Esimerkiksi optikkoliikkeessä otetusta silmänpohjakuvasta tekoäly tulkitsisi 73 % todennäköisyydellä asiakkaalle diabeettisen retinopatian. Tällöin tekoäly tekisi esivaiheen tulkinnan ja tätä kautta asiakas saataisiin nopeammin jatkotutkimuksiin. Tällä tavalla päästäisiin nopeammin hoidossa eteenpäin. Myös raha ja tehokkuus tulevat esille tässä, vaikka ovatkin toissijainen asia. Myös OCT-kuvantamisella tekoälyä hyödyntäen voidaan mahdollisesti tulevaisuudessa nähdä aikaisemmin alkavia sairauksia, jotka olisivat voineet jäädä vielä vuosiksi huomaamatta.

Asiakkaille pitäisi kyetä tarjoamaan tekoälyn tutkimuksia yleisenä silmänterveydentutkimuksena. Puhua siitä, miten 40-ikävuoden jälkeen pitäisi alkaa käydä säännöllisesti tarkastamassa silmät. Uusien tekoälyä ohjaavien algoritmien avulla voitaisiin katsoa varhaisen vaiheen muutoksia ja reagoida nopeammin. Ihmisille kuitenkin ensiksi pitäisi myydä se ajatus, kuinka tärkeä näkö on ja säännöllinen silmien terveydentilan tutkiminen on tästä syystä tärkeää. Ennalta ehkäisevä terveydenhuollon merkitys korostuu tällöin. Kun tämä ajatus on myyty, on helpompi myydä ajatus tekoälyn avustamista tutkimuksista. Tällöin voidaan tästä mahdollisesti veloittaa asiakkaalta tutkimukseen kuluva aika ja resurssit. Tekoäly kun tulee olemaan osa näönhuoltoa, mahdollisesti se pitäisi pake-toida sinne kokonaisuuteen osana sitä palvelukokonaisuutta ja myydä sitä. Kuluttajan ei kuitenkaan välttämättä tarvitse edes tietää tekoälyn toimivan tutkimuksen taustalla.

Mahdollisesti tulevaisuudessa optometristin tekemät silmänterveydentilan tutkimukset ja muut näönhuollon palvelut voivat tulla osaksi palveluseteleiden käyttöä. Jos silmälasikehyksien myynti liikkeissä tulee vähenemään, olisiko tällöin aika luopua ilmaisista näöntutkimuksista. Tällöin voitaisiin siirtyä paketoimaan palvelua silmäterveystarkastuksena, josta ihmiset joutuisivat maksamaan, kun haluaisivat tietää omien silmiensä terveydestä.

Myös työnantajapuolelta ja terveydenhuollosta voitaisiin saada tukea näönhuoltoon. Työnantajat pitäisi saada näkemään tällaisen olevan hyvä tapa suojella henkilökuntaa. Kuivasilmäisyys ja likinäköisyys kasvavat koko ajan. Onko tämä sellainen asia, jonka terveydenhuolto tai työnantaja haluaisi ennaltaehkäistä. Rahoitus tai palveluseteleiden käyttö olisivat mahdollisia vaihtoehtoja. Myös työnantaja voitaisiin saada sitoutumaan tarjoamalla osan kustannuksista. Tällöin rahavirtaa voisi tulla myös muualta kuin vain kuluttajalta. Jos kuluttaja maksaisi itse osan ja loppuosa tulisi jostain muualta, voitaisiin tutkimukset saada yleisemmiksi ja kuluttaja helpommin maksamaan lisää silmänterveydentilan tutkimisesta.

Online kauppa on myös yleistynyt ja tulee jatkuvasti yleistymään. Iso osa ihmisistä varmasti haluaa tilata silmälasit jatkossa internetistä varsinkin, kun lisätyn todellisuuden AR soffit mahdollistavat sovituksen oikeasti ja melko tarkasti. Erilaisia silmälasikehyksiä voi virtuaalisesti sovittaa omalta koneelta tietokoneen kameran avulla. Tässä tekoäly tunnistaa kasvon piirteet, pupillivälit ja muut tarvittavat mitat. Kun silmälasimääräys ja linssitiedot löytyvät, on helppo lasit tilata itsekseen koneelta.

Ihmiset tulevat kuitenkin tulevaisuudessa käyttämään näönhuollon palveluita ja olemaan kiinnostuneita omien silmiensä terveydestä. Nykypäivänä on biohakkereita ja todistettuja malleja siitä, että ihmiset ovat yhä enemmän kiinnostuneita oman terveyden seuraamisesta ja luottavat yhä enemmän teknologioihin kuten tekoäly, big data ohjatut analyysit ja muut terveyttä edistävät teknologiat ja seurantalaitteet.

Optometristin työ tulevaisuudessa

Optikon työnkuva on vuosien varrella muuttunut ja nykyään valmistuvien optometristien työn luonne on muuttunut enemmän ja enemmän silmänterveydentilan tutkimiseen pelkästä silmälasimääräyksen tekemisestä. Lisäkoulutus mahdollisuudet lisääntyvät koko ajan, sekä laitevalmistajien että ammattiyhdistysten kautta. Tulevaisuudessa pelkän hy-

vien silmälasimääräysten tekeminen ei riitä. Silmänterveydestä, anatomiasta sekä toiminnasta on ymmärrettävä paljon enemmän. Optikoiden sekä optometristien on huolehdittava omasta koulutuksestaan ja osaamisestaan enemmän.

Optometristin työnkuvan muuttuessa, työn määrä on kasvanut paljon. Olemassa oleva aika tutkimuksille taas ei ole kasvanut. Tekoälyn tarkoitus on jalostaa dataa ja tehdä tiedon analysoimisesta helpompaa optometristeille. Kun aika voidaan käyttää tiedon analysointiin, eikä sen keräämiseen, antaa tämä mahdollisuuden tutkia asiakkaita laajemmin. Tekoälyn kehittyessä voimme tulevaisuudessa saada raakadatasta esitietopakettin, jonka avulla pystymme analysoimaan ja arvioimaan miten edetään seuraavaksi. Tekoälyllä pystymme antamaan optometristeille enemmän aikaa silmänterveydentilan tutkimiseen. Väestön ikääntyessä näönhuoltoon tulee asiakkaita enemmän ja enemmän, jotka tarvitsevat erilaisia silmänterveyspalveluita. Väestön ikääntyessä ja kysynnän kasvuaessa kasvuun pitää pystyä vastaamaan. Tekoälyn ja digitalisaation avulla mahdollistetaan ja järjeistetään toimintamallia, ottamalla uusia teknologioita käyttöön. Tulevaisuudessa näönhuollon ammattilaisella tulee olemaan laaja digitaalinen työkalupakki, jonne voidaan valita ne tarvittavat työkalut.

Refraktion automatisoituminen antaa enemmän aikaa tehdä muita johtopäätöksiä henkilön näkemisestä. Jos suuri osa ajasta käytetään koneen käyttöön ja vain pieni osa ajasta potilaan kanssa kommunikointiin, voi tärkeitä asioita jäädä huomioimatta ja asiakaskokemuskin voi olla epämieluisa. Tämä mahdollistaa käyttää enemmän aikaa miettiä näkemisen haasteita, anamneesia ja lasiratkaisuja. Automatisoitumisen myötä helpot ja nopeat rutiinimittaukset voitaisiin tehdä koneen avulla, jolloin aikaa asiakkaan kanssa kommunikointiin jäisi enemmän. Näkemisen ratkaisut saadaan tällöin yhä toimivammiksi yksilökohtaisesti. Tämän avulla olisi myös helpompaa myydä parempia laseja ja tehdä parempaa kauppa, kun olisi aikaa enemmän kommunikoida asiakkaan kanssa. Näin saataisiin myös tyytyväisempiä asiakkaita. Haastavimmat tapaukset refraktioissa vaativat kuitenkin silti ammattilaisen ymmärrystä. Miksi mittaukset antavat tietynlaisia tuloksia ja mikä on mahdollisesti pielessä.

Esimerkkinä voidaan miettiä kysymystä ”veikö tietokone lääkärin työt?”. Vastaus on ”ei vienyt, mutta lääkäri, joka käyttää koneita viisasti, vie työt niiltä lääkäreiltä, jotka eivät käytä koneita viisaasti”. Pelko siitä, että kone veisi työt ei ole aito, mutta on ymmärrettävä, millaisen edun teknologia voi antaa apuvälineenä. Ihminen on lopulta vastuullinen

päätöksentekijä. Tulevaisuudessa apuna vain on paremmat työkalut ja paremmat apuvälineet päätöksenteon tueksi.

Seulonta

Tekoäly seulojana on väsymätön työkalu. Nyt jo suomessa monet silmnpohjakuvat odottavat tulkintaa viikkoja, koska resurssit niiden tulkitsemiseen ovat vähäiset. Väestön ikääntyessä kysyntä silmänterveydentilan tutkimisesta kasvaa. Tekoälyn alku analysointi toimii jo maailmalla, ja sen virhemarginaali on jo ihmisen tekemään analyysiä tarkempi. Seulonta tekoälyn avulla mahdollistaa nopeaa ja kriittistä apua löytämään erilaisia verkkokalvon sairauksia. Silmnpohjakuvia seulotaan tekoälyn avulla jo paljon, OCT-kuvien seulontaan tekoälyä käytetään joissain määrin maailmalla ja on yleistymään päin. Seulonta on myös erittäin kustannustehokas tapa etsiä terveestä väestöstä alkavia sairauksia. Tekoälyn avulla kuka tahansa pystyy toimimaan seulojana. Tekoäly pystyy huomppi laatusiestakin kuvasta löytämään poikkeamia, mitkä voisivat jäädä kuvan laadun takia ihmiseltä näkemättä.

Seulonnan tarkoituksena on myös etsiä riskiryhmää, mutta samalla on ymmärrettävä, että seulonnassa on aina vääriä vastauksia, teki sen ihminen tai kone. Se kuuluu osaksi seulonnan luonnetta, että joukossa on vääriä positiivisia ja vääriä negatiivisia. On kiinni seulonnasta, kuinka paljon vääriä vastauksia hyväksytään. Seulonnan tarkoitus on olla kustannustehokas ja samalla parantaa yleistä terveyttä. Kustannustehokkuuden tavoitteisiin ja parempaan lopputulemaan päästään, kun sallitaan tietty määrä vääriä vastauksia. Kone on jo ihmisen kanssa yhtä tarkka, ellei jo parempi ja kaiken lisäksi nopea ja väsymätön. Seulonta on tapa, jolla terveydenhuolto pysyy hengissä.

Esiseulojan osaaminen riippuu siitä, kuinka paljon häntä on koulutettu. Tekoäly tekee tutkimuksen aina samoin perustein ja on kliinisesti validoiduin perustein pätevä työhön. Tekoälyn kohdalla on voitu katsoa tarkkuudet siitä, millä tasolla näitä poikkeamia on tunnistettu ja tämä on myös todennettu ja validoitu. Kun seulonnan taas tekee ihminen jää siihen subjektiivinen erehtymä paljon suuremmaksi. Vaikka koneen spesifisyys olisi tarkempi, kuin silmälääkäreillä, mutta kone tekisi virheen, tämä nostettaisiin varmasti esille. Tavallaan keskitymme anekdootteihin faktan sijaan. Lopulta pitäisi aina katsoa faktaa, tilastoja ja todellisuutta. Jokainen tekee virheitä ja tällaisesta vastakkain ajattelusta tulisi päästä pois. Lääkärit, optometristit, koneet ja ketkä tahansa tekevät virheitä. Keskittymällä tilastolliseen tasoon nähtäisiin, kuinka paljon näitä virheitä syntyy.

Koulutus ja kouluttautuminen

Väestön ikääntyminen sekä lisääntyvä lähityö lisäävät jatkuvasti näönhuollon tarvetta ja lisäävät optometristin ja silmälääkärien työtä. Tämän tarpeen hoitamiseen voitaisiin kouluttaa yhä isompia määriä ammattilaisia, mutta todennäköisempää on uuden teknologian hyödyntäminen työkaluna ammattilaisille. Siksi koulutus ohjelmassa olisi hyvä katsoa tulevaisuuteen ja tuoda tekoäly mukaan siinä. Jos nyt aloitetaan ammatin opiskelu, voi näönhuolto olla muuttunut jo kolmessa vuodessa merkittävästi. Yritykset voisivat tulla luennoimaan kouluille, mitä alalla on tapahtumassa, mitä on jo käytössä maailmalla ja mitä ollaan kehittämässä. Tällöin opiskelijoille voitaisiin kertoa samalla, ettei tekoälyn ja uuden teknologian tarkoitus ole tehdä opiskelusta turhaa. Heidän tulisi oppia käyttämään niitä työkaluina ja ymmärtää, miten ne toimivat. Kun yritykset tulisivat luennoimaan tällaisista asioista voitaisiin herätellä yhä useamman mielenkiinto aiheeseen. Myös koululla voitaisiin ottaa tulevaisuudessa kuvia ja saada niistä tekoälyn analyysejä, joita voitaisiin yhdessä käydä läpi ja miettiä tekoälyn toimintaa.

Kun opiskelijoille tuotaisiin esille, millainen tekoäly on, voitaisiin heidät saada huomaamaan, ettei se voi korvata ihmistä. Sen tarkoitus on jalostaa dataa ammattilaisia varten ja auttaa heitä. Tällöin voitaisiin kääntää ajatus turhasta opiskelusta ja kuolevasta ammatista toisinpäin. Kun kliinistä osaamista ollaan lisäämässä optometristeille, ei aina voida vain lisätä uutta ottamatta pois jotakin. On myös mietittävä, mitä asioita voidaan tehdä helpommaksi, jotta uutta voidaan lisätä. Tämä on tekoälyn idea.

Puhuja voisi olla kuka tahansa, joka kertoisi asioista oikealla tavalla ja kertoisi yritysten ja teknologian kehittäjien näkökulmasta, mihin ala on menossa. Opiskelijoiden olisi tärkeä nähdä kokonaiskuva alasta. Tämä mahdollistaa näkemykset erilaisista urapoluista alalla. Tällöin tuodaan näkyväksi, että Suomessa ja muualla maailmassa on paljon paikkoja ja mahdollisuuksia teknologian kehittämisessä tällä alalla. Optikkoliike ei siis välttämättä ole ainoa paikka työskennellä. Optisella alalla on monia toimijoita ja teknologian kehittäjiä, mihin voi työllistyä.

Emme voi myöskään olettaa, että älykkäät järjestelmät hoitavat tietyt asiat. Oma koulutus siltä osa-alueelta voi muuten alkaa pienentyä ja tällöin jossain vaiheessa voi syväosaaminen näöntutkimukseen hävitä. Emme voi siis olettaa, että kaikki tapahtuu vain

koneen kautta. On ymmärrettävä, mitä taustalla tapahtuu, eikä keskittyä vain pinnan tasoon. Omasta osaamisestaan ja kouluttautumisestaan on siis huolehdittava, vaikka tulevaisuudessa tekoäly olisikin työkaluna käytössä.

6 Johtopäätökset

Teknologian kehittyessä hurjaa vauhtia, on tähän kysyntään pystyttävä vastaamaan. Uuden teknologian tuomat mahdollisuudet antavat enemmän tukea omalle tutkimukselle ja työlle. Jo muutamien vuosien päästä olemassa olevat työkalut tulevat tekemään silmänterveydentilan tutkimisesta helpompaa ja nopeampaa. Optometristin työnkuva tulee muuttumaan ja siinä on pysyttävä mukana. Tämä kehittyvä teknologia vaatii myös lisäkoulutusta. Laittevalmistajat pitävät seminaareja ja ovat lisänneet hurjasti verkkokoulutus mahdollisuuksia juuri tekoälystä ja uusimmista laitteista. Mahdollisesti tulevaisuudessa nämä asiat ovat osana optometristin tutkintokokonaisuutta, ja ymmärrys tekoälyn tekemästä tärkeästä työstä korostuu yhä enemmän.

Digitalisaation kehitys on vuosien varrella saavuttanut meille erilaiset järjestelmät käyttöön, joiden avulla kirjaaminen ja historian seuranta on helpottunut. Kanta järjestelmä tulee tulevaisuudessa tuomaan kaiken tiedon saman katon alle, olit sitten Rovaniemellä tai Helsingissä. Kun saamme kuvat digitaalisina, on niitä helpompi siirtää ja useamman ihmisen tulkita ja analysoida. Esitiedot vuosien varrelta ollessa samassa paikassa, on niiden tulkinta ja uusien oireiden tai löydösten selvittäminen helpompaa ja nopeampaa.

Haastatteluista keräämämme tiedon mukaan tekoälyn kehitys vain kiihtyy. Uudet tekoälyn ohjaamat applikaatiota ja softat ovat väsymättömiä työkaluja. Väestön ikääntyessä tarve näille kasvaa, työn määrä lisääntyy, mutta tutkimuksiin saatu aika pysyy samana, ellei joillain jopa kutistu. Uusilla softilla ja laitteilla laitevalmistajat selvästi pyrkivät tuomaan apua optometristeille, eikä viemään työpaikkoja. Tulevaisuus tulee olemaan selkeästi enemmän silmänterveydentilan tutkimista, kuin pelkkää refraktointia ja lasien myyntiä.

Nyt jo useat teknologia maat kuten Singapore ja Kiina käyttävät pohjoismaita huomattavasti enemmän tekoälyä seulontaan, sekä tekoälyn tekemiä diagnooseja ja erilaisia älykkään refraktion järjestelmiä tukena silmälasimääräyksen tekemiseen. Melkein kaikki Suomessa toimivat laitevalmistajat ovat lanseeranneet tai ovat tuomassa markkinoille älykkään refraktion laitteistoja. Uusimmat OCT-laitteet ja silmänpohjakamerat sisältävät

jo tekoälyn, joka tekee kuvista alustavan analyysin tai varmistaa optometristin löytämän löydöksen. Työkalut silmien tutkimiseen muuttuvat, ja näiden työkalujen avulla optometristit pystyvät parempaan asiakaskohtaamiseen ja laajempaan analyysiin asiakkaan tuloksista.

7 Pohdinta

Suomi on maana teknologian edellä kävijä. Uusia innovaatioita ja teknologioita kehitetään jatkuvasti. Lisäksi meillä on erittäin nopea ja halpa internetyhteys, mikä mahdollistaa nopean tiedon siirron paikasta toiseen helposti. Lähes kaikki nuoret osaavat käyttää älylaitteita vaivatta, sillä he aloittavat käyttämään niitä jo nuoresta pitäen. Myös kouluissa on siirrytty yhä enemmän käyttämään tietokoneita perinteisten kirjojen sijaan. Digitaalisten laitteiden käyttö ja niiden parempi ymmärrys siis lisääntyvät jatkuvasti. Tästä syystä on odotettavissa, että tulevaisuudessa hyödynnämme yhä enemmän teknologiaa työssämme ja elämässämme. Lisäksi on huomioitava nuoret, jotka ovat kasvaneet pienestä asti teknologian ympäröimänä. Heillä on mahdollisesti hyvin erilainen ajatusmaailma teknologian käytöstä ja sen hyväksymisestä kuin vanhemmilla ihmisillä, jotka eivät ole pienestä asti hyödyntäneet sitä. Nämä nuoret tulevat tekemään tulevaisuudessa yhä suuremman osan töistämme vanhemman sukupolven ikääntyessä ja jäädessä eläkkeelle. Tämä voi muuttaa vahvasti ajatusmaailmaa uuden teknologian käytöstä töissämme.

Tekoäly saattaa herättää pelkoa joissakin meistä. Puhutaan, että se veisi työmme, mutta kokonaiskuvaa tekoälystä ei hahmoteta ja asia nähdään mahdollisesti negatiivisena tästä syystä. Tekoäly kykenee tällä hetkellä yhteen tehtävään, mihin se on opetettu. Seulonta tehtävissä se kykenee jo tarkempiin tuloksiin kuin ihminen. Lisäksi se on väsymätön ja nopea. Se mahdollistaisi siis entistä tehokkaamman seulonnan, minkä avulla voitaisiin paremmin ennalta ehkäistä erilaisia sairauksia. Vaikka tekoäly kykeneekin jo tarkempiin tuloksiin kuin ihminen, ei se ole virheetön. Tämän takia olisi tärkeää katsoa tutkimustuloksia ja katsoa asiaa eri näkökulmasta. Minkälaisia hyötyjä voisimme saavuttaa tekoälyn avulla. Seulonnassa tapahtuu virheitä aina niin ihmisellä kuin koneella. Kun hyödynnettäisiin molempia, voitaisiin saavuttaa tehokkaampaa tulosta kuin erikseen kummallakaan näistä.

Haastatteluissa optisen alan ammattilaisten kanssa tekoälyn mahdollisuudet refraktoinnissa nousivat vahvasti esille. Laittevalmistajat ovat aktiivisesti jo kehittämässä laiteko-

konaisuuksia, joissa tekoäly ohjaa näöntarkastuksen alusta loppuun. Se siis valitsisi tutkimukset ja niiden järjestykset asiakkaan vastausten mukaan. Tässä optometrismi olisi valitsemassa tabletin tai tietokoneen kautta vastauksen. Myös itserefraktoivia laitekokonaisuuksia on kehitteillä maailmalla, jossa asiakas itse voisi viedä tutkimuksen eteenpäin tekoälyn avulla. Tulevaisuudessa voi olla, ettei optometrismi tarvita enää perusrefraktion tekemiseen, jos silmät ovat terveet, eikä suurempia näkemisen ongelmia ole. Tämä ei kuitenkaan poista optometrismi-osaamisen tarvetta näöntarkastuksesta. Tekoäly ei kykene ratkaisemaan vaikeampia tapauksia ja on otettava myös huomioon asiakkaan oma mieltymys ja näkemisen tarpeet lasimääräyksessä, kun lopullisia linssivoimakkuuksia katsotaan. Tämä tarkoittaa sitä, että optometrismi-tarve yhä syvemmälle osaamiselle näöntutkimuksissa korostuu ja oma koulutus ja osaaminen on siis pidettävä ajan tasalla.

Tekoälyn tultaessa vahvemmin osaksi seulontaa ja refraktointia ei optometrismi-tarve siis katoa. Päinvastoin yhä syvemmän ymmärryksen tarve refraktoinnista ja silmänterveydentilasta ja toiminnasta korostuu. Tekoäly kykenee auttamaan ja nopeuttamaan yksinkertaisia tehtäviä, milloin tulosten analysointiin jää enemmän aikaa. Myös asiakkaan kanssa keskusteluun on tällöin enemmän aikaa. Tämä mahdollistaa taas sen, että voimme saada enemmän tietoa asiakkaan näkemisen tarpeista ja ongelmista. Aikaa jää enemmän pohtia parempia lasiratkaisuja ja asiakkaalle voidaan rauhassa myös kertoa erilaisista vaihtoehdoista. Näin voidaan saada asiakas paremmin vakuuttuneeksi sopivista ratkaisuista juuri hänelle ja saada hänet näkemään, miksi ehdotetut vaihtoehdot palvelevat parhaiten häntä. Paremman kaupan lisäksi saadaan parempia asiakaskoh- taamisia ja voidaan tuottaa parempaa palvelua näönhuollossa.

Suomessa tekoäly ei ole vielä osana näönhuoltoa. Maailmalla se on jo vahvemmin käytössä ja voidaan olettaa, että Suomessa tullaan myös tulevaisuudessa käyttämään tekoälyä erilaisissa tutkimuksissa. Euroopassa algoritmit tarvitsevat CE-hyväksynnän, minkä pitäisi tuoda enemmän luottamusta niiden käyttöönottoon. Ensiksi tekoälyn tulisi kuitenkin kuulua Käypä hoito -suositukseen, jotta sitä voitaisiin terveydenhuollossa käyttää. Vaikka Suomessa ollaan edellä kävijöitä teknologian kanssa, on tämä aihe, missä ei ole hätiköity. On tietenkin hyvä, että asioita pohditaan ja tutkitaan tarkasti varsinkin terveydenhuollossa. Jokainen ala kuitenkin menee teknologian kehityksen mukana enemmän tai myöhemmin eteenpäin ja näin ollen tekoälyn tuleminen osaksi terveydenhuoltoa ja näönhuoltoa on väistämätöntä. Tämänhetkinen malli ei tule näönhuollossa toimimaan, sillä ikääntyvän väestön myötä asiakkaita on yhä enemmän ja erilaisten näönhuollon tarpeiden lisääntyminen kasvaa jatkuvasti. Lisäksi lisääntyvä lähityö tuo

omat haasteensa näkemiseen ja lisää myös asiakkaiden määrää ja erilaisia tarpeita. Tämän takia tulevaisuudessa on järkevämpää antaa koneen tehdä yksinkertaisempia töitä, sillä se kykenee näihin nopeammin, jolloin koulutetut ammattilaiset voivat keskittyä muihin tapauksiin.

Ihmisten kiinnostus omaan terveyteen on kasvanut jatkuvasti. Nykypäivänä meillä on käytössä erilaisia älysormuksia ja -kelloja, jotka seuraavat untamme, aktiivisuuttamme, sykettäme, sekä kertovat, milloin olisi hyvä levätä ja milloin on optimaalista liikkua. Ihmiset tekevät yhä enemmän verikokeita, joista saavat suuren määrän dataa kehonsa toiminnoista. Näin voidaan seurata, onko kehossa mahdollisesti joitakin puutostiloja. Jos kaikki on taas kunnossa, on vertailukelpoista dataa tulevaisuudessa, kun jotain ongelmia ilmenee. Tämä ajatus pitäisi tuoda myös esille näönhuollossa yhä vahvemmin. Näkö on kaikista tärkein aisti ihmisille, sillä käytämme sitä jatkuvasti ja saamme sen kautta eniten informaatiota. Sen takia silmänterveydentilantutkimukset ovat kaikille hyödyllisiä. Näin voimme ennaltaehkäistä sairauksia tai saada tervettä dataa silmistä, joita voimme tulevaisuudessa verrata uusin tuloksiin. Ihmiset ovat kiinnostuneita terveydestään. On siis vain aika tuoda esille vahvemmin tarve seurata myös heidän silmiensä terveyttä.

Ihmisten ymmärrettyä silmienterveyden seuraamisen tärkeys voidaan heille tulevaisuudessa tarjota yhä kattavampia tutkimuskokonaisuuksia. Tulevaisuudessa liikkeeseen tullaan mahdollisesti hakemaan kattavaa silmänterveydentilantutkimusta, jonka kautta voidaan ohjata tarvittaessa eteenpäin oikean ammattilaisen luo tai saada helpottavaa tietoa siitä, että silmät ovat terveet. Tällaisten tutkimuskokonaisuuksien tarjoaminen ilmaiseksi ei välttämättä ole mahdollista eikä kannattavaa. On siis mietittävä uusia tapoja saada asiakas luopumaan ajatuksesta ilmaisista näöntarkastuksista. Mahdollisesti koneen tekemä perinteinen näöntarkastus ilman ongelmia voi tällaiseen kuulua, mutta silmänpohjakuvien, OCT-tutkimuksen ja näkökenttätutkimuksen ottaminen ei voi olla ilmaista. Myös vaikeampien tapausten kohdalla näöntarkastuksessa olisi syytä miettiä pitäisikö tutkimuksesta veloittaa. On siis luotava uusi malli näönhuollossa ja saada asiakkaat ymmärtämään, miksi tutkimuksista kannattaa maksaa.

Online kaupan myötä kehysten myynti tulee mahdollisesti vähenemään liikkeissä. Ihmiset ostavat jo nyt paljon vaatteita netistä. Nykyisin palauttaminen on helppoa ja vaatteita voi kokeilla rauhassa kotona. Samanlainen malli tulee varmasti yleistymään myös silmälasikehyksissä. Lisäksi jatkuvasti tarkemmat kasvontunnistus ohjelmat kykenevät näyt-

tämään tarkasti, miltä kehys mahdollisesti näyttää kasvoilla. Tulevaisuudessa kameroiden kehittyessä pystytään yhä tarkemmin saamaan tarvittavat mitat tietokoneen tai kännykän kameran kautta. Pystytäänhän jo nykyisin tabletin avulla ottamaan mitat asiakkaan kasvoista. On vain ajan kysymys, milloin asiakas kykenee siihen itsenäisesti tarpeeksi tarkasti.

Tulevaisuudessa liikkeet tulevat mahdollisesti valitsemaan oman kehityksensä suunnan. Toiset saattavat keskittyä laajempaan silmänterveydentilan tutkimiseen, kun toiset taas painottavat erilaisten kehysten myyntiin. Online kaupan myötä silmänterveydentilan tutkimisen painottuminen korostuu. Tulevaisuudessa tämän korostuessa on mahdollista, että optometristin tekemät tutkimukset tulevat osaksi palvelusetelien käyttöä. Myös terveydenhuollosta tai työnantajalta voidaan saada apua tähän. Tulevaisuudessa on pohdittava erilaisia malleja uudenlaiseen toimintaan. Mahdollisesti asiakkaan ei tarvitse kaikkia tutkimuksia maksaa itse. Työnantaja voisi mahdollisesti maksaa osan, jos silmänterveydentilan tutkimisen tärkeys kyetään tuomaan esille. Uudenlaisia malleja kuitenkin tarvitaan tai asiakkaat on saatava maksamaan tutkimuksista, sillä silmälasien myynti voi tulla vähenemään tulevaisuudessa liikkeissä. Myös mahdollisuudet yhteistyöhön muiden terveydenhuollon ammattilaisten kanssa kannattaa ottaa huomioon, sillä silmänpohjista voidaan tutkia muutakin kuin vain silmänsairauksia. Tämä on otettu maailmalla jo huomioon ja uusia algoritmeja silmänpohjan seulontaan luodaan jatkuvasti. Tulevaisuudessa yksi ja sama kuva voitaisiin siis ajaa usean algoritmin läpi ja saada entistä enemmän tietoa asiakkaan silmien terveydestä sekä yleisestä terveydentilastaan.

Optometristin työ tulee siis tulevaisuudessa muuttumaan kehittyvän teknologian ja alan muutosten myötä. Heidän tarpeensa ei kuitenkaan tule katoamaan, eikä ammatti tule kuolemaan. Nykypäivänä teknologian kehittymisen myötä maailma muuttuu jatkuvasti ja näin ollen myös kaikki ammatit muuttuvat lopulta. On kyettävä pysymään muutoksen mukana ja sopeutua siihen. Tekoälyn avulla voimme tulevaisuudessa ratkaista yksinkertaisia refraktioita ja tehdä seulontaa nopeammin. Voimme joko hyödyntää tätä mahdollisuutta tai jättää sen käyttämättä. Tulevaisuudessa jotkut tulevat kuitenkin näitä mahdollisuuksia hyödyntämään ja he pystyvät tekemään tutkimuksia nopeammin ja keskittymään paremmin asiakkaan tarpeisiin, jos koneen annetaan tehdä tietyt tutkimukset. Tämä mahdollistaa paremman asiakaskokemuksen, kun aikaa jää enemmän asiakkaan kanssa keskusteluun. Tällöin enemmän tutkimuksia on tehty nopeasti ja aikaa on silti ollut enemmän asiakkaan kanssa. On kuitenkin muistettava, ettei tekoäly kykene ratkaisemaan vaikeampi refraktioita. Tähän tarvitaan koulutetun ammattilaisen osaamista ja

ymmärrystä näkemisen ongelmista ja silmän toiminnasta. Tällöin oma syvä osaaminen silmien toiminnasta ja silmän terveydentilasta korostuu. Optometristin on siis tärkeä pitää jatkuvasti huolta omasta osaamisestaan myös tulevaisuudessa ja mahdollisesti syventyä yhä enemmän vaikeampien tapauksien tutkimiseen. On siis edelleen tärkeää jatkuvasti lisäkoulututtautua, vaikka tekoälyn avulla joitain tutkimuksia voitaisiinkin suorittaa.

Mahdollisesti tulevaisuudessa voidaan myös optometristin koulutuksessa huomioida tekoäly osana näönhuoltoa. Opiskelijoille olisi heti alussa tärkeää tuoda esille, että ala tulee jatkuvasti kehittymään ja muuttumaan, muttei se poista heidän tarvettaan tai tee kyseisen ammatin opiskelusta turhaa. Päinvastoin ammattilaisia tarvitaan jatkuvasti. Tulevaisuudessa he voivat silti suuntautua ja erikoistua erilaisiin tehtäviin, vaikka tekoäly olisi käytössä laajemmin optisella alalla. Olisi tärkeää saada opiskelijat näkemään, millainen työkalu tekoäly voi olla ja millaisia asioita se mahdollistaa tulevaisuudessa. Niin kuin digitalisaation myötä tiedon siirtäminen ja tallettaminen helpottuivat huomattavasti. Voi tulevaisuudessa tekoäly mahdollistaa nopeamman ja tehokkaamman tiedonkeruun ja sen analysoinnin. Näin tiettyjä asioita voidaan antaa koneiden tehtäväksi ja voimme lisätä syvempää osaamista vaativia tehtäviä koulutetun ammattilaisen vastuulle yhä enemmän. Oppiminen ei siis koskaan lopu. Meidän on ymmärrettävä aina perusteet, jotta tiedämme, mitä teemme ja miksi kone tekee tietyt asiat tietyllä tavalla. Tulevaisuudessa meillä jää kuitenkin enemmän aikaa opiskella vaikeampia ja mielenkiintoisempia asioita, joita koneet eivät voi ratkaista. Ajatukset tekoälyn hyödyntämisestä pitäisi kuitenkin tulevaisuudessa tuoda esille jo opiskeluvaiheessa.

Opinnäytetyön luotettavuuden arviointi

Suomessa tekoäly ei ole vielä käytössä näönhuollossa ja harvat ovat päässeet sitä käyttämään. Tämä oli otettava haastateltavien valinnassa huomioon. Jokainen haastateltava on työskennellyt tai työskentelee tekoälyn parissa, jolloin heidän näkemyksensä tekoälystä ja sen mahdollisuuksista ovat parempia kuin henkilöiden, jotka eivät ole sitä päässeet kunnolla käyttämään. Näkemykset ja ajatukset ovat kuitenkin haastateltavien omia, mikä täytyy ottaa huomioon. Haastateltavien ymmärrys ja tietopohja tekoälystä ja tulevista muutoksista optisella alalla ovat sen verran vahvoja, että haastattelussa saatuja vastauksia ja niistä tehtyjä johtopäätöksiä voidaan pitää luotettavana.

Haastateltavien määrä voi vaikuttaa saatuun tietoon. Haastatteluiden tarkoituksena oli tuottaa lisää tietoa tekoälystä ja saada haastateltavien näkemyksiä sen mahdollisuuksista näönhuollossa. Tästä syystä tärkeämpää oli haastatella oikeita henkilöitä määrän sijaan. Puolistrukturoidulla haastattelulla oli mahdollista kohdentaa haastattelu aiheisiin, joihin tietoa haluttiin lisää. Tällä tavalla mahdollistettiin myös sellaisen tiedon saanti haastateltavilta, joita ei välttämättä osattu suoraan huomioida kysymysten laadinnassa. Näin tietoa saatiin enemmän kuin oli odotettu ja myös jokaiseen kysymykseen saatiin vastaus ilman, että epäselvyyksiä haastateltavien kanssa syntyi. Tällöin kaikkea materiaalia kyettiin hyödyntämään.

Opinnäytetyö on tehty Hyvän tieteellisen käytännön perusteiden. Tutkimuksessa noudatetaan huolellisuutta tulosten tallentamisessa ja haastateltavien henkilöiden anonyymiydestä on pidetty huolta tutkimuksen alusta loppuun. Muiden tutkijoiden työ ja saavutukset on otettu myös huomioon, jolloin heidän tutkimuksiinsa on viitattu oikein ja heidän töilleen on annettu niille kuuluva arvostus. Tutkimus julkaistaan jokaisen luettavaksi avoimesti ja vastuullisesti. (Tutkimuseettinen Neuvottelukunta 2012).

Jatkotutkimusehdotukset

Työn loppuvaiheessa esille nousi huomio, että myös opettajaa olisi voinut haastatella ja selvittää hänen näkemyksiään tekoälyä kohtaan. Lisäksi näin olisi voitu tarkemmin selvittää näkemyksiä tekoälyn tuomisesta myös koulutusohjelmaan tulevaisuudessa. Jatkotutkimusta voisi siis tehdä syventymällä mahdollisuuksista tuoda tekoäly osaksi koulutusohjelmaa ja miten tätä voitaisiin lähteä tulevaisuudessa toteuttamaan. Myös opiskelijoiden omia näkemyksiä voitaisiin ottaa esille. Millaisia ajatuksia tekoäly herättää ja miltä sen tuominen osaksi opiskelua tuntuisi.

Lähteet

13D Research 2017. Artificial Intelligence is on the Precipice of Revolutionizing Medical Diagnosis. Verkkoartikkeli. <<https://latest.13d.com/artificial-intelligence-is-on-the-precipice-ofrevolutionizing-medical-diagnosis-be6427239f58>>. Luettu 15.2.2021

Allen, K. 2016. How Artificial Intelligence Could Transform the Medical World. Thestar. Verkkoartikkeli. <<https://www.thestar.com/news/world/2016/05/09/the-power-ofartificial-thinking.html>>. Luettu 16.2.2021

Comer, George W. 2006. Visual-field screening and analysis. Teoksessa Benjamin, William J. (toim.). Borish's Clinical Refraction. 2. uudistettu painos. Missouri: Butterworth-Heinemann.

Cuadros, Jorge – Goldschmidt, Leonard – Kumar, Sajeesh – Yogesan, Kanagasingam 2006. Teleophthalmology. Springer Science & Business media. Verkkoartikkeli. <https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=arpJgQWFJF8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=teleophthalmology&ots=wDNXpW4pFu&sig=0SbaFDEYkMD3vUPG_KWY97ru5sE&redir_esc=y#v=onepage&q=teleophthalmology&f=false>. Luettu 24.5.2021

Ehlers, Justis P. – Shah, Chirag P. 2008. The Wills Eye Manual. Office and Emergency Room Diagnosis and Treatment of Eye Disease. 5. painos. Philadelphia: Wolters Kluwer. Health. Lippincott Williams & Wilkins.

Freiherr, G. 2015. Artificial Intelligence: Humankind's Best Chance for a Healthier Future. CIO, IDG Contributor Network. Verkkoartikkeli <<http://www.cio.com/article/2997174/bigdata/artificial-intelligence-humankinds-best-chance-for-a-healthier-future.html>>. Luettu 16.2.2021

Grosvenor, Theodore 2007. Primary Care Optometry. Fifth Edition. Missouri: Butterworth Heinemann Elsevier.

Hirsjärvi, Sirkka – Hurme, Helena 2000: Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino.

Hyvä optometristin näöntutkimuskäytäntö -ohjeistus 2021. Näe ry. Verkkoartikkeli. <<https://naery.fi/wp-content/uploads/2021/03/oen-hyva-optometristin-tutkimuskaytando-ohjeistus.pdf>>. Luettu 27.4.2021

Immonen, Ilkka – Kivelä, Tero – Saari, Matti K. 2011. Verkkokalvo ja sen sairaudet. Teoksessa Saari, Matti K.: Silmätautioppi. 6. Uudistettupainos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy

Jaiprakash, Anjali – Roberts, Jonathan – Crawford, Ross 2016. Robots in Health Care Could Lead to a Doctorless Hospital. Verkkoartikkeli. <<http://theconversation.com/robots-in-health-carecould-lead-to-a-doctorless-hospital-54316>>. Luettu 16.2.2021

Juvakka, Taru – Kylmä, Jari 2007: Laadullinen terveystutkimus. Helsinki: Edita Prima Oy

Jääskeläinen, Atte 2019. Mitä tapahtuu huomenna, kun tekoäly poistaa järjettömyydet? WSOY

Kanta 2019. Silmäterveyden tiedot kätevästi Kannasta. Verkkootikkeli. <https://www.kanta.fi/blogi/-/asset_publisher/1QjC602jKPR6/content/silmaterveyden-tiedot-katevasti-kannasta>. Luettu 6.8.2021

Kanta 2021. Mitä kantapalvelut ovat? Verkkodokumentti. <<https://www.kanta.fi/mita-kanta-palvelut-ovat>>. Luettu 6.8.2021

Koppa 2016. Jyväskylän yliopisto. Aineiston analyysimenetelmät. Verkkootikkeli. <<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineiston-analyysimenetelmät/teemoittelu>>. Luettu 2.3.2022

Kapoor Rahul – Whigham Benjamin T. – Al-Aswad Lama A. 2019. Artificial intelligence and optical coherence tomography imaging. Asia-Pacific journal of ophthalmology. Verkkootikkeli. <https://journals.lww.com/apjoo/FullText/2019/03000/Artificial_Intelligence_and_Optical_Coherence.12.aspx>. Luettu 28.2.2021

Khurana 2008. Theory and practice of optics and refraction. Toinen painos. Elsevier India.

Kiiski-Kataja Elina 2019. Megatrendit 2016: Tulevaisuus tapahtuu nyt. Sitra. Verkkootikkeli. <https://media.sitra.fi/2017/02/23211717/Megatrendit_2016.pdf>. Luettu 20.1.2020

Koiranen Ilkka – Räsänen Pekka – Södergård Caj. Mitä digitalisaatio on tarkoittanut kansalaisen näkökulmasta. Talous ja yhteiskunta. Numero 3/2016 sivut 24-29. Verkkootikkeli. <<https://labour.fi/wp-content/uploads/2020/02/ty32016.pdf> ISSN 1795-181X>. Luettu 10.12.2020

Koppa 2015. Laadullinen tutkimus. Jyväskylän yliopisto. Verkkootikkeli. <<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>>. Luettu 5.8.2021

Kytö, Janne P. – Tommilla, Petri 2005. Silmänpohjan valokerroskuvaus. Duodecim. Verkkootikkeli. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo95129>>. Luettu 19.8.2021

Mäntyjärvi, Maija – Kari, Nummelin – Saari, Matti K. – Summanen, Paula 2011. Silmän tutkiminen. Teoksessa Saari, Matti K. : Silmätautioppi. 6. Uudistettupainos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy

Odaibo, Stephen G. 2018. How artificial intelligence can transform eye care. Optometry times. Verkkodokumentti. <<https://www.optometrytimes.com/view/how-artificial-intelligence-can-transform-eye-care>>. Luettu 15.3.2021

Oftan Syklo 2006. Valmisteyhteenveto. Fimea, lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus. Verkkodokumentti. <<http://spc.fimea.fi/indox/nam/html/nam/humspc/7/87727.pdf>>. Luettu 11.5.2019

Optisen alan toimialastrategia 2012. Suomen optinen toimiala. Näe ry. Verkkootikkeli. <https://naery.fi/wp-content/uploads/sot_strategia2012_a4_net-1.pdf>. Luettu 9.2.2021

Prokopich, C. Lisa - Hrynychak, Patricia - Elliott, David B. - Flanagan, John G. 2014. Ocular Health Assessment. Teoksessa Elliott, David B.: Clinical Procedures in Primary Eye Care. 4. painos. Saunders Elsevier.

Rahman Was 2020. AI and Machine Learning. SAGE Publishing India. Verkkootikkeli. <https://books.google.fi/books?id=YPL2DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=what+is+artificial+intelligence&hl=fi&sa=X&ved=2ahU-KEwju5omc_sruAhU5i8MKHRqvD7UQ6AEwB3oECACQAg#v=onepage&q=what%20is%20artificial%20intelligence&f=false>. Luettu 22.4.2021

Rabbetts, R. B. 1998. Bennett and Rabbetts' clinical visual optics. Third edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Racette Lyna – Fischer Monika – Bebie Hans – Holló Gábor – Johnson A. Chris – Matsumoto Chota 2018. Visual Field Digest, A guide to perimetry and the Octopus perimeter, 8th edition. Verkkootikkeli < https://www.haag-streit.com/fileadmin/Haag-Streit_UK/Downloads/HS_Diagnostics_downloads/Perimetry_downloads/Visual_Field_Digest_8th.pdf> Luettu 1.12.2020

Setälä, Kirsi - Ihanamäki, Tapio - Saari, Matti K. 2011. Verkkokalvo ja sen sairaudet. Teoksessa Saari Matti K. (toim.). Silmätautioppi. 6. Uudistettu painos. Helsinki: Kandiattikustannus Oy.

Stein, Harold A. – Stein, Raymond M. – Freeman, Melvin I. 2012. The ophthalmic Assistant E-Book: A Text for Allied and Associated Ophthalmic Personnel, Edition 9. Elsevier Health Sciences

Qi Susan R. 2017. Machine learning and OCT images – the future of ophthalmology. Medium. Verkkootikkeli. <<https://medium.com/health-ai/machine-learning-and-oct-images-the-future-of-ophthalmology-47dc64ee9dc6>>. Luettu 4.3.2021

Takeshi Iwase 2019. Automated Detection of Macular Diseases by Optical Coherence Tomography and Artificial Intelligence Machine Learning of Optical Coherence Tomography Images. Hindawi. Journal of ophthalmology. Verkkootikkeli. <<https://www.hindawi.com/journals/joph/2019/6319581/>>. Luettu 4.3.2021

Tan, R. 2017 AI Matches Doctor's Ability to Diagnose Rare Eye Disease. Asian Scientist – News and Information from the Asian Scientific Community. Verkkootikkeli. <<https://www.asianscientist.com/2017/02/tech/ai-diagnose-congenital-cataract/>>. Luettu 15.2.2021

Trusit, Dave 2004. Automated refraction. Optometry Today 4.7.2004. <http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/ae331f5e9f3c12ab8e23e345f22b45d4_dave20040604.pdf>. Luettu 17.10.2020

Tutkimuseettinen Neuvottelukunta 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkauseräilyjen käsitteleminen Suomessa. Verkkoartikkeli. <https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf>. Luettu 21.2.2022

Valtiovarainministeriö 2019. Pilkahduksia tulevaisuuteen. Tietopolitiikka, tekoäly ja robotisaatio hyvinvoinnin ja taloudellisen menestyksen mahdollistajana Suomessa. Valtiovarainministeriön julkaisuja 2019:22. Verkkoartikkeli. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161462/VM_2019_22_Pilkahduksia_tulevaisuuteen.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. Luettu 22.2.2021

Haastattelukysymykset

1. Miten digitalisaatio on näkynyt 2000-luvulla optisella alalla?
2. Miten ja milloin Suomessa tekoälyä käytetään osana näön tutkimista?
3. Millaisia mahdollisuuksia tekoäly voi luoda optisella alalla?
4. Millaisia pelkoja tai ongelmia uusi teknologia voisi mielestäsi aiheuttaa?
5. Miten digitalisaatio ja tekoäly tulee muuttamaan optometristin työtä näönhuollossa?
6. Miten saada näönhuollon ammattilainen vakuuttumaan ja suhtautumaan positiivisesti uuteen teknologiaan ja tekoälyyn?
7. Miten tekoälyn hyötyjä ja ominaisuuksia voitaisiin kouluttaa näönhuollon ammattilaisille
8. Miten markkinoisit/myisit tekoälyn kuluttajalle lisätutkimuksena näöntutkimuksiin?
9. Miten tekoälyn lisätutkimuksesta voitaisiin tehdä kustannustehokas?
10. Millainen on oma suhtautumisesi kehittyvään teknologiaan, digitalisaatioon ja tekoälyyn?
11. Millaisia odotuksia sinulla on tekoälyn mahdollisuuksista tulevaisuudessa?
12. Missä laitteissa näet tekoälyllä mahdollisuuksia? Millaisia mahdollisuuksia?