

**S T A D I A**

HELSINGIN AMMATTIKORKEAKOULU

---

# **Katsekulmien vaikutus näönrasitusoireisiin näyttöpäätetyössä**

Optometrian koulutusohjelma,  
optometrismi  
Opinnäytetyö  
Syksy 2006

---

Paula Hakala  
Jussi Kivivirta  
Sami Varila  
Mirka Virtanen



Koulutusohjelma		Suuntautumisvaihtoehto	
Optometrian koulutusohjelma		Optometrismi	
Tekijä/Tekijät			
Hakala, Paula - Kivivirta, Jussi - Varila, Sami - Virtanen, Mirka			
Työn nimi			
Katsekulmien vaikutus näönrasitusoireisiin näyttöpäätetyössä			
Työn laji	Aika	Sivumäärä	
Opinnäytetyö	Syky 2006	57 + 7 liitettä	
<p><b>TIIVISTELMÄ</b></p> <p>Päätetyöhön epäillään liittyvän monenlaisia ongelmia. Eniten epäiltyjä ja käsiteltyjä ovat silmien rasitus- ja ärsytysoireet sekä päätetyön kuormittavuus ja näköergonomiset ongelmat. Näkemiseen ja silmiin liittyvät ongelmat näyttöpäätetyöskentelyssä ovat hyvin tavallisia. Niitä kutsutaan termillä Computer Vision Syndrome (CVS).</p> <p>Opinnäytetyömme tarkoituksena oli tutkia kuinka eri katsekulmat vaikuttavat näönrasitusoireisiin sekä olemassa oleviin näköjärjestelmän vikoihin. Kokeessa näyttöpäätte sijoitettiin kolmeen eri katsekulmaan. Nämä kulmat olivat 15 astetta horisontaalilinjan yläpuolelle, horisontaalilinja sekä 15 astetta horisontaalilinjan alapuolelle. Tutkimus oli vertaileva ikäryhmien 20–39 ja 40–60-vuotiaat välillä. Opinnäytetyö on kvantitatiivinen. Tutkimusjoukko koostui 80 henkilöstä. VSQ- ja SSQ-kyselylomakkeilla ja mittauksilla saatu aineisto analysoitiin SPSS-ohjelmassa Wilcoxonin merkkitestillä ja Mann-Whitneyn U-testillä.</p> <p>Koko tutkimusjoukon SSQ-oireiden keskiarvoja tarkastellessa voitiin oireiden todeta voimistuneen tehtävän aikana tilastollisesti merkitsevästi. + 15 asteen katsekulmassa havaittiin oireiden voimistumista eniten. SSQ-oireiden jakaminen eri ryhmiin toi esiin tilastollisesti merkitseviä eroja varsinkin silmänrasitusoireiden kohdalla. - 15 asteen katsekulma aiheutti vähiten oireiden arvojen kasvua tehtävän aikana silmänrasitus- ja disorientaatio-oireiden ryhmissä. Tarkasteltaessa koko joukon silmänrasitus- ja disorientaatio-oireita voidaan päätellä näyttöpäätetyön aiheuttavan rasitusoireiden lisääntymistä, koska merkitsevyystaso näissä oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Sekä kokonaisuudessaan että oireryhmittäin oli huomionarvoista, että 20–40-vuotiaat kokivat näyttöpäätetyön rasittavan enemmän.</p> <p>Mittaustulosten perusteella voidaan sanoa, että akkommodaatiolaajuus ja konvergenssikyky olivat merkitsevästi heikompia tehtävän jälkeen. Kyynelfilmin repeämisaajan keskiarvo kokeen jälkeen koko tutkimusjoukolla oli normaaliarvoa alhaisempi.</p> <p>Yhteistyökumppanimme voi hyödyntää työmme tuloksia laajemmassa tutkimuksessa. Opinnäytetyömme tukee ammattiosaamistamme toimiessamme näönhuollon asiantuntijoina.</p>			
Avainsanat			
katsekulma, näönrasitusoireet, SSQ, vertailu			



Degree Programme in <b>Optometry</b>		Degree <b>Bachelor of Health Care and Social Services</b>	
Author/Authors <b>Hakala, Paula - Kivivirta, Jussi - Varila, Sami - Virtanen, Mirka</b>			
Title <b>How Gaze Angles Relate and Contribute to the Visual System in Computer Work</b>			
Type of Work <b>Final Project</b>	Date <b>Autumn 2006</b>	Pages <b>57 + appendices</b>	
<p>ABSTRACT</p> <p>Work on computer terminals is suspected to be a source of several problems. A term, Computer Vision Syndrome (CVS), has been developed to describe the problems that include visual strain and irritation, visual ergonomic and oculomotor symptoms.</p> <p>The purpose of the study was to learn how different gaze angles relate and contribute to visual strain and existing problems with the visual system. The study was quantitative and the results were obtained by a questionnaire and by conducting an experiment. The sample of the study was 80 individuals that were divided into two age groups as follows: 20 - 39 and 40 - 60 year-olds. The method of study was to place a monitor into a three different gaze angles. Monitors were located 15 degrees above the horizontal line, in the horizontal line and 15 degrees below the horizontal line. The results were analyzed using Wilcoxon test and Mann-Whitney's U-test.</p> <p>The results of the study indicated that there was correlation between visual strain and gaze angle. Statistical significant differences were noted between the two age groups related to visual strain. In the age group of 20 - 39 year-olds, the visual strain symptoms strengthened more than in the older group. The study also revealed a statistical difference between different gaze angles, where the highest visual strain occurred in 15 degrees above the horizontal line and the lowest visual strain occurred in 15 degrees below.</p> <p>In conclusion, the amplitude of accommodation and near point of convergence were statistically significantly lower after the experiment and the tear break up time had also decreased.</p>			
Keywords <b>Gaze angle, visual strain, SSQ, compare</b>			

1 JOHDANTO .....	3
2 KIRJALLISUUSKATSAUS .....	4
3 NÄYTTÖPÄÄTE TYÖVÄLINEENÄ .....	6
3.1 Suosituksia näyttöpäätteen asetteluun.....	6
3.2 Yleisesti koettuja ongelmia näyttöpäätetyössä .....	6
3.2.1 Oireet ja mahdolliset aiheuttajat .....	8
4 HYVÄN NÄKEMISEN EDELLYTYKSET .....	9
4.1 Näöntarkkuus.....	9
4.2 Iän vaikutus näkemiseen .....	9
4.3 Muutokset mykiössä .....	10
4.4 Akkommodaatio ja konvergenssi .....	11
4.4.1 Akkommodaatiolaajuus .....	11
4.4.2 Konvergenssin lähipiste .....	12
5 HETEROFORIAT .....	13
5.1 Heteroforioiden oireet .....	14
6 AKKOMMODAATIO- JA KONVERGENSSIHÄIRIÖT .....	14
6.1 Akkommodaation virhetoiminta.....	14
6.1.1 Akkommodaation vajaatoiminta.....	15
6.1.2 Yliakkommodaatio.....	15
6.1.3 Akkommodaation huono joustokyky.....	16
6.1.4 Oireet.....	16
6.2 Akkommodaation toiminnan heikentyminen .....	16
6.3 Konvergenssihäiriöt .....	17
7 KYYNELIMET JA KYYNELNESTE .....	17
7.1 Kyynelneesten muodostuminen.....	18
7.2 Kyynelfilmi ja sen tehtävät .....	18
7.3 Kyynelnestekierto .....	19
7.4 Kyynelneesten määrän ja laadun tutkiminen.....	19
7.5 Kyynelneesten häiriöt .....	20
8 KUIVASILMÄISYYS .....	21
8.1 Kuivasilmäisyyden syitä .....	22
8.2 Kuivasilmäisyyden oireita.....	23
8.3 Ikääntymisen ja hormonitoiminnan vaikutus .....	23
9 TUTKIMUSONGELMAT .....	24
10 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	24
10.1 Tutkimuksen eteneminen .....	24
10.2 Tutkimusmenetelmät ja käytetyt tilastolliset menetelmät.....	27
10.3 Kohdejoukon valinta ja mittauksen toteuttaminen .....	30
10.4 Aineiston hankinta .....	33
11 TUTKIMUSTULOKSET.....	36
11.1 Kohdejoukon kuvaus.....	36

11.2 SSQ -tuloksia.....	37
11.2.1 Pahoinvointioireet.....	38
11.2.2 Oculomotoriset- eli silmänrasitusoireet .....	39
11.2.3 Disorientaatio -oireet .....	40
11.2.4 SSQ -oireiden vertailu kulmittain.....	41
11.3 Akkommodaatiolaajuus.....	42
11.4 Konvergenssin lähipiste .....	43
11.5 Foriat .....	44
11.6 Kyynelfilmin repeämisaika .....	45
12 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	46
13 POHDINTA.....	48
13.1 Luotettavuuden pohdinta.....	48
13.2 Tulosten pohdinta .....	48
13.3 Tutkimusmenetelmien soveltuvuus ja jatkotutkimusehdotukset.....	52
LÄHTEET .....	55

## 1 JOHDANTO

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää miten eri katsekulmat näyttöpäätetyössä vaikuttavat silmien rasitusoireisiin ja eroavatko 20 - 39 ja 40 - 60 vuotiaiden tutkittavien tulokset toisistaan. Lähtökohtana tutkimukselle ovat ongelmalliset näyttöpäätetyöskentelyn aiheuttamat haitat näköjärjestelmälle eli silmien rasitusoireet. Vastaavia ongelmia esiintyy päähän asetettavien näyttöjen (HMD; Head Mounted Displays) kanssa. Oletuksemme on, että horisontaalilinjan alapuolelle suunnattu katsekulma aiheuttaa vähiten rasitusoireita ja muutoksia ennen ja jälkeen mitattavissa muuttujissa. Tukevatko tekemiemme mittausten tulokset tätä olettamusta?

Peli et al. (1998) on tutkimuksessaan vertaillut päähän asettavan näytön ja pöydällä olevan kuvaputkinäytön vaikutuksia näköjärjestelmään ja tuloksissaan todennut eron olevan hyvin pieni. Peli on kuitenkin muiden asiaa tutkineiden ohella jättänyt tutkimuksessaan ulkopuolelle sellaiset koehenkilöt, joilla oli joitakin näköjärjestelmän ongelmia, kuten esimerkiksi heteroforioita. Olimme kiinnostuneet muutoksista erityisesti näissä suureissa, koska niitä ei ole aikaisemmin paljoa tutkittu. Suurin osa tutkimuksista on vain koehenkilöille suoritettuja kyselyjä, joissa he kertoivat tuntemuksistaan ja näiden tuntemusten mahdolliset aiheuttajat ovat jääneet taustalle.

Niin sanottujen ongelmatapausten jättäminen ulkopuolelle ei mielestämme palvele todellista tilannetta. Tekemästämme tutkimuksesta saatu tieto on hyödyllistä sekä yhteistyökumppanillemme Helsingin yliopiston Psykologian laitoksen *The Psychology of Digital Life* -hankkeelle sekä tulevaisuudessa työskennellessämme näkemisen ammattilaisina esimerkiksi lisääntyvän päätetyöskentelyn aiheuttamien ongelmien ennaltaehkäisyssä ja korjaamisessa.

Aineistoa hankittiin näköjärjestelmää rasittavan kokeen avulla. Tutkittavat vastasivat VSQ- ja SSQ -kyselylomakkeisiin, jotka ovat yleisesti käytössä olevia subjektiivisesti koettujen näönrasitusoireiden mittareita. Suoritetuilla mittauksilla halusimme selvittää eri kulmien mahdollisesti aiheuttamat muutokset akkommodaatiolaajuudessa, konvergenssin lähipisteessä ja heteroforioissa.

Kohtaavatko opinnäytetyömme tulokset ja nykyiset suositukset työpisteen optoergonomiasta ja näyttöpäätteen sijoittelusta? Onko katsekulmalla väliä?

## 2 KIRJALLISUUSKATSAUS

Näyttöpäätetyön aiheuttamaa rasitusta niin lihaksistolle kuin silmillekin on tutkittu laajalti. Sen tuloksena on laadittu lähes sotilaallisen jäykät ohjeet istuma-asennosta ja katsekulman suunnasta hieman horisontaalilinjan alapuolelle. Fostervold (2003) halusi kritisoida näitä ohjeita ja herättää aiheesta keskustelua artikkelissaan. Loppulauseessaan hän kuitenkin totesi tämän perinnöksi jääneen säännön luovan vähiten rasitusta lihaksistolle näyttöpäätetyöskentelyssä.

Peli et al. (1998) on vertaillut keskenään päähän asettavan näytön ja kuvaputkinäytön vaikutuksia binokulariteettiin ja akkommodaatioon sekä eri resoluutioiden aiheuttamiin subjektiivisiin kokemuksiin. Tuloksissaan hän on todennut näiden välisen eron hyvin pieneksi. Pähän asetettavalla näytöllä koe tehtiin sekä stereoskooppisesti että ei-stereoskooppisesti. Kokeeseen osallistujia oli 37. Heille tehtiin täydellinen näöntarkastus, jolloin voitiin sulkea pois henkilöt, joilla oli ns. normaalista poikkeavia näköjärjestelmän vikoja. Arvioitaessa subjektiivista miellyttävyyttä merkittävin tulos oli, että koehenkilöt totesivat stereonäytön vähemmän miellyttäväksi.

Omasta tutkimuksestamme saatavat tulokset ovat näin ollen hyödyksi myös yhteistyökumppanimme myöhemmissä kehityshankkeissa, koskien päähän asetettavia näyttöjä.

Mon-Williams et al. (1998) selvitti eri katselukulmien vaikutusta heteroforioihin. Tutkimukseen osallistui kuusi henkilöä viidessä eri kulmassa, jossa kussakin tehtiin neljä foriamittausta. Tulokset osoittivat, että eri katsekulmilla on eri vaikutus forioiden määrään ja niiden mittaaminen on järkevää ja tuloksellista tutkittaessa silmiin kohdistuvaa rasitusta. Pienimmät heteroforiamittauslöydökset olivat tyypillisesti korvasilmälinjan alapuolella (Frankfurt plane), keskiarvollisesti 34 astetta. Kun linjaa nostettiin tästä ylöspäin, muutos oli exoforian suuntainen. Muutoksissa koehenkilöiden kesken oli kuitenkin suuria eroja ja yhden osallistujan tulos oli aivan päinvastainen.

Jaschinski et al. (1998) tutkivat useita silmän liiketoimintoja eri katselukulmissa +15 ja -45 asteen välillä. Akkommodatiivinen pimeässä mitattu lepoasento muuttui, kun pää oli kallistettuna 0 ja -45 asteen välillä. Esoforian suuntainen muutos ilmeni, kun laskettiin 40 cm:n etäisyydellä olevaa katselukohdetta. Muutos korreloi pimeässä

mitatun lepoasennon kanssa. Silmien lepotilalla (dark vergence) tarkoitetaan silmien fysiologista lepotilaa, jolloin silmät ovat totaalisessa pimeydessä eikä esiinny minkäänlaista näköärsykettä (Goss 1995:174).

Jaschinski et al. (1998) tutkivat myös näytön etäisyyttä ja korkeutta suhteessa silmien rasittuvuuteen. 22 koehenkilöä saivat asettaa näytön mieleiselleen etäisyydelle ja korkeudelle. Miellyttävin etäisyys vaihteli 60 ja 100 senttimetrin ja korkeus  $0^\circ$  ja  $-16^\circ$  kulman välillä silmien korkeuteen nähden. Suurella osalla vaihteluväli oli huomattavasti pienempi. Koe toteutettiin kolmena päivänä kuukauden aikana ja tulokset korreloivat hyvin toisiaan niin etäisyyden kuin korkeudenkin suhteen. Kun koehenkilöt pakotettiin työskentelemään lyhyemmällä etäisyydellä, he raportoivat enemmän silmien rasituksesta. Mitä korkeammalle näyttö oli sijoitettu, sitä enemmän lyhyempi etäisyys vaikutti silmien rasittuvuuteen. Tutkimuksessa todettiin koehenkilöiden välttävän rasituseroita ja epämukavuuden tunnetta yksilöllisten näytön säätöjen avulla.

Burgess-Limerick et al. (1998) ovat vertailleet määrättyjen ja koehenkilöiden itse valitsemien näytön korkeuksien vaikutuksia ryhti- ja katselukulmaan. Tutkimuksessa 12 opiskelijaa, kuusi naista ja kuusi miestä, suorittivat seuranta-aikaa, jossa monitori oli asetettu kolmelle eri korkeudelle. Tämän jälkeen kukin sai itse päättää itselleen miellyttävimmät monitorikorkeudet kahdeksassa kokeessa. Sekä kehon että silmien asentoa mitattiin kokeissa kehitellyn mittarin avulla.  $27^\circ$  muutos monitorin korkeudessa todettiin tutkimuksen perusteella keskimäärin  $18^\circ$  muutokseksi kehon sekä pään asennossa ja  $9^\circ$  katselinjan muutoksena. Tutkimuksessa todettiin myös itse valittujen monitorikorkeuksien olevan suosituksia alempana, mikä mahdollisesti vähentää lihaksien ja silmien rasitusta.

Burgess-Limerick et al. (2000) ovat tutkineet myös koehenkilön asennon vaatimaa vergenssiä ja katselukulmaa, johon koehenkilöt adaptoituivat katsellessaan määrättyä kohdetta. Niskatuen liikkuvuus mahdollisti eri katsesuunnat. 12 osallistujaa katsoivat pientä videomonitoria seitsemässä eri kulmassa  $30$  asteesta  $60$  asteeseen silmien horisontaalilinjan alapuolella. Monitorin sijainnin muutokset aiheuttivat suuria muutoksia asennoissa ja katselukulmissa. Tulokset tukivat oletusta näytön optimaalisesta sijainnista vähintään  $15$  astetta silmien horisontaalilinjan alapuolella.



Susan G. Hill ja Karl H.E. Kroemer (1986) vertasivat tutkimuksessaan miellyttävempiä katsekuomia Frankfurtin tasoon nähden. Frankfurt plane on linja, joka kulkee silmäkuopan alareunasta korvakäytävän yläreunaan. Kokeeseen osallistui 32 koehenkilöä neljässä eri päänasennossa. Kokeen tulokset osoittivat, että tehtävä ei vaikuttanut kulman miellyttävyyteen, mutta pään asento ja etäisyys vaikuttivat. Esimerkiksi selin makuulla miellyttävin katsekulma oli 40° Frankfurtin tason alapuolella, mutta istuessa ja pään ollessa yläviistoon kulma oli 29°. Tutkimuksen mukaan myös etäisyys vaikuttaa miellyttävimpään katsekulmaan, eli mitä lähempänä kohde on sitä suurempi on kulma Frankfurtin tasoon nähden.

### 3 NÄYTTÖPÄÄTE TYÖVÄLINEENÄ

#### 3.1 Suosituksia näyttöpäätteen asetteluun

Yleisin lähikatseluetäisyys on 40 cm. Tälle etäisyydelle myös henkilön tarvitsema lähilisa yleisimmin näöntarkastustilanteessa määritetään. Tietokonenäytöt sijaitsevat kuitenkin usein kauempana, 50 - 80 cm:n etäisyydellä silmistä. Pidempi katseluetäisyys vaatii vähemmän konvergenssia ja akkommodaatiota ja tästä syystä on perusteltua olettaa, että kauempana olevaa näyttöpäätettä on miellyttävämpi katsella. (Sheedy - Shaw-McMinn 2003: 185 - 186.)

Kuvaruudun keskikohdan tulee olla sopivalla etäisyydellä, 10 - 20 astetta silmien katseen vaakatason alapuolella, suoraan katselinjan edessä. Näyttöruudun tulisi olla käännettävä ja kallistettava, jolloin katselukulma saadaan oikeaksi. Jos katselukulma on suunnattu liian ylös, alas tai sivuun, voi ilmetä niska- tai hartiavaivoja. Kuvaruudun alla on voitava käyttää erillistä alustaa tai säädettävää pöytää. Kuvaruutuun ei saa tulla heijastuksia esim. valoista. (Sheedy - Shaw-McMinn 2003: 194; Työsuojelupiirit 2005.)

#### 3.2 Yleisesti koettuja ongelmia näyttöpäätetyössä

Päätetyöhön epäillään liittyvän monenlaisia ongelmia. Eniten epäiltyjä ja käsiteltyjä ovat silmien rasitus- ja ärsytysoireet sekä elimelliset muutokset, päätetyön kuormittavuus ja näköergonomiset ongelmat. Näkemiseen ja silmiin liittyvät ongelmat

näyttöpäätetyöskentelyssä ovat hyvin tavallisia. Niitä kutsutaan termillä Computer Vision Syndrome (CVS). Oireita ovat mm.

- silmien rasittuminen, ärtyisyys, väsyminen, polttelu, kuivuus ja punoitus
- päänsärky
- lähinäön hämärtyminen ja näön tarkentamisen hidastuminen kohdetta vaihtaessa
- valonarkuus
- kaukonäön epätarkkuus pitkäkestoisen lähityön jälkeen
- niska- ja hartiasäryt ja selkäkivut.

(Anshel 1998: 37 – 44; Sheedy - Shaw-McMinn 2003: 1 – 4; Scheiman – Wick 2002: 550; Korja 1993: 125 - 126.)

Kaikkien CVS -oireiden on todettu liittyvän etenkin vaativaan lähityöhön. Monet seikat vaikuttavat siihen, että tietokoneen ääressä työskentely on näkemisen kannalta huomattavasti vaativampaa staattisuuden ja tarkkuusvaatimusten vuoksi verrattuna muuhun lähityöhön. CVS -oireet aiheutuvat yksilöllisten näköongelmien ja puutteellisen työergonomian yhdistelmästä. Oireet ilmaantuvat kun näkövaatimukset ylittävät yksilöllisen näkökyvyn. Monilla ihmisillä on lieviä näköhaittoja, kuten korjaamaton taittovirhe, akkommodaatiohäiriö tai binokulaarisen näkemisen häiriö, jotka eivät haittaa vähemmän näköjärjestelmää kuormittavissa tilanteissa. Näyttöpäätetyön vaativuuteen vaikuttavat esim. valaistus, heijastukset, näytön huono laatu, välähdykset ja työpisteen järjestely. (Sheedy - Shaw-McMinn 2003: 1 - 4.)

Työperäiset oireet ilmaantuvat yleensä aina tietyn ajan kuluessa työn aloittamisesta. Mitä intensiivisempää työ on, sitä voimakkaampia ovat oireet. Normaalisti työperäiset ongelmat häviävät viikonlopun tai loman kuluessa. Jos näin ei käy, oireet eivät ilmeisesti ole työperäisiä. (Sheedy - Shaw-McMinn 2003: 35 - 36.)

Tutkimusten mukaan CVS -oireita ilmenee päätetyötä tekevillä naisilla useammin kuin miehillä. Ikä sen sijaan ei vaikuttane oireilun yleisyyteen. Päätetyössä silmälasien käyttäjillä oireilu on yleisempää kuin niillä, jotka eivät käytä silmälasia. (North 2001: 126; Mäkitie 1990: 81.)

### 3.2.1 Oireet ja mahdolliset aiheuttajat

Näkemiseen liittyviä oireita ovat hämärtynyt näkö, uudelleen fokusoinnin hidastuminen, katselukohdan kadottaminen, kaksoiskuvat, siristely ja muutokset värien havaitsemisessa (Sheedy - Shaw-McMinn 2003: 36 - 37).

Hämärtynyt näkö on tavallisin näköoire. Jos näkö on jatkuvasti hämärtynyt, on kyse korjaamattomasta taittovirheestä tai aikuisnäöstä, riippuen miltä etäisyydeltä näyttöä katsellaan. Siristely kertoo usein taittovirheeseen liittyvästä ongelmasta. Ajoittainen kaukonäön hämärtyminen lähityöskentelyn jälkeen viittaa akkommodaatiospasmiin tai yleiseen akkommodaation häiriöön. Hämärtynyt näkö voi kestää vain hetken siirrettäessä katse läheltä kauas. Joskus näkö pysyy hämäränä useita tunteja työn jälkeen. Jos näön hämärtyminen on ajoittaista lähelle katsottaessa, viittaa se suurella varmuudella akkommodaatiohäiriöön tai akkommodaatiokyvyn heikkouteen. Tutkimukseen tulisi kuulua akkommodaatiolaajuuden mittaaminen, flipperilasit ja NRA- ja PRA- mittaukset. NRA- ja PRA -mittauksilla selvitetään mykiön äärimmäistä akkommodaatio- eli mukautumiskykyä. Joskus akkommodaatiotutkimuksia tehtäessä löydetään samanaikainen esoforia. (Sheedy - Shaw-McMinn 2003: 36 - 38.)

Toinen ajoittaisen lähinäön hämärtyksen aiheuttaja on kuivasilmäisyys. Kaksoiskuvat viittaavat usein binokulaarisen näön häiriöihin. Ajoittaiset kaksoiskuvat vaativan lähityön jälkeen johtuvat usein puutteellisesta konvergenssista, etenkin jos siihen liittyy vielä silmien rasittumista. Tutkittaessa tulisi suorittaa konvergenssin lähipisteen toistuvat mittaukset ja arvioida kuinka kauan tutkittava pystyy fokusoimaan siihen. Tutkittavat mainitsevat harvoin kaksoiskuvia, koska kahtena näkeminen on niin epämiellyttävää, että ihminen sulkee silmänsä tai muulla tavalla katkaisee katselun heti kuvan kahdentuessa. Häiriöt värien havaitsemisessa olivat yleisempiä vanhojen näyttöjen ollessa käytössä mutta niitä ilmenee edelleen tilanteissa, joissa henkilö katselee huomattavan aikaa värien kyllästävästä kuvasta. (Sheedy - Shaw-McMinn 2003: 36 - 38.)

Silmien rasitusoireita ovat mm. ärtyneet, kutiavat, polttelevat ja kuivat silmät sekä liiallinen kyynelnesteen erityys, räpyttelyn lisääntyminen ja silmien aristus. Tietokoneen käyttäjillä em. oireet viittaavat yleensä kuivasilmäisyyteen. Silmät kuivuvat, koska silmien räpyttely vähenee ja näytön horisontaalinen kulma vaatii avonaisempaa

luomirakoa kuin esim. kirjaa lukiessa katseen ollessa alaspäin. Tämä aiheuttaa suurempaa kyynelnesteen haihtumista. Vuotavat silmät johtuvat kuivuudesta ärtyneen silmän refleksistä. Kyynelnesteen määrä ja kyynelfilmin laatu tulisi tutkia. Jos potilas kärsii kuivasilmäisyydestä, olisi tutkittava sijaitseeko näyttö liian korkealla. (Sheedy - Shaw-McMinn 2003: 38 - 39.)

## 4 HYVÄN NÄKEMISEN EDELLYTYKSET

### 4.1 Näöntarkkuus

Näöntarkkuus ilmaisee sen, miten hyvin silmä kykenee erottamaan toisiaan lähellä olevat yksityiskohdat erillisinä. Näöntarkkuus määritellään pienimmän kulma-minuutteina mitatun näkökulman käänteisarvona, jossa silmä vielä pystyy selvästi erottamaan kaksi erillistä pistettä toisistaan. Silmä erottaa kaksi pistettä erillisinä, jos niistä tuleva valo lankeaa kahteen tappisoluun, joiden välissä on vielä yksi tappisolu. (Bailey 1998: 179; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 21; Saari – Mäntyjärvi – Summanen - Nummelin 2001: 55.)

Näkemiseen ja näöntarkkuuteen vaikuttavia anatomisia tekijöitä ovat mm. verkkokalvo ja katseltavan kohteen paikka verkkokalvolla, verkkokalvon muutokset, silmäsairaudet ja näkökenttä. (Saari 2001: 232; Mustonen 2001: 339 - 341; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 9, 76, 77, 82; Korja 1993: 14, 15; Noorden 1996: 115).

Näöntarkkuuteen vaikuttavat myös silmän ulkopuolella ilmenevät fyysiset tekijät. Nämä ovat erittäin tärkeitä näkötehtävän suorittamisen kannalta. Viisi tärkeintä fyysistä tekijää ovat koko, kontrasti, aika, luminassi ja väri. (Halonen - Lehtovaara 1992: 391.) Muita näöntarkkuuteen vaikuttavia fyysisiä tekijöitä ovat mm. kohteen muoto, väri ja valoisuus, huomiokyky ja kokemus (Korja 1993: 11).

### 4.2 Iän vaikutus näkemiseen

Silmän optisen alueen läpi pääsevän valon määrä vähenee ikääntymisen myötä. Pupillin koon pieneneminen ja lisääntyvä mykiön samentuminen ovat pääasialliset syyt

ikäntymisen aiheuttamaan verkkokalvon valaistusvoimakkuuden pienenemiseen. Kun pupilli pienenee, yhä suurempi osa valosta joutuu läpäisemään mykiön sen paksumman ydinosaan kautta, joka absorboi eli imee valoa enemmän kuin mykiön reunaosat. (Halonen - Lehtovaara 1992: 109; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 76.)

Verkkokalvolle saapuvan valon määrän vähenemisen lisäksi myös verkkokalvolle muodostuvan kuvan laatu heikkenee. Verkkokalvon muutoksiin on pääasiassa syynä hiussuoniston osittainen hidas sulkeutuminen. Tämän seurauksena näkötietoja välittävien solujen määrä pienenee. Iän myötä tarkkan näön alueen rakenne saattaa muuttua, jolloin näöntarkkuus heikkenee. (Halonen - Lehtovaara 1992: 111.)

Näkemisen epätarkkuus voi johtua myös sarveiskalvon ja mykiön taitto-ominaisuuksien muuttumisesta. Näitä voidaan korjata optisin apuvälinein. Sen sijaan valon hajontaa silmässä, mikä aiheuttaa kontrastien heikkenemistä verkkokalvolla, ei suoraan voida lievittää optisin korjauksin. Valon hajonnasta johtuen silmä altistuu estohäikäisyydelle, jota voivat edesauttaa näkökentässä olevat kirkkaat valonlähteet. Valon hajonnan uskotaan kasvavan iän myötä mykiön lisääntyvän samentumisen takia. Näkemistä voidaan kuitenkin helpottaa kontrasteja parantamalla. (Halonen - Lehtovaara 1992: 110.)

Katseltavan kohteen kontrastin alentuessa heikkenee vanhemman ihmisen näkökyky enemmän kuin nuoren. Ikä vaikuttaa myös hämäräadaptaatioon, jolloin hämärässä näkeminen heikkenee. Näkökenttä pienenee iän mukana. Punaisella valolla havaitaan selvempi näkökentän kaventuminen kuin valkoisella. Pään ja silmien liikkeiden rajoittuminen pienentävät tehokasta katselualueita. (Mäkitie 1990: 35.)

#### 4.3 Muutokset mykiössä

Muutokset silmän ja näköjärjestelmän toimintakyvyssä alkavat jo nuoruusiässä. Muutokset ovat voimakkaimpia silmän mykiössä eli linssissä. Mykiö kasvaa koko eliniän. Se paksuuntuu hyvin hitaasti ja muuttuu kemialliselta rakenteeltaan; veden määrä pienenee, valkuaisainerakenne muuttuu ja kalsiumin määrä suurenee. Mykiön kerrosten kovettumisesta ja kimmoisuuden heikentymisestä seuraa mykiön mukautumiskyvyn eli akkommodaation heikentyminen. (Teräsvirta - Saari 2001: 203.)

Mykiöön saattaa muodostua jokaisessa kasvuvaiheessa samentumia aineenvaihdunnan seurauksena. Jos samentumat ovat pieniä ja sijaitsevat pääasiassa mustuaisreunan takana, ne häiritsevät vain pupillin ollessa laaja. Jos taas samentumia muodostuu mykiön etu- tai takapinnan keskiosiin, ne vääristävät kuvaa ja lisäävät häikäistymisalttiutta. Iän myötä mykiö muuttuu usein kellertäväksi ja iäkkäillä mykiön keskiosa voi kovettumisen seurauksena muuttua sävyltään heikon kahvinruskeaksi, mikä puolestaan muuttaa värisävyjen erottamista. (Teräsvirta - Saari 2001: 203; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 76; Halonen – Lehtovaara 1992: 108.)

#### 4.4 Akkommodaatio ja konvergenssi

Akkommodaatio tarkoittaa silmän kykyä lisätä taittovoimaansa muuttamalla mykiön kaarevuutta. Lähietäisyyksillä sijaitsevat kohdepisteet kuvautuvat verkkokalvolle terävinä, jos akkommodaatiokyky on riittävä. Silmän mykiö lisää taittovoimaansa muuttamalla etupinnan ja takapinnan kaarevuutta. Lepotilassa mykiön etupinnan kaarevuussäde on noin 10 mm ja akkommodaatiossa noin 6 mm. Takapinnan kaarevuussäde muuttuu 6 mm:stä 5,5 mm:iin. Akkommodaatiotoiminnan saa aikaan tarve katsoa kaukopistettä lähemmäksi eli muodostaa tarkka kuva verkkokalvolle lähellä olevista kohteista. Konvergenssillä tarkoitetaan silmien kykyä kääntyä sisäänpäin. Korvergenssi saa aikaan akkommodaatiota ja akkommodaatio korvergenssia. (Giuffreda 1998: 77; Saari 2001: 293; Korja 1993: 96, 97.)

##### 4.4.1 Akkommodaatiolaajuus

Akkommodaatio perustuu sekä aktiiviseen lihastyöhön että mykiön kapselin elastisuuteen (Teräsvirta - Saari 2001: 204). Etäisin kohde, jonka henkilö näkee tarkasti, on kaukopiste. Katsottaessa kauas sädelihaks on lepotilassa ja mykiö ohuimmillaan, jolloin sen taittovoima on vähäisin. Vastaavasti lähin kohde, jonka henkilö näkee tarkasti, on lähipiste. Lähelle katsottaessa sädelihakset supistuvat, jolloin mykiö muuttuu kuperammaksi ja sen taittovoima kasvaa. Lihasten supistumisen vuoksi lähelle katselu on rasittavampaa kuin kauas katsottaessa, jolloin lihakset ovat lepotilassa. (Teräsvirta - Saari 2001: 204, 205; Korja 1993: 96.)

Kauko- ja lähipisteiden eroa kutsutaan silmän mukauttamislaajuudeksi. Akkommodaatiolaajuus ilmoitetaan joko pituutena (m) tai mykiön taittovoiman yksikkönä (D). (Mäkitie 1990: 34.) Mykiön akkommodaatiokyky on kymmenen ikävuoden kohdalla keskimäärin 14 D ja vähentyy iän mukana niin, että 43 ikävuoden jälkeen normaalitaittoinen henkilö ei enää näe pientä tekstiä tarkasti (Teräsvirta - Saari 2001: 205).

Vaikka silmä olisi normaalitaittoinen, tarvitaan akkommodaatiota kohteen siirtyessä lähemmäksi silmää. Puolen metrin etäisyydeltä lukeminen edellyttää kahden dioptrian akkommodaatiolisää kaukotilanteeseen verrattuna, 33 cm:n etäisyys vaatii kolme dioptrian, 25 cm:n etäisyys neljä dioptrian ja niin edelleen. (Teräsvirta - Saari 2001: 205.) Tavallisesti aikuisnäön oireet alkavat 40 - 45 vuotiaana. 40 -vuotiaan akkommodaatiolaajuus on enää alle kuusi dioptrian eli akkommodaatiokuormitus on yli 50 %. (Mäkitie 1990: 34.)

#### 4.4.2 Konvergenssin lähipiste

Silmät konvergoivat, kun kohdetta tuodaan lähemmäksi, jotta binokulaarinen yhtenä näkeminen säilyisi. Kuva kahdentuu, kun saavutetaan konvergenssikyvyn raja. Tutkittava ei välttämättä itse huomaa kuvan kahdentumista, koska näkökeskus supressoi eli sulkee pois toisen silmän näköhavainnon. Tutkijan onkin tarkkailtava vaihetta, jossa toinen silmää irrottautuu fiksaatiosta. Konvergenssin lähipiste on lyhin etäisyys, jossa konvergenssi on vielä mahdollista ja maksimi fuusionaalinen konvergenssi on käytössä. Konvergenssin lähipisteen mittauksessa tarkasteltava kohde kahdentuu, ja akkommodaation lähipistettä mitattaessa kohde hämärtyy. Näiden pisteiden etäisyydet voivat olla joko samat tai täysin erilaiset, esimerkiksi akkommodaatiokyvyn heiketessä akkommodaatiolaajuutta mitattaessa hämärtyispiste saattaa jäädä huomattavasti kauemmaksi konvergenssin lähipisteestä. Normaali konvergenssin lähipisteen arvo on noin 5 - 8 cm. Konvergenssin määrään vaikuttavia tekijöitä ovat silmäteräväli, etäisyys kohteesta, käytössä olevien silmälasilinsien voimakkuus, niiden laatu sekä keskiöinti. Suuri silmäteräväli sekä lyhyt etäisyys tarkasteltavaan kohteeseen lisäävät konvergenssitarvetta. Henkilöillä, joilla konvergenssin lähipiste on kovin etäällä, saattaa esiintyä binokulaarisia näköongelmia, astenopiaa eli tarkemmin selittämättömiä

näkemiseen liittyviä vaivoja, hankaluuksia lähityöskentelyssä ja lukuvaikeuksia. (Pensyl - Benjamin 1998: 338; Korja 1993: 202.)

## 5 HETEROFORIAT

Heteroforia on silmien deviaatiotaipumus eli silmien näköakseleiden asentopoikkeama ideaaliasennosta. Usein deviaatiotaipumus on kuitenkin niin lievä, että se on fuusiomekanismin avulla kaikissa olosuhteissa hallittavissa, eikä tila anna mitään subjektiivisia oireita. (Erkkilä 2001: 319.)

Jos fuusiomekanismi ei toimi kunnolla, tulee esiin enemmän tai vähemmän selviä toisen silmän näköakselin virheasentoja. Näitä kutsutaan heterotropioiksi, näkyviksi virheasentoiksi, joita fuusiomekanismi ei pysty korjaamaan. Virheasennot voidaan siis jakaa kahteen ryhmään; piileviin ja näkyviin. (Noorden 1996: 125.) Ilmeistä karsastusta katsotaan eri tilastojen perusteella esiintyvän noin viidellä prosentilla koko populaatiosta. Tämän lisäksi on arvioitu, että huomattavaa piilokarsastusta, joka saattaa antaa oireita, esiintyisi noin seitsemällä prosentilla koko populaatiosta (Erkkilä 2001: 317, 318).

Piilevää näköakseleiden konvergointia kutsutaan esoforiaksi ja divergointia exoforiaksi. Hyperforiaa ilmenee, kun toinen katselulinjoista on toista ylempänä. Käytössä on myös hypoforia -termi, joka kertoo toisen katselulinjan olevan toista alempana. Sykloforiasta puhuttaessa tarkoitetaan toisen tai molempien silmien virheasentoa, jossa silmämuna pyörittää sagittaalisen akselinsa ympäri virheasentoon. (Noorden 1996: 127.)

Normaalisti toimiva sensorinen ja motorinen fuusiomekanismi takaavat silmien yhteistoiminnan ja sitä kautta mahdollistavat miellyttävän näkemisen. Jos sensorinen fuusio on keinotekoisesti keskeytetty estämällä toisen silmän osallistuminen näkemiseen, motorinen fuusio lakkaa toimimasta ja useimmilla henkilöillä havaitaan mitattavia ja huomattavia eroja näköakseleiden välillä. Kun sensorisen fuusion este poistetaan, motorinen fuusio palauttaa näköakselit yleensä oikeaan asentoon. Koska heteroforia tulee ilmi, kun silmien normaalia yhteistoimintaa häiritään, sitä voidaan kutsua fuusiomekanismin piilevänä pitämäksi poikkeamaksi. (Noorden 1996: 125.)



Näköakseleiden oletettua asentoa fuusion ollessa estettynä sanotaan silmien suhteelliseksi lepoasennoksi. Ideaali silmien lepoasento olisi sellainen, jossa molemmat katselinjat seuraavat toisiaan kauas tarkennettaessa ja korvergoivat saman verran lähelle katsottaessa. Tätä ortoforiaa, jossa silmien näköakselit eivät poikkea teoreettisesta ideaalitulasta, ei saavuteta täysin juuri koskaan. Kun fuusiota häiritään jollain tavoin, näköakselit eroavat toisistaan, vaikkakin niin vähän, että sen mittaaminen tavallisilla menetelmillä on mahdotonta. Ortoforia ei siis ole normaalitila, mutta tiettyä määrää heteroforiaa pidetään normaalina. Suhteellinen lepoasento ei ole täysin oikea termi, koska elävän, tajuissaan olevan ihmisen silmät eivät lepää koskaan. Spielmann otti käyttöön termin fiksaatio-vapaa asento, joka tarkoittaa silmien asentoa pimeässä. (Noorden 1996: 126 - 127; Korja 1993: 133.)

### 5.1 Heteroforioiden oireet

Piilevien heteroforioiden oireet tulevat usein ilmi, kun henkilö on väsynyt, pitkään kestäneen lähityöskentelyn jälkeen tai esimerkiksi alkoholin vaikutuksen alaisena. Oireita ovat muun muassa ohimenevät kaksoiskuvat, päänsärky, lukemista haittaava tekstin sotkeutuminen ja tarve toisen silmän sulkemiseen. Silmien samansuuntaisuus lähelle katsottaessa on monimutkaisempaa kuin kauas katsottaessa, koska lähelle tarvitaan konvergenssia ja konvergenssi ja akkommodaatio toimivat yhdessä. Tästä syystä piilevään exoforiaan liittyvät oireet lisääntyvät usein iän mukana. (Erkkilä 2001: 319; Sheedy - Shaw-McMinn 2003: 75 - 76.)

## 6 AKKOMMODAATIO- JA KONVERGENSSIHÄIRIÖT

### 6.1 Akkommodaation virhetoiminta

Duane (1915) on tehnyt luokittelun akkommodaation anomaliaista eli virhetoiminnoista ja tätä käytetään yleisesti edelleen hieman muokattuna. Näitä luokkia ovat: akkommodaation vajaatoiminta (huonokestoinen akkommodaatio, akkommodaation paralyysi, epätasainen akkommodaatio), yliakkommodaatio ja akkommodaation huono joustokyky. (Scheiman – Wick 2002: 334; Weissberg 2004: 20; Griffin – Grisham 1995: 34.)

### 6.1.1 Akkommodaation vajaatoiminta

Akkommodaation vajaatoiminta on tila, jossa henkilöllä on vaikeuksia akkommodaation stimuloimisessa. Vajaatoimintaa pidetään yleisimpänä akkommodaation ongelmista. Luonteenomaisin löydös on tutkittavan ikäiselle oletetun akkommodaation toimintakyvyn alapuolella oleva akkommodaation amplitudi eli laajuus. Alarajan määrittelemiseksi on helpointa käyttää Hofstetterin kaavaa, jolloin toimintakyky on yhtä suuri kuin  $15 - 0.25 \times$  (tutkittavan ikä). Jos laajuus on 2 D tai enemmän tämän arvon alapuolella, sitä pidetään heikkona ikään nähden. Aikuisnäkö on eri asia kuin akkommodaation vajaatoiminta, mutta niillä on kuitenkin samanlaiset oireet. (Scheiman – Wick 2002: 337.)

Huonokestoista akkommodaatiota eli akkommodaation väsymistä pidetään akkommodaation vajaatoiminnan alalajina. Sitä pidetään akkommodaation vajaatoiminnan varhaistilana. Se on tila, jossa akkommodaation laajuus on normaali tyypillisissä testausolosuhteissa, mutta huononee ajan mittaan. (Scheiman – Wick 2002: 337; Griffin – Grisham 1995: 42 - 43.)

Tila, joka voidaan luokitella myös akkommodaation vajaatoiminnaksi, on paralyysi. Se on hyvin harvinainen ja siihen on olemassa suuri määrä elimellisiä syitä, kuten esim. infektiot, glaukooma ja diabetes. Se voi myös olla ohimenevä tai pysyvä pään vamman seurauksena. Akkommodaation paralyysi voi olla tois- tai molemminpuolinen ja äkillinen tai salakavala. Jos se on toispuolinen, tällöin sitä sanotaan epätasaiseksi akkommodaatioksi. Toinen epätasaisen akkommodaation syy on toiminnallinen heikkonäköisyys eli amblyopia. (Scheiman – Wick 2002: 337.)

### 6.1.2 Yliakkommodaatio

Yliakkommodaatio on tila, jossa tutkittavalla on vaikeuksia kaikissa akkommodaation rentouttamiseen liittyvissä toiminnoissa. Tilasta käytetään myös nimityksiä ciliaarinen spasmi, akkommodaatiospasmii ja pseudomyopia. Yliakkommodaatiota aiheuttaa korjaamaton hyperopia, astigmatismi, exoforia, lyhyt työetäisyys, pitkäkestoinen lähityö ja ylikorjatut miinuslasit. (Scheiman – Wick 2002: 349; Korja 1993: 107; Weissberg 2004: 23; Griffin – Grisham 1995: 38 - 39.)

### 6.1.3 Akkommodaation huono joustokyky

Akkommodaation huono joustokyky on tila, jossa tutkittavalla on vaikeuksia vaihtaa akkommodaation vasteen tasoa eli henkilö ei pysty stimuloimaan eikä rentouttamaan akkommodaatiotaan. Se on siis häiriö, jossa laajuus on normaali, mutta tutkittavan kyky käyttää tätä laajuutta nopeasti ja pitkiä aikoja on alentunut. Esoforia lähelle on tavallisin binokulaarinen näköongelma, joka liittyy akkommodaation huonoon joustokykyyhin. (Scheiman – Wick 2002: 358 -360; Griffin – Grisham 1995: 40.)

### 6.1.4 Oireet

Näissä kaikissa toimintahäiriöissä oireet liittyvät yleensä lukemiseen ja lähityöhön. Tavallisia ja kaikkiin toimintahäiriöihin liittyviä oireita ovat esim. sumentunut näkö, päänsärky, silmien rasittuminen, valonarkuus, keskittymisvaikeudet lukiessa tai muussa lähityössä ja lukemisen ja erilaisten lähityöskentelyjen välttely. Liialliseen akkommodaatioon liittyvänä tunnusomaisena oireena voidaan pitää kaukonäön sumentumista lukemisen tai muun lähityön jälkeen. Tunnusomaisin piirre huonossa akkommodaation joustokyvyyssä on tarkennuksen muuttaminen eri etäisyyksille. (Scheiman – Wick 2002: 338, 350, 359.)

## 6.2 Akkommodaation toiminnan heikentyminen

Silmän mukautuminen näkemiseen eri etäisyyksille perustuu silmän taittovoiman muuttamiseen. Silmän optiikan tarkoituksena on taittaa valonsäteet terävinä verkkokalvolle. Valo taittuu silmässä pääasiassa sarveiskalvon etupinnalla ja mykiössä. Sarveiskalvon taittovoima on aina vakio. Mykiö puolestaan voi kimmoisuutensa ansiosta muuttaa taittovoimaansa sädelihaksen avulla. (Kivelä 2001: 16; Teräsvirta – Saari 2001: 204; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005:11.) Mykiön n. 16 dioptrian taittovoima on hieman yli neljäsosa silmän koko taittovoimasta. Mykiön pääasiallinen tehtävä on näkemisen hienosäätö eri katseluetäisyyksille. (Teräsvirta - Saari 2001: 204.)

Mukauttamisen eli akkommodaation häiriöt johtuvat joko sädelihaksen heikentymisestä tai mykiön kerrosten kovettumisesta ja kapselin kimmoisuuden vähenemisestä. Sädelihaksen toiminta heikkenee rasituksen ja väsymyksen yhteydessä. Myös

pitkäaikaiset sairaudet vaikuttavat sädelihaksen toimintaan. Mykiön kerrosten kovettuminen puolestaan liittyy aikuisnäköön eli presbyopiaan. (Mäkitie 1990: 34.) Ikääntymisen seurauksena akkommodaatio hidastuu, jolloin tarkentaminen eri etäisyyksille vie enemmän aikaa (Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 11).

Aikuisnäön oireita ovat tarve lisätä valaistusta lähelle katsottaessa, tarve viedä esineitä kauemmaksi ja lievä vastenmielisyys tarkkaan lähityöhön. Aikuisnäköä voidaan korjata vain lisäämällä silmän taittovoimaa lähilaseilla eli pluslaseilla ja jos kyseessä on likitaittoinen silmä, heikentämällä miinuskorjauksen vahvuutta. Kun lähikorjausta määritetään, on aina otettava huomioon pääasiallinen työskentelyetäisyys tai -etäisyydet ja lähikatselutottumukset. Usein tarvitaan erivahvuisia lähilaseja eri lähietäisyyksien katseluun. (Korja 1993: 110 - 113; Goss 1995: 120.)

### 6.3 Konvergenssihäiriöt

Konvergenssin vajaatoiminnassa esiintyy exoforiaa lähelle, ortoforiaa tai lievää exoforiaa kauas ja konvergenssin lähipiste on etäännytynyt. Monista binokulaarisen näön ongelmista konvergenssin vajaatoiminta on yleisin. Konvergenssin ylitoiminnassa esiintyy esoforiaa lähelle, ortoforiaa tai pientä esoforiaa kauas. Tämä on yksi yleisimmistä binokulaarisen näkemisen ongelmista. (Scheiman - Wick 2002: 226, 227, 269.)

Monet vajaa- tai ylitoiminnan oireista voidaan yhdistää lukemiseen tai lähityöhön. Yleisimmät oireet ovat silmien rasitus ja päänsärky, sumentunut näkö, kaksoiskuvat, väsymys, keskittymisvaikeudet, vetämisen tunne silmissä ja rivien sekoittuminen. Joskus konvergenssihäiriöt eivät aiheuta oireita. Syitä tähän voi olla supressio eli toisen silmän näköhavainnon poissulkeminen, lähitehtävien välttäminen ja toisen silmän sulkeminen. (Scheiman - Wick 2002: 226, 227, 269.)

## 7 KYYNELELIMET JA KYYNELNESTE

Kyynelelimet muodostuvat kyynelrauhasesta, -pisteestä, -tiehyistä, -pussista ja kyyneljärjestelmään liittyvästä kanavasta (Forrester - Dick - McMenamini - Lee 2002: 84).

Kyynelneste on isotonista suolaliuosta, joka sisältää albumiinia, gammaglobuliineja, immunoglobuliineja, grampositiivisten bakteerien soluseinämiä hajottavaa lysotsyymi- ja fosfolipaasi A2-entsyymejä ja glukoosia. Normaalioloissa kyynelnestettä erittyy 0,5 - 2,2 µl minuutissa ja vuorokaudessa noin 10 ml. Kyynelnesteen erityys voi ärsytettynä hetkellisesti lisääntyä jopa satakertaisesti. Kyyneleritystä lisäävät eräät refleksinomaiset ja psyykkiset ärsykkeet, esim. kipu ja tunteet. Sarveiskalvon, sidekalvon ja nenän limakalvojen ärsytystila samoin kuin kielen ja suun kuumaärsytys sekä verkkokalvon häikäiseminen valostimulaatiolla aiheuttavat kyynelerityksen lisääntymistä. (Hartikainen 2001: 107.)

### 7.1 Kyynelnesteen muodostuminen

Pääkyynelrauhanen sijaitsee silmäkuopan eli orbitan ylätemporaalireunassa luisen reunan sisäpuolella ja vastaa kyynelnesteen reflektorisesta erityksestä, esim. ärsytys- ja tunnetiloissa. Kyynelrauhanen erityistiehyet avautuvat sidekalvopohjukkaan yläforniksin eli yläluomipohjukan temporaaliosassa. Lisäkyynelrauhaset vastaavat kyynelnesteen basaalisesta eli peruserityksestä. Lisäkyynelrauhaset muodostuvat 5 - 10 suuremmasta Wolfringin lisäkyynelrauhasesta, jotka sijaitsevat yläluomen tarsaalisenlevyn eli luomituen yläosassa ja 20 - 30 pienestä sidekalvon fornikseissa sijaitsevasta Krausen lisäkyynelrauhasesta, joita on eniten yläluomipohjukan temporaaliosassa. (Hartikainen 2001: 106; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 8.)

### 7.2 Kyynelfilmi ja sen tehtävät

Silmäluomien refleksinomainen räpytysliike levittää sarveiskalvon ja sidekalvon pinnalle kyynelfilmin. 7-10 µm paksuinen kyynelfilmi muodostuu kolmesta kerroksesta. Sisimpänä on sidekalvon pikari- ja epiteelisolujen muodostama lima- eli musiinikerros, joka tasoittaa sarveis- ja sidekalvon epiteelipinnan. Lisäksi se muodostaa hydrofiilisen pinnan, jolle kyynelrauhanen ja lisäkyynelrauhasten erittämä vesimäinen kyynelkerros levittäytyy tasaisesti. Uloimpana on hyvin ohut öljymäinen luomien Meibomin-, Zeissin-, ja Mollin rauhasen erittämä rasva- eli lipidikerros, jonka tehtävänä on hidastaa kyynelkerrosta haihtumasta, lisätä pintajännitystä ja toimia liukastusaineena. (Forrester - Dick - McMenamin - Lee 2002: 84; Hartikainen 2001: 106, 107; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 7.)

Kyynelnesteen tehtävänä on tuoda happea sarveis- ja sidekalvon epiteelille, huuhtoa pois kuona-aineita ja roskia, suojata silmän pintaa infektioilta, toimia liukasteena luomien ja silmän etupinnan välillä ja edistää sisältämiensä kasvutekijöiden avulla sarveiskalvohaavojen paranemista. Kyynelneste pitää osaltaan sarveiskalvon kirkkana ja muodostaa sarveiskalvon pinnalle korkealaatuisen optisen pinnan tasoittamalla sarveiskalvon pinnan epätasaisuudet. (Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 8, Hartikainen 2001: 107.)

### 7.3 Kyynelnestekierto

Luomien saksimaisen räpytysliikkeen seurauksena kyynelneste kulkeutuu ylä- ja alaluomien sisänurkissa sijaitseviin kyynelpisteisiin, joista se kulkeutuu kokoojaputkia pitkin ylä- ja alakyyneltiehyihin ja niistä kyynelpussiin. Sieltä kyynelneste etenee kyynelkanavaa ja luista kyynelkäytävää pitkin nenäonteloon. Jos kyynelnestettä erittyy liian paljon, esimerkiksi silmään joutuneen roskan takia tai itkettäessä, valuu kyynelneste alaluomen reunan yli. Kyynelpisteet ovat halkaisijaltaan 0,2 - 0,3 mm ja ne ovat jatkuvasti auki. Sekä ylä- että alakyynelpiste ovat jonkin verran taaksepäin kääntyneitä, joten ne eivät ole näkyvissä suoraan edestä katsottaessa. Kyyneltiehyet kulkevat ensin vertikaalisesti noin 2 mm matkan ja sen jälkeen horisontaalisesti 8 - 10 mm yhtyen yhteiseksi kyyneltiehyeksi ennen avautumistaan kyynelpussiin. Kyynelpussi jatkuu kyynelkanavana 12 mm pitkän luisen kanavan sisällä päätyen nenäonteloon alanuorikon alapuolelle. (Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 8; Hartikainen 2001: 107, 108.)

### 7.4 Kyynelnesteen määrän ja laadun tutkiminen

Kyynelnesteen määrää ja laatua tutkitaan pääasiassa silloin, kun epäillään kuivasilmäisyyttä eri muodoissaan. Eräs menetelmä kyynelnesteen erityksen määrän mittaamiseen on Schirmerin koe. Schirmerin testissä alaluomen sidekalvopohjukkaan asetetaan kyynelnestettä imevä 5 mm leveä ja 35 mm pitkä suodatinpaperi viideksi minuutiksi. Tutkittava ei saa hangata silmäänsä eikä imupaperi saa koskettaa sarveiskalvoa. Schirmerin testi kertoo lähinnä kyynelnesteen vesimäisen kerroksen

määrästä. Alle 5 mm:n erityistä pidetään riittämättömänä, 5 – 10 mm:n erityistä raja-arvoisena ja yli 10 mm:n erityistä normaalina. Tämä menetelmä ei kuitenkaan kerro kyynelnesteen laadusta. (Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 42; Hartikainen 2001: 108; Tervo 2001: 163, 164.)

Kyynelfilmin break-up time (BUT) antaa tietoa kyynelfilmin laadusta, sarveiskalvoa suojaavasta toiminnasta sekä lima- ja kyynelnestekerroksen mahdollisesti alentuneesta erityykestä. Tutkimus vaatii biomikroskoopin. Break-up time on aikaväli viimeisestä räpäytyksestä ensimmäisten sattumanvaraisten kuivien kohtien ilmaantumiseen. Kuivien kohtien kehittyminen aina samaan kohtaan tulisi jättää ottamatta huomioon, koska tämän aiheuttaa paikallinen sarveiskalvon pinnan epänormaalius eikä kyynelfilmin todellinen epästabiilius. Normaalit tulokset vaihtelevat melkoisesti, mutta yleensä yli 10 - 15 sekunnin aika on normaali. Alle 10 sekunnin break-up time viittaa selvästi kyynelfilmin häiriöön (Kanski 2003: 59; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 42; Hartikainen 2001: 108; Tervo 2001: 163.)

Keratoconjunctivitis sicca eli kuivasilmä-oireyhtymää ja Sjögrenin syndroomaa epäiltäessä sarveiskalvon ja sidekalvon epiteelin kuntoa voidaan tutkia yksi prosenttisella rose bengal -värjäyksellä. Rose bengal -väriaine tarttuu kuolleisiin epiteelisoluihin, toisin kuin fluoreseiini, joka paljastaa epiteelin puutoskohdat. Rose bengal -värjäyksen avulla voidaan myös osoittaa limarihmat kuivissa silmissä, sarveiskalvon eroosiot ja lievätkin syöpymät. Lisäksi värjäystä voidaan käyttää arvioitaessa lieviä silmien ärsytystiloja. (Hartikainen 2001: 108; Tervo 2001: 163.)

## 7.5 Kyynelnesteen häiriöt

Silmän pinnalla oleva kyynelfilmi on suorassa kosketuksessa ympäristöön, minkä vuoksi ehjä, virheetön kyynelnestekerros sarveiskalvon pinnalla on välttämätön sekä näkemiselle että sarveis- ja sidekalvon suojaamiselle. Sarveis- ja sidekalvo ovat erittäin tuntoherkkiä, mistä johtuen ne reagoivat nopeasti kyynelnestekerroksen häiriöihin. Oireina saattaa olla silmien kyynelehtimistä ja vetistystä tai silmien kirvelyä ja kuivuutta. (Mäkitie 1990: 150.)

Kyynelnesteen häiriöistä johtuvia tiloja ovat:

- kyynelnesteen erityis on vähentynyt tai häiriintynyt
- kyynelnesteen virtaus kyynelpussiin on häiriintynyt esim. tukoksen seurauksena
- kyynelnesteen laatu on muuttunut
- sarveis- ja sidekalvossa on muutoksia, jotka altistavat sarveiskalvon kuivumiselle
- toksiset tai ärsyttävät tekijät sekä luomien virheasento lisäävät kyynelnesteen erityistä ja vetistystaipumusta. (Mäkitie 1990: 150.)

Kun selvitetään liiallisen kyynelehtimisen tai ärsytyksen syytä, on muistettava, että lisääntynyt kyynelnesteen erityis on yleisimpiä kyynelnesteen vähyden aiheuttamia oireita. Peruskyynelnesteen huonon erityksen tai laadun seurauksena on sarveiskalvon jatkuva ärsytys. Monet taudit, yleisimmin reuma- ja kollageenitaudit, alentavat kyynelnesteen tuotantoa tai heikentävät sen laatua. Reumapotilaiden silmät ovat usein kroonisesti ärtyneet ja kyynelnesteen vähäinen määrä voidaan nähdä paljain silmin. Kyynelnesteen eritykseen vaikuttavat myös Sjögrenin syndrooma, autonomisen hermoston häiriöt, sarkoidoosi, sidekalvon taudit sekä kolmoishermon ja kasvohermon halvaukset. (Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 63; Mäkitie 1990: 150.)

Jotkut lääkkeet, mm. monet beetasalpaajat, ganglioita salpaavat aineet ja tietyt mielialalääkkeet, vähentävät kyynelnesteen eritystä. Joskus kyynelnesteen erityis voi vähentyä voimakkaasti ilman erityistä syytä myös nuorilla. Vanhemmilla henkilöillä erityis on usein vähentynyt, jolloin kyynelnesteen vuotaminen ja silmien ärsytys ovat yleisiä. Kyynelten tukokset estävät kyynelnesteen luonnollisen virtauksen ja aiheuttavat näin liiallista vetistystä. Kyynelpisteiden siirtyminen silmän pinnasta ulospäin saattaa aiheuttaa kyynelnesteen kertymistä ja vetistelyä. (Tervo 2001: 163, Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 61, 63.)

## 8 KUIVASILMÄISYYS

Kuivasilmäoireyhtymää (Dry Eye Syndrome) kuvataan usein niin, että kyyneliä on liian vähän, jotta silmä tuntuisi mukavalta. Kuivasilmäoireyhtymän määritelmänä on joko kyynelfilmin riittämätön määrä tai sitten kyynelfilmin laadussa tai stabiliteetissa on jotain häiriötä. Kyynelfilmin häiriöihin vaikuttavat useat eri asiat. Sekä kyynelfilmin vähyys että liiallinen kyynelten haihtuminen aiheuttavat vahinkoa silmän pintaan ja saavat aikaan epämiellyttävän tunteen silmissä. (Foulks 2003: 96.)



Kuivasilmäoireyhtymä on yksi yleisimmistä silmävaivoista. Jopa yli 15 % yli 55-vuotiaista kärsii kuivasilmäisyydestä. Useimmiten kuivasilmäisyyteen ei voida osoittaa mitään yksittäistä syytä. (Santen 2005.) Kuivasilmäisyys ilmenee kolmella eri tavalla: kyynelerityksen määrän vähenemisenä, kyynelfilmin laadun muutoksina määrän ollessa riittävä tai kyynelnestekierron toimintahäiriönä (Hartikainen 2001: 112).

### 8.1 Kuivasilmäisyyden syitä

Kuivasilmäisyyteen viittaavien merkkien ja henkilön kokemien oireiden välillä ei välttämättä ole korrelaatiota eli riippuvuussuhdetta. Joillakin on selviä kuivasilmäisyyden merkkejä vailla minkäänlaisia oireita ja toisaalta selviä kuivasilmäisyyden oireita potevilla ei aina ole mitään oireisiin sopivia löydöksiä. Usein on vaikea sanoa, liittyykö oireilu lainkaan kuivaan silmään, sillä monet muut häiriötilat silmässä aiheuttavat kuivasilmäisyyden oireita, vaikka kyynelinten toiminta kokonaisuudessaan olisi täysin normaalia. (Hartikainen 2001: 112.)

Häiriöiden tai oireiden aiheuttajana voi olla kyynelinten ja silmän sairauksien lisäksi myös koko elimistöön vaikuttavat sairaudet, erilaiset lääkitykset, silmän ja kyynelinten rakenteelliset seikat sekä ulkoiset tekijät. On myös todettu, että iän myötä kyynelerityksen määrä vähenee. Etenkin vaihdevuosi-ikäisillä ja sitä vanhemmilla naisilla kuivasilmäoireet ovat varsin yleisiä. Joskus kyseessä voi olla myös ns. idiopaattinen kuivasilmäisyys, jolloin mitään erityistä syytä ei voida osoittaa. (Hartikainen 2001: 113; Tervo 2001: 163; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005:63.)

Monet sarveiskalvon ja sidekalvon ärsytys- ja tulehdustilat aiheuttavat häiriöitä kyynelnestekierrossa. Sairaudet vaikuttavat monin tavoin kyynelnestekierto. Jotkut sairaudet vaikuttavat suoraan kyynelnesteen määrään tai koostumukseen ja joillakin on taas kyynelimiä vaurioittava vaikutus. Eräät sairaudet eivät vaikuta kyynelnestekierto, mutta niiden hoitoon käytetyillä lääkkeillä voi olla silmiä kuivattava vaikutus. (Hartikainen 2001: 112; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 66.)

Ympäristöolosuhteista mm. kuivan huoneilman, koneellisen ilmastoinnin ja pölyn on todettu lisäävän kuivasilmäisyyteen liittyviä oireita. Vähentynyt tai puutteellinen silmien räpyttely, jota esiintyy usein työskennellessä näyttöpäätteellä, aiheuttaa silmien

kuivumista. Taivtovirheleikkaus heikentää sarveiskalvon tuntoa, vähentää kyyneleritystä ja huonontaa kyynelfilmin laatua ainakin ohimenevästi, yleensä useiden kuukausien ajaksi. Myös piilolasien käytön on todettu aiheuttavan tai lisäävän kuivasilmäisyysoireita. (Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 63; Santen 2005.)

## 8.2 Kuivasilmäisyyden oireita

Kuivasilmäisyyden oireet vaihtelevat lievästä tilapäisestä ärsytyksestä ja epämukavuudesta vakaviin näköä uhkaaviin sarveiskalvon pinnan vaurioihin. Pahimmissa tapauksissa sarveiskalvolle ilmestyy samentumia, arpeutumia ja verisuonien liikakasvua. Lievemmissä tapauksissa on kyseessä ns. marginaalinen kuiva silmä, jolloin henkilö kärsii kuivan silmän oireista vain ajoittain tai tietyissä olosuhteissa. Tavallisia oireita ovat silmien ärtyneisyys, punoitus, roskan tuntu, kirvely, väsymys, valonarkuus ja kipu. Silmät tuntuvat kuivilta, mutta joskus oireena voi olla myös liiallista vetistystä. Näöntarkkuuden vaihteluita saattaa esiintyä, koska kyynelnesteen tasainen, optisesti hyvä pinta rikkoutuu. Kuivasilmäisyyden oireet lisääntyvät iltaa kohti. (Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 63; Hartikainen 2001: 112, 113; Tervo 2001: 147; Santen 2005.)

## 8.3 Ikääntymisen ja hormonitoiminnan vaikutus

Tutkimukset osoittavat, että ikääntyminen tuo mukanaan muutoksia sekä kyynelnesteen koostumukseen että stabiiliuteen, jopa potilailla, joilla ei ole silmän pintasairauksia. Kyynelnesteen määrä ja tuotanto vähenevät ja kyynelnesteen haihtuminen lisääntyy iän myötä. Tämä viittaa siihen, että kyynelfilmin toimivuus heikkenee ikääntyessä. (Nichols – Nichols 2003; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 63.)

Viimeisten vuosikymmenien aikana on ollut keskustelua systeemisten hormonien vaikutuksesta silmiin. Vaihdevuosi-ikässä olevien naisten on todettu kärsivän useammin kuivasilmäisyydestä kuin nuorempien naisten. Etiologia on vielä selvittämättä, mutta hormonien vaikutuksella uskotaan olevan suuri merkitys kuivasilmäisyyteen. (Nichols – Nichols: 2003; Hietanen – Hiltunen – Hirn 2005: 63.)

Tutkimukset osoittavat, että androgeeneilla, estrogeeneilla ja progestiineilla voi olla huomattavaa vaikutusta monien silmän kudosten koostumukseen ja toimintaan, esim. kyynelrauhasesa ja silmän pintaosissa. Vaikka silmän sidekalvon on todettu reagoivan estrogeeniin kuukautisten tai raskauden aikana, ei estrogeenireseptoreja ole voitu todeta silmän pinnalla tai kyynelrauhasesa. Sitä vastoin kyynelrauhasesa on androgeeniin ja prolaktiiniin reagoivia reseptoreita eli aistinsoluja. Näillä hormoneilla on todettu olevan vaikutusta kyynelneesten tuotantoon. Estrogeenilla ja glukokortikoidilla on epäsuora vaikutus kyynelfilmin ylläpitämiseen. (Nichols – Nichols 2003.)

Hormonikorvaushoidon vaikutusta kuivasilmäisyyteen ei ole täysin selvitetty, mutta aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että hormonikorvaushoidolla on yhteys kuivasilmäisyysoireiden kehittymiseen. Tutkimukseen osallistui yli 25 000 vaihdevuosi- iässä olevaa naista. Hormonikorvaushoitoa käyttävillä naisilla oli useammin kuivasilmäisyyteen liittyviä oireita verrattuna naisiin, jotka käyttivät estrogeeni- progestiini- yhdistelmähoitoa tai naisiin, jotka eivät käyttäneet mitään hormonikorvaushoitoa. (Nichols - Nichols 2003.)

## 9 TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, kuinka näyttöpäätteen sijoittaminen eri korkeuksille poiketen katseen vaakalinjasta vaikuttaa silmien rasittumiseen sekä olemassa oleviin näköjärjestelmän vikoihin. Tutkimus oli vertaileva kahden eri ikäryhmän välillä.

## 10 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

### 10.1 Tutkimuksen eteneminen

Ohjaajamme Juha Havukumpu esitteli meille idean ja kertoi yhteistyökumppanistamme Jukka Häkkisestä (Helsingin yliopisto, Psykologian laitos, *The Psychology of Digital*

*Life* -hanke). Havukumpu oli jo aikaisemmin tehnyt yhteistyötä Häkkisen kanssa Helsingin yliopiston Psykologian laitoksella.

Opinnäytetyömme teko käynnistyi huhtikuussa 2005 sivuten Häkkisen ja Havukummun projektia. Otimme tehtäväksemme selvittää näköjärjestelmää rasittavan kokeen avulla eri katsekulmien aiheuttamia vaikutuksia silmänrasitusoireisiin sekä jo olemassa oleviin näköjärjestelmän vikoihin.

Palavereissa sovimme ohjaajamme ja yhteistyökumppanimme kanssa aikataulusta, suunnittelimme tutkimusasetelman vastaamaan Häkkisen toiveita ja tarpeita huomioiden kuitenkin oman opinnäytetyömme tarkoituksenmukaisuuden. Sovimme katsekulmiksi +15, 0 ja -15 astetta sekä katseluetäisyyden yhdeksi metriksi, aikaisempia tutkimuksia mukaillen. Yhteistyökumppanimme olisi halunnut katseluetäisyydeksi 1,5 metriä, koska se vastaa päähän asetettavan näytön luomaa virtuaalikuva katseluetäisyyttä. Päädyimme kuitenkin kompromissiin eli yhteen metriin, jotta työmme tuloksia voisi yhdistää normaaliin näyttöpäätetyöskentelyyn ja sen ohjeistukseen. Ohjaajiemme kanssa sovimme millä tekijöillä rajataan kokeeseen osallistuminen, millaisia esitietolomakkeita käytämme sekä mitkä kokeet ja kyselyt teemme ennen 40 minuuttia kestävästä tehtävästä ja mitkä niistä toistetaan tehtävän jälkeen. Sovimme, että erillistä näöntarkastusta ei tehdä ja, että kokeet suoritetaan käytössä olevilla silmälasilla.

Mittausten suorituspaikaksi järjestyi valokuvausstudio Helsingin ammattikorkeakoulu Stadiasta, jonne suunnittelimme tarvittavat järjestelyt. Kevään 2005 aikana teimme tiedotteen sisältäen kaavakkeen kokeeseen suostumisesta (LIITE 1), esitietolomakkeen (LIITE 2), VSQ -kyselykaavakkeen (LIITE 3) sekä SSQ -kyselykaavakkeet (LIITTEET 4 ja 6). Lisäksi teimme kaavakkeen, johon kirjoitimme mittauksen tulokset (LIITE 5), ja valitsimme koetilanteessa käytettäväksi WordSearch -sanahakupelin.

WordSearch -sanahakupeli on avoimen lähdekoodin ohjelma, jota saa käyttää ja muuttaa vapaasti, kun alkuperäinen tekijä on mainittu käytön yhteydessä (GNU General Public License 1991). Peli on kehittänyt Mike Hall vuonna 1999. Peliin tarkoituksena on etsiä sanoja sattumanvaraisesta 15x15 kirjainruudukosta (LIITE 7). Muokkasimme peliä saadaksemme kirjainkoon vastaamaan 0.8 näöntarkkuutta metrin etäisyydeltä ja ohjelmoimme peliin etsittävät sanat ja sanaryhmät, joita olivat ammatit, automerkit, hedelmät, kasvit, kalat, kaupungit, kodinkoneet, presidentit, urheilulajit, puut, kirjailijat

ja kaupunginosat. Jokaisessa sanaryhmässä oli noin 20 sanaa, joita koehenkilöt etsivät 40 minuutin ajan. Sanoja ja sanaryhmiä oli paljon, jottei samoja sanoja kokeen aikana tarvinnut etsiä; näin mielenkiinto saatiin säilytettyä koko testin ajan.

VSQ- (Visual Symptoms and Quality of Life Questionnaire) ja SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) -lomakkeita käytettiin, koska nämä ovat yleisesti käytössä olevia mittareita, joilla selvitetään subjektiivisesti koettuja näönrasitusoireita. Näin saatiin kerättyä mahdollisimman samankaltaista dataa myös yhteistyökumppanimme hyödynnettäväksi. JL. Donovan (2003) on kehittänyt VSQ:n toisen silmän kaihileikkaukseen menevien potilaiden näköoireiden ja toimintahäiriöiden arviointiin. Kennedy et al. (1993) ovat kehittäneet SSQ -lomakkeen, jota on käytetty tutkimuksissa, jotka käsittelevät tapahtumia virtuaaliympäristössä.

VSQ -lomakkeella saimme esitietoa koehenkilöiden CVS -oireista ja päätetyöskentelytavoista. SSQ -lomakkeen avulla selvitimme muutoksia oireissa ja tuntemuksissa teettämällä kyselyn ennen näköjärjestelmää rasittavaa koetta ja sen jälkeen.

Teimme mittaukset ja kirjoitimme suurimman osan teoriasta ennen kesää 2006. Kesän jälkeen syötimme tulokset SPSS -analysointiohjelmaan, suoritimme aineiston analyysin sekä viimeistelimme työn lopulliseen muotoonsa. Marraskuussa 2006 esitimme työn optometrian koulutusohjelman opinnäytetöiden julkistamistilaisuudessa. (KUVIO 1.)

<p style="text-align: center;"><b>HUHTIKUU 2005</b> Työn suunnittelu ja teoriaan perehtyminen</p>
<p style="text-align: center;"><b>TOUKOKUU – HEINÄKUUKU 2005</b> Käytännön järjestelyt, pilottimittaukset ja kirjallisen raportin aloitus</p>
<p style="text-align: center;"><b>ELOKUUKU – JOULUKUUKU 2005</b> Mittausten tekeminen ja teoriaan perehtymien</p>
<p style="text-align: center;"><b>TAMMIKUUKU – TOUKOKUUKU 2006</b> Mittausten tekeminen ja teoriaan perehtyminen</p>
<p style="text-align: center;"><b>KESÄKUUKU – ELOKUUKU 2006</b> Teoreettiseen tietoperustaan perehtyminen ja kirjallisen raportin jatkaminen</p>
<p style="text-align: center;"><b>SYYSKUUKU 2006</b> Aineiston analysointi</p>
<p style="text-align: center;"><b>LOKAKUUKU 2006</b> Teoreettisen tietoperustan vahvistaminen ja kirjallisen raportin viimeistely</p>
<p style="text-align: center;"><b>MARRASKUUKU 2006</b> Työn esittäminen optometrian koulutusohjelman opinnäytetöiden julkistamistilaisuudessa</p>

KUVIO 1. Työn eteneminen.

## 10.2 Tutkimusmenetelmät ja käytetyt tilastolliset menetelmät

Opinnäytetyössämme vertaillaan asioita keskenään numeerisesti ja tilastollisesti, joten tutkimuksellisesti työmme on kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus. Kvantitatiivisen tutkimuksen avulla voidaan selvittää lukumääriin ja prosenttiosuuksiin liittyviä kysymyksiä sekä eri asioiden välisiä riippuvuuksia tai tutkittavissa ilmiöissä tapahtuneita muutoksia. Kvantitatiivinen tutkimus edellyttää riittävän suurta ja edustavaa otosta ja tuloksia voidaan havainnollistaa taulukoiden ja kuvioiden avulla. (Heikkilä 2004: 16.)

Opinnäytetyössämme on myös kokeellisen tutkimuksen piirteitä. Kokeellinen eli eksperimentaalinen tutkimus on yksi selittävän tutkimuksen muodoista, joilla tutkitaan jonkin tekijän vaikutuksia kontrolloiduissa olosuhteissa. Oleellista kokeelliselle tutkimukselle on, että siinä pyritään tarkastelemaan vain tutkitun muuttujan vaikutusta vakioimalla muut tekijät. (Heikkilä 2004: 15, 21.)

SSQ -lomakkeesta (LIITTEET 4 ja 6) saatujen pistemäärien avulla arvioimme koehenkilöiden kokemia subjektiivisia oireita (Kennedy et al. 1993). Lomake muodostuu 25 kysymyksestä, jotka jakautuvat kolmeen eri luokkaan: pahoinvointi, okulomotoriset oireet ja disorientaatio (TAULUKKO 1).

TAULUKKO 1. SSQ:n luokat (Kennedy et al. 1993).

	pahoinvointi	oculomotoriset oireet	disorientaatio
yleinen epämukavuus	X	X	
väsytys		X	
päänsärky		X	
silmien rasitus		X	
kohdistusvaikeudet		X	X
lisääntynyt syljeneritys	X		
hikoilu	X		
pahoinvointi	X		X
keskittymisvaikeudet	X	X	
paineentunne päässä			X
sumentuminen		X	X
pyöritys silmät auki			X
pyöritys silmät kiinni			X
huimaus			X
vatsaoireet	X		
röyhtäily	X		

Kysymyslomake sisälsi neliportaisen asteikon kaikille oireille. Koehenkilöt arvioivat kokemiensa oireiden voimakkuutta mittakaavalla 1-4, jossa ”ei ollenkaan” antaa pistemääräksi 1, ”vähän” antaa pistemääräksi 2, ”kohtuullisesti” antaa pistemääräksi 3 ja ”paljon” antaa pistemääräksi 4. Luokkien pistemäärät lasketaan summaamalla pisteet jokaisen oireen kohdalla. Saatu summa kerrotaan painokertoimella, joka on määritelty varimax -faktoritekijöiden mukaan (Kennedy et al. 1993). Eri luokkien painokertoimet ovat: pahoinvointi 9,54, okulomotoriset oireet 7,58, disorientaatio 13,92 ja totaalipistemäärät 3,74. Kennedy et al. (1993) ohjeistuksen mukaan on suositeltavaa käyttää absoluuttisia arvoja alku- ja loppuarvojen erotuksen sijaan. Käytimme kuitenkin myös edellä mainittua erotusta selvittääksemme ja verrataksemme eri kulmien tulosten välisiä eroja.

Parametrittomilla menetelmillä tarkoitetaan sellaisia aineiston analysointi- ja hypoteesin testausmenetelmiä, joissa joudutaan tekemään vähemmän oletuksia kuin ns.

parametrisissa, perinteisissä menetelmissä. Termi parametrinen viittaa siihen, että havaintoaineiston oletetaan noudattavan tiettyä jakaumaa tietyillä parametreilla. Parametrittomat testit perustuvat havaintojen järjestykseen ja ne vastaavat kysymyksiin siitä, miten ja millä tekijöillä voidaan selittää inhimillistä toimintaa, tapahtumaa ja muutosta. Kaikki tilastolliset menetelmät pätevät vain tiettyjen oletusten vallitessa, mutta parametrittomissa menetelmissä on kevyemmät oletukset kuin parametrisissa menetelmissä. Parametrittomilla menetelmillä saadaan ihmistieteiden tutkimuksissa luotettavampia ja uskottavampia tuloksia verrattuna perinteisiin parametrisiin menetelmiin. Molemmilla menetelmillä tulos on silti samansuuntainen. (Metsämuuronen 2004: 9, 13.)

Parametrittomat menetelmät ovat ainoa todellinen vaihtoehto, jos otoskoko on pieni ja ellei populaatiojakaumaa tunneta täsmällisesti (Metsämuuronen 2004: 14). Tutkimusjoukkomme oli tarpeeksi suuri parametriseen analysointiin, mutta vain viisi muuttujista oli normaalisti jakautuneita. Tästä syystä valitsimme parametrittomat testit. Käyttämämme testejä olivat Wilcoxonin merkkitesti, Mann-Whitneyn U-testi ja Kruskalin-Wallis -testi sekä lisäksi selvitimme Pearsonin ja Spearmanin korrelaatiokertoimien avulla yhteyttä muuttujien välillä.

Akkommodaatiolaajuus oli ainoa mitattava suure, joka oli normaalisti jakautunut, riittävän suuri ja jatkuva, jolloin oli mahdollista käyttää parametrissa t-testiä. Parittainen t-testi on parametrinen vaihtoehto kahden riippuvan otoksen testaamiseen.

Wilcoxonin merkkitestin avulla tutkitaan, ovatko kahden toisistaan riippuvan otoksen jakaumat samat. Wilcoxonin testiä voidaan käyttää verrannollisten pariin t-testin sijasta, mikäli normaalijakaumaoletus ei ole voimassa. Testi sopii tilanteisiin, jossa kyseessä on parittainen tai kaltaistettu mittaus ja kustakin mittausparista pystytään sanomaan, kumpi arvoista on suurempi ja kumpi pienempi. Tämän lisäksi havaintojen väliset erot pystytään laittamaan suuruusjärjestykseen. (Metsämuuronen 2004: 100.)

Mann-Whitneyn U-testi on kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen tai mediaanien vertailuun soveltuva testi. Otoksia verrataan järjestyslukujen summan avulla. Testiä voidaan käyttää silloin, kun normaalijakaumaoletusta ei ole olemassa. Havaintojen tulee olla mitattu vähintään järjestysasteikollisesti. U-testi ei sovellu ennen/jälkeen -tyyppisten asetelmien analysointiin. (Metsämuuronen 2004: 181, 182.)



Kruskalin-Wallis testin on yksisuuntaisen varianssianalyysin (ANOVA) parametrin vastine. Testiä käytetään, jos vertailtavia ryhmiä on useita ja ryhmien otoskoot ovat erisuuria. Testiä voidaan käyttää tilanteissa, joissa vertaillaan onko usean riippumattoman ryhmän keskiarvojen tai mediaanien välillä eroja. (Metsämuuronen 2004: 194, 195.)

Järjestyskorrelaatiokertoimet eli parametrittomat yhteyden mitat ovat erilaisia menetelmiä, joilla mitataan kahden muuttujan välillä olevaa yhteyttä. Muuttujat on mitattu luokittelu- tai järjestelyasteikolla. Spearmanin korrelaatiokerroin soveltuu järjestysasteikollisille ja Pearsonin luokitteluasteikollisille muuttujille. (Metsämuuronen 2004: 20, 217.)

P-arvo eli merkitsevyystaso kertoo testisuureiden keskinäisten eroavuuksien tilastollisen merkitsevyyden. Kun tilastollisessa tarkastelussa  $p \leq 0,001$  ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä,  $0,001 < p \leq 0,01$  ero on tilastollisesti merkitsevä,  $0,01 < p \leq 0,05$  ero on tilastollisesti melkein merkitsevä. Mikäli p-arvo on  $0,05 < p \leq 0,1$  ero on tilastollisesti suuntaa-antava (oireellinen). (Heikkilä 2004: 195.)

Tutkimustuloksia käsitteleviin taulukoihin olemme havainnollistamisen vuoksi laskeneet kyseisten muuttujien keskiarvot. Keskiarvojen perusteella pystytään helpommin arvioimaan muutoksen määrää ja suuntaa. Kokeilimme mielenkiinnosta, kuinka tutkimusjoukon monistaminen vaikuttaa tulosten merkittävyyteen. Näitä tuloksia ei luonnollisesti ole esitetty opinnäytetyössämme, koska ne eivät ole todellisia.

### 10.3 Kohdejoukon valinta ja mittausten toteuttaminen

Pohdimme ohjaajiemme kanssa, mistä löytäisimme tarvittavat koehenkilöt. Emme lähteneet ”merta edemmäs kalaan”, vaan päädyimme Helsingin ammattikorkeakoulu Stadian oppilaisiin, opettajiin sekä muuhun henkilökuntaan. Samoissa tiloissa sijaitti myös Helsingin Yliopiston hammaslääketieteen sekä oikeuslääketieteen osastot, joten ajattelimme myös osan näiden laitosten opiskelijoista ja henkilökunnasta soveltuvan koehenkilöiksi. Loput koehenkilömäärästä arvelimme löytävämme tuttavista ja sukulaisista.

Ohjaajiemme kanssa sovimme, että erillistä näöntarkastusta ei tehdä ja koe suoritetaan käytössä olevilla silmälaseilla. Esitietojen avulla saimme selvitettyä tekijät, jotka olisivat estäneet kokeeseen osallistumisen, joten kenenkään ei tarvinnut tehdä testiä ja joutua hylätyksi jälkikäteen. Osallistumista estäviä tekijöitä olivat silmäsairaudet, raskaus, 0.6 alhaisempi näöntarkkuus, yli 60 vuoden ikä tai piilolinssien käyttö koehetkellä.

Aineistoa työtä varten saimme ohjaajiltamme, kirjastoista, internetistä ja tutkimustuloksistamme. Kävimme läpi suuren määrän tutkimuksia, jotka jollakin tavalla käsitelivät opinnäytetyöhömmme liittyviä aiheita.

Mittaukset suoritettiin Helsingin ammattikorkeakoulu Stadian tiloissa. Saimme käyttöömmme erillisen huoneen, joka oli varsinaiselta käytöltään pimiö ja kuvausstudio. Tilalle ei ollut kuitenkaan mittaustemme aikana muuta käyttöä, joten se oli rauhallinen ja tutkimusolosuhteet saatiin pidettyä vakiona, vaikka testien tekemisen välillä oli pidempiäkin aikoja. Testit tehtiin syksyn 2005 ja kesän 2006 välisenä aikana, arkipäivisin kello 08:00 - 18:00.

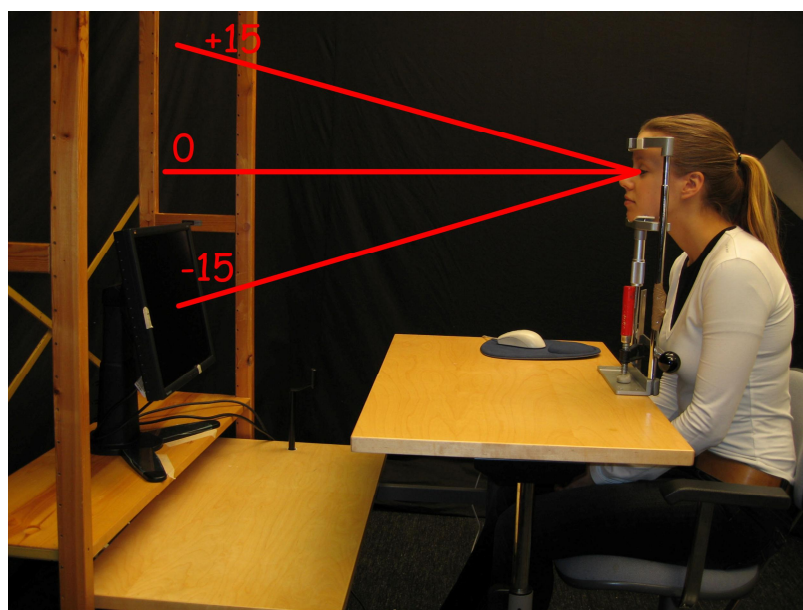
Ennen varsinaisia mittauksia harjoittelimme mittaustilannetta tekemällä pilottimittaukset toisillemme. Harjoittelimme koko mittauksen kulkua ja sujuvuutta ja arviomme siihen kuluvaan aikaan.

Validiteetti kuvaa, missä määrin on onnistuttu mittaamaan juuri sitä mitä pitikin mitata. Validiutta voi heikentää systemaattinen virhe. Koetilanteessa näytimme kuinka laitteita tuli pitää kasvojen edessä sekä kerroimme mitä tulee tarkastella. Mikäli koehenkilö vaikutti epävarmalta tai halusimme tehdä kokeen uudelleen väärinkäsitysten poistamiseksi, sujui akkommodaatiolajuuden, konvergenssin lähipisteen ja forioiden mittaaminen uudestaan nopeasti. Mahdollisessa uusintamittauksessa tutkittava viimeistään ymmärsi, miten tuli toimia. (Heikkilä 1998: 186.)

Ennen mittausten aloittamista koehenkilöt lukivat tiedotteen ja antoivat suostumuksensa kokeeseen osallistumisesta. Tiedotteessa kerrottiin mittauksen myös keskeyttämisen mahdollisuudesta sekä tutkimuksessa käytettävien tietojen luottamuksellisuudesta.

Reliabiliteetti määritellään kyvyksi tuottaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. Tutkimuksen sisäinen reliabiliteetti voidaan todeta mittaamalla sama tilastoyksikkö useampaan kertaan. Jos tulokset ovat samat, on mittaus reliaabeli. Ulkoisella reliabiliteetilla tarkoitetaan, että mittaukset ovat toistettavissa myös muissa tutkimuksissa ja tilanteissa. Satunnaisvirheet johtavat usein puutteelliseen reliabiliteettiin ja tiettyyn rajaan asti tulosten tilastollinen merkitsevyys riippuu otoksen koosta. (Heikkilä 1998:187.)

Koska mittaustemme luotettavuus perustuu vakioidulle mittausetäisyydelle ja asennolle, suoritimme koejärjestelyitä tutkimustilassamme. Merkitsimme pöydän paikan teipeillä lattiaan, jotta pöydän reunaan kiinnitetty päätuki pysyi oikealla etäisyydellä näytöstä. Päätuki oli säädettävä, jolloin katsekulma saatiin samaksi, vaikka koehenkilöt olivatkin erikokoisia. Katsekulma näytön keskipisteeseen voitiin tarkistaa jokaisen tutkittavan kohdalla tukilaitteessa olevan merkin avulla (Kuvio 2). Myös tuolin korkeus oli säädettävissä.



KUVIO 2. Mittausasetelma katsekulman vakioimiseksi.

Merkitsimme myös näytön paikan kirjahyllyssä. Hyllyä nostamalla ja laskemalla saimme aikaiseksi halutut katsekulmat. Aina kulmaa vaihdettaessa tarkastimme etäisyyden uudelleen. Yleisvalaistusta oli mahdollista säätää portaattomasti ja valaistuksen vakioimiseksi säädimme valaistuksen himmeimmilleen WordSearch -sanahakupeliä pelatessa. Mittasimme tilan yleisvalaistuksen valaistusvoimakkuudeksi pelin aikana pöytäpinnalla 55 lx, näytöllä 26 lx ja koko tilan keskiarvoksi 28,25 lx sekä

näytön pinnan luminanssin 152,8 cd/m<sup>2</sup>. Muita mittauksia tehtäessä yleisvalaistus oli kirkkaimmillaan ja lisäksi kohdevalo suunnattuna optotyypitauluun. Tällöin yleisvalaistuksen valaistusvoimakkuuden keskiarvo oli 537 lx. Optotyypitaulusta mitattiin valaistusvoimakkuus 390 - 500 lx ja luminanssi 120 cd/m<sup>2</sup>. Tutkimuksessa käytettiin 18 tuuman ViewSonicin litteää näyttöä VP181b. Käytetty näyttötarkkuus oli 1280x1024 ja värikylläisyys 32 bittiä.

#### 10.4 Aineiston hankinta

Aloitimme mittaukset antamalla koehenkilölle luettavaksi ja täytettäväksi tiedotteen, kokeeseen suostumuskäytännön ja esitietolomakkeet. Esitietolomakkeen avulla kartoitettiin mahdollisia tuloksiin vaikuttavia tekijöitä. Ennen näkömittauksia vastattiin VSQ- sekä SSQ -kyselyihin. Tämän jälkeen kaukonäöntarkkuus mitattiin neljän metrin taululla mono- ja binokulaarisesti. Silmäteräväli mitattiin Essilorin Digital Crp - pupillometrillä ja lähinäöntarkkuus lukutaululla 33 cm:n etäisyydeltä. Horisontaali- ja vertikaaliforiat mitattiin ainoastaan lähelle Maddoxin siivellä ja akkommodaatiolaajuus ja konvergenssin lähipiste mitattiin RAF-Rulerilla. (KUVIO 3.)

RAF Binocular Gauge on hyödyllinen laite määrittelemään objektiivisesti ja subjektiivisesti konvergenssin lähipisteen ja akkommodaatiolaajuuden. RAF Binocular Gauge on 50 senttimetriä pitkä sauva, johon on asennettu liukuva neljäsiivinen kela. Kelan jokaisessa sivussa on oma testikuvio. Sauvassa on asteikot, joista voi tarkistaa vastaako tutkittavalta saatu akkommodaatiolaajuus keskiarvotulosta tutkittavan ikäisillä. Taulukosta voi suoraan lukea mitta-asteikolta matkan, millä etäisyydellä tutkittavan konvergenssin lähipiste sijaitsee. Konvergenssin lähipistettä määritettäessä tutkittavan tulee katsoa testimerkkiä, jonka läpi kulkee viiva. Tutkijan tuodessa kela lähemmäksi tutkittava kertoo kun viiva kahdentuu. Tutkijan on kontrolloitava, että tutkittavan katse on kohdistettu testipisteeseen. RAF Binocular Gauge on pidettävä hieman alaviistossa, jotta mittaustilanne olisi mahdollisimman normaali ja miellyttävä. (Clement Clarke International Interactive Product Guide 2003.)

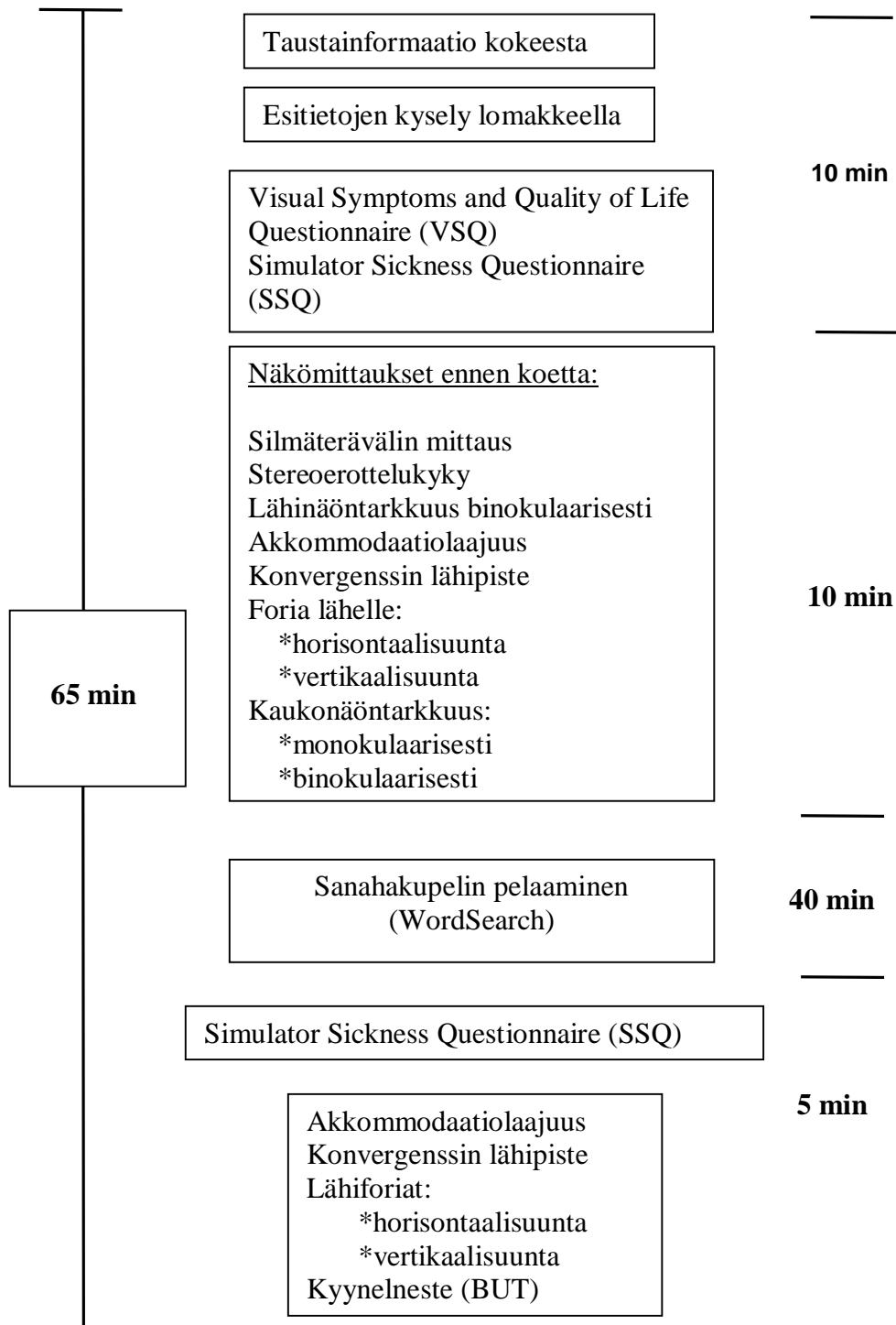
Koehenkilö pelasi 40 minuutin ajan WordSearch -sanahakupeliä hiiren avulla. Pelissä oli tarkoitus hakea eri aihealueisiin liittyviä sanoja, jotka oli piilotettu muiden kirjainten joukkoon. Pelin vaatima keskittyminen ja intensiivisyys pyrkivät demonstroimaan

pääteellä tehtävää lähityöskentelyä, jolloin mahdolliset rasitusoireet ja erot mitattavissa muuttujissa saatiin nousemaan paremmin esille.

WordSearch -sanahakupelin pelaamisen jälkeen vastattiin uudelleen SSQ -kyselyyn. Pelin jälkeen toistettavia mittauksia olivat horisontaali- ja vertikaaliforiat, akkommodaatiolajuus sekä konvergenssin lähipiste. Kyynelnesteen määrä arvioitiin kokeen lopuksi mittaamalla kyynelfilmin repeämisaika (BUT; Break up Time) fluoreseiväriin avulla. Repeämisaika mitattiin sekuntikellolla ja tapahtumaa tarkasteltiin Topconin mikroskoopilla.

Mittausvaiheessa tutkimusta oli suorittamassa aina kaksi henkilöä, joista toinen suoritti mittaukset ja toinen kirjasi tulokset ylös. WordSearch -sanahakupelin pelaamista oli valvomassa vähintään yksi henkilö. Tämän tarkoituksena mahdollisen opastuksen lisäksi oli oikean asennon ja etäisyyden sekä tehtävän suorittamisen valvominen.

Syksyllä 2006 syötimme saamamme tulokset SPSS -ohjelmaan ja aloitimme aineiston analysoinnin.



KUVIO 3. Koetilanteen kulku

## 11 TUTKIMUSTULOKSET

### 11.1 Kohdejoukon kuvaus

Koehenkilöitä tutkimuksessa oli yhteensä 80. Keskenään vertailtavat ikäryhmät olivat 20 - 39 ja 40 - 60 vuotta. Nuorempia koehenkilöitä saimme testattua 47. Vanhemman ikäryhmän tutkimusjoukoksi muodostui 33 henkilöä. Vanhemman ikäryhmän määrä jäi hieman nuorisoryhmää vähäisemmäksi vaikean saatavuuden vuoksi. Koehenkilöt olivat Helsingin ammattikorkeakoulu Stadian ja Helsingin yliopiston henkilökuntaa, opiskelijoita sekä sukulaisia ja muita tuttavuuksia.

Nuorista koehenkilöistä 35 (74,5 %) oli naisia ja 12 (25,5 %) miehiä. Vanhempi ikäryhmä koostui 25 (75,8 %) naisesta ja kahdeksasta (24,2 %) miehestä. Nuoremmassa ikäryhmässä 34 (72,3 %) oli käytössään silmälasit ja näöntarkkuudet vaihtelivat korjattuna 0.6 ja 2.00 välillä. Ikääntyneemmässä ryhmässä silmälasien käyttäjiä oli 30 (90,9 %), joista 14 oli moniteholasien käyttäjiä, ja näöntarkkuudet vaihtelivat tässä ryhmässä korjattuna 0.8 ja 2.0 välillä. Näöntarkkuuksien keskiarvo oli nuoremmassa tutkimusryhmässä 1.5 ja vanhemmassa ryhmässä 1.2.

TAULUKKO 2. Ikäryhmien naisten ja miesten lukumäärä ja osuus, sekä silmälasien käyttäjien osuus.

	Naisia	Miehiä	Yhteensä	Silmälasit
20-39 vuotta	35 (74,5 %)	12 (25,5 %)	47 (100 %)	34 (72,3 %)
40-60 vuotta	25 (75,8 %)	8 (24,2 %)	33 (100 %)	30 (90,9 %)

Esitietolomakkeessa kysyttiin tehdyn lähityön määrää ennen kokeeseen tuloa. Nuoremmasta koehenkilöryhmästä 24 (51,1 %) ei ollut tehnyt koepäivänä lainkaan lähityötä. Lähityötä tehneistä 13 (27,6 %) oli tehnyt lähityötä alle kaksi tuntia ja kaksi tuntia tai yli oli tehnyt 10 (21,2 %). Iäkkäämmässä ryhmässä vastaavat määrät olivat: Ei yhtään 8 (24,2 %), alle kaksi tuntia 10 (30,3 %) ja kaksi tuntia tai enemmän 15 (45,4 %). Keskiarvo nuorempien koehenkilöiden ryhmässä oli lähityön osalta 50,4 minuuttia ja vanhempien koehenkilöiden ryhmässä noin 117,3 minuuttia. Esitiedoissa kysyttiin myös hormonien käytöstä ja nuoremmassa ryhmässä erilaisten hormonilääkkeiden,

todennäköisesti ehkäisy pillereiden, käyttäjiä oli 16 (34 %). Vanhemmassa ikäryhmässä hormonien käyttäjiä oli vastaavasti 6 (18,2 %).

Esitiedoissa käytetyllä VSQ -lomakkeella (LIITE 3) saatiin kartoitettua koehenkilöiden omakohtaisia kokemuksia silmien rasitusoireista päätetyössä. Taulukossa 3 kootaan yhteen tutkimukseen mielestämme merkittävimmin liittyvät tulokset. Kaiken kaikkiaan yleisin vastausvaihtoehto oli ”Joskus”. Eniten hajontaa esiintyi kysymyksen ”Kun olet lopettanut lähityön, näyttävätkö kauempana olevat esineet ja asiat epätarkoilta?” kohdalla.

TAULUKKO 3. VSQ -lomakkeen merkittävimmät tulokset.

	Ei koskaan	Joskus	Usein	Hyvin usein	Aina	Moodi
Päänsäryn yleisyys lähityössä	27 (33,8 %)	51 (63,8 %)	2 (2,5 %)	0	0	"Joskus"
Silmien rasittuminen lähityössä	26 (32,5 %)	43 (53,8 %)	9 (11,3 %)	2 (2,5 %)	0	"Joskus"
Kaukonäön epätarkkuus lähityön jälkeen	32 (40 %)	38 (47,5 %)	6 (7,5 %)	3 (3,8 %)	1 (1,3 %)	"Joskus"

## 11.2 SSQ -tuloksia

Tutkimme Wilcoxonin merkkitestillä SSQ -kokonaisarvojen eroa ennen ja jälkeen ja Mann-Whitneyn U-testillä selvitimme ikäryhmien arvojen erojen merkitsevyyttä.

TAULUKKO 4. SSQ -arvot ja merkitsevyys kulmittain ja ikäryhmittäin ennen ja jälkeen.

	Ennen ka.	Jälkeen ka.	P-arvo
+15 astetta	98,90	111,43	<b>0,020</b>
0 astetta	99,74	107,96	0,212
-15 astetta	97,24	101,70	0,258
Koko joukko	98,64	107,09	<b>0,005</b>
20-39 vuotta	96,60	113,11	<b>0,000</b>
40-60 vuotta	101,55	98,53	0,893



Tuloksia tarkastellessa voidaan todeta, että koko tutkimusryhmän SSQ -kokonaisarvojen ero ennen ja jälkeen on tilastollisesti merkitsevä ( $p=0,005$ ). Tutkittavien kokemat oireet ovat lisääntyneet, koska kokeen jälkeen saatu SSQ -arvojen keskiarvo on suurempi kuin ennen koetta. Jaettaessa koejoukko kahteen ryhmään ikäluokittain, saatiin tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p=0,000$ ) ero nuoremmassa tutkimusryhmässä. Myös tässä tapauksessa koetut oireet olivat voimistuneet. Ero ikäryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ( $p=0,005$ ).

Verrattaessa SSQ -kokonaisarvoja jaettuna kolmeen eri kulmaan, saatiin tilastollisesti melkein merkitsevä ( $p=0,020$ ) tulos +15 asteen kulmassa. Sen sijaan kahdessa muussa kulmassa tulokset olivat keskenään hyvin samankaltaiset, vaikkakin 0 asteessa muutos oli hieman suurempi kuin -15 asteessa. Näissä kulmissa erot ennen ja jälkeen eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Nämä tulokset olivat odotustemme mukaiset. Alasuuntaan kohdistunut katselinja koetaan vähemmän epämiellyttäväksi.

### 11.2.1 Pahoinvointioireet

Vertailimme Wilcoxonin merkkitestillä pahoinvointiryhmään kuuluvien oireiden eroja ennen tehtävää ja sen jälkeen ja Mann-Whitneyn U-testillä selvitimme ikäryhmien arvojen erojen merkitsevyyttä.

TAULUKKO 5. SSQ -kaavakkeen pahoinvointioireiden arvojen erot ja merkitsevyys.

	Pahoinvointioireet ennen	Pahoinvointioireet jälkeen	P-arvo
+15 astetta	81,97	84,45	0,827
0 astetta	78,44	83,74	0,211
-15 astetta	78,89	79,62	0,376
Koko joukko	79,78	82,64	0,154
20-39 vuotta	79,57	86,87	<b>0,020</b>
40-60 vuotta	80,08	76,61	0,481

Tarkasteltaessa koko tutkimusjoukkoa yhtenä ryhmänä tai kulmittain ei tilastollisesti merkitseviä eroja löytynyt. Pahoinvointioireiden saamat keskiarvot olivat tehtävän jälkeen vain hieman suuremmat kuin ennen tehtävää. Ainoa melkein tilastollisesti

merkitsevä ero ( $p=0,020$ ) syntyi 20 - 39 -vuotiaiden ryhmässä. Ikäryhmien tulosten välinen ero oli tilastollisesti suuntaa antava ( $p=0,071$ ).

### 11.2.2 Oculomotoriset- eli silmänrasitusoireet

Tutkimme Wilcoxonin merkkitestillä silmänrasitusoireiden saamia arvoja ja Mann-Whitney U-testillä selvitimme ikäryhmien arvojen erojen merkitsevyyttä.

TAULUKKO 6. SSQ -kaavakkeen silmänrasitusoireiden arvojen erot ja merkitsevyys.

	Oculomotoriset oireet ennen	Oculomotoriset oireet jälkeen	P-arvo
+15 astetta	74,96	96,01	<b>0,001</b>
0 astetta	76,08	94,61	<b>0,001</b>
-15 astetta	73,47	90,67	<b>0,008</b>
Koko joukko	74,85	93,80	<b>0,000</b>
20-39 vuotta	73,06	98,70	<b>0,000</b>
40-60 vuotta	77,41	86,83	<b>0,025</b>

Vertailtaessa oculomotoristen oireiden saamia arvoja koko joukon kesken, saatiin tilastollisesti erittäin merkitsevä tulos ( $p=0,000$ ); tehtävän jälkeen saatujen pisteiden keskiarvo oli suurempi kuin ennen tehtävää. Yleisesti ottaen tutkittavat kokivat lähityöskentelyn rasittavan silmiään ja voidaan olettaa, että oireiden subjektiivinen tunnistaminen on kohtalaisen helppoa. Jaettaessa tutkimusjoukko kahteen eri ikäryhmään, saatiin tilastollisesti erittäin merkitsevä tulos ( $p=0,000$ ) nuoremmassa ryhmässä. Vanhemmassa ikäryhmässä tulos oli tilastollisesti melkein merkitsevä ( $p=0,025$ ). Näiden ikäryhmien tulosten välinen ero oli tilastollisesti melkein merkitsevä ( $p=0,031$ ). 40 - 60 -vuotiaiden ryhmässä ennen tehtävää annettujen oculomotoristen oireiden pisteiden keskiarvo oli suurempi kuin 20 - 39 -vuotiaiden eli vanhempi koeryhmä koki silmänsä rasittuneemmaksi. Nuoret kokivat rasitusoireita tehtävän aikana enemmän, koska tässä ikäryhmässä muutos ennen ja jälkeen keskiarvojen välillä oli suurempi.

Jaettaessa tutkimusjoukko kolmeen ryhmään katsekulman mukaan, saatiin tilastollisesti merkitseviä eroja. +15 ja 0 asteessa erot olivat hieman tilastollisesti merkitsevämmät ( $p=0,001$ ) kuin -15 asteessa ( $p=0,008$ ). Tämä tulos tukee olettamustamme siitä, että

oireet kasvavat katsekulmaa nostettaessa. Muutos -15 asteen katsekulman keskiarvossa oli hieman pienempi kuin muissa kulmissa eli sen koettiin rasittavan silmiä vähiten.

Koska silmänrasitusoireiden ryhmässä löytyi eniten tilastollisesti merkitseviä eroja mittaustuloksissa ennen tehtävää ja sen jälkeen, selvitimme eroja yksittäisten oireiden välillä jakamatta joukkoa eri ikäryhmiin tai katsekulmiin. Tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja oli vaikeudessa kohdistaa silmät tarkasti ( $p=0,000$ ), silmien rasittumisessa ( $p=0,000$ ) ja näkökyvyn sumentumisessa ( $p=0,000$ ). Tilastollisesti merkitsevä tulos oli oireiden ”yleinen epämukava olo” ( $p=0,001$ ) ja ”keskittymisvaikeus” ( $p=0,008$ ) kohdalla. ”Päänsärkyoireen” arvojen ero oli tilastollisesti melkein merkitsevä ( $p=0,033$ ). Vain ”väsymysoireen” kohdalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa.

### 11.2.3 Disorientaatio-oireet

Vertasimme Wilcoxonin merkkitestillä disorientaatio -oireiden arvojen eroa ennen ja jälkeen ja Mann-Whitneyn U-testillä selvitimme ikäryhmien arvojen erojen merkitsevyyttä.

TAULUKKO 7. SSQ -kaavakkeen disorientaatio -oireiden arvojen erot ja merkitsevyys.

	Disorientaatio-oireet ennen	Disorientaatio-oireet jälkeen	P-arvo
+15 astetta	110,84	147,45	<b>0,000</b>
0 astetta	117,03	137,14	<b>0,010</b>
-15 astetta	111,90	125,28	0,055
Koko joukko	113,27	136,76	<b>0,000</b>
20-39 vuotta	109,29	145,72	<b>0,000</b>
40-60 vuotta	118,95	124,01	0,268

Tuloksia tarkasteltaessa koko joukon osalta ennen ja jälkeen tulosten välinen ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p=0,000$ ); kokeen jälkeen koetut oireet olivat voimakkaammat kuin ennen koetta. Ikäryhmiä tarkasteltaessa 20 - 39 -vuotiaiden ryhmässä muutos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p=0,000$ ). Sitä vastoin 40 - 60 -vuotiaiden ryhmässä koettujen oireiden välinen ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Ikäryhmien tulosten välinen ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p=0,001$ ). Nuorempien koehenkilöiden ryhmä koki disorientaatio-oireita huomattavasti enemmän kuin vanhempi koeryhmä.

Eri kulmien osalta tarkasteltuna +15 asteen kulmassa koettujen oireiden arvojen välinen ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p=0,000$ ) ja 0 asteessa ero oli tilastollisesti merkitsevä ( $p=0,010$ ). -15 asteen katsekulmassa ei koettujen oireiden arvojen välillä ollut tilastollista merkitsevyyttä. Tästä voimme päätellä, että alin tutkimuksessamme käytetty katsekulma aiheutti vähiten disorientaatio-oireita.

Tarkastelimme disorientaatio-oireiden ryhmää jaettuna yksittäisiin oireisiin ja tilastollisesti erittäin merkitseviä tuloksia ( $p=0,000$ ) ennen ja jälkeen arvojen välillä oli vaikeudessa kohdistaa silmät tarkasti ja näkökyvyn sumentumisessa. Tilastollisesti merkitseviä eroja oli oireissa ”paineen tunne päässä” ( $p=0,016$ ), ”pyörryttävä tunne silmät auki” ( $p=0,010$ ) ja ”pyörryttävä tunne silmät kiinni” ( $p=0,004$ ). Pahoinvointi- ja huimausoireissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

#### 11.2.4 SSQ -oireiden vertailu kulmittain

Vertailimme Mann-Whitneyn U-testillä eri kulmien välisiä eroja oireryhmittäin ja Mann-Whitneyn U-testillä selvitimme ikäryhmien arvojen erojen merkitsevyyttä.

TAULUKKO 8. SSQ -oireiden ennen ja jälkeen arvojen erotuksen vertailua kulmapareittain.

Kulmavertailu	SSQ	Pahoinvointi- oireet	Oculomotoriset - oireet	Disorientaatio - oireet
+15 vs 0 astetta	P=0,516	P= 0,318	P= 0,614	P= 0,113
0 vs -15 astetta	P= 0,901	P= 0,516	P= 0,851	P= 0,793
+15 vs -15 astetta	P= 0,702	P= 0,653	P= 0,707	P= 0,066

Vertailimme SSQ -oireiden ennen ja jälkeen arvojen erotuksen merkitsevyyttä SSQ -kokonaisarvojen ja kolmen osa-alueen arvojen osalta kulmapareittain. Näissä tuloksissa ei tullut tilastollisesti merkitseviä eroja. Ainoa tilastollisesti suuntaa antava ero löytyi disorientaatio-oireryhmästä kulmavertailussa +15 vs -15 astetta. Tulosten perusteella ei

löytynyt selkeitä eroja eri kulmien ja eri oireryhmien välillä, vaikka oireita ja oireryhmiä yksittäin tarkasteltuna saatiin tilastollisesti merkitseviä tuloksia.

### 11.3 Akkommodaatiolaajuus

Wilcoxonin merkkitestillä tutkittiin akkommodaatiolaajuuden määrää ennen ja jälkeen näköjärjestelmää rasittavaa koetta. Vertailu suoritettiin koko ryhmän kesken, kulmittain sekä eri ikäryhmien välillä. Mann-Whitneyn U-testillä selvitimme ikäryhmien arvojen erojen merkitsevyyttä.

TAULUKKO 9. Akkommodaatiolaajuuden keskiarvot yhteensä, kulmittain ja ikäryhmittäin.

	A-laajuus ennen ka.	A-laajuus jälkeen ka.	P-arvo
kaikki	7,3 dpt	6,9 dpt	<b>0,002</b>
+15 astetta	8 dpt	7,6 dpt	0,101
0 astetta	7,8 dpt	7,2 dpt	<b>0,019</b>
-15 astetta	5,9 dpt	5,8 dpt	0,303
20-39 vuotta	9,9 dpt	9,3 dpt	<b>0,010</b>
40-60 vuotta	3,6 dpt	3,4 dpt	0,102

Aikaisempien tutkimusten perusteella voidaan lähityön olettaa rasittavan silmiä ja näin ollen heikentävän akkommodaatiolaajuutta. Vertailtaessa eroa koko tutkimusjoukon kesken on ero tilastollisesti merkitsevä ( $p=0,002$ ). Kulmittain vertailtaessa voidaan varovaisesti todeta -15 asteen kulman rasittavan näköjärjestelmää vähiten ( $p=0,303$ ). Ainoa tilastollisesti melkein merkitsevä tulos havaitaan 0 asteen kulmassa ( $p=0,019$ ). Varovaisesti ja suuntaa antaen voidaan tuloksista todeta, että -15 astetta pienentää akkommodaatiolaajuutta vähiten. Eniten akkommodaatiolaajuutta vähentää 0 asteen katsekulma. +15 asteen katsekulma vähentää akkommodaatiolaajuutta keskiarvollisesti lähes yhtä paljon kuin 0 asteen kulma, mutta ero ennen ja jälkeen arvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevä +15 asteen kulmassa. Nuoremmissa ikäryhmässä akkommodaatiolaajuuden keskiarvojen muutos oli tilastollisesti merkitsevä ( $p=0,010$ ). Ikäryhmien välinen ero akkommodaatiolaajuuden muutoksissa ei ollut tilastollisesti merkitsevä ( $p=0,332$ ).

Parittainen t-testi koko tutkimusjoukon kesken antaa tilastollisesti merkitsevän tuloksen ( $p=0,008$ ) ennen ja jälkeen arvojen eroista akkommodaatiolaajuudessa. Voimme siis todeta parametrinen ja ei-parametrinen testin antavan hyvin samansuuntaiset tulokset tämän muuttujan kohdalla.

Pystyäksemme vertailemaan eroja kulmien välisissä muutoksissa, laskimme erotuksen ennen ja jälkeen saatujen arvojen välillä ja Mann-Whitneyn -testillä vertailimme erotusarvoja kulmittain.

TAULUKKO 10. Kulmien välisten erotusarvojen vertailu

Kulmavertailu	A-laajuus
+15 vs 0 astetta	P= 0,363
0 vs -15 astetta	P= 0,112
+15 vs -15 astetta	P= 0,576

Vertailtaessa kulmien erotusarvoja pareittain, havaittiin ettei kulmien erotusarvoilla ollut tilastollista merkitsevyyttä minkään kahden kulman välillä. Vertailusta näemme kuitenkin, että 0 ja -15 asteen kulmien ero on tilastollisesti eniten merkitsevä ( $p=0,112$ ), eli niiden kulmien ero on toisiinsa nähden suurin. Saman voimme todeta taulukosta 9., jossa yksittäisten kulmien ennen ja jälkeen mittausten arvot on esitetty. Tämän perusteella voimme siis ainoastaan suuntaa antavasti todeta, että -15 asteen kulma on vähiten akkommodaatiolaajuutta rasittava ja 0 asteen kulma eniten akkommodaatiolaajuutta rasittava. +15 asteen kulma jää näiden arvojen väliin, mutta on syytä huomioida, ettei tilastollista merkitsevyyttä kulmien välillä havaittu.

#### 11.4 Konvergenssin lähipiste

Tutkittaessa Wilcoxonin merkkitestillä konvergenssin lähipisteen (KLP) etäisyyttä ennen ja jälkeen näköjärjestelmää rasittavaa koetta, suoritettiin vertailu koko ryhmän kesken, eri katsekulmissa sekä kahden ikäryhmän välillä. Mann-Whitneyn U-testillä selvitimme ikäryhmien arvojen erojen merkitsevyyttä. Alkuperäisen ohjeistuksen mukaan konvergenssin lähipiste oli tarkoitus mitata ainoastaan ennen koetta, mutta mittauksia tehdessämme heräsi ajatus selvittää muutos tässäkin tekijässä. Tästä syystä konvergenssin lähipisteen mittaus on suoritettu ainoastaan 0 ja -15 asteen katsekulmissa.

TAULUKKO 11. KLP:n etäisyyden vertailu kokonaisuutena, kulmittain ja ikäryhmittäin.

	KLP ennen ka.	KLP jälkeen ka.	P-arvo
kaikki	11,4	13,0	<b>0,000</b>
+15 astetta	13,3		
0 astetta	9,5	12,0	<b>0,006</b>
-15 astetta	11,3	13,7	<b>0,002</b>
20-39 vuotta	7,5	9,0	<b>0,001</b>
40-60 vuotta	16,8	19,5	<b>0,013</b>

Tarkasteltaessa kokonaisjoukkoa voidaan etäisyyden todeta muuttuvan rasisuskokeen jälkeen tilastollisesti erittäin merkitsevästi ( $p=0,000$ ). Aikaisempien tutkimusten perusteella tämän suuntainen tulos oli odotettavissa. Ennen ja jälkeen tehtyjen mittausten erotus 0 ja -15 asteen kulmissa antoivat tilastollisesti merkitsevät tulokset ( $p=0,006$  ja  $p=0,002$ ). KLP:n muutos oli 0 asteessa 2,5 senttimetriä heikompaan ja -15 asteessa 2,4 senttimetriä heikompaan suuntaan.

Kummankin ikäryhmän sisällä saatiin merkitseviä tuloksia KLP:n muutoksissa ennen ja jälkeen silmien rasisuskokeen. Nuoremmassa ryhmässä ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p=0,001$ ) ja iäkkäämmässä ryhmässä tilastollisesti melkein merkitsevä ( $p=0,013$ ). Verrattaessa ikäryhmiä toisiinsa konvergenssin lähipisteen muutoksen suhteen ei ollut tilastollista merkitsevyyttä ( $p=0,360$ ).

### 11.5 Foriat

Tutkittaessa Wilcoxonin merkkitestillä muutoksia forioissa, suoritettiin vertailu koko tutkimusjoukon kesken, kulmittain ja eri ikäryhmissä. Mann-Whitneyn U-testillä selvitimme ikäryhmien arvojen erojen merkitsevyyttä. Merkitsimme SPSS -muuttujiin exoforian miinusmerkkiseksi ja esoforian plusmerkkiseksi ja ortoforian nollassi, jotta saimme tarkasteltua muutoksen suuntaa ja määrää.

TAULUKKO 12. Muutosten merkitsevyydet forioissa

	Foriat ennen ka.	Foriat jälkeen ka.	P-arvo
kaikki	EXO 1,41	EXO 1,24	0,850
+15 astetta	EXO 1,67	EXO 1,59	0,349
0 astetta	EXO 1,44	EXO 1,89	0,327
-15 astetta	EXO 1,12	EXO 0,19	0,164
20-39 vuotta	EXO 1,21	EXO 1,43	0,300
40-60 vuotta	EXO 1,70	EXO 0,97	0,524

Muutoksen määrällä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä koko tutkimusjoukossa, tutkimissamme katsekulmissa eikä eri ikäryhmissä. Tarkastellessamme muutoksen suuntaa koko tutkimusjoukon kesken voimme keskiarvoista todeta sen muuttuneen esoforian suuntaan. +15 ja -15 asteen katsekulmissa muutos oli esoforian suuntainen ja 0 asteen katsekulmassa exoforian suuntainen. Ikäryhmien välillä muutoksen suuntaa tarkasteltaessa oli muutos exoforian suuntainen nuorempien ikäryhmässä ja esoforian suuntainen vanhempien ikäryhmässä. Vertailtaessa ikäryhmien tuloksien välisiä eroja toisiinsa, ei tilastollista merkitsevyyttä havaittu ( $p=0,315$ ).

TAULUKKO 13. Forioiden vertailu kulmapareittain erotusarvon perusteella

Kulmavertailu	Foriat
+15 vs 0 astetta	P= 0,750
0 vs -15 astetta	P= 0,104
+15 vs -15 astetta	P= 0,191

Kun verrattiin +15 ja 0 asteen sekä +15 ja -15 asteen kulmien erotusarvoja, voidaan suuntaa antavasti todeta, että +15 asteen katsekulma vaikuttaa forian määrään hieman 0 asteen katsekulmaa vähemmän ja 0 ja -15 asteen katsekulmien väliset erotusarvot ovat kauimpana toisistaan.

### 11.6 Kyynelfilmin repeämisaika

Ainoastaan kokeen jälkeen mitattua kyynelfilmin repeämisaikaa (BUT) verrattiin kirjallisuudessa yleisesti esitettyyn keskiarvoon, joka on 10 - 15 sekuntia.



TAULUKKO 14. BUT:n keskiarvot sekunteina koko ryhmän kesken, kulmittain ja eri ikäryhmissä.

	BUT ka.
kaikki	9,148
+ 15 astetta	10,489
0 astetta	8,922
-15 astetta	7,99
20-39 vuotta	9,241
40-60 vuotta	9,015

Kun tarkastelimme koko tutkimusjoukkoa, jää keskiarvo alle normaalitason. Suuntaa antavasti voimme todeta +15 asteen katsekulmassa kyynelfilmin repeämisaajan olevan normaalilla tasolla. 0 ja -15 asteessa keskiarvot ovat normaalitasoa hieman alhaisemmat. Nuorempien ikäryhmässä keskiarvo on hieman korkeampi kuin vanhempien ikäryhmässä. Mann-Whitneyn U-testillä analysoituna ei ikäryhmien tulosten välillä ollut tilastollista merkitsevyyttä ( $p=0,685$ ). Hormonilääkkeiden käytöllä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä kyynelfilmin repeämisaikoihin ( $p=0,750$ ).

## 12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää miten eri katsekulmat päätetyöskentelyssä vaikuttavat silmien rasitusoireisiin ja vertailla kahden ikäryhmän tulosten välisiä eroja. Olettamuksena oli, että +15 asteen katsekulma aiheuttaisi enemmän näönrasitusoireita verrattuna horisontaalitasoon tai sen alapuolella olevaan katsekulmaan.

Koko tutkimusjoukon SSQ -oireiden keskiarvoja tarkastellessa voidaan oireiden todeta voimistuneen tehtävän aikana; näin tapahtui etenkin 20 - 39 -vuotiaiden ryhmässä. +15 asteen katsekulmassa oli havaittavissa enemmän oireiden voimistumista verrattuna muihin katsekulmiin. SSQ -oireet jaettuna eri oireryhmiin toi esiin tilastollisesti merkitseviä eroja ennen ja jälkeen tulosten välillä varsinkin silmänrasitusoireiden kohdalla. Vähiten tilastollista merkitsevyyttä oli pahoinvointioireiden välillä. -15 asteen katsekulma aiheutti vähiten oireiden arvojen kasvua tehtävän aikana silmänrasitus- ja disorientaatio -oireiden ryhmissä. Pahoinvointioireryhmässä kuitenkin +15 asteen katsekulma tuntui miellyttävimmältä. Tarkasteltaessa koko joukon silmänrasitus- ja

disorientaatio-oireita voidaan päätellä näyttöpäätetyön aiheuttavan rasitusoireiden lisääntymistä, koska merkitsevyytaso näissä oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Sekä kokonaisuudessaan että oireryhmittäin oli huomionarvoista, että 20 - 39 -vuotiaat kokivat näyttöpäätetyön rasittavan enemmän.

Mittaustulosten perusteella voidaan sanoa, että akkommodaatiolaajuus on tilastollisesti merkitsevästi heikompi tehtävän jälkeen. Kulmittain vertailtaessa ei saatu tilastollista merkitsevyyttä kuin 0 asteessa, jossa tulos oli tilastollisesti melkein merkitsevä. Erotusarvojen perusteella voidaan suuntaa-antavasti todeta, että 0 asteen katsekulma on akkommodaatiolaajuutta eniten rasittava ja -15 asteen kulma vähiten rasittava.

Koko tutkimusjoukolla konvergenssin lähipisteen etäisyys kasvaa tilastollisesti erittäin merkitsevästi. 0 ja -15 asteen kulmissa erot ennen ja jälkeen tehdyissä mittauksissa olivat tilastollisesti merkitseviä. Nuorten ryhmässä nämä erot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ja vanhemmassa ikäryhmässä saatiin tuloksesta tilastollisesti melkein merkitsevä.

Saatujen tulosten perusteella forioiden muutos koko joukon kesken oli esoforian suuntainen, nuorilla exoforian suuntainen ja vanhemmassa ikäryhmässä esoforian suuntainen. Kulmittain verratessa +15 ja -15 asteen katsekulmissa muutos oli esoforian suuntainen ja 0 asteessa exoforian suuntainen. Kuitenkaan millään saaduilla arvoilla ei ollut tilastollista merkitsevyyttä.

Kyynelfilmin repeämisajan keskiarvo kokeen jälkeen koko tutkimusjoukolla oli normaaliarvoa alhaisempi. +15 asteessa keskiarvo oli normaalilla tasolla mutta muissa katsekulmissa alle normaalitason. Nuoremmilla oli havaittavissa hieman korkeampi keskiarvo kyynelfilmin repeämisajoissa.

## 13 POHDINTA

### 13.1 Luotettavuuden pohdinta

Mittaukset ja silmien näköjärjestelmää rasittava tehtävä suoritettiin standardisoiduissa olosuhteissa. Teimme ennen ja jälkeen tehtävät mittaukset jokaiselle tutkittavalle aina samassa järjestyksessä samoilla laitteilla ja saman ohjeistuksen mukaan, jotta tulokset olisivat keskenään mahdollisimman vertailukelpoisia. Vakioimme katseluetäisyyden lattiaan kiinnitetyillä merkeillä ja katsekulman seuraamalla koehenkilön päänasentoa. Tutkimustilanne oli suhteellisen pitkäkestoinen ja siitä johtuen otoskoko jäi melko pieneksi. Tulosten perusteella pystymme kuitenkin tekemään johtopäätöksiä.

Edellä olevat asiat tukevat tutkimuksemme validiteettia ja reliabiliteettia. Mittaukset ovat toistettavissa. Tulisi kuitenkin ottaa huomioon, että tutkittavina ovat yksilöt, joiden vastauksiin vaikuttavat heidän vireystilansa, keskittyminen tehtävään, tehty lähityön määrä ennen kokeen alkamista ja vuorokaudenaika. Mittausjärjestelyt on kuvattu tarkemmin luvussa 10.

### 13.2 Tulosten pohdinta

Tutkimuksemme tarkoituksena oli selvittää eri katsekulmien vaikutusta silmien rasitusoireisiin päätetyöskentelyssä ja vertailla kahden ikäryhmän tuloksia. Alkualettamuksena meillä oli, että -15 asteen kulma koettaisiin miellyttävimmäksi ja se aiheuttaisi vähiten näönrasitusoireita.

Aikaisemmista tutkimustuloksista voidaan todeta, että lähityöskentely aiheuttaa silmien rasitusoireiden lisääntymistä. Opinnäytetyömme tulokset tukevat tätä tietoa. Aikaisempien tutkimusten perusteella on luotu suositukset päätetyöskentelyyn koskien työpisteen ergonomiaa ja pään sijoittelua. Yleisesti suositellaan pään sijoittamista katseen horisontaalilinjan alapuolelle. Tutkimuksestamme saadut tulokset tukevat näitä ohjeita osittain. Tutkimusjoukkomme oli suhteellisen pieni, 80 henkilöä, joten saamiemme tulosten perustella ei voida tehdä suoria johtopäätöksiä eri katsekulmien vaikutuksista näönrasitusoireisiin ja subjektiivisiin tuntemuksiin. Toki tulokset voivat antaa suuntaa jatkotutkimuksille.

SSQ -kyselyn kokonaistuloksista saatiin selville, että -15 asteen katsekulma aiheutti vähiten subjektiivisesti koettujen oireiden lisääntymistä. Kokonaistuloksista saatu tulos tukee aikaisempien tutkimusten tuloksia horisontaalilinjaa alapuolelle suunnatun katselinjan miellyttävyydestä. Kun kokonaistulokset jaettiin kolmeen eri oireryhmään - pahoinvointi, silmänrasitusoireet ja disorientaatio - pahoinvointioireiden ei todettu kasvavan merkittävästi missään kulmassa. Tähän saattoi vaikuttaa se, että käyttämämme SSQ -lomake on tarkoitettu virtuaalimaailmassa tapahtuvien tapahtumien aiheuttamien oireiden tutkimiseen ja tutkimuksessamme käytettiin tavallista pöydälle asetettavaa näyttöpäätettä. Verrattaessa päähän asetettavan näytön ja pöytänäytön aiheuttamia oireita on todettu, että pöytänäyttö tuntuu miellyttävämmältä. Pahoinvointioireiden osalta tämä on selitettävissä sillä, että silmikkonäyttöä käyttävällä henkilöllä ei ole katseyhteyttä ympäristöön ja tämä häiritsee tasapainoelinten toimintaa. Yllättävä tulos pahoinvointioireiden muutoksissa oli se, että + 15 asteen kulmassa oireet muuttuivat vähiten. Tutkittavilta saamamme välitön sanallinen palaute oli pääosin päinvastainen. +15 asteen katsekulman on ajateltu yleisesti olevan epämiellyttävän katsesuunta, mutta tämän tutkimusaineiston perusteella näin ei voida todeta.

Silmänrasitus- ja disorientaatio-oireet sen sijaan kasvoivat merkittävästi lähityöskentelyn aikana. Näissä oireryhmissä -15 asteen katsekulma aiheutti vähiten muutoksia tuntemuksissa. +15 ja 0 asteen kulmien tilastollisesti merkittävä tulosten muutos oli oletuksemme mukainen. Disorientaatio-oireiden merkittävä voimistuminen voidaan selittää henkilökohtaisilla tekijöillä, esimerkiksi yleisen vireystilan ja mielialan tasolla, stressin ja motivaation määrällä sekä migreeniherkkyydellä ja keskushermostoon vaikuttavien aineiden käytöllä. Kokonaisuudessaan testaustilanne kaikkine mittauksineen oli melko pitkäkestoinen ja sanapelin pelaaminen suhteellisen yksitoikkoista. Tämä saattoi alentaa tutkittavien vireystilaa ja näin aiheuttaa keskittymisvaikeuksia. Osa tutkittavista koki tilanteen jännittäväksi, koska tiesivät osallistuvansa tutkimukseen ja siinä suoritettiin erilaisia mittauksia heille vieraila laitteilla. Ihmisillä on luontainen tarve vastata kysymyksiin oikein ja pärjätä testeissä hyvin. Tästä syystä tutkittavien stressitaso saattoi kohota tutkimuksen aikana.

Silmänrasitusoireiden lisääntymistä voivat aiheuttaa akkommodaatio- ja konvergenssivaikeudet, riittämätön silmälasikorjaus, aikuisnäkö ja heteroforioiden määrä. Nämä seikat saattavat aiheuttaa näön sumentumista, kohdistusvaikeuksia ja päänsärkyä. Oireet voivat olla huomaamattomia normaalissa elämässä, mutta tulevat

esiin korostetusti intensiivistä lähityötä tehtäessä. Tehtävän aikana ei katsetta saanut siirtää pois näyttöpääteruudulta, koska se olisi voinut aiheuttaa silmien rentoutumista ja näin vähentää koettujen oireiden voimakkuutta. -15 asteen katsekulma koettiin vähiten silmänrasitusoireita aiheuttavaksi; tätä tukee jo olemassa oleva tieto siitä, että silmien konvergoiminen katseen ollessa suunnattuna alaspäin on luonnostaan helpompaa.

Jaettaessa tutkimusjoukko kahteen ikäryhmään tuloksista kävi ilmi, että 20 - 39 -vuotiaiden ikäryhmässä sekä SSQ -kokonaisarvojen että kolmen oireryhmän arvojen väliset erot ennen mittauksia ja mittausten jälkeen kasvoivat enemmän verrattuna 40-60 -vuotiaiden ryhmään. Tähän saattaa löytyä syy nuorten kyvystä akkommodoida huomattavasti yli 40 -vuotiaita enemmän. Pitkäkestoisen lähityön aikana akkommodaatio on koko ajan käytössä ja saattaa ”jäädä päälle”. Tehtävän päätyttyä ja siirrettäessä katse kauas, mahdollinen akkommodaatiospasmi aiheuttaa näön sumentumista. Nuoremmat koehenkilöt analysoivat tuntemuksiaan ehkä enemmän ja tarkemmin kuin vanhemmat tutkimukseen osallistuneet. Se osaltaan saattoi vaikuttaa siihen, että suurin osa ikäryhmien arvojen välisistä eroista oli tilastollisesti merkitseviä. Ennen mittauksia oletimme, että tehtävä olisi rasittavampi ja aiheuttaisi enemmän oireiden voimistumista vanhemmassa ikäryhmässä. Ajattelimme, että iän mukanaan tuoma silmän lihasvoiman heikkous aiheuttaisi enemmän rasitusoireiden ja epämiellyttävyyden tuntemuksia.

Mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että akkommodaatiolaajuus heikkenee lähityötä tehtäessä. Tämä tulos on samankaltainen aikaisempiin tutkimustuloksiin verrattuna. Pitkäkestoinen lähietäisyydellä tehtävä työ pienentää akkommodaatiolaajuutta kaikissa tilanteissa. Metrin etäisyydellä olleeseen katselukohteeseen henkilö joutui akkommodoimaan yhden dioptrian verran. Tälle etäisyydelle vaadittava konvergenssi osaltaan lisää myös akkommodaatiotarvetta. Muutokset -15 asteen katsekulmassa olivat kaikkein vähäisimmät eli tämä rasitti akkommodaatiokykyä vähiten. Kuten jo aikaisemmin on todettu, silmät konvergoivat luonnostaan helpommin alasuuntaan katsottaessa ja näin silmiin kohdistuvaa lihasrasitusta syntyy vähemmän ja akkommodaatiospasmin todennäköisyys pienenee. Koska esitutkimuksia tehdessä ei tarkastettu koehenkilöiden silmälasikorjauksen oikeellisuutta eikä silmälasittomien mahdollista hyperopiaa, emme voineet varmuudella määrittää koehenkilöiden tarkkaa akkommodaatiotarvetta koetäisyydelle. Tästä syystä akkommodaatiolaajuudessa tapahtuvia muutoksen määriä ei voi tarkemmin analysoida.

Konvergenssin lähipisteen etäisyys kasvoi tilastollisesti erittäin merkittävästi koko tutkimusjoukolla tehtävän aikana. Yllättävä tulos saatiin konvergenssin lähipisteen muutoksessa -15 asteen katsekulmassa, jossa etäisyys kasvoi enemmän verrattuna horisontaalitasoon. Vastoin alkuodotuksiamme alasuuntaan kohdistettu katsekulma rasitti silmien konvergointikykyä enemmän. Olisi ollut mielenkiintoista saada tulokset myös +15 asteen katsekulmasta ja näin päästä vertaamaan oletetun rasittavimman ja vähiten rasittavan katsekulman tuloksia keskenään. Kummassakin ikäryhmässä KLP muuttui heikompaan suuntaan tutkimuksen aikana ja nuoremmassa ikäryhmässä tämä muutos oli tilastollisesti erittäin merkittävä. Vanhemmalla ikäryhmällä muutos konvergenssin lähipisteessä oli keskiarvallisesti suurempi. Tämä saattaa johtua siitä, että pitkäkestoinen staattinen lähityö ”kulutti” määrällisesti enemmän vanhemman tutkimusryhmän jo muutenkin vähäisempää konvergointikykyä. Prosentuaalisesti 40-60 -vuotiaiden KLP:n muutos oli pienempi kuin 20 - 39 -vuotiaiden.

Foriat muuttuivat tutkimuksen aikana koko tutkimusryhmällä esoforian suuntaan. Kun tutkimusryhmä jaettiin iän perusteella, muutos 20 - 39 -vuotiaiden ryhmässä oli exoforian suuntainen ja 40-60 -vuotiaiden ryhmässä esoforian suuntainen. Tulos oli mielenkiintoinen, koska kahden eri ikäryhmän tulokset olivat näin erilaiset. Olettamuksemme on, että tämä liittyy silmien konvergoimiseen ja silmien asennon palautumiseen lähityön jälkeen. Silmien konvergoimessa sisäänpäin syntyy esoforinen tilanne. Tehtävän loputtua koehenkilöiden silmät luonnollisesti rentoutuivat kun konvergoimisen tarvetta ei enää ollut. Rentoutuessaan silmän kääntyvät ulospäin eli exoforiseen suuntaan. Tämä selittäisi exoforian määrän lisääntymisen tehtävän päätyttyä nuoremmassa ikäryhmässä. Koska tämä ei toteutunut vanhemmassa ikäryhmässä, voisi syyksi olettaa akkommodaatio- ja konvergenssikyvyn heikentymistä ja hitautta. Gossin mukaan (1995: 125) aikuisnäköiset joutuvat käyttämään enemmän akkommodatiivista konvergenssia lähelle ylläpitääkseen fuusiota. He myös haluavat työskennellä pidemmällä etäisyydellä kuin nuoret. Kun lähiforioita mitataan, aiheuttaa se tästä syystä enemmän esoforisen tilanteen. Kun tutkimusjoukko jaettiin katsekulmien mukaan, saatiin +15 ja -15 asteen katsekulmissa tulokseksi esoforian suuntainen muutos. Sen sijaan horisontaalitasossa foria muuttui exoforian suuntaan. Millään saaduilla arvoilla ei ollut tilastollista merkittävyyttä, mutta varmempia selityksiä näille tuloksille olisi hyvä selvittää esimerkiksi isommalla tutkimusjoukolla, jolloin mahdollisen ”kohinan” määrää saataisiin vähennettyä.

Kokeen jälkeen mitatun kyynelfilmin repeämisajan keskiarvo jäi koko tutkimusjoukolla normaaliarvon alle. Pitkäaikainen intensiivinen lähityöskentely saattaa vähentää silmien räpyttelyä ja tasaista silmän pinnan kostuttamista. Ainoastaan +15 asteessa keskiarvo tavoitti normaalin tason. Yleisesti ottaen silmät kuivuvat enemmän katseen ollessa suunnattuna ylöspäin, koska tällöin luomirako jää avonaisemmaksi ja pinta-ala, jolta kyynel neste haihtuu, on suurempi. Kun katsesuunta on ylöspäin, tuntuu se epämiellyttävämmältä ja silmiä tiheämmin räpyttämällä henkilö yrittää vähentää epämiellyttävyyden tunnetta. Tämä saattaa vaikuttaa saatuihin BUT -arvoihin juuri +15 asteen katsekulmassa.

### 13.3 Tutkimusmenetelmien soveltuvuus ja jatkotutkimusehdotukset

Opinnäytetyömme on hyvä pohja laajemmalle tutkimukselle ja tämän luvun tarkoitus on tuoda esille mitkä seikat koimme hyviksi ja mitä tekisimme jälkiviisaina toisin.

Aikaisempiin tutkimuksiin tutustuessamme päädyimme mielestämme järkevimpään tutkimusasetelmaan eli pitämään pään tuettuna paikallaan. Pään tuettuna oleminen ei ollut erityisen miellyttävää, mutta sanapeliä pystyi kuitenkin pelaamaan tarvittavat 40 minuuttia. Säädettävä päätuki ja säädeltävä tuoli mahdollistivat sen, että saimme kaikkien testattavien silmät samalle korkeudelle, huolimatta siitä minkä pituisia he olivat. Näin saatiin katselinjat eri katsekulmissa samanlaisiksi. Tärkeää oli myös, että asetelmaa ei tarvinnut välillä purkaa, vaan käytössämme oli oma tila koko mittausten ajan. Sanapeli oli kummallekin ikäryhmälle sopiva, eikä vaatinut erityisiä atk-taitoja. Hiirellä maalattiin löydetty sana ja tarvittaessa opastimme testattavan pelin alkuun. Ennen ja jälkeen tehtävät mittaukset sujuivat rutiinilla ja Raf-Ruler oli näppärä ja tarkka mittausväline. Kyynelneesten mittaaminen fluoreseiinin ja mikroskoopin avulla osoittautui käteväksi eikä haitannut koehenkilöitäkään. Kerroimme aina väriaineen häviävän noin vuorokauden kuluessa.

Ongelmaksi opinnäytetyössämme muodostui ajankäyttö mittauksia tehdessä sekä koehenkilöiden saatavuus. Aineiston hankintaa ja teoriaosuuden kirjoittamista emme kokeneet hankalaksi tai aikaa vieväksi. Vaikka aloitimme mittausten tekemisen hyvissä ajoin, totesimme melko alkuvaiheessa, että 240 koehenkilön joukosta olisi tingittävä melkoisesti. Alle 40 -vuotiaiden saaminen kokeeseen oli huomattavasti helpompaa kuin

yli 40 -vuotiaiden. Koska tarkoituksemme oli myös verrata kahden eri ikäryhmän välisiä eroja, jouduimme rajoittamaan nuorempien koehenkilöiden määrää, jotta vertailuryhmät pysyisivät suurin piirtein samansuuruisina.

Mittaustila oli hyvä ja rauhallinen. Koska mittausten tekeminen piti suorittaa 08.00 - 18.00 välisenä aikana, tämä hankaloitti huomattavasti yli 40 -vuotiaiden tutkittavien paikalle saamista, elleivät he olleet Stadian tai Helsingin yliopiston henkilökuntaa. Heilläkin oli ymmärrettävästi omat kiireensä päiväsaikaan, joten välillä tilanne tuntui epätoivoiselta.

Testiaika oli hieman yli tunti ja luvassa ei ollut minkäänlaista palkkiota, joten se varmasti osaltaan vaikutti osallistumisinnostukseen. Onneksi sukulaiset ja tuttavat olivat hyväsydämisempiä ja joustivat omissa aikatauluissaan osallistuakseen tutkimukseen. Myös koulunkäyntimme samanaikaisesti aiheutti omat aikataululliset ongelmansa ja yleensä saimme testattua vain yhden tai muutamia koehenkilöitä päivässä.

Mikäli testien tekemiseen olisi varattu tietty aika, esimerkiksi kaksi täysin vapaata viikkoa, ja ajat olisi varattu järjestelmällisesti, olisi testausosuus sujunut kivuttomammin. Tämä sillä oletuksella, että vapaaehtoisia osallistujia olisi ollut reilusti ja vaivatta saatavilla. Mikäli olisimme saaneet testattua suunnitellun 240 henkilöä eli 20 naista ja miestä kaikissa kulmissa kummassakin ikäryhmässä, olisi se ollut riittävä määrä ”tulosten saamiseen” eikä saman ihmisen olisi ollut tarpeellista suorittaa koetta jokaisessa kulmassa. Kokeilumielessä monistimme aineiston kolmikertaiseksi ja näin saaduille hypoteettisille tuloksille saatiin selkeästi enemmän merkitsevyyttä.

Opinnäytetyömme aihe oli mielestämme erittäin mielenkiintoinen ja se syvensi tietojamme usealla optometrian osa-alueella. Aihe vaikutti aluksi laajalta ja hankalalta rajata, mutta työn edetessä suuret linjaukset ja tavoitteet selkiytyivät. Haasteellista oli määrittellä tutkimusasetelma kokonaisuudessaan sekä käyttämiemme mittareiden avulla saatujen tulosten oikeaoppinen analysointi. Aluksi lähdimme vertaamaan suoraan ennen ja jälkeen tulosten välisiä eroja keskenään ja analysoimme ne SPSS -ohjelmalla. Lisähaasteita toi myöhäiset ohjaajiemme neuvot ”oikeasta” tavasta analysoida tuloksia. Tästä syystä aikataulu työn palauttamiseen tiukkeni melkoisesti. Käytimme lopullisissa tuloksissa hyödyksemme myös omaa tapaamme analysoida, koska ne mielestämme havainnollistivat tuloksia. Molemmat tavat analysoida tuloksia ovat oikeita, mutta



faktorianalyttisillä kertoimilla saadut arvot tekevät tuloksista vertailukelpoisia aikaisempien ja tulevien tutkimusten kanssa.

Opinnäytetyössämme yhdistyvät mielestämme hyvin opinnäytetyön perusajatukset: Ongelman asettelu pohjautuu ydinosaamiseen ja yhdistyy erinomaisesti työelämään ja sen asettamiin haasteisiin. Lisäksi työn tutkimuksellisuus peilaa optometristikoulutuksen muutosta kohti korkeakoulua. Työmme tutkimuksellisuuden, laajuuden ja haasteellisuuden vuoksi opimme huomattavasti kokeellisen tutkimuksen toteuttamisesta, syvällisestä analysoinnista sekä saatujen tulosten pohdinnasta. Osasimme mielestämme soveltaa hyvin jo oppimaamme sekä lukemaamme aiempaa tutkimusaineistoa.

Keräämämme aineisto on laaja ja antaa ideoita useille erillisille jatkotutkimuksille. Aineistoa voi jo sinällään tutkia ja analysoida eri näkökulmista tai sen laajentaminen samoilla vakioduilla parametreilla on mahdollista. Suurempi koehenkilömäärä mahdollistaisi eri kulmien aiheuttamien oireiden tarkemman analysoinnin, jolloin aineiston pilkkominen pienempiin osa-alueisiin saattaisi antaa merkitseviä tuloksia. Jos tähän lisätään vielä etäisyyden muutokset antaa se tietoa kulmien ja etäisyyksien yhteisvaikutuksista näönrasitusoireisiin. Tarkemmin voisi tutkia myös koehenkilöiden silmäterävälän vaikutuksia forioiden määrään ja suuntaan sekä konvergenssin lähipisteen etäisyyden muutoksiin. Silmälasien, erityisesti monitehojen, vaikutusta tuloksiin olisi myös syytä tutkia tarkemmin.

## LÄHTEET

- Anshel, Jeffrey 1998: Visual ergonomics in the workplace. Lontoo: Taylor & Francis Ltd.
- Bailey, Ian L. 1998: Visual acuity. Teoksessa Benjamin, Willian J.(toim.): Borish's clinical refraction. Pennsylvania: W.B. Saunders Company. 179 - 202.
- Burgess-Limerick, Robin – Mon-Williams, Mark – Coppard, Vanessa L. 2000: Visual display height. Human Factors 42 (1). 140-150.
- Burgess-Limerick, R. – Plooy, A. – Ankrum, D.R. 1998: The effect of imposed and self-selected computer monitor height on posture and gaze angle. Clinical Biomechanics 13. 584-592.
- Clement Clarke International Interactive Product Guide. 2003: CD-ROM. United Kingdom: Haag-Streit.
- Donovan, JL – Brookes, S – Laidlaw, A – Hopper, CD – Sparrow, JM – Peters, TJ. 2003: The development and validation of a questionnaire to assess visual symptoms/dysfunction and impact on quality of life in cataract patients: the Visual Symptoms and Quality of life (VSQ) questionnaire. Journal of Ophthalmic Epidemiology 10 (1). 49-65.
- Erkkilä, Heikki 2001: Karsastus. Teoksessa Saari, K. M.(toim.): Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Kandidaattikustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus. 308 - 329.
- Forrester, John V – Dick, Andrew D – McMenamin, Paul G – Lee, William R 2002: The eye. Basic sciences in practice. 2<sup>nd</sup> edition. Edinburg: Saunders.
- Fostervold, Knut Inge 2003: VDU work with downward gaze: the emperor's new clothes or scientifically sound? International Journal for Industrial Ergonomics 31. 161-167.
- Foulks, Gary N 2003: What is dry eye and what does it mean to the contact lens wearer? Eye & Contact Lens 29 (1). 96 – 100.
- Giuffreda, Kenneth J. 1998: Accommodation, the pupil, and presbyopia. Teoksessa Benjamin, Willian J.(toim.): Borish's clinical refraction. Pennsylvania: W.B. Saunders Company. 77 – 120.
- GNU General Public License, version 2. 1991. Free Software Foundation. Verkkodokumentti. <<http://www.gnu.org/licenses/gpl.txt>>. Luettu 16.10.2006.
- Goss, David A 1995: Ocular accommodation, convergence and fixation disparity: A manual of clinical analysis. 2<sup>nd</sup> edition. Boston: Butterworth – Heinemann.
- Griffin, John R. – Grisham, J. David 1995: Binocular anomalies. Diagnosis and vision therapy. 3<sup>rd</sup> edition. Newton: Butterworth – Heinemann.

- Halonen, Liisa – Lehtovaara, Jorma 1992: Valaistustekniikka. Jyväskylä: Gummerus.
- Hartikainen, Jouko 2001: Kyynelelimet ja kyynelelinten sairaudet. Teoksessa Saari, K. M.(toim.): Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Kandidaattikustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus. 106 - 116.
- Heikkilä, Tarja 2004: Tilastollinen tutkimus. 5. uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Hietanen, Jaana – Hiltunen, Riitta – Hirn, Heli 2005: Silmähoidon käsikirja. Helsinki: WSOY.
- Hill, Susan G. – Kroemer, Karl H.E. 1986: Preferred declination of the line of sight. Human Factors 28 (2). 127-134.
- Jaschinski, Wolfgang – Heuer, Herbert – Kylian, Hennegret 1998: Preferred position of visual displays relative to the eyes: a field study of visual strain and individual differences. Ergonomics 41 (7). 1034-1049.
- Jaschinski, Wolfgang – Koitcheva, Vera – Heuer, Herbert 1998: Fixation disparity, accommodation, dark vergence and dark focus during inclined gaze. Ophthal. Physiol. Opt. 18 (4). 351-359.
- Kanski, Jack J 2003: Clinical ophthalmology. 5<sup>th</sup> edition. Edinburg: Butterworth – Heinemann.
- Kennedy, Robert S. – Lane, Norman E. – Berbaum, Kevin S. – Lilienthal, Michael G. 1993: Simulator sickness questionnaire: an enhanced method for quantifying simulator sickness. The International Journal of Aviation Psychology 3 (3). 203-220.
- Kivelä, Tero 2001: Silmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Saari, K. M.(toim.): Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Kandidaattikustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus. 12 - 36.
- Korja, Taru 1993: Subjekttiivinen refraktionmääritys. Refraktionmäärityksestä silmälasimääräykseen. Helsinki: Yliopistopaino.
- Metsämuuronen, Jari 2004: Pienten aineistojen analyysi. Parametrittomien menetelmien perusteet ihmistieteissä. Metodologia-sarja 9. Jyväskylä: Gummerus.
- Mon-Williams, Mark – Plooy, Anna – Burges-Limerick, Robin – Wann, John 1998: Gaze angle: a possible mechanism of visual stress in virtual reality headsets. Ergonomics 41 (3). 280-285.
- Mustonen, Eila 2001: Neuro-oftalmologia. Teoksessa Saari, K. M.(toim.): Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Kandidaattikustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus. 338 - 352.
- Mäkitie, Jukka 1990: Silmän optiikka ja taittovirheet. Teoksessa Mäkitie, Jukka - Hoikkala, Matti(toim.): Työ ja näkeminen. Ergoftalmologia. Helsinki: Yliopistopaino. 30 - 36.

- Mäkitie, Jukka 1990: Päätetyö näköjärjestelmän kannalta. Teoksessa Mäkitie, Jukka - Hoikkala, Matti(toim.): Työ ja näkeminen. Ergofoftalmologia. Helsinki: Yliopistopaino. 80 – 84.
- Mäkitie, Jukka 1990: Silmien ärsytystilat: punoitus, ärtyneisyys, vetistys. Teoksessa Mäkitie, Jukka - Hoikkala, Matti(toim.): Työ ja näkeminen. Ergofoftalmologia. Helsinki: Yliopistopaino. 146 - 152.
- Nichols, Kelly K – Nichols, Jason J 2003: Dry eye update 2003. New developments in research and diagnosis lead to more treatment options for dry eye and contact lens-related dry eye. Verkkodokumentti. <<http://www.clspectrum.com/article.aspx?article=&loc=archive\2003\february\0203033.htm>>. Luettu 24.4.2006.
- Noorden, Gunter K. von 1996: Binocular vision and ocular motility. 5<sup>th</sup> edition. St. Louis: Mosby-Year Book, Inc.
- North, Rachel V 2001: Work and the eye. 2<sup>nd</sup> edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Peli, Eli 1998: The visual effects of head-mounted display (HMD) are not distinguishable from those of desk-top computer display. Vision Research 38. 2053-2066.
- Pensyl, C. Denise - Benjamin, William J 1998: Ocular motility. Teoksessa Benjamin, William J.(toim.): Borish's clinical refraction. Pennsylvania: W.B. Saunders Company. 303 – 340.
- Saari, K. M. 2001: Silmän refraktio ja akkommodaatio. Teoksessa Saari, K. M.(toim.) 2001: Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Jyväskylä: Gummerus. 288 - 305.
- Saari, K. M. 2001: Verkkokalvo ja sen sairaudet. Teoksessa Saari, K. M.(toim.) 2001: Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Jyväskylä: Gummerus. 226 – 256.
- Saari, K. M. – Mäntyjärvi, Maija – Summanen, Paula – Nummelin, Kari 2001: Silmän tutkiminen. Teoksessa Saari, K. M.(toim.): Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Kandidaattikustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus. 50 – 88.
- Santen 2005: Kuivien silmien hoito. Verkkodokumentti. <<http://www.ajao.fi/index.html>>. Luettu 22.1.2006.
- Scheiman, Mitchell – Wick, Bruce 2002: Clinical management of binocular vision. 2<sup>nd</sup> edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Sheedy, James E – Shaw-McMinn, Peter G 2003: Diagnosing and Treating Computer-Related Vision Problems. Burlington: Butterworth-Heinemann.
- Tervo, Timo 2001: Sarveiskalvo ja sen taudit. Teoksessa Saari, K. M.(toim.) 2001: Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Jyväskylä: Gummerus. 146 - 168.

Teräsvirta, Markku - Saari, K. M. 2001: Mykiö ja sen sairaudet. Teoksessa Saari, K. M.(toim.) 2001: Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Jyväskylä: Gummerus. 202 - 217.

Työsuojelupiirit 2005: Näyttöpäätetyö. Verkkodokumentti. Päivitetty 23.2.2005. <<http://www.tyosuojelu.fi/fi/nayttopaatetyo>>. Luettu 15.4.2006.

Weissberg, Erik M. 2004: Essentials of clinical binocular vision. St. Louis: Butterworth – Heinemann.

## Suostumus kokeeseen osallistumisesta

Lue tämä lomake huolellisesti läpi ja allekirjoita se, jos haluat osallistua kokeeseen.

### Tutkimuksen tarkoitus

Tämä tutkimus suoritetaan yhteistyössä Helsingin yliopiston psykologianlaitoksen ja Nokia Research Centerin kanssa. Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia katselukulmien vaikutusta silmien rasitukseen. Koehenkilönä pelaat sanapeliä 40 minuutin ajan tietyssä katselukulmassa. Ennen peliä ja pelin jälkeen sinulle tehdään näkötesti.

### Tutkimuksen miellyttävyys

Tutkimustilanne vastaa normaalia päätetyöskentelyä hieman pidemmällä katseluetäisyydellä, joka saattaa rasittaa silmiä hieman tavallista enemmän. Koska tutkitaan katselukulmia, on testin aikana tärkeää, että pää pysyy paikallaan ja siksi se on tuettuna leuka- ja otsatukeen. Tämä saattaa rasittaa niska- hartiaseutua. Peliä pelataan hiiren avulla.

Ennen ja jälkeen tehtävät näkötestit koostuvat optikoiden tavallisessa näöntarkastuksessa käyttämistä testeistä. Lisänä kyynelnesteen määrän mittaaminen, joka suoritetaan väriaineen ja mikroskoopin avulla.

Et voi osallistua kokeeseen tutkimattomien vaikutusten vuoksi, jos:

Sinulla on kokeen aikana piilolinssit  
Olet raskaana  
Näöntarkkuutesi on alle 0,8  
Sinulla on silmäsairauksia.

### Luottamuksellisuus

Kokeen tulokset ovat ehdottoman luottamuksellisia ja niitä käsitellään niin, että yksittäisten koehenkilöiden henkilöllisyys tai tulokset eivät erotu joukosta.

### Suostumus

Ymmärrän, että voin lopettaa kokeen koska tahansa.

Vakuutan, että en ole raskaana eikä minulla ole silmäsairauksia.

Kokeesta ei aiheudu haittaa, joka vaikuttaisi kokeen jälkeiseen elämäsi.

Aika ja paikka \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/20\_\_, Helsingissä

Allekirjoitus \_\_\_\_\_

Nimenselvennys \_\_\_\_\_

## ESITIETOLOMAKE

Koehenkilönumero: \_\_\_\_\_

Päivämäärä: \_\_\_\_\_

Kokeen aloitusaika: \_\_\_\_\_

Vastauksesi käsitellään luottamuksellisesti ja tulosten käsittelyssä henkilöllisyytesi ei paljastu.

Sukupuoli  Nainen  Mies Ikä: \_\_\_\_\_

Ammatti/työtehtävät: \_\_\_\_\_

Kuinka monta tuntia teet lähityötä (esim. tietokonetyö/lukeminen/kirjoittaminen) tyypillisenä arkipäivänä? \_\_\_\_\_tuntia

Kuinka monta tuntia olet tehnyt lähityötä tänään? \_\_\_\_\_tuntia

Kuinka usein pelaat tietokonepelejä?

En koskaan  Harvoin  Joskus  Usein

Kärsitkö matkapahoinvoinnista (esimerkiksi junassa tai bussissa)?

Kyllä  En

Jos sinulla on matkapahoinvointia, kuinka usein oireita esiintyy?

Ei koskaan  Harvoin  Joskus  Usein

Käytätkö silmälasia?  Kyllä  En

Minkälaiset silmälasit sinulla on (esim. yksitehot/Monitehot/piilolasit)?

\_\_\_\_\_

Oletko oikea vai vasenkätinen?  Oikeakätinen  Vasenkätinen

Onko sinulla lääkärin diagnosoima taipumus migreeniin?  Kyllä  Ei

Kuinka usein sinulla on päänsärkyä?

Ei koskaan  Harvoin  Joskus  Usein

Mitä seuraavista olet käyttänyt viimeisen 24 tunnin aikana?

- Rauhoittavia lääkkeitä
- Hengitysteitä avaavia lääkkeitä
- Antihistamiinia tai muita allergialääkkeitä
- Astmalääkkeitä
- Hormonilääkkeitä (esim. ehkäisytabletit, estrogeeni korvaushoito)
- Alkoholia (kaksi annosta tai enemmän)
- Kahvia
- En mitään

Milloin söit viimeksi?

Välipalan/makeisia

Aterian

0-2 tuntia sitten

0-2 tuntia sitten

2- tuntia sitten

2- tuntia sitten

Oletko pelannut tietokoneella kokeessa käytettävää peliä ”Wordsearch”?

Kyllä

En

En tiedä

## VSQ -LOMAKE

Kuinka kauan voit tehdä lähityötä (esim. lukeminen, kirjoittaminen, ompeleminen) ilman epämiellyttäviä oireita? (Epämiellyttäviä oireita voivat olla esimerkiksi päänsärky, silmien särky, polttava tunne silmissä, pingotuksen tunne silmissä, veden valuminen silmistä, kaksoiskuvien näkeminen, keskittymiskyvyn heikkeneminen).

- |                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1) Vähintään 3 tuntia   | 3) Korkeintaan 1 tunnin     |
| 2) Korkeintaan 2 tuntia | 4) Korkeintaan 30 minuuttia |
|                         | 5) Korkeintaan 15 minuuttia |

Kuinka usein päätäsi alkaa särkemään kun teet lähityötä?

- |                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| 1) Ei koskaan   | 3) Usein (50%)       |
| 2) Joskus (25%) | 4) Hyvin usein (75%) |
|                 | 5) Aina (100%)       |

Jos koet päänsärkyä lähityön aikana, kuinka häiritsevää se on? (Kuinka paljon se siis häiritsee normaalia toimintaasi.)

- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| 1) Hyvin vähän häiritsevää | 3) Kohtalaisen häiritsevää |
| 2) Lievästi häiritsevää    | 4) Hyvin häiritsevää       |
|                            | 5) Erittäin häiritsevää    |

Kuinka usein koet silmissäsi rasittuneisuutta, särkyä tai veden valumista silmistä lähityön aikana?

- |                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| 1) Ei koskaan   | 3) Usein (50%)       |
| 2) Joskus (25%) | 4) Hyvin usein (75%) |
|                 | 5) Aina (100%)       |

Kun luet tekstiä, muuttuuko teksti koskaan lukemisen aikana epätarkaksi?

- |                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| 1) Ei koskaan   | 3) Usein (50%)       |
| 2) Joskus (25%) | 4) Hyvin usein (75%) |
|                 | 5) Aina (100%)       |

Kun teet lähityötä, tuntuuko teksti koskaan hypyvän tai liikkuvan?

- |                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| 1) Ei koskaan   | 3) Usein (50%)       |
| 2) Joskus (25%) | 4) Hyvin usein (75%) |
|                 | 5) Aina (100%)       |

Kun olet lopettanut lähityön tekemisen, näyttävätkö kauempana olevat esineet ja asiat epätarkoilta?

- |                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| 1) Ei koskaan   | 3) Usein (50%)       |
| 2) Joskus (25%) | 4) Hyvin usein (75%) |
|                 | 5) Aina (100%)       |

Näetkö koskaan lukemaasi tekstiä kaksoiskuvina lähityön aikana?

- |                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| 1) Ei koskaan   | 3) Usein (50%)       |
| 2) Joskus (25%) | 4) Hyvin usein (75%) |
|                 | 5) Aina (100%)       |

Tuntuvatko silmäsi koskaan väsyneiltä tai koetko keskittymisvaikeuksia lähityön aikana tai sen jälkeen?

- |                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| 1) Ei koskaan   | 3) Usein (50%)       |
| 2) Joskus (25%) | 4) Hyvin usein (75%) |
|                 | 5) Aina (100%)       |



SSQ -LOMAKE			ENNEN
Ympyröi vaihtoehdot, jotka kuvaavat sinua parhaiten tällä hetkellä.			
Silmien väsymys	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Silmien arkuus	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Ärsytyksen tunne silmissä	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Valuvat silmät	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Kuivat silmät	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Silmien kirveleminen tai kuumottaminen	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Näkökyvyn sumentuminen	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Näen asioita kahtena	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Muu epämiellyttävä tunne silmissä	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Yleinen epämiellyttävä olo	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Väsymys	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Päänsärky	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Silmien rasittuminen	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Vaikeuksia kohdistaa silmät tarkasti	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Syljenerityksen lisääntyminen	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Hikoilu	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Pahoinvointi	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Keskittymisvaikeus	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Paineen tunne päässä	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Hämärtynyt näkö	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Pyörryttävä tunne (silmät auki)	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Pyörryttävä tunne (silmät suljettuina)	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Huimaus	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Vatsaoireet	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Röyhtäily	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon

## NÄKÖTESTI

Koehenkilö: \_\_\_\_\_

Päivämäärä: \_\_\_\_/\_\_\_\_/20\_\_

Aika: \_\_\_\_:\_\_\_\_

PD: od/os/Bin \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_ mm

Stereonäkö: \_\_\_\_\_ min

Bin. lähinäöntarkkuus: \_\_\_\_\_ v

Akkommodaatiolaajuus (ennen / jälkeen): \_\_\_\_/\_\_\_\_ dpt

Konvergenssin lähipiste: \_\_\_\_\_ cm

Foriat:	ennen	jälkeen	
horisontaali:	_____	_____	eso/exo
vertikaali:	_____	_____	hypo/hyper

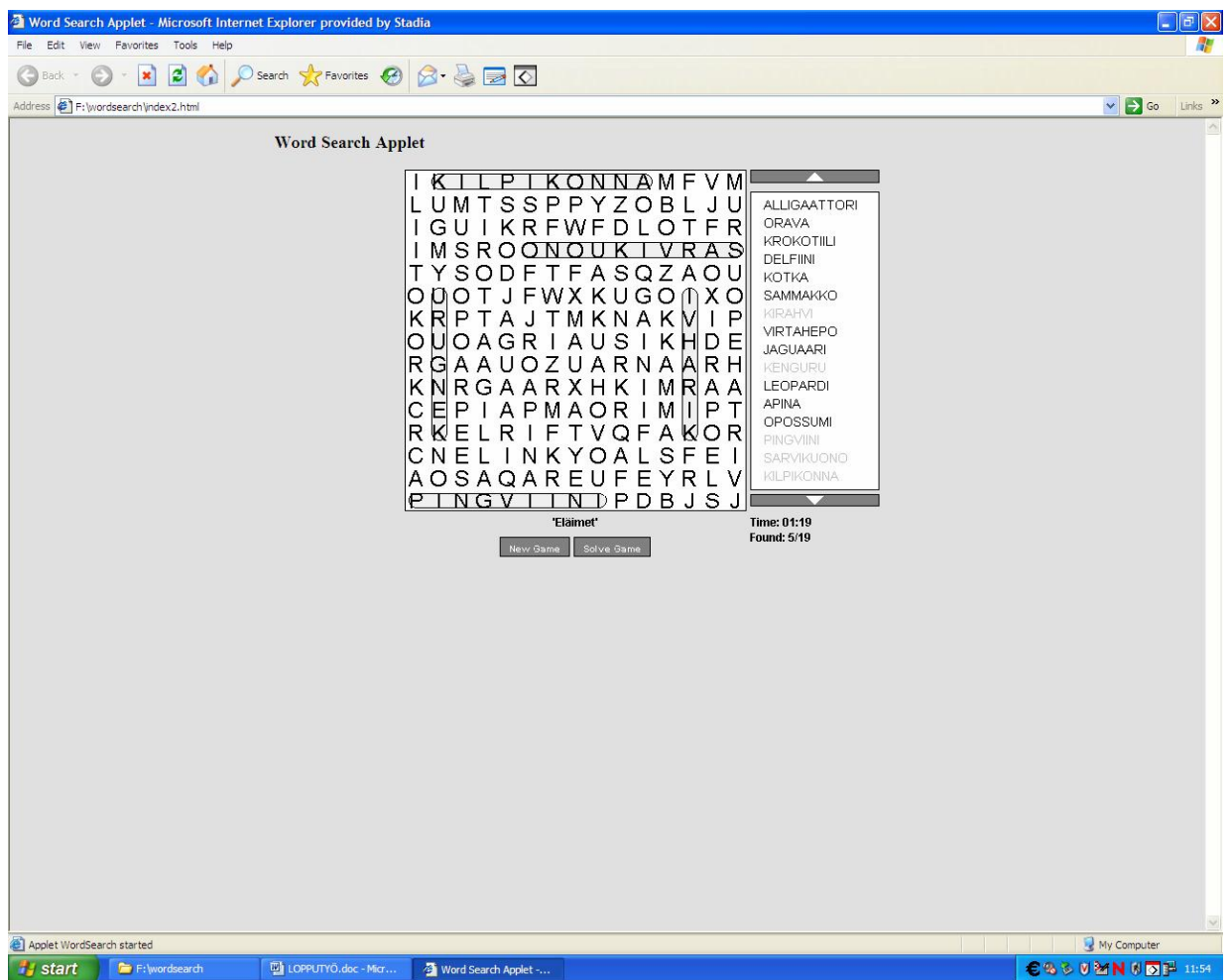
Bin. kaukonäöntarkkuus (od/os/bin): \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_v

BUT 1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_ KA \_\_\_\_\_ sek.

Muuta: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

SSQ -LOMAKE			JÄLKEEN
Ympyröi vaihtoehdot, jotka kuvaavat sinua parhaiten tällä hetkellä.			
Silmien väsymys	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Silmien arkuus	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Ärsytyksen tunne silmissä	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Valuvat silmät	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Kuivat silmät	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Silmien kirveleminen tai kuumottaminen	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Näkökyvyn sumentuminen	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Näen asioita kahtena	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Muu epämiellyttävä tunne silmissä	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Yleinen epämiellyttävä olo	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Väsymys	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Päänsärky	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Silmien rasittuminen	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Vaikeuksia kohdistaa silmät tarkasti	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Syljenerityksen lisääntyminen	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Hikoilu	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Pahoinvointi	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Keskittymisvaikeus	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Paineen tunne päässä	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Hämärtynyt näkö	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Pyörryttävä tunne (silmät auki)	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Pyörryttävä tunne (silmät suljettuina)	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Huimaus	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Vatsaoireet	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon
Röyhtäily	Ei ollenkaan	Vähän	Kohtuullisesti Paljon

## Kuvankaappaus Word Search –pelistä.



Word Search version 1.1, copyright 1999 - 2001 by Mike Hall. <http://www.brainjar.com>