

Cindy Fingerroos ja Susanna Karhu

Kontrastiherkkyys Applen iPad Airilla mitattuna

Contrast chart – sovelluksen kliininen testaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi (AMK)

Optometrian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

31.3.2014

<p>Tekijät Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Cindy Fingerroos ja Susanna Karhu Kontrastiherkkyys Applen iPad Airilla mitattuna Contrast chart - sovelluksen kliininen testaus</p> <p>44 sivua + 2 liitettä 31.3.2014</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Optometrismi (AMK)</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>Optometrian koulutusohjelma</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	<p>Optometria</p>
<p>Ohjaaja(t)</p>	<p>lehtori Juha Päällysaho lehtori Juha Havukumpu</p>
<p>Opinnäytetyömme tarkoitus oli selvittää vertaavan tutkimuksen avulla iPadin Contrast chart-sovelluksen kontrastiherkkyydestin luotettavuutta ja toistettavuutta sekä määrittää testille ikänormaaliarvot. Lisäksi vertasimme Contrast chart-sovelluksen kontrastiherkkyydestin kahta eri suoritustapaa toisiinsa tarkoituksenamme selvittää, antavatko molemmat testin suoritustavat vertailtavissa olevan tuloksen.</p> <p>Normaaliarvojen laskemista varten keräsimme mittausaineiston opetukseemme kuuluvan kenttänäöntarkastuspäivän aikana Metropolia Ammattikorkeakoulun Bulevardin toimipisteessä sekä täydensimme aineistoa yhtenä päivänä optikkoliikkeessä Turussa. Tutkimusjoukkomme koostui 53 koehenkilöstä, jotka olivat suureksi osaksi Metropolia Ammattikorkeakoulun henkilökuntaa ja opiskelijoita. Vertaava tutkimus suoritettiin samoille tutkittaville normaaliarvojen keräämisen yhteydessä. Contrast chart-sovelluksen suoritustapojen vertaavan tutkimuksen koehenkilöryhmä koostui 10 tutkitusta ja se suoritettiin yhden päivän aikana kenttänäöntarkastuspäivän jälkeen eri tutkittaville kuin toisessa tutkimusjoukossa.</p> <p>Vertaavassa tutkimuksessa mittasimme tutkittavan kontrastiherkkyden aiemmin validoillulla NEURO- taulukontrastiherkkyydestillä ja Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyydestillä, joka on NEURO-testin digitaalinen muunnos. Tutkimusetäisyys molemmilla testeillä oli yksi metri ja tutkimusolosuhteet pidettiin vakioina koko tutkimuksen ajan. Kirjasimme saamamme tulokset Excel-tilaukseen ja analysoimme tulokset SPSS- tilastoanalyysiohjelmalla. Digitaalisen Contrast chart - testin normaaliarvot määritettiin keräämistämme tuloksista keskiarvojen avulla.</p> <p>Tutkimuksemme mukaan Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyydesti on käytettävyydeltään hyvä ja toistettava. Se antaa NEURO -kontrastiherkkyydestin kanssa hyvin samansuuntaisia tuloksia, jonka käytettävyydestä ja luotettavuudesta on jo aikaisemmin tehty tutkimus. Tutkimustuloksiin perustuen, Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyydestiä voidaan pitää luotettavana kliinisenä mittausmenetelmänä määritettäessä ihmisen kontrastiherkkyttä.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>kontrasti, kontrastiherkkyys, NEURO, Contrast chart</p>

Author(s) Title	Cindy Fingerroos and Susanna Karhu Measuring contrast sensitivity with iPad Contrast chart –application testing
Number of Pages Date	44 pages + 2 appendices 31 March 2014
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Specialisation option	Optometry
Instructor(s)	Juha Päällysaho, Senior Lecturer Juha Havukumpu, Senior Lecturer
<p>The purpose of our thesis was to verify the reliability of iPad Contrast chart- application that measures contrast sensitivity. We also collected the age normal values for the new iPad contrast sensitivity application. On top of this, we compared two different ways of measuring with Contrast chart- application to see if the both ways testing methods give the same results.</p> <p>In order to gather the normal distribution values for the test we had to go and get material for it. We decided to do this on one of our field eye examination days in the Metropolia University of Applied Sciences' Boulevard-campus. We also filled in some more material by doing one day of examinations in an optician shop in Turku. Our test material consists of 53 examinees and most of those were staff and students of the Metropolia University of Applied Sciences. The research of our comparative study was done to the same examinees along with the material collection for normal distribution. The comparative study for Contrast chart- application consists of 10 examinees and it was carried out in one day after the field eye examination day to a different group of people.</p> <p>We measured the test subjects contrast sensitivity with the NEURO- contrast sensitivity test chart and the Contrast chart- iPad application in our comparative study. The examination distance in both test setting was one meter. The examination conditions were held constant throughout the whole data collection. We documented our results into the Excel chart and analyzed the results with the SPSS- statistical analyzing program. The normal distribution values were determined with the mean values of the test results.</p> <p>According to our research project the Contrast chart - iPad application is good in its usability. It gives very similar values with the NEURO contrast sensitivity chart test that has had its reliability valued before. Based on our test results the Contrast chart - iPad application is easy to use and it is a reliable method to measure human contrast sensitivity.</p>	
Keywords	contrast, contrast sensitivity, NEURO, Contrast chart

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kontrasti	3
2.1	Kontrastin merkitys	3
2.2	Kontrastin määritelmä	4
3	Kontrastiherkkyys	6
3.1	Kontrastiherkkyuden määritelmä	6
3.2	Kontrastiherkkyyskäyrä	6
4	Kontrastiherkkyuden mittaamisesta saatava informaatio	8
4.1	Kontrastiherkkyys ja näöntarkkuus	8
4.2	Muutokset kontrastiherkkydessä	9
4.3	Liikennenäkeminen	11
4.3.1	Hämäränäkö	12
4.3.2	Valon sironnan vaikutus näkemiseen	12
5	Kirjainkontrastiherkkyystestin rakenne	14
5.1	Kontrastiherkkyystestin kirjaintestimerkit	14
5.1.1	NEURO-kontrastiherkkyystestin kirjaimet	14
6	Sähköisellä näytöllä esitettävä kontrastiherkkyystesti	16
6.1	LCD-näytön tekniikkaa	16
6.1.1	Näyttöjen värintoistokyky	17
6.1.2	iPadin näytön rakenne	18
6.2	Contrast chart -sovellus	19
6.2.1	Mittauksen kulku	21
7	Mittauksen luotettavuudesta	23
8	Tutkimustehtävä	24
9	Tutkimuksen toteutus	25
9.1	Normaaliarvojen määrittäminen	25
9.1.1	Aineiston keruu	25
9.1.2	Saadut tulokset ja normaaliarvojen analysointi	25
9.2	Vertaava tutkimus	26
9.2.1	Tutkimusjoukon valinta ja mittausten toteuttaminen	26

9.2.2	Tutkimusjoukon kuvaus	28
9.2.3	Tutkimusaineiston analysointi	28
9.3	Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyydestin suoritustapojen vertailu	34
9.3.1	Tutkimusjoukon valinta ja mittausten toteuttaminen	34
9.3.2	Tutkimusjoukon kuvaus	35
9.3.3	Tutkimusaineiston analysointi	35
10	Tutkimuksen tulokset kontrastiherkkyyksmittauksissa	38
10.1	Contrast chart-testin käytettävyys	38
10.2	Contrast chart-testin luotettavuus	39
11	Johtopäätökset	40
12	Pohdinta	41
	Lähteet	45

Liitteet

Liite 1. Normaaliarvojen aineisto

Liite 2. Suoritustapojen vertailuaineisto

1 Johdanto

Suomen ajokorttilainsäädäntö muuttui vuonna 2013 ja uusi laki tuli kokonaisuudessaan voimaan 19.1.2013. Näkövaatimuksia koskevat pykälät 17 ja 18 ovat olleet kuitenkin voimassa jo loppuvuodesta 2011 lähtien sekä näihin pykäliin liittyvä Sosiaali- ja terveysministeriön perustelumuistio, jossa annetaan tarkempi ohjeistus asiasta. Ajokorttilain näöntarkkuusvaatimukset lievenivät vuonna 2011 ja näkökenttävaatimuksista säädettiin aikaisempaa täsmällisemmin. Myös muihin näkötoiminnan häiriöihin, jotka voivat vaarantaa ajoturvallisuutta, kiinnitettiin huomiota. Näitä ovat esimerkiksi hämäränäkö, häikäisy- ja kontrastiherkkyys sekä kaksoiskuvat. Tammikuussa 2013 uuden ajokorttilain tullessa voimaan kokonaisuudessaan, kosketti se alaamme siirtämällä ajonäön arvioinnin terveydenhuollon yleislääkärien vastuulle. Mielenkiintomme kontrastiherkkyiden mittausta ja tätä opinnäytetyötä kohtaan heräsi terveydenhuoltoalan ammattilaisten keskuudessa käydystä sananvaihdosta, jossa keskustellaan, miten kontrastinäköä tulee mitata ja mitä välineitä se terveydenhuollolta vaatii.

Suomessa on kehitetty Epilepsiasäätiön tutkimuskeskus NEURO:n kanssa NEURO-kontrastiherkkyystesti. Tästä kontrastiherkkyystestistä on tehty vuonna 2007 opinnäytetyö nimeltä Kontrastiherkkyys ja sen mittaaminen; NEURO-kontrastiherkkyystestin luotettavuuden ja käytettävyyden arviointia. Opinnäytetyön ovat tehneet Pelkonen Hanna ja Tölli Hilka Stadian Ammattikorkeakoulun optometrian koulutusohjelmasta. Käytämme tätä opinnäytetyötä oman opinnäytetyömme pohjana. Tutkimuksemme liittyy vuonna 2007 tehtyyn työhön ja näin ollen kyseisen työn teoria pätee myös meidän opinnäytetyöhömmme. NEURO-kontrastiherkkyystestin pohjalta on kehitetty ja julkaistu iPadille ”Contrast chart”-sovellus. Contrast chart on digitaalinen sovellus kontrastiherkkyiden mittaamiseen. Opinnäytetyömme keskittyy tämän Contrast chart-testin luotettavuuden ja käytettävyyden tutkimiseen. Kontrastiherkkyiden mittaamiseen on käytettävissä useita testejä, mutta näitä tavallisimpia testejä emme tässä työssä esittele.

Edellä mainitussa opinnäytetyössä on selvitetty kontrastiherkkyttä ja sen mittaamista, esitelty tavallisimmat kontrastiherkkyystestit sekä kerrottu kriteerit testien luotettavuuden ja käytettävyyden arviointiin. Omassa opinnäytetyömme teoriassa keskityimme kontrastiherkkyiden merkitykseen ja sähköisen mittauksen mekaniikkaan.

Opinnäytetyössämme olemme laskeneet iPadin Contrast chart-sovelluksen kontrastiherkkyystestille väestön normaalit ikäviitearvot. Tutkimme lisäksi testin luotettavuutta vertaamalla Contrast chart-testiä NEURO-kontrastiherkkyystestiin. NEURO-testin luotettavuutta on tutkittu edellä mainitussa opinnäytetyössä vuonna 2007 ja vertaamalla testiämme NEURO-testiin voimme todeta Contrast chart-testin luotettavuusketjun ulottuvan aina Pelli-Robsonin kontrastiherkkyystestiin saakka. Lisäksi teemme vertaavan tutkimuksen Contrast chart-testin kahden eri suoritusvaihtoehdon (lyhyen ja pitkän) välillä.

Opinnäytetyömme tavoitteena on edistää ilmaisen Contrast chart-sovelluksen tunnettuutta ja käytettävyyttä. Tutkimustemme ja opinnäytetyömme kautta testillä on tieteellisesti kerätty teoriapohja, jolloin Contrast chart-testiä voitaisiin käyttää luotettavana tutkimusmenetelmänä kliinisessä tutkimuksessa terveydenhuollossa esimerkiksi ajokortti-tarkastuksessa osana ajonäöntutkimusta.

2 Kontrasti

Kontrasti on ero valotasojen tai värien välillä, jonka avulla kohde erottuu taustastaan. Ihmisen näköjärjestelmä on herkkä havaitsemaan luminanssieroja. Kontrastilla ilmoitetaan kirkkaimman ja tummimman esitettävän sävyn suhde, eli kuinka moninkertaisesti kirkkaampi on kirkkain valkoinen kuin tummin musta. Painetusta materiaalista, esimerkiksi näöntarkkuustaulut, puhuttaessa kontrastilla tarkoitetaan eroa painetussa materiaalissa esiintyvän kohteen ja painetun taustan välillä. (Halonen – Lehtovaara 1992: 99.)

2.1 Kontrastin merkitys

Muotojen, hahmojen ja yksityiskohtien erottaminen perustuu kontrastien havaitsemiseen. Kontrastiherkkyteen vaikuttavat kohteen koko, valaistustaso, varjonmuodostus ja värit. Mitä suurempi on kohteen ja taustan välinen luminanssikontrasti, sitä paremmin kohde erottuu. Myös voimakkaat värierot parantavat kontrastia ja kohteen näkyvyyttä. Varjot luovat kontrasteja, jolloin varjonmuodostuksen avulla kohteen hahmottaminen helpottuu. Epäedullinen varjonmuodostus puolestaan heikentää kohteiden kontrastia. (Halonen – Lehtovaara 1992: 99.)

Ihmiset eivät näe valoa vaan kontrasteja. Positiiviseksi kontrastiksi sanotaan vaaleata kohdetta tummalla taustalla. Vastaavasti negatiiviseksi kontrastiksi sanotaan tummaa kohdetta vaalealla taustalla. Ihmiset ovat kaksi kertaa herkempiä negatiiviselle kontrastille. (Green 2014.)

Kontrastiherkkyys kasvaa aluksi taustan luminanssin kasvaessa, kunnes suurilla luminanssitasoilla alkaa esiintyä häikäisyä ja kontrastiherkkyys heikkenee. Havaitsemisnopeus kasvaa sopeutumisluminanssin kasvaessa, näkökohteen koon kasvaessa sekä kohteen ja taustan välisen kontrastin lisääntyessä. Näöntarkkuuden alentuessa kontrastien erotuskyky voi alentua. Tällöin värien erottaminen ja kohteiden hahmottaminen, sekä hämärässä näkeminen vaikeutuvat. (Halonen - Lehtovaara 1992: 99 -100). Esimerkiksi ongelmallista voi olla löytää valkoinen valokytkin valkoiselta seinältä tai huomata portaita, joissa ei ole kontrastiraitoja (Innojok 2014).

2.2 Kontrastin määritelmä

Kykyä erottaa pieniä valaistuseroja (vaaleus- ja tummuuseroja) kutsutaan spatiaaliseksi kontrastiksi. Kontrasti määritellään suhdelukuna tumman ja vaalean pinnan välisistä luminanssieroista, eli kohdepinnalta heijastuvien valaistuserojen suhteena. Yleisesti on käytetty kahta tapaa ilmoittaa kontrasti; Michelsonin ja Weberin kontrastia. (Owsley 2003: 171.)

Michelson-kontrastia sovelletaan yleensä jaksottaisiin testimerkkeihin, kuten siniaaltojuovastotesteihin. Se on määritelty juovaston kirkkaimman (L max) ja tummimman (L min) kohdan luminanssiarvojen suhteen seuraavasti:

$$\frac{(L \text{ max} - L \text{ min})}{(L \text{ max} + L \text{ min})}$$

(Owsley 2003: 171.)

Michelsonin kontrastiarvolla ei ole yksikköä ja se saa arvoja 0-1 tai prosentteina ilmaistuna 0 % - 100 %. Vierekkäiset juovaparit, yksi tumma ja yksi vaalea osa, muodostavat syklin. Juovaston leveyttä kuvataan spatiaalifrekvenssin eli paikkataajuuden avulla. Korkealla paikkataajuudella monta ohutta juovaparia sovitetaan pieneen katsekulmaan. Matalalla paikkataajuudella juovastot ovat leveämpiä ja niitä mahtuu vain muutama asteen leveydelle. (Elliot 2006: 247.)

Toinen kontrastin ilmaisutapa on Weberin määritelmä. Sitä sovelletaan yleensä ei-jaksottaisiin kuvioihin, kuten kirjaintestimerkkeihin. Weberin kontrasti määritellään seuraavasti:

$$\frac{(L \text{ tausta} - L \text{ kohde})}{L \text{ tausta}}$$

Määritelmässä huomioidaan taustan ja testimerkin luminanssi. (Elliot 2006: 247.)

Kontrasti voidaan määrittää myös ns. RMS- eli "root mean square"- kontrastina. Sitä voidaan käyttää monimutkaisten kuvien kontrastin mittana ja se on määritelty seuraavasti:

$$C_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{NM} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} C(x,y)^2},$$

jossa, N ja M edustavat kuvan pikselien korkeutta ja leveyttä. (Näsänen 2014.) Root mean square (RMS)- kontrastia käytetään erityisesti digitaalisten kuvien käsittelyssä ja se on määritetty pikselien intensiteetin keskiarvona (Fraser 2004:61).

Määritelmästä riippumatta kontrasti ilmoitetaan tavallisesti prosenttilukuna, jolloin suhdeluku on kerrottu sadalla. Maksimaalinen kontrasti on siten 100 %, jolloin musta kohde on täysin erotettavissa valkoisella taustalla. (Hyvärinen 2014.) Kontrastin ilmoittavan luvun ollessa mikä tahansa nollaa suurempi luku, taustan ja testimerkin vaaleus ei ole täsmälleen sama, vaikka emme voisikaan erottaa niitä toisistaan. Se miten pieniä kontrastieroja voimme havaita, riippuu henkilöiden yksilöllisestä näköjärjestelmän signaaliherkkyydestä (signaali/kohina-suhteesta). (Owsley 2003:171.)

3 Kontrastiherkkyys

3.1 Kontrastiherkkyden määritelmä

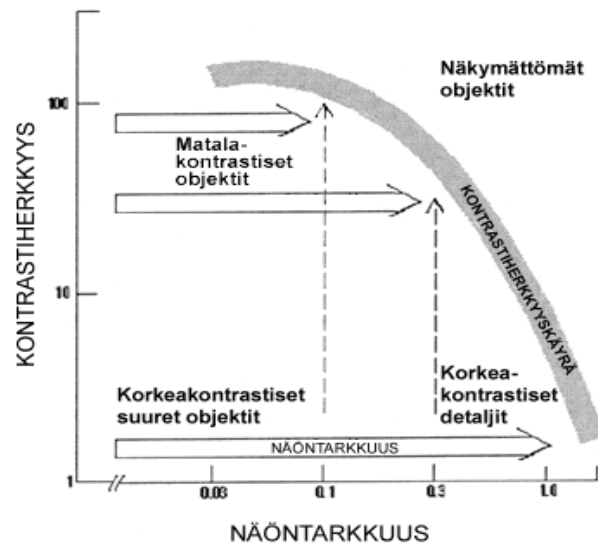
Kontrastin erotuskynnykseksi kutsutaan sitä pienintä luminanssieroaa, joka vaaditaan, että henkilö kykenee erottamaan kohteen taustastaan (Owsley 2003: 171). Kontrastiherkkyys on tämän pienimmän havaittavissa olevan kontrastin eli kontrastikynnyksen käänteisarvo. Erittäin hämärässä valaistuksessa tarvitaan suuri kontrasti, jotta yksityiskohta olisi nähtävissä, jolloin kontrastiherkkyys lähestyy nollaa. Valaistusvoimakkuuden kasvaessa kasvaa myös kontrastiherkkyys. (Saari 2011: 47.)

Henkilö, joka saavuttaa hyvän kontrastiherkkyysarvon, erottaa hyvin pieniä kontrastieroja eli pieniä vaaleus- ja tummuuseroja. Henkilöllä on puolestaan matala kontrastiherkkyys, mikäli hän vaatii suuren kontrastieron kohteen ja taustan välille erottaakseen kohteen. (Elliot 2006: 247.)

Hyvä kontrastiherkkyys on ensisijaisen tärkeää haastavissa näköolosuhteissa, jotka voivat vähentää ympäristön kontrastia. Tällaisiin olosuhteisiin voidaan lukea esimerkiksi autolla ajo sumussa, rankkasateessa tai yöaikaan, jolloin vastaantulevan liikenteen valot voivat häikäistä. (Näsänen 2014.)

3.2 Kontrastiherkkyyskäyrä

Tieto siirtyy näköjärjestelmässä viivoina, jossa eritaajuisia kohteita vastaavat erilevyiset juovat. Kontrastiherkkyyttä tutkittaessa tutkitaan, mikä on pienin kontrasti, jolla juovat vielä voidaan erottaa. Näistä kynnysmittauksista saadaan ns. kontrastiherkkyyskäyrä, joka kuvaa näkö tiedon siirtymistä näköjärjestelmässä. (Hyvärinen 2014.) Suurin kontrastiherkkyysalue tutkimusten mukaan on paikkataajuuksien 2 ja 5 cpd välissä. Herkkyys putoaa hyvin matalissa paikkataajuuksissa ja vielä voimakkaammin hyvin korkeilla paikkataajuuksilla. (Committee on Vision 1985: 4.)



Kuvio 1. Normaali kontrastiherkkyyskäyrä (Hyvärinen 2014).

Kuviossa 1 on esitelty normaali kontrastiherkkyyskäyrä. Näöntarkkuus on kuvaajassa vaaka-akselilla ja kontrastiherkkyys pystyakselilla. Kontrastiherkkyyskäyrä kuvaa rajaa nähdyn ja näkemättömän välillä. Sen ylä- ja oikealla puolella ovat liian vaaleat ja liian pienet kuvat. (Hyvärinen 2014.)

4 Kontrastiherkkyiden mittaamisesta saatava informaatio

4.1 Kontrastiherkkyys ja näöntarkkuus

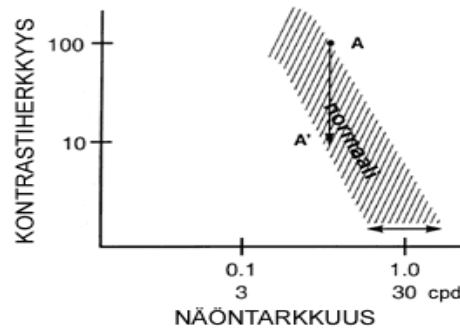
Yleisimmin käytetty näkökyvyn mitta on näöntarkkuuden määrittäminen. Näöntarkkuus määräytyy pienimmän katseltavan kohteen mukaan. Mitä pienemmän kohteen henkilö erottaa, sitä parempi on hänen havaintokykynsä. Tietyissä tilanteissa näöntarkkuuden mittaaminen ei ole kuitenkaan riittävä kuvaamaan suoriutumista näön varassa. (Committee on Vision 1985: 4.)

Näöntarkkuutta mitattaessa määritetään näköjärjestelmän kyky erottaa pienin mahdollinen kohde, jolla on suuri kontrasti (vähintään 85 %). Näöntarkkuustestin testimerkeissä on sama kontrasti kaikissa, mutta merkkien koko pienenee testin vaikeutuessa. Kontrastiherkkyystestissä merkkien koko pysyy samana niiden kontrastin määrän pienentyessä, kunnes niitä ei voida enää erottaa taustastaan. Näöntarkkuus ja kontrastiherkkyys mittaavat siten näkökyvyn eri osa-alueita. (Owsley 2003: 172.) Näöntarkkuus voi siis olla normaali, vaikka kontrastiherkkyys olisi alentunut, ja päinvastoin (Elliot 2006:208).

Pelkän näöntarkkuusarvon käyttämistä koetun näkemisen arviointiin pidetään huonona kriteerinä, koska todellinen maailma ei koostu vain selkeistä, korkeakontrastisista ja teräväreunaisista kohteista. Enemminkin ympäröivä maailmamme koostuu monista hyvin erilaisista kohteista sekä kontrasteista ja matalakontrastisuus on yleistä. Kontrastiherkkyiden aleneminen ja heikko valaistus yhdessä muodostavat selviä vaikeuksia toiminnalliseen näkemiseen. Kontrastiherkkyiden mittaaminen tulisi aina suorittaa näöntarkkuusmittauksen lisäksi ja erityisesti silloin, kun kyseessä on näöntarkkuuden aleneminen. (Elliot 2006: 252–253.)

Normaalinäköisten henkilöiden näöntarkkuus ja kontrastiherkkyys vaihtelevat hyvin paljon. Kontrastiherkkyiden normaaliarvojen vaihtelun ollessa suuri, tarvitaan muutoksen havaitsemiseksi aikaisempi kontrastiherkkyysarvo, johon voidaan verrata. Kontrastiherkkyysarvo, joka on normaalivaihtelun alueella, ei välttämättä ole normaali kyseisen henkilön kohdalla. Kontrastiherkkyys saattaa vähentyä helposti alle puoleen tai jopa kymmenenteen osaan, mikäli alkuperäinen kontrastiherkkyys on ollut korkea. Kontras-

tiherkkyys voi silti olla edelleen normaalialueella kuten oheisessa kuvassa, mutta ei ole normaalia kyseiselle henkilölle. (Hyvärinen 2014.)



Kuvio 2. Kontrastiherkkyden normaalialue (Hyvärinen 2014).

Kontrastiherkkyden ja näöntarkkuuden mittaaminen matalilla kontrasteilla on tärkeää myös niissä työtehtävissä, joissa vaaditaan hyvää näköä matalien kontrastien alueella. Korkealla kontrastitasolla ja näöntarkkuustaululla mitattu näöntarkkuus ei valikoi sopivimpia henkilöitä esimerkiksi havaitsemaan pilvien suojasta lentokoneita, sillä tämä vaatii hyvän näöntarkkuuden 1-5 % kontrastialueella. (Hyvärinen 2014.)

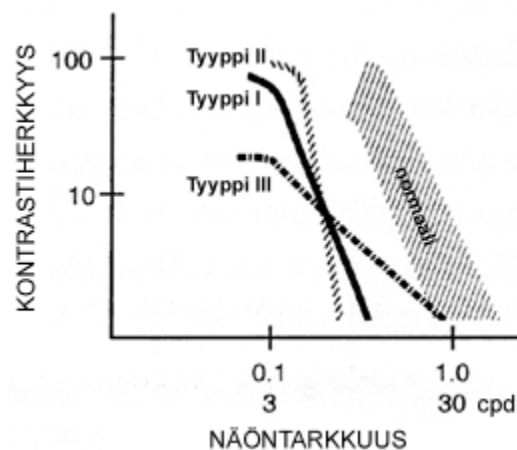
4.2 Muutokset kontrastiherkkydessä

Tutkimusten mukaan lapsen kontrastiherkkyys kehittyy koko ensimmäisen elinvuoden ajan matalista paikkataajuksista kohti korkeita paikkataajuksia. Tämä voi selittää, miksi amblyopia vaikuttaa erityisesti korkeampien paikkataajuuksien havaitsemiseen, sillä korkeat taajuudet saavuttavat aikuisen tason matalia taajuuksia myöhemmin. (Elliot 2006: 267.)

Yleisen käsityksen mukaan keskitason ja korkeampien tasojen paikkataajuudet madaltuvat normaalin ikääntymisen johdosta. Muutosten voidaan sanoa johtuvan sekä optisista että neuraalisista tekijöistä. Optiset muutokset johtuvat muun muassa ikään liittyvästä mioosista eli pupillin pienenemisestä, jolloin valoa pääsee kulkeutumaan vähemmän verkkokalvolle. Myös silmän sisällä tapahtuva valon sironta ja siitä seuraava häikäistyminen lisääntyvät ikääntymisen myötä. Neuraaliset muutokset liittyvät hermosolujen vähenemiseen ja rappeutumiseen sekä välittäjäaineiden muutoksiin ja kuo-

na-aineiden kertymiseen. Näitä muutoksia esiintyy verkkokalvolta aivokuorelle asti. (Elliot 2006:267.) Tutkimusten mukaan suurin osa kontrastiherkkyden muutoksista matalilla paikkataajuuksilla johtuu neuraalisista syistä. Optiset tekijät vaikuttavat pääasiassa vain korkeisiin paikkataajuuksiin. (Owsley 2011: 1611.)

Eri silmäsairaudet kuten kaihi, silmänpohjaikärrapeuma ja korjaamaton myopia vaikuttavat samankaltaisesti kontrastiherkkyden alenemiseen. Kontrastiherkkyden tutkimisella on kiistelty merkitys sairauden diagnosoinnissa, mutta yhdessä muiden tutkimusten kanssa se antaa paremmin tietoa henkilön terveydentilasta ja siksi sen mittaamista pidetään tärkeänä. Useiden tutkijoiden mukaan kontrastiherkkyden aleneminen silmäsairaudesta tai muusta poikkeavasta johtuen voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään. (Elliot 2006: 251.)



Kuvio 3. Kontrastiherkkyden muutostyypit (Hyvärinen 2014).

Ensimmäisen ryhmän muodostavat ne joiden, kontrastiherkkyys on alentunut korkeilla paikkataajuuksilla, mutta matalataajuisen informaation havainnointi on normaalia. Tällöin näöntarkkuus on myös yleensä alentunut. Usein silmäsairauksien alkuvaiheessa, kuten kaihin ja ikään liittyvän makuladegeneraation tapauksessa muutokset ovat ensimmäisen ryhmän kaltaisia. (Elliot 2006: 251.)

Toisen ryhmän muodostavat ne, joiden kontrastiherkkyys on alentunut kaikilla paikkataajuuksilla. Silmäsairauden edetessä kontrastiherkkyden muutokset lisääntyvät matalissa paikkataajuuksissa ja ensimmäisen ryhmän muutokset muuttuvat toisen ryhmän

kaltaiseksi. Näöntarkkuuden muutoksista ei voi päätellä sitä, että minkä tyyppin kontrastiherkkyyspuutos potilaalla on. (Elliot 2006:251.)

Kolmanteen ryhmään kuuluvilla kontrastiherkkyys on normaali korkeilla paikkataajuuksilla, mutta havainnointi matalilla paikkataajuuksilla on heikentynyt. Näöntarkkuusarvo on myös yleensä normaali. Kolmannen ryhmän kontrastiherkkyysmuutoksia esiintyy potilailla, joilla on diagnosoitu muun muassa näköhermonpään tulehdus, multippeliskleroosi, primääri avokulmaglaukooma, papilloödeema, diabetes, Parkinsonin tauti ja Alzheimer. Nämä sairaudet vaikuttavat tavallisesti laajalti koko näköjärjestelmään. (Elliot 2006: 251.)

4.3 Liikennenäkeminen

Näkö, joka täyttää ajokorttivaatimukset ei välttämättä varmista turvallista liikennenäköä. Vaadittujen näöntarkkuuden ja näkökentän laajuuden lisäksi on monia muita näön toiminnan osia, jotka ovat tärkeitä liikenneturvallisuuden kannalta. Näitä ovat hämäränäkö, häikäisyalttius, kontrastien eli vaaleus- tai tummuuserojen näkeminen, syvyysnäkö sekä värinäkö. (Mäntyjärvi 2007:25.)

Hyvärisen mukaan, liikennenäön laadun seuraamisen siirtäminen terveyskeskuslääkäreiden tehtäväksi on herättänyt keskustelun näön mittaamisen yksityiskohdista. Näön arvioimisessa tulisi mitata näöntarkkuus, kontrastiherkkyys, näkökenttä ja tarvittaessa värinäkö sekä ottaa kantaa toimintakykyyn ajotilanteissa. Terveyskeskuslääkäreiden suorittama tutkimus ei kuitenkaan Hyvärisen mukaan ole perusteellinen toiminnallisen näön ja näkökyvyn mittaus, vaan muutaman näkötestin käyttöön perustuva seulontaluonteinen mittaus. (Hyvärinen 2014.)

Liikenteessä kontrastien eli maiseman vaaleus- tai tummuuserojen ja yksityiskohtien erottaminen sateessa, sumussa, hämärässä tai lumituiskussa voi olla normaalisilmäisellekin hankalaa. Vielä vaikeampaa se on huonosta kontrastinäöstä kärsivälle. Alentunut kontrastien erotuskyky voi aiheutua esimerkiksi eräistä silmäsairauksista kuten harmaakaihista. Lisäksi korjaamaton tai alikorjattu silmän valontaittovirhe voi aiheuttaa huonoa kontrastinäköä. Kontrastinäön mittaamisella saadaan hyvä käsitys hämärässä näkemisestä ja liikenneturvallisuudesta. Aiemmissä tutkimuksissa on todettu merkitsevä korrelaatio hämäränäön ja kontrastinäön välillä: kun kontrastinäkö on huono, myös hämärässä näky huonosti. (Mäntyjärvi 2007:25.)

Sosiaali- ja terveysministeriön ajoterveyden asetuksen muistion mukaan, lääkärin tulee tutkimuksessaan kiinnittää huomiota häikäistymis- ja kontrastiherkkyiden mahdollisiin poikkeamiin esitietoja kerätessään ja potilasta haastatellessaan, erityisesti jos tutkittava henkilö on iäkäs tai hänellä on silmäsairauksia. Jos ilmenee syytä epäillä häikäistymistä tai kontrastinäön poikkeamia, tulee potilas lähettää silmätautien erikoislääkärin tutkimukseen. (Sosiaali- ja terveysministeriön muistio 2011:5.)

Muistion mukaan kontrastiherkkyttä voidaan pitää merkittävästi heikentyneenä, jos se on alle 20 (Cambridge) tai sen logaritmiarvo on alle 1.30 (Pelli-Robson). Kontrastin arvoa voidaan pitää merkittävästi heikentyneenä, jos se on yli 0.05 tai kontrastiprosentin arvo yli 5 % (LH taulut). Vistech (F.A.C.T.) testeillä mitattuna kontrastiherkkyiden merkittävänä heikentymisenä voidaan pitää tilannetta, jossa testitulos on selvästi alle tuloskaavakkeessa merkityn harmaan normaalialueen. (Sosiaali- ja terveysministeriön muistio 2011: 6.)

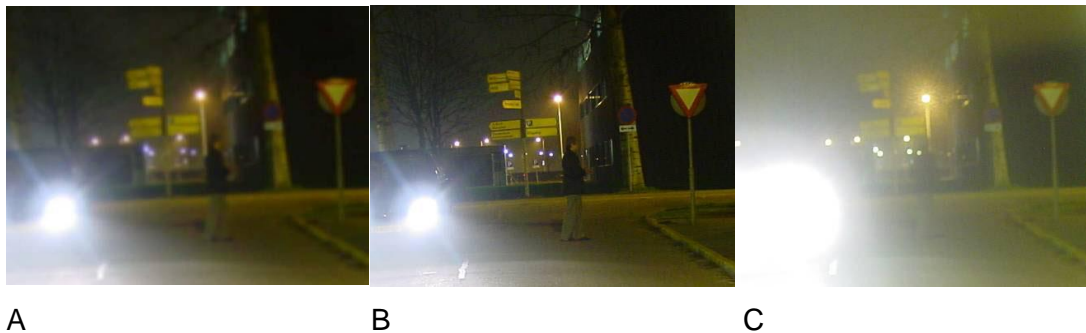
4.3.1 Hämäränäkö

Silmämme pystyvät sopeutumaan kaikkiin luonnossa esiintyviin valaistusolosuhteisiin. Hämärässä valaistuksessa emme kuitenkaan näe tarkasti, sillä tarkan näkemisen alueen näkösolut toimivat vain kirkkaassa valossa. Sopeutuminen hämärästä valoisaan tapahtuu suhteellisen nopeasti kestäen noin minuutin, mutta toisinpäin prosessi on hitaampi. Sairauden seurauksena hämäränäkö voi heikentyä ja sopeutuminen valaistustason muutoksiin, etenkin alhaisempaan tasoon sopeutuminen on hitaampaa tai saattaa lakata jopa kokonaan. Pimeässä autolla ajon tekee ongelmaksi varsinkin valaistustasojen suuri vaihtelu pimeän ympäristön ja ajoneuvon valojen valaiseman alueen reunoilla. Lumisella tiellä on täysin pimeässäkin helpompi ajaa kuin syksyn sateilla tummalla märällä tiellä, koska lumi tasoittaa valaistuseroja heijastaen auton valoja laajemmalla alueella. (Optometria 2014.)

4.3.2 Valon sironnan vaikutus näkemiseen

Pimeällä vastaan tulevan ajoneuvon valojen häikäisy voi hetkellisesti huonontaa näöntarkkuutta huomattavasti ja toipuminen häikäisystä voi viedä normaalin muutaman sekunnin sijasta useita kymmeniä sekunteja. Tällöin saattaa liikenteessä syntyä vaaratilanteita. (Mäntyjärvi 2007: 25.)

Pelkkä pienten yksityiskohtien näöntarkkuuden alenema ei ole ainoa oire silmän väliaineiden häiriöistä, sillä häiriöt voivat aiheuttaa myös valon sirontaa ja saada aikaan sutuisen verkkokalvon kuvan. Valon kiusallisen siroamisen yhteydessä potilaat saattavat valittaa esimerkiksi sumuista näköä, lisääntyntä heijastusvaikutelmaa sekä kontrastien ja värien heikentymää. Nämä ongelmat korostuvat, jos näkö on jo valmiiksi alentunut verkkokalvon sairauksien seurauksena, kuten esim. makuladegeneraation tai glaukooman yhteydessä havaitaan. Valon hajonta silmässä vähentää verkkokalvolle muodostuvien kuvien kontrastia huonontuen nähdyn kuvan laatua. Mitä enemmän valon sirontaa tapahtuu sitä huonompi on toiminnallinen näkö. On tärkeää ymmärtää, että valon sironnan vaikutus näköön on täysin eri asia kuin alentunut näöntarkkuus. (Van den Berg 2007:2.)



Kuva 1. Kuvassa A on huono näöntarkkuus 0.4. Kuvassa B on normaalinäkö 1.0. Kuvassa C on lisääntynyt häikäisy. (Van den Berg 2007:3.)

Valon sironta vähentää nähdyn kuvan kontrastia verrattuna verkkokalvolle heijastuneeseen kuvaan. Valon sironnan määrän lisääntyessä kontrastierotuskyky heikkenee. Valon sironnan ja kontrastiherkkyden välistä yhteyttä voidaan mitata siten, että mittaustilanteessa testitaulun vierelle asetetaan voimakkaasti häikäisevä valonlähde. (Van den Berg 2007:4.)

5 Kirjainkontrastiherkkyystestin rakenne

Painetut kontrastiherkkyystestitaulut ovat yhä käytössä, mutta tietokonepohjaiset testimenetelmät ovat kasvattaneet suosiotaan, koska ne tarjoavat laajan ja tehokkaan, tarpeisiin sopivan mittausmenetelmän. Niissä on laaja valikoima ärsykeitä, mikä tehostaa testin tuloksia positiivisesti ja vähentää arvaamisen vaikutusta. Näin jokainen mittauskerta on informatiivinen eikä testauksia tarvitse suorittaa yhtä monta kuin ennen. (Pelli & Bex 2013: 10.)

5.1 Kontrastiherkkyystestin kirjaintestimerkit

Monissa kliinisissä kontrastiherkkyystesteissä käytetään SLOAN-kirjaimia D,H, N, V,R, Z, S, K, O ja C sekä britti-kirjaimia D,H, N, V, R, Z, F, P, E ja U. Näiden kirjaimien luettavuus on samankaltainen. Kontrastiherkkyystestien tulee edetä yhdenmukaisesti logaritmisin mallin mukaan, sillä aivot käsittelevät kontrastitiedon logaritmisesti. Kirjaimet toimivat testimerkkeinä hyvin, koska niiden avulla voidaan muodostaa testi, johon tutkitavan on pakko vastata ja vastausvaihtoehtoja on useita. (Elliot 2006:256.)

Kohteen tunnistaminen havaintokyvyn ääri rajoilla onnistuu hyvin tutuilla kirjaimilla. Kirjainten esitysmuoto ovat hyvin kompakti ja niiden tunnistus välittyy aivoihin useiden kanavien kautta. Juovastotesteihin verrattuna niiden tunnistaminen välittyy useamman kanavan kautta, ns. monikanavamallin mukaisesti. Tutkimusten mukaan kanavat ärsyyntyvät yhtä paljon heikosti havaittavasta juovastokuvioista kuin helposti havaittavasta kirjainmerkistä. (Solomon & Pelli 1994: 395.)

Kirjain, jonka paikkataajuus muodostuu kolmesta syklistä, on tehokkaampi ärsyke näköjärjestelmälle kuin matalampi tai korkeampi taajuuksinen kohde. Kirjaimen ja juovaston samankaltainen havaitseminen kontrastiherkkyysfunktion perusteella on todettu tutkimuksissa. (Solomon & Pelli 1994:395.)

5.1.1 NEURO-kontrastiherkkyystestin kirjaimet

NEURO -testi on kirjainkontrastiherkkyystesti, jossa testimerkkeinä käytetään SLOAN -kirjaimia. NEURO -testissä jokaisella kirjaimella on oma kontrastitasonsa. Kontrasti alenee porrastetusti kirjain kirjaimelta 0,15 logaritmiyksikön verran vasemmalta oikealle

edettäessä. Testitauluja on kolme kappaletta ja ne ovat A4 kokoa. Niissä kaikissa on samanlainen kontrastitaso ja kirjaimet ovat eri kirjaimia eri tauluissa. Tällä tavalla yritetään minimoida kirjaimien ulkoa oppimista ja saadaan testistä luotettavia tuloksia. Jokaiselle testitaululle on oma testiavain, josta selviää testimerkin edustama kontrastiherkkyysarvo. Testitaulut on tulostettu paksulle savipintaiselle paperille tarkkojen digitaalisten valokuvien tulostamiseen tarkoitetulla graafisella tulostimella. Testimerkit on kaistanpäästösuodatettu (3 sykliä per kirjain) keskiharmaaseen taustaan ja siksi ne eivät ole tarkkarajaisia. Testimerkkien erikoisella suodatuksella on päästy siihen, että kuvioiden keskimääräinen valon tiheys eli luminanssi ei muutu, kun kuvion kontrastia muutetaan. (Päällysaho 2014.)

Testissä käytetään kirjainkontrastiherkkyystestille tyypillisen Weber -kontrastin sijaan RMS -kontrastia, koska testikirjaimet ovat digitaalisesti tarkkaan suodatettuja. RMS -kontrasti kuvaa valontiheysjakauman suhteellista keskihajontaa ja on siksi sopiva kuvaamaan jatkuvien valontiheysjakaumien kontrastia. (Päällysaho 2014.)

Tutkimusetäisyys ei ole kriittinen testikirjainten rakenteen vuoksi. Käyttökelpoiset tutkimusetäisyydet ovat 1-2 metriä, mutta yhden metrin etäisyys on suositeltavin. Taulujen pienen koon takia ja tarkan kaistanpäästösuodatuksen ansiosta tutkimustilan valaistus ei ole kriittinen tekijä ja normaali huonevalaistus on testin suorittamiseen riittävä. (Päällysaho 2014.)

6 Sähköisellä näytöllä esitettävä kontrastiherkkyystesti

6.1 LCD-näytön tekniikkaa

Litteitä näyttöjä kutsutaan LCD (Liquid Crystal Display) -näytöiksi. Yksi litteiden näyttöjen tärkeimmistä ominaisuuksista on niissä käytetty paneelitekniikka. LCD-näytöissä kuvapisteet eivät itse luo valoa, vaan suodattavat niiden takaa tulevaa tasaista taustavaloa. Markkinoilla on nykyisin kolme tarkemmalta rakenteeltaan erilaista paneelityyppiä, joiden erot ovat kuvanlaadullisia. (Kuokka 2005:1)

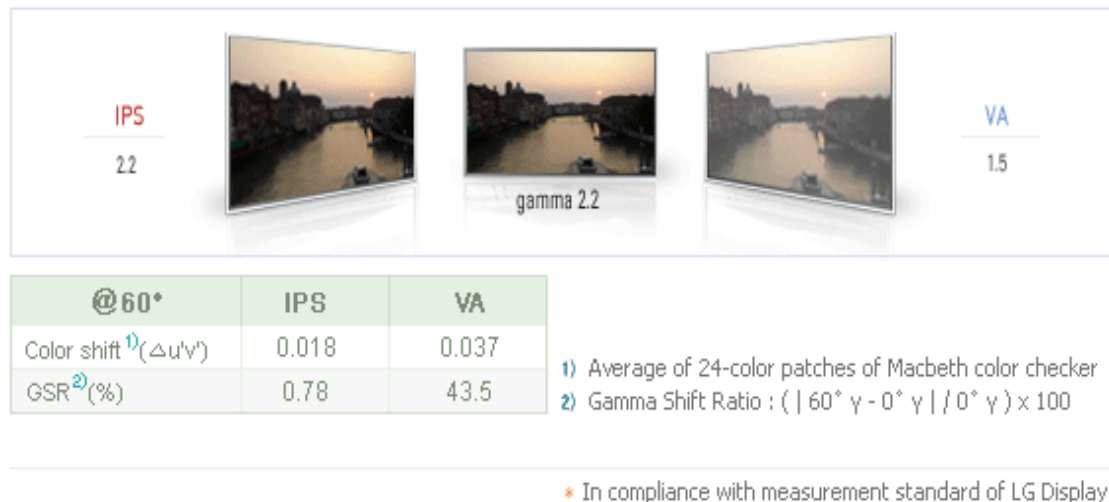
Yksinkertaisin, vanhin ja halvin LCD-paneelityyppi on tn-paneeli, joiden katselukulma on erittäin kapea erityisesti pystysuunnassa. Niiden kuva tummenee jyrkästi ja värit vääristyvät voimakkaasti katsottaessa näyttöä alhaalta. Ylhäältä katsottuna kuvan kontrasti heikkenee selvästi ja sivulta katsottuna väri kääntyy likaisen keltaiseen. (Kuokka 2005:1.)

Nykyisin kuvanlaadun vaatimusten lisääntyttyä käytetään pääasiassa kahta paneelitekniikkaa, MVA- ja IPS-tekniikkaa. MVA-paneeleissa käytännöllinen katselukulma on lähes yhtä laaja kuin IPS-paneeleissa, mutta sivusuunnasta katsottaessa kuvan tummimmat äärisävyt erottuvat paremmin kuin suoraan edestä. Myös valkoinen väri saa sivusta katsottaessa usein lievästi kellertävän sävyn. (Kuokka 2005:1.)

Todella hyvään väritoistoon päästään IPS-paneeleilla, joissa katselukulma on laaja sekä pysty- että vaakasuunnassa. Väritoiston ja katselukulman laajuuden osalta IPS-paneelit ovat ylivoimaisia muihin paneelityyppeihin nähden. (Kuokka 2005:1.) IPS-näytöillä jokainen punainen, vihreä tai sininen pikseli edustaa 8 bittiä (256 tasoa) väritasoa antaen näytölle tarkemman väritarkkuuden ilman, että sävytystä tarvitsee uudelleen säätää. IPS-paneelitekniikkaa käyttävät näytöt tarjoavat siten suuren skaalan värisävyjä. Tästä syystä valokuvaajat ja kuvataiteilijat suosivat niitä. Monet ammattinharjoittajat joiden työ vaatii tarkkaa värienkäyttöä käyttävät IPS-paneelitekniikalla varustettuja näyttöjä. (Baker 2013.)

Katsekulmat ovat laajempia IPS-paneeleissa ja näytön kontrastit sekä värit näkyvät selvästi katsekulmasta riippumatta. Tämä on hyödyllinen piirre erityisesti älypuhelimissa ja tableteissa. IPS-näyttöä käytetään esimerkiksi Applen iPadeissa. IPS-paneelin

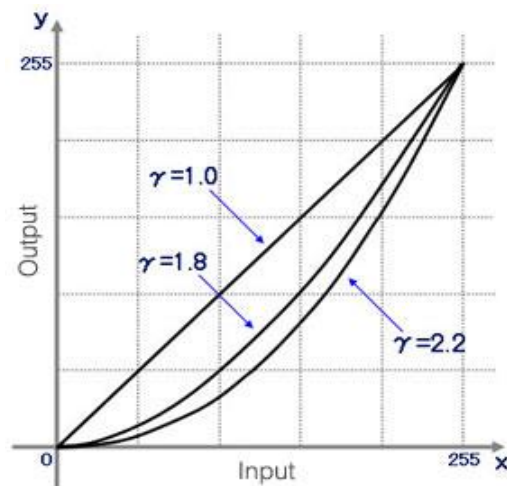
nimitys (In-Plane Switching) tulee siitä, että paneelin solukristallit ovat aina samalla paralleelilla tasolla paneelin nähden. Kun paneelin jännite soluissa muuttuu, sen solun kristallit muodostavat 90 asteen käännöksen. IPS-paneelitekniikka on ylivoimainen muihin verrattuna, koska siinä on suuret katselukulmat, hyvä värien toista ja stabiili kuva-laatu. (Baker 2013.)



Kuva 2. Kuvassa on esitetty IPS-paneelitekniikan merkitys näytön katselukulmaan.

6.1.1 Näyttöjen värintoistokyky

Näyttöjen värintoisto perustuu kolmen päävärin yhdistelmään: punainen (R), vihreä (G) ja sininen (B). Jokaisessa RGB värissä on 8 bittiä (256 sävyä) tietoa. Tuloksena on noin 16,77 miljoonaa väriä. Se, miltä värit lopulta näyttää riippuu gamma-arvojen (Y) suhteesta, jotka numeerisesti esittävät tietokoneen gammaominaisuuksia. Jos väri-informaation syöttöä kuvataan arvolla x ja ulostuloa arvolla y, niin gamma-arvon suhdetta voidaan kuvata yhtälöllä $y = xy$. (Fraser 2004: 61.)



Kuvio 4. Gamma-arvot on esitetty yhtälöllä $y=xy$. Ideaali gamma-arvo on 1.0, jolloin $y = x$ (Fraser 2004: 36).

Yleisesti näyttö toistaa välialueen sävyt tummempina. Gamma-arvo kertoo tämän tummenemisen (epälineaarisuuden) voimakkuuden. Väri-informaation tasapainottamista vastaamaan laitteen gamma-arvoja kutsutaan gammakorjaukseksi eli gamma-käyräksi. Käyttäjien ei tarvitse useinkaan säätää näytön värintoistoa, koska gammakorjaus on yleensä asennettu automaattisesti näyttöön. (Niska 2010:1.)

Gamma- eli kontrastilineaarisuuskäyrä kuvaa sitä, kuinka tarkkaan kuvan kirkkaus vastaa teräväpiirtostandardin mukaista arvoa eri harmaasävyillä. Jos mitattu käyrä on vertailukäyrän yläpuolella, niin kuva toistuu näiltä osin liian vaaleana ja loivana. Vastakkaisessa tilanteessa kuva on turhan tumma ja jyrkkä. (Niska 2010:1.)

6.1.2 iPadin näytön rakenne

iPad on Applen suunnittelema ja markkinoima tablettitietokone. iPadin näyttö on kosketusnäyttö, jossa on sormenjälki- ja naarmuuntumisesto. Näytön toiminta perustuu sensoreihin, joista valosensori sovittaa näytön kirkkauden ympäröivään valoon ja 3-akselinen sensori aistii iPadin orientaation ja vaihtaa näyttötiloja. iPadin sisäänrakennettu sovellus tukee näytönkiertoa kaikissa neljässä suunnassa, eikä laitteessa ole olennaista alkuperäisorientaatiosuuntaa. Siitä löytyy vain kunkin hetkinen relatiivinen asento ja kotinapin paikka. (Apple 2014.)

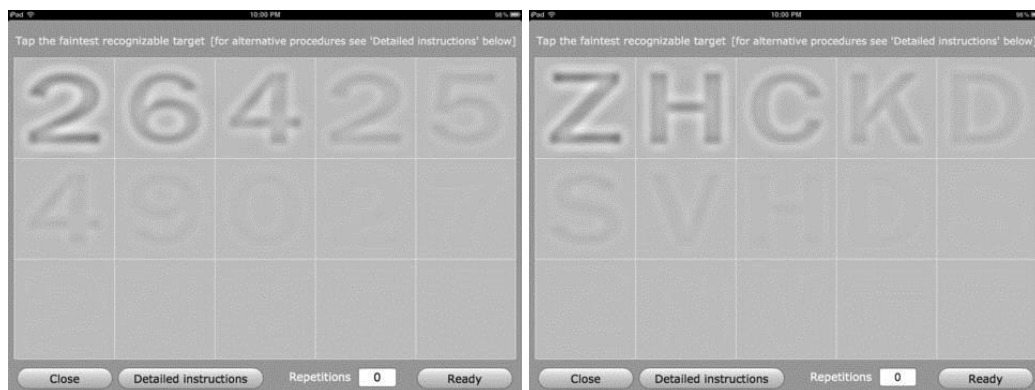
Uusimman sukupolven iPad Airin retina-näyttö on 9,7 tuuman LED-taustavalaistu H-IPS-näyttö. Näytön tarkkuus on 2048 x 1536, resoluution ollessa 264 pikseliä tuumalla.

iPadin näytön värejä ei käyttäjä voi säätää, sillä Apple on lukinnut iPadin kalibroitijärjestelmän tehtaalla. Käyttäjä ei siis voi muuttaa sitä, miten iPad toistaa värisävyt näytöllä. iPadiin on saatavilla sovelluksia, joilla voi muuttaa kyseisen sovelluksen sisällä väriasetuksia, mutta muutokset koskevat vain kyseistä sovellusta eivätkä ulotu muualle iPadiin. (Apple 2014.)

6.2 Contrast chart -sovellus

Sovelluksessa kontrasti on määritetty ”root mean square”-kontrastina (RMS-kontrasti) ja kontrastikynnys viittaa kontrastiin, jossa kohteen oikein tunnistettavuuden mahdollisuus on yhtä kuin 75 % (Näsänen 2014.)

Contrast chart-sovelluksen testissä käytetyt havaintokohteet ovat kaistanpäästösuodatettuja numeroita tai kirjaimia valitusta testistä riippuen. Testin numerosarja koostuu numeroista 0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ja 9. Kirjainsarjassa on puolestaan C, D, H, K, N, R, S, V ja Z – kirjaimista. Testin havaintokohteet on muodostettu Franklin Gothic Medium-kirjaisintyylin kirjaimista sekä numeroista venyttäen niitä horisontaalisesti, jotta testi-merkin korkeus sekä leveys saadaan samanlaiseksi (verrattavissa SLOAN -kirjaimiin). Havaintokohteet on lisäksi suodatettu 1.5 oktaavin log-Gaussin kaistanpäästösuodattimella, jotta niiden keskipaikkataajuus on 3 sykliä per kirjain ja numero. (Näsänen 2014.)



Kuva 3. Contrast chart- testitaulunäkymät. Vaihtoehtona joko numerot tai kirjaimet. (Näsänen 2014.)

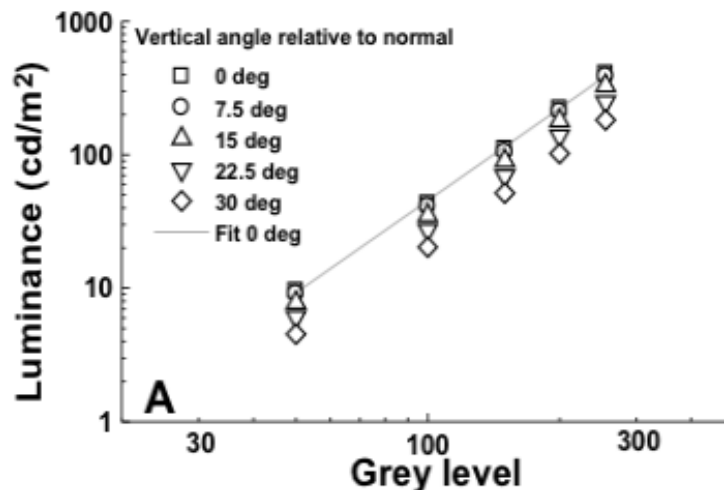
Sovelluksen kuviot ovat gammakorjattuja siten, että kuvan signaalia muutetaan käänteisellä luminanssiarvolla ennen sen kvantisoimista 256 harmaasävyyn. 4x4 Bayer mat-

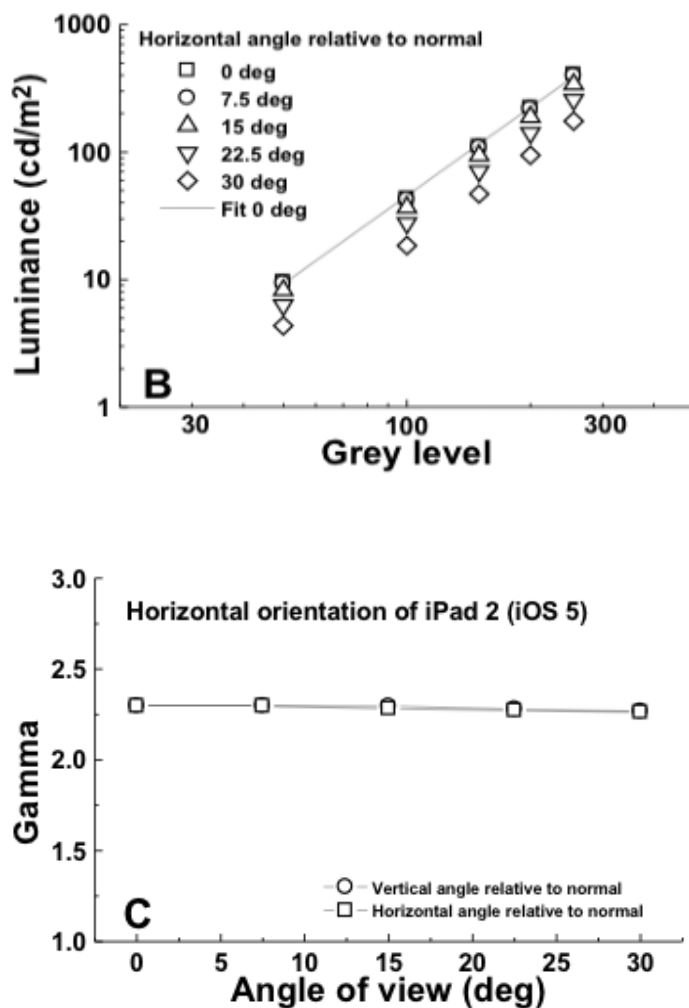
rix-signaali on myös lisätty gammakorjattuun signaaliin ennen sen kvantisointia harmaasävyjen määrän kasvattamiseksi. (Näsänen 2014.)

Psykometrinen funktio (oikeiden vastauksien osuus) logaritmisesta kontrastiherkkyydestä tuottaa perustan tutkittavan vastauksille. Kun valmis-painiketta napautetaan, sovellus etsii 75 %:n kohdan psykometrisesta funktiosta. Tämä kohta on arvioidun logaritmisesta kontrastiherkkyyden arvo. (Näsänen 2014.)

Sovellus tuottaa satunnaisia numero- tai kirjainjaksoja vähenevällä kontrastilla. Yhdessä jaksossa on 15 kuvaa ja yhdeksän mahdollista kirjainta, joten mahdollisten testisarjojen määrä on valtava. Tämän vuoksi tutkittavien testimerkkien oppimisella ei ole suurta merkitystä. (Näsänen 2014.)

Tietokonenäyttöissä luminanssivaste ei ole lineaarinen. Luminanssivastetta voidaan muuttaa gammafunktiolla. Gamman arvo vaikuttaa näyttöjen kontrastiin, minkä vuoksi sen merkitys on erittäin suuri, kun näyttöjä käytetään kontrastiherkkyyden mittaamiseen. Kun piirretään logaritmiset tuplakoordinaatit, luminanssivaste vastaa voimafunktiota lineaarisesti. Funktion kulmakerroin on gamma. iPad2:n mitattu normaali gamma-arvo on 2.297. Gamma-arvot voivat vaihdella +/- 30 astetta normaalin molemmin puolin, vaikka luminanssi on riippuvainen katselukulmasta. (Näsänen 2014.)





Kuvio 5. iPadin katselukulman vaikutus näytön luminanssiin ja gamma-arvoon (Näsänen 2014).

6.2.1 Mittauksen kulku

Testin suorittamiseksi on kaksi vaihtoehtoa, lyhyt tai pitkä menetelmä. Lyhyt menetelmä soveltuu nopeaan kliiniseen seulontaan. Testiä pitäisi tarkastella noin 90 asteen kulmasta iPad:in näyttöön nähden. Lisäksi huoneen valaistus tulisi järjestää niin, että huoneen valaisimet eivät aiheuta näkyviä heijasteita näytön lasipinnalle. (Näsänen 2014.)

Lyhyessä ja nopeassa testin suoritustavassa tutkittava napauttaa heikkoiten näkyvää kohdetta, jonka vielä erottaa matalakontrastisista kuvioista. Tämän jälkeen näytölle ilmestyy laatikko, jossa ilmoitetaan nähdyn kohteen kuvio ja sitä vastaava logaritminen

kontrastiherkkyysarvo. Laatikossa ilmoitetaan myös normaalina pidetyn kontrastiherkkyden raja-arvo. Jos kohde on sama kuin nähty ja kohteen logaritminen arvo on normaali, pitäisi tutkittavan kontrastinäkö olla kunnossa. (Näsänen 2014.)

Pidemässä testin suoritustavassa tutkimus aloitetaan kontrastitasosta, joka on helposti tunnistettavissa. Jos tutkittava vastaa siten, että vastaus on yhtenevä laatikossa annetun kuvion kanssa, painetaan oikein-nappia. Jos vastaus ei ole yhtenevä, niin painetaan väärin-nappia, mistä seuraa automaattisesti uusi testitaulu. Oikean tunnistuksen jälkeen pyritään kannustamaan tutkittavaa vieläkin matalampikontrastisten kuvioiden tunnistamiseen. Jos tutkittava ei ole varma vastauksesta, niin suositellaan arvaamista. Väärän tunnistamisen jälkeen pyritään tunnistamaan jälleen aikaisemmin oikein tunnistettu korkeakontrastisempi kohde. Tulosten tarkkuus kasvaa mittausten määrän kasvaessa. Valmis-painikkeen napauttaminen lopettaa testin ja antaa arvioidun logaritmissen kontrastiherkkyysarvon, joka vastaa arvoa, jolla kohteet nähdään oikein 75 %:n varmuudella. (Näsänen 2014.)

7 Mittauksen luotettavuudesta

Mittauksen luotettavuus on se taso, jossa testitulokset on toistettavissa testin tulosten pysyessä samoina. Luotettava testi tarkoittaa, että kun tutkittava saa hyvän tuloksen ensimmäisellä testauskerralla, hän saa sen myös seuraavalla mittauskerralla. Ne, jotka saavat matalan tuloksen ensimmäisellä kerralla saavat sen myös toisella kerralla. (Committee on vision 1985:49).

Tarkkuus liittyy luotettavuuteen. Mittauksen tarkkuus muodostuu todellisesta arvosta ja satunnaisesta virheestä. Satunnaisen virheen arvoa on mahdotonta tietää tarkkaan, mutta sitä voidaan arvioida tilastollisilla menetelmillä. Mittaustulosten tarkkuutta voidaan siten tarkentaa käyttämällä tilastollista luottamusväliä. Keskiarvon standardivirhe on yleisimmin käytetty tilastollinen tarkkuusmitta. Esimerkiksi, jos kontrastikyky on -2.00 log ja standardivirhe 0.05 . Gaussin todennäköisyysjakaumaa käyttämällä voidaan päätellä todellisen kontrastikykyä olevan -2.05 - -1.95 välillä, jonka tilastollinen todennäköisyys on 0.68 (68% :n luottamusväli on -2.05 - -1.95). (Committee on vision 1985:49.)

Yleisesti tilastollisissa tutkimuksissa käytetään 95% :in luottamusväliä, joka vastaa ± 1.96 kertaa standardivirhettä (tässä esimerkissä siis -1.9 :stä -2.10 :een). Testi, joka on käytettävyydeltään luotettavin ja joka antaa tarkimmat tulokset, on ihanteellisin valinta. Erityisesti näön tutkimiseen tarkoitettujen testien luotettavuus ja tarkkuus tulisi olla käyttäjän tiedossa. (Committee on Vision 1985:49.)

Luotettavuus on testille välttämätön ominaisuus. Tämä ei kuitenkaan takaa testin käytettävyyttä. Testillä pitää olla myös validiteetti. On olemassa kolme eri testivaliditeettia: sisältövaliditeetti, ennustettava validiteetti ja rakennevaliditeetti. Seulonnan kannalta ennustettava validiteetti on tärkein. Ennustettava validiteetti arvioi testin kykyä ennustaa testillä saavutettava tulos täsmällisesti. (Committee on Vision 1985:49.)

8 Tutkimustehtävä

Tutkimustehtävänäimme oli selvittää Contrast chart -sovelluksen käytettävyyttä ja luotettavuutta, sekä määrittää sille ikänormaalit viitearvot. Selvittääksemme käytettävyyttä ja luotettavuutta päätimme tehdä vertaavan tutkimuksen Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyydestin ja NEURO-testitaulujen välillä. NEURO-testin luotettavuutta ja käytettävyyttä on selvitetty opinnäytetyössä Kontrastiherkkyys ja sen mittaaminen; NEURO – kontrastiherkkyydestin luotettavuuden ja käytettävyyden arviointia (Tölli ja Pelkonen 2007). Opinnäytetyössä on määritetty NEURO:lle ikänormaalit viitearvot sekä suoritettu vertaava tutkimus NEURO-testitaulujen ja Pelli-Robson-kirjainkontrastiherkkyydestin välillä. Hyödynsimme edellä mainitun opinnäytetyön tutkimuksen tuloksia johtopäätöksissämme. Normaaliarvojen laskemiseen käytimme SPSS- tilastoanalyysiohjelmaa. Lisäksi vertasimme Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyydestin kahden eri suoritustavan (lyhyt ja pitkä testi) tuloksia toisiinsa.

Ennakkoon oletimme Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyydestillä saavutettavan luotettavia tuloksia. Oletimme myös, että Contrast chart -sovelluksella saatavat tulokset vastaavat NEURO-testin tutkimustuloksia. Kliinisessä tutkimuksessa ja seuloonnassa oletimme käytettävän pääasiassa testin lyhyttä suoritustapaa, jolloin tutkimuksemme tulisi kohdistaa kyseiseen testaustapaan.

9 Tutkimuksen toteutus

9.1 Normaaliarvojen määrittäminen

Määritimme Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyystestille normaalina pidettävät viitearvot mittaamiemme testitulosten perusteella. Normaaliarvoina voidaan pitää keskiarvoa, kun keskihajonta on otettu huomioon. Alaraja on tällöin [keskiarvo – SD] ja yläraja on [keskiarvo + SD], jossa SD on keskihajontaa kuvaava luku. Mitä suurempi on otoskoko, sitä varmemmin saadut arvot edustavat koko populaation normaaliarvoja. (Mäntyjärvi - Laitinen 2001:262.)

9.1.1 Aineiston keruu

Määrittääksemme opinnäytetyömme tuotoksena syntyneen normaaliarvojakauman Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyystestille keräsimme tarvittavan aineiston vuoden alussa pidetyn kenttänäöntarkastuspäivän aikana. Aineistoa täydensimme vielä helmikuussa yhden päivän aikana Turussa keräten aineistoa ikäjakauman ylärajalle. Tutkimusetäisyydeksi määritimme valmistajan suositusten mukaisesti yhden metrin. Kontrastiherkkyysmittauksia tehtiin yhteensä 53, mikä tarkoittaa 106 tutkittua silmää. Mittausjärjestelyt ja tutkimusjoukon valinta on selostettu edempänä luvussa 9.2.1

9.1.2 Saadut tulokset ja normaaliarvojen analysointi

Kirjasimme saamamme tulokset Excel-taulukkoon, joka on liitteenä työmme lopussa (liite 1), sekä laskimme normaaliarvot SPSS -ohjelman avulla. Normaalialueen rajoina voidaan pitää keskiarvoa (\bar{x}) \pm keskihajontaa (SD). Oheisessa taulukossa (taulukko 1) on esitelty Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyystestillä saadut normaalit ikäviitearvot.

Taulukko 1. Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyydestin kontrastiherkkyyssarvojen keskiarvot (ka) ja keskihajonta (SD) ikäryhmittäin. N = ikäryhmään kuuluvien henkilöiden lukumäärä.

ikäryhmä	OD ka ± SD	OS ka ± SD	N
30 v. tai alle	2,23 ± 0,21	2,21 ± 0,19	13
31–40	2,16 ± 0,20	2,15 ± 0,19	10
41–50	2,07 ± 0,17	2,09 ± 0,16	10
51–60	2,05 ± 0,14	2,05 ± 0,16	10
yli 60v.	2,02 ± 0,17	1,99 ± 0,23	10

Laskemiemme normaaliarvojen otoskoko on pieni edustaakseen koko väestöä. Pidimme otoskokoja kuitenkin riittävänä, sillä vertasimme laskemiamme normaaliarvoja NEURO -kontrastiherkkyydestille kerättyyn laajaan normiaineistoon (Pelkonen – Tölli 2007: 30). Nämä kaksi kontrastiherkkyydestiä ovat toimintaperiaatteiltaan samanlaiset. Totesimme normaaliarvojen olevan hyvin samanlaisia NEURO:n normaaliarvojen kanssa.

9.2 Vertaava tutkimus

Tutkimuksessa vertasimme Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyydestiä ja NEURO- testiä keskenään. Tarkoituksenamme oli selvittää antaako iPadin kontrastiherkkyydesti luotettavia tuloksia.

9.2.1 Tutkimusjoukon valinta ja mittausten toteuttaminen

Tutkimuksemme koehenkilöt koostuivat pääosin Helsingin Ammattikorkeakoulu Metropolian opiskelijoista ja henkilökunnasta. Tutkimuksemme osallistui myös tutkittavia Turun optikkoliike Synsam Optikko Rahkoselta. Keräsimme kyseisessä optikkoliikkeessä Turussa yhden päivän ajan tutkimuksen aineistoomme tutkittavia ikäjakauman ylärajalta. Teimme suuren osan tutkimuksista kurssimme kenttänäöntutkimusten yhteydessä, joka toteutettiin tammikuussa 2014. Oppilaitoksessa opiskelevat ja työskentelevät henkilöt olivat varanneet ajan näöntarkastukseen, jonka yhteydessä teimme kontrastiherkkyydestin. Näöntutkimusajan sai varata Metropolian opiskelijoiden ja henkilökun-

nan verkkosivuilta, Tuubista. Turussa Synsam Optikko Rahkosella pyysimme asiakkaita, jotka tulivat näöntarkastukseen tai noutamaan uusia silmälasia, osallistumaan kontrastiherkkyystestiin. Asiakkaat osallistuivat mielellään ja tutkimusaika oli lyhyt.

Alkuperäisen tutkimussuunnitelman mukaan olimme suunnitelleet keräävämmme aineiston kolmen päivän aikana isossa optikkoliikkeessä. Olimme sopineet Helsingin Silmäsema Kaivopihan kanssa kolme tutkimuspäivää 21.1.–23.1.2014, mutta tutkimuspäivinä liikkeessä oli erittäin kiire ja työntekijöitä oli töissä kyseisinä päivinä vajaa määrä. Koimme olevamme tiellä, emmekä saaneet siten suoritettua aineiston keruuta ennakkoon suunnitellulla tavalla. Tämän jälkeen meidän piti nopeasti selvittää, missä olosuhteissa pystyisimme suorittamaan tutkimuksemme ja onneksi pääsimme hyödyntämään opetukseemme kuuluvaa kenttänäöntutkimuspäivää. Haasteenamme oli saada riittävä määrä tutkittavia eri ikäryhmistä, koska kenttä tutkimusten yhteydessä tehtyihin näöntarkastuksiin ei saapunut asiakkaita ikäjakauman ylärajalta. Turussa vapaaehtoisia tutkittavia ilmoittautui paljon ja ikäjakauman yläraja saatiin otettua tutkimukseen mukaan, joten tutkimus saatiin toteutettua alkuperäisessä laajuudessaan. Mittausten järjestely ja suunnittelu, sekä testitilan etukäteisvalmistelut sujuivat nopeasti.

Teimme tutkimuksemme Metropolian Ammattikorkeakoulu Bulevardin toimipisteen luokkatilassa 28.1.2014, ja päivän kestoisen tutkimuksen Turussa Synsam Optikko Rahkosella 4.2.2014. Ammattikorkeakoululla testitila koostui yhdestä luokasta ja siellä olevasta mittauspisteestä. Luokassa oli myös näöntutkimuspisteitä. Asetimme testitaulut niin, että kummastakin testitaulusta oli yhden metrin matka tutkittavaan ja testitaulun katselukulma oli 90-astetta. Varmistimme myös, että muut valaisimet eivät heijastuneet näytön pinnasta. Emme mitanneet luminanssiarvoja testien pinnoilta, sillä testien valmistajien mukaan valaistuksen määrä ja katselukulma eivät vaikuta testin suorittamiseen. Suositeltu riittävä yleisvalaistus tilassa oli hyvä. Turussa toteutimme tutkimuksen vastaavasti, mutta optikkomyymälän takahuoneessa.

Tutkimus aloitettiin siten, että kysyimme tutkittavan iän ja oliko hänellä käytössä silmälasia tai piilolaseja. Saimme tietää tutkittavien kauko- ja lähinäöntarkkuudet samassa luokkatilassa tehtyjen näöntutkimusten ansiosta. Mittasimme kontrastiherkkyiden NEURO-testillä ja Contrast chart -sovelluksella.

Tutkimus kesti 5 – 10 minuuttia tutkittavaa kohden ja tutkimus sujui ennakkosuunnitelmien mukaan. Tutkittavat olivat kiinnostuneita kontrastiherkkyydestään ja monet eivät

olleet kuulleet asiasta aikaisemmin. Kerroimme tutkittaville, mitä kontrastinäkeminen tarkoittaa. Annoimme suullisen palautteen tutkittavan kontrastinäöstä.

9.2.2 Tutkimusjoukon kuvaus

Tutkimusjoukko koostui 53 Helsingin Ammattikorkeakoulu Metropolian opiskelijasta ja henkilökunnasta sekä Synsam Optikko Rahkosen asiakkaista. Heistä 30 oli naisia ja miehiä oli 23. Alle 30-vuotiaita oli 13, 31 – 40-vuotiaita oli 10, 41–50-vuotiaita oli 10, 51–60-vuotiaita oli 10 ja yli 60-vuotiaita oli 10. Koko tutkimusjoukosta 30 oli käytössä silmälasit.

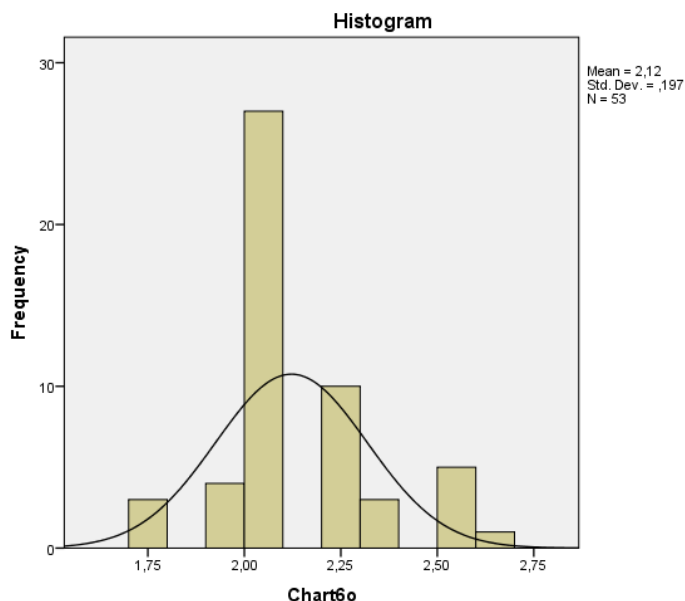
9.2.3 Tutkimusaineiston analysointi

Analysoimme tutkimusaineistoamme SPSS (Statistical Paggage for Social Sciences) -tilastoanalyysiohjelman avulla. Opinnäytetyömme on luonteeltaan kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus. Kvantitatiivisen tutkimuksen avulla voidaan selvittää eri asioiden ja ilmiöiden välisiä riippuvuuksia, sekä lukumääriin ja prosenttiosuuksiin liittyviä kysymyksiä. Kvantitatiivisen tutkimuksen perusteella tehtävien johtopäätösten edellytyksenä otoskoon olisi oltava riittävän suuri ja edustava. Tuloksia voidaan havainnollistaa taulukoiden ja kuvioiden avulla. (Heikkilä 2004: 16.)

Tarkastelimme aineistomme mahdollista jakautumista normaalisti kontrastiherkkyysarvojen suhteen SPSS-ohjelmalla Shapiro-Wilk-testiä käyttäen. Testi sopii tilanteisiin, jossa halutaan verrata kahden populaation jakaumien muotoja toisiinsa. Testiä voidaan käyttää, jos tutkittavat kaksi otosta ovat toisistaan riippumattomia, otokset ovat satunnaisia tai mittaus on vähintään järjestysasteikollinen, ja taustalla oleva satunnaisuusmuuttuja on jatkuva. Otoksoon ollessa yli 30 arvojen oletetaan jakautuvan normaalisti, eikä testiä aina suoriteta. Halusimme kuitenkin varmistaa arvojemme normaalisti jakautumisen valitaksemme aineistolle parhaiten soveltuvat vertailutestit.

Shapiro-Wilk-testi ei voinut antaa täydellistä varmuutta, mutta silmämääräisesti tarkasteltuna aineistomme näyttäisi kuitenkin jakautuvan normaalisti. Voisimme olettaa aineiston jakautuvan normaalisti suuremmalla todennäköisyydellä, mikäli otoskokomme olisi ollut suurempi. Kuviossa 6 on esitetty yhden testitaulun kontrastiherkkyysarvojen

jakautuminen. Arvot jakautuvat normaalijakauman muotoisesti, mutta jakauma on hieman huipukas.



Kuvio 6. Contrast chart-testin arvojen jakautuminen vasemman silmän mittaustulosten kesken. Jakauma mukailee normaalijakauman käyrää ollen hieman huipukas.

Käytimme Wilcoxonin merkkitestistä verrataksemme onko NEURO:lla ja Contrast chart -kontrastiherkkyystestillä mitatut kontrastiarvot jakautuneet samankaltaisesti. Valitsimme kyseisen parametrittomien arvojen testin t-testin sijaan, koska aineistomme oli hieman huipukas normaalijakaumaan nähden. Wilcoxonin merkkitestistä voidaan käyttää verrannollisten pariin t-testin sijasta, kun aineiston normaalijakaumaoletus ei ole voimassa. Wilcoxonin merkkitestin avulla voidaan tutkia, ovatko kahden toisistaan riippuvan otoksen jakaumat samankaltaiset. Otokset ovat toisistaan riippuvia, esimerkiksi kun vertailtavat mittaukset on tehty samalle henkilölle. Testi sopii tilanteeseen, jossa kyseessä on parittainen tai kaltaistettu mittaus, ja mittauspareista pystytään erottamaan pienempi ja suurempi arvo. Tämän lisäksi havaintojen väliset erot pystytään laittamaan myös suurusjärjestykseen. (Metsämuuronen 2004:100.)

Testasimme hypoteesia: Contrast chart -testi antaa yhtä suuria arvoja NEURO-testin kanssa. Hypoteesin muotoilimme ennako-oletuksen perusteella testien samankaltaisuudesta. Testin tuloksena positiiviset ja negatiiviset arvot ovat jakautuneet hypoteesitamme poiketen. Testin mukaan, Contrast chart -testi antaisi pienempiä arvoja kuin NEURO -testi. Arvelimme tämän eron hypoteesimme ja testin tuloksen välillä johtuvan

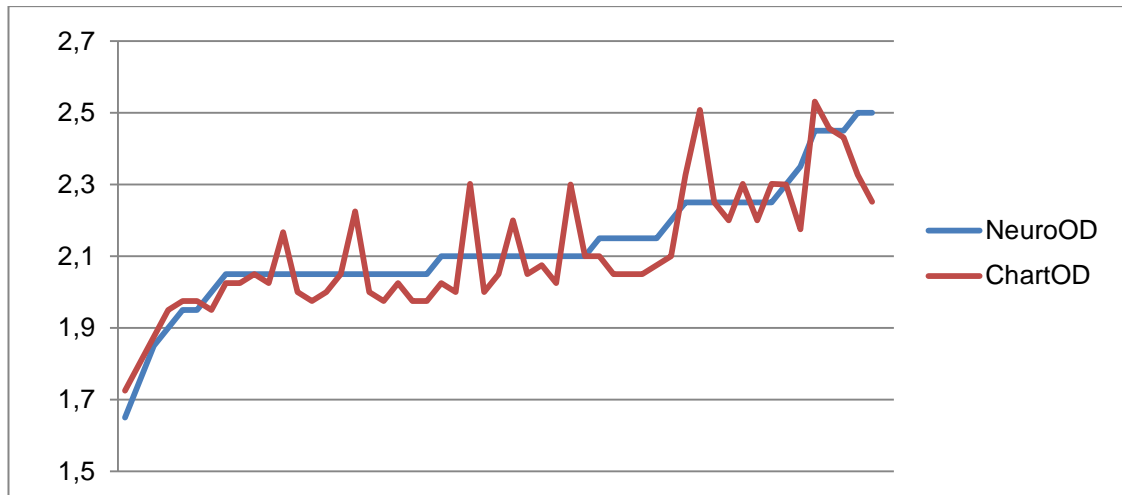
ehkä siitä, että testissä vertailimme NEURO-testillä ja Contrast chart -testillä saavutettujen tuloksien keskiarvoja. Mittasimme NEURO-testillä tutkittavan molemmat silmät kolme kertaa ja Contrast chart -testillä kuusi kertaa. Keskiarvojen laskenta koostui siten testien kohdalla eri toistomääristä, jolloin poikkeamat mittaustuloksissa voisivat vaikuttaa keskiarvoon. Oheisessa taulukossa (taulukko 2) on esitelty Wilcoxon -testin tulokset.

Taulukko 2. Wilcoxon -testin tulokset. Testissä on tutkittu Contrast chart -testillä ja NEURO-testillä saatujen monokulaaristen testitulosten keskiarvoja keskenään.

Ranks				
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
ChartOD – NeuroOD	Negative Ranks	32 ^a	25,64	820,50
	Positive Ranks	19 ^b	26,61	505,50
	Ties	2 ^c		
	Total	53		
ChartOS – NeuroOS	Negative Ranks	31 ^d	25,13	779,00
	Positive Ranks	20 ^e	27,35	547,00
	Ties	2 ^f		
	Total	53		

a. ChartOD < NeuroOD d. ChartOS < NeuroOS
 b. ChartOD > NeuroOD e. ChartOS > NeuroOS
 c. ChartOD = NeuroOD f. ChartOS = NeuroOS

Piirsimme aineiston keskiarvoista kuvaajan Excel-taulukko-ohjelman avulla tarkastellaksemme keskiarvojen suhdetta toisiinsa. Järjestimme arvot suurusjärjestykseen pareittain. Havaitimme kuvion vahvistavan epäilyjämme keskiarvojen käytettävyyden järkevyydestä testin vertailussa. Contrast chart -testin useampi toistokerta tuo aineistoon mahdollisia mittavirheitä tutkittavan oppimisen sekä keskittymiskyvyn herpaantumisesta johdosta. Lisäksi tietokonetestien toistettava kynnysarvomittaus tuo usein esille kynnysarvon vaihtelua, joka yleensä johtuu neuraalisen näköjärjestelmän hetkellisestä, sisäisestä signaali/kohina-suhteen vaihtelusta.



Kuvaaja1. Keskiarvojen suhde toisiinsa oikean silmän monokulaaristen mittatulosten kesken.

Päätimme tutkia asiaa lisää, sillä aineistomme oli silmämääräisesti tarkasteltuna mielestämme tasalaatuinen eli homogeeninen. Wilcoxon -testin tulokset poikkesivat siten aineiston tarkasteluun nähden liikaa. Teimme laskemillemme keskiarvoille parittaisen t-testin. Päätimme tehdä keskiarvojen parittaisen t-testin, vaikka aineistomme on lievästi huipukas. Vertasimme keskiarvojen keskiarvoja toisiinsa, josta saadut tulokset tukivat päätelmäämme mahdollisesta harhasta Wilcoxon-testissä.

Taulukko 3. Parittaisen t-testin tulokset, josta voidaan nähdä keskiarvojen olevan lähes yhtäläiset.

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Neurokaod	2,1245	53	,16745	,02300
	Chartkaod	2,1105	53	,17057	,02343
Pair 2	Neurokaos	2,1179	53	,17351	,02383
	Chartkaos	2,1060	53	,18304	,02514

Parittaisen t-testin tuloksena keskiarvojen luottamusväli eli arvoväli mille testitulokset 95 % varmuudella sijoittuvat on hyvin pieni. Tämä testitulos tukee päätelmää keskiarvojen todellisesta samankaltaisuudesta ja siten näiden kontrastiherkkyystestien antavan hyvin samankaltaisia arvoja.

Taulukko 4. Parittaisen t-testin luottamusväli keskiarvojen monokulaaristen mittatulosten kesken.

Paired Samples Test								
	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 Neurokaod – Chartkaod	,01406	,09500	,01305	-,01213	,04024	1,077	52	,286
Pair 2 Neurokaos – Chartkaos	,01189	,11663	,01602	-,02026	,04403	,742	52	,461

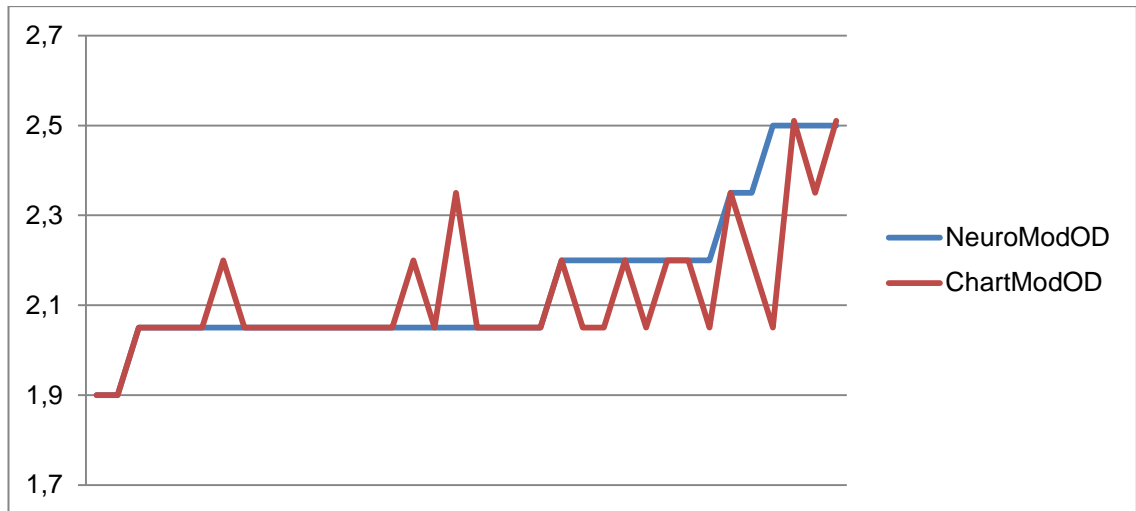
Näiden tutkimustulosten ja mittaustilanteessa tekemiemme huomioiden perusteella päätimme muokata aineistoamme poistaen mahdolliset mittausvirheet ja tehdä vertailut uudestaan muokkauksen jälkeen. Otimme aineiston keskiarvojen sijaan käyttöön aineiston mittaustulosten arvojen moodin, joka määräytyi Contrast chart-testin testirivin tuloksista 3 tai useamman saman arvon perusteella. Moodi on aineistossa useimmin esiintyvä arvo. Mikäli testirivin kontrastiherkkyysarvoista moodia ei löytynyt, vaan olimme joutuneet laskemaan keskiarvon, jätimme rivin huomiotta, sillä epäilimme sen sisältävän tutkittavasta riippuvan mittavirheen. NEURO-testin moodiksi määräytyi arvo, jota oli testirivillä 2 tai useampi. Muutosten jälkeen tutkittava aineisto koostui 36 tutkittavasta, jonka katsoimme edelleen olevan riittävän kokoinen ja edustava otos. Toistimme edellä tehdyt vertailutestit muokatulle aineistolle.

Taulukko 5. Wilcoxon -testin tulokset monokulaarisille kontrastiherkkyysmittatuloksille moodien kesken.

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
ChartModOD - NeuroModOD	Negative Ranks	7 ^a	7,29	51,00
	Positive Ranks	5 ^b	5,40	27,00
	Ties	24 ^c		
	Total	36		
ChartModOS - NeuroModOS	Negative Ranks	10 ^d	7,30	73,00
	Positive Ranks	4 ^e	8,00	32,00
	Ties	22 ^f		
	Total	36		
a. ChartModOD < NeuroModOD d. ChartModOS < NeuroModOS b. ChartModOD > NeuroModOD e. ChartModOS > NeuroModOS c. ChartModOD = NeuroModOD f. ChartModOS = NeuroModOS				

Wilcoxon -testistä on luettavissa moodin perusteella vertailun aineiston tukevan hypoteesia, jossa NEURO -testi ja Contrast chart -testi antavat samanlaisia tuloksia. Tämä testi on enemmän linjassa aineistosta silmämääräisesti luettavissa olevan tiedon kanssa.

Piirsimme aineistosta myös uuden kuvaajan, josta on nähtävissä mitattujen arvojen noudattavan lähes sama käyrää. Arvojen yläpäässä vaihtelu on suurempaa. Kontrastiherkkyystestin käyttötarkoituksena voidaan pitää tutkittavien poikkeavien kontrastiherkkyksien havaitseminen, jolloin kriittisempää on testin alarajan arvojen luotettavuuden arviointi. Näiden arvojen kohdalla vaihtelu oli vain vähäistä tai sitä ei ollut ollenkaan.



Kuvaaja 2. Kontrastiherkkyysarvojen moodien suhde oikean silmän monokulaaristen mittatulosten kesken.

9.3 Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyystestin suoritustapojen vertailu

Contrast chart -testissä on kaksi suoritustapaa, nopea kliiniseen seulontaan soveltuva yhden mittausarvon käytäntö tai pidempi tarkemman erotuskynnyksen laskemiseksi soveltuva käytäntö. Vertailemalla näiden kahden suoritustavan mittatulosten eroja, halusimme selvittää onko suoritustavoissa tilastollisesti merkittäviä eroja.

9.3.1 Tutkimusjoukon valinta ja mittausten toteuttaminen

Tutkimusjoukkomme koostui Helsingin Silmäasema Kampin asiakkaista. Keräsimme kyseisessä optikkoliikkeessä yhden päivän ajan aineistoa tutkimukseemme. Pyysimme asiakkaita, jotka tulivat näöntarkastukseen tai noutamaan uusia silmälaseja, osallistumaan kontrastiherkkyystestiin.

Teimme tutkimuksemme 6.2.2014 yhden päivän aikana. Optikkoliikkeessä tutkimustila koostui yhdestä näöntutkimushuoneesta, jonne sijoitimme mittauspisteen. Asetimme testitaulun (iPad) siten, että testitaulusta oli yhden metrin matka tutkittavaan ja testitaulun katselukulma oli 90 astetta. Varmistimme myös, että muut valaisimet eivät heijastuneet näytön pinnasta. Emme mitanneet luminanssiarvoja testin pinnoilta, sillä testin valmistajien mukaan valaistuksen määrä ja katselukulma eivät vaikuta testin suorittamiseen. Suositeltu riittävä yleisvalaistus tilassa oli hyvä.

Tutkimus aloitettiin siten, että kysyimme tutkittavan iän ja oliko hänellä käytössä silmä-
laseja tai piilolaseja. Saimme tietää tutkittavien kauko- ja lähinäöntarkkuudet asiakkaille
juuri tehdyn näöntutkimuksen ansiosta tai asiakkaan noutaessa laseja, hänen asiakas-
kortistaan. Mittasimme kontrastiherkkyden Contrast chart-sovelluksella lyhyellä ja pit-
källä suoritustavalla. Pitkään suoritustapaan otimme kuusi mittausta, jotka saivat sisäl-
tää myös virheellisiä tunnistuksia. Näin saimme testitilanteesta realistisen ja kannus-
timme tutkittavaa tunnistamaan yhä pienempiä kontrastieroja. Pidimme suoritustavasta
toiseen siirryttäessä kahden minuutin mittaisen tauon pyytäen tutkittavaa katselemaan
tutkimuhuoneen muihin kohteisiin. Tällä menetelmällä halusimme sulkea pois mahdol-
lisen testimerkkien tunnistamisen oppimisen.

Tutkimus kesti 10 minuuttia tutkittavaa kohden ja tutkimus sujui suunnitellusti. Tutkitta-
vat olivat kiinnostuneita kontrastiherkkydestään ja annoimme suullisen palautteen
tutkittavan kontrastinäöstä.

9.3.2 Tutkimusjoukon kuvaus

Tutkimusjoukko muodostui 10 Helsingin Silmäasema Kampin asiakkaista. Heistä 7 oli
naista ja miehiä oli 3. Alle 30-vuotiaita oli 6 ja loput 4 olivat 31 – 40-vuotiaita. Kaikilla
tutkimusjoukon tutkittavilla oli käytössä silmälasit.

9.3.3 Tutkimusaineiston analysointi

Analysoimme aineiston SPSS- tilastoanalyysiohjelman avulla. Tarkastelimme tämänkin
aineistomme mahdollista jakautumista normaalisti kontrastiherkkyysarvojen suhteen
SPSS-ohjelmalla Shapiro-Wilk-testiä käyttäen. Testi ei voinut antaa varmuutta testin
normaalisti jakautumisesta, joten valitsimme vertailuun parametrittomien arvojen Wil-
coxon -testin. Testi soveltuu paremmin pienten aineistojen vertailuun parittaisen t-testin
sijaan, jolloin normaalijakaumaoletta ei ole voimassa.

Taulukko 6. Wilcoxon -testin tulokset lyhyen ja pitkän suoritusstavan välillä.

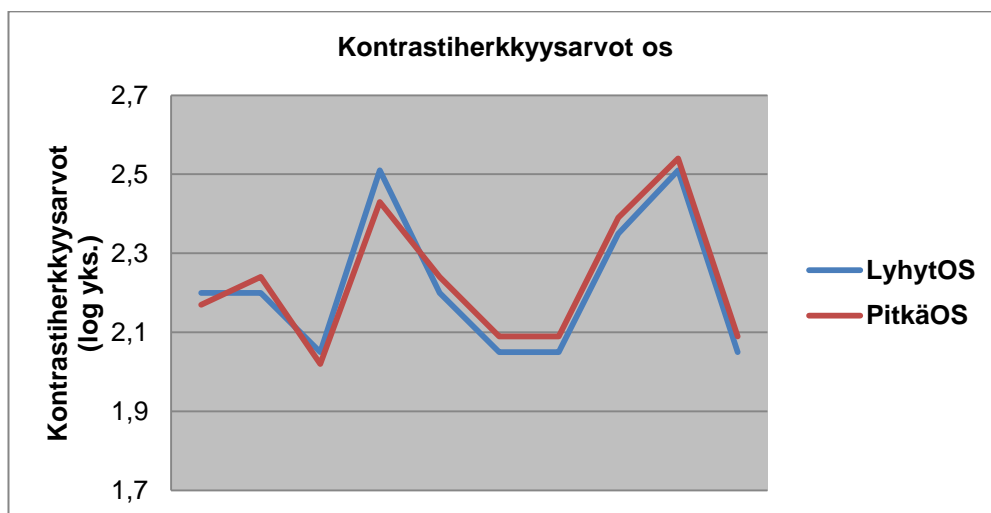
		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
PitkäOD – LyhytOD	Negative Ranks	3 ^a	3,17	9,50
	Positive Ranks	7 ^b	6,50	45,50
	Ties	0 ^c		
	Total	10		
PitkäOS – LyhytOS	Negative Ranks	3 ^d	4,67	14,00
	Positive Ranks	7 ^e	5,86	41,00
	Ties	0 ^f		
	Total	10		
a. PitkäOD < LyhytOD d. PitkäOS < LyhytOS b. PitkäOD > LyhytOD e. PitkäOS > LyhytOS c. PitkäOD = LyhytOD f. PitkäOS = LyhytOS				

Testin perusteella Contrast chart-testin pitkä suoritusstapa antaa suurempia tuloksia kuin lyhyt suoritusstapa.

Piirsimme kuvaajat havainnollistamaan suoritusstapojen kontrastiherkkyysarvojen suhdetta. Kuvaajista (3 ja 4) on nähtävissä, että arvot ovat todella lähellä toisiaan. Näin ollen johtopäätösten tekeminen pelkän Wilcoxon -testin perusteella johtaisi väärään tulokseen testin suoritusstapojen välisestä luotettavuudesta.



Kuvaaja 3. Oikean silmän mittaustulokset Contrast Chart-testin lyhyellä ja pitkällä suoritusavalla.



Kuvaaja 4. Vasemman silmän mittaustulokset Contrast Chart-testin lyhyellä ja pitkällä suoritusavalla.

Päätelimme Wilcoxon -testin tuloksen johtuvan siitä, että pitkä suoritusavalla laskee toistojen keskimääräisen kontrastiherkkyysarvon. Lyhyessä suoritusavalla testi antaa suoraan yhden kontrastiherkkyysarvon. Keskimääräinen kontrastiherkkyysarvo on siten usein desimaaleiltaan eri kuin lyhyen testin tarkka kontrastiherkkyysarvo. Näin ollen näiden parien vertailu johtaa samaan tulokseen eikä tasatuloksia löydy.

10 Tutkimuksen tulokset kontrastiherkkyysmittauksissa

10.1 Contrast chart-testin käytettävyys

Tutkimuksemme kohteena olevan kontrastiherkkyystestin käyttäjinä voidaan pitää niin tutkimuksen tekevää optikkoa tai muuta terveydenhuollon ammattilaista kuin myös tutkittavana olevaa asiakastakin. iPadin Contrast chart -sovellus on kaikkien saatavilla Applen Appstoresta, eikä sen käyttäjäpiiriä ole näin rajattu. Testitaulu on hyvin yksinkertainen ja selkeä, eikä testin käyttäjän oleteta painavan mitään mieleensä. Näin ollen testin käytettävyyden voidaan todeta olevan hyvä. Testin käytettävyyden kriteereitä ja heuristiikoita on tarkasteltu tarkemmin opinnäytetyössä Kontrastiherkkyys ja sen mittaaminen; NEURO -kontrastiherkkyystestin käytettävyyden ja luotettavuuden arviointia (Pelkonen - Tölli 2007).

Contrast chart -sovelluksen testin käytettävyyttä arvioimme subjektiivisesti testin tutkijan näkökulmasta mittauksia tehdessämme ja tuloksemme pohjautuvat näihin havaintoihin. Tuotteen kehittäjä on selvästi ajatellut tuotteen käyttäjän voivan olevan joku muukin kuin optikko tai muu näönhuoltoon erikoistunut henkilö, sillä sovellus tarjoaa tietoa niin testissä käytetystä tekniikasta kuin itse kontrastiherkkydestä. Lisäksi sovelluksen testin suoritusohjeet on esitetty tarkasti. Testipaneeli on itsevalaiseva tietokonenäyttö, jolloin ulkoista valaisulähdettä ei tarvita. iPadin näytön IPS-paneelitekniikka mahdollistaa lähes rajattomat näytön katselukulman muutokset sen vaikuttamatta näytön värien toistoon. Testiä on siten helppo käyttää ensikertalaisenkin testin luotettavuuden siitä kärsimättä.

Kaikki testitaulut ovat samankaltaisia, eikä käyttäjä joudu opettelemaan erikseen jokaisen testitaulun kohdalla sen käyttöä ja testimerkkien edustamia kontrastiherkkyysarvoja, vaan linja on yhteneväinen kaikkien taulujen kohdalla. Ne toimivat kaikki samalla tavalla, mikä parantaa testin käytettävyyttä.

Asiakas ja tutkija näkevät heti testitaulusta havaitun testimerkin valinnan jälkeen, mitä kontrastiherkkyysarvoa valittu testimerkki edustaa. Kontrastiherkkyysarvon lisäksi testi kertoo, mitkä ovat kontrastiherkkyiden normaalina pidetyt kontrastiherkkyiden raja-arvot. Testi antaa siten tuloksista perusinformaation tutkittavalle, mutta ei kerro välttämättä miten testitulokset vaikuttaa asiakkaan näkemiseen. Tämän katsomme edelleen

jäävän näönhuollon ammattilaisen tehtäväksi. Kontrastiherkkyystesti kertoo yhdessä muiden näöntutkimusmenetelmien kanssa enemmän kuin yksistään, minkä vuoksi testin tulisi suorittaa tai ainakin tulosten analysoinnin tehdä näönhuollon ammattilainen muiden näkötestien yhteydessä.

10.2 Contrast chart-testin luotettavuus

Tutkimuksessamme arvioimme Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyystestin luotettavuutta vertaamalla saatuja kontrastiherkkyysarvoja NEURO-testin tuloksiin. Mittasimme kontrastiherkkyysarvot Contrast chart -testillä ja NEURO-testillä samalla mittauskerralla. NEURO -kontrastiherkkyystestiä voidaan pitää luotettavana kontrastiherkkyystestinä siitä tehdyn aiemman tutkimuksen perusteella. Tutkimuksessa NEURO -testiä verrattiin muiden tutkimusten kautta luotettavaksi todettuun Pelli-Robsonin kontrastiherkkyystestiin. Tutkimuksessa todettiin NEURO-testin antavan samanlaisia tuloksia Pelli-Robsonin kanssa ja näin ollen olevan luotettava kontrastiherkkyystesti (Pelkonen ja Tölli 2007).

Contrast chart -testillä saadut tulokset olivat lähes samanlaisia NEURO-testin kanssa. Käyttämämme analysointimenetelmät antoivat kuitenkin ristiriitaista tietoa mittauksissa havaitsemamme samankaltaisuuden kanssa. Päädyimme tekemään lisävertailuja muokatun aineiston ja pienemmän otoskoon kanssa. Päätelimme analyysin ristiriitojen ehkä johtuvan käytetystä aineiston keräysmenetelmästä. Teimme jokaiselle tutkitavalle useamman mittauksen samalla testillä, jonka vuoksi tulosten keskihajonta kasvoi. Toisaalta tästä hajonnan lisääntymisestä voisi tehdä johtopäätöksiä Contrast chart-testin toistettavuudesta, mutta tämä vaatii mielestämme lisätutkimuksia. Suurin osa aineistostamme on homogeeninen toistokertojen lukumäärästä riippumatta, joten arvojen hajonnan päätelimme johtuvan todennäköisimmin tutkittavan keskittymiskyvyn herpaantumisesta, tutkimuksen keston aikana tapahtuneesta oppimisesta tai neuraalisen näköjärjestelmän hetkellisistä signaali/kohinasuhteen vaihteluista. Kontrastiherkkyden mittaaminen on siten herkkä tutkittavasta johtuville muutoksille.

Testin kaksi eri suoritustapaa ovat tutkimuksemme mukaan myös yhtä luotettavia toisiinsa nähden (kuvaajat 3 ja 4). Wilcoxon -vertailutestin tulosten ero johtuu pitkän suoritustavan antamasta tarkemmasta desimaaliarvosta, jolle ei lyhyellä suoritustavalla voida saada täsmälleen vastaavaa arvoa.

11 Johtopäätökset

Laskemamme ikänormaalit viitearvot Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyystestille ovat hyvin samankaltaisia kuin NEURO -testille määritetyt arvot, joissa tutkimushenkilöiden määrä oli huomattavasti suurempi (N = 540). Määritimme normaaliarvot kentältä saatujen kontrastiherkkyysarvojen keskiarvon avulla ottaen keskihajonnan huomioon.

Tutkimuksemme perusteella Contrast chart -testi on helppokäyttöinen testi. Erityisesti sen pieni koko ja joustavat mittausolosuhteet etäisyyden, valaistuksen ja katselukulman suhteen tekevät testistä helposti käytettävän. Testin käyttöohjeet ovat selkeät sekä testin saatavuus hyvä. Testi on ladattavissa Applen Appstoresta iPadille tutkimushetkellä maksutta ja on heti käyttövalmis. Sovellusmuotoisen testin mukana kuljettaminen ja tutkimustilasta toiseen siirtäminen onnistuu vaivatta sen ollessa iPadiin ladattuna.

Tutkimuksemme perusteella Contrast chart -sovelluksen kontrastiherkkyystestiä voidaan pitää myös luotettavana kontrastiherkkyystestinä. Contrast chart -testillä saadut kontrastiherkkyysarvot olivat samankaltaisia NEURO-testillä saatujen tutkimustulosten kanssa. Contrast chart-testin laajempi toistettavuustutkimus toisi vielä lisävarmuutta tulosten samankaltaisuuteen, sillä nyt testin tuloksien hajonta vaihteli varsinkin matalimpien kontrastitasojen kohdalla. Kun lähestytään ihmisen ”absoluuttista” kontrastikynnystä eli lähestytään hyvin matalia kontrastitasoja, lisääntyy kontrastikynnysarvojen hajonta suuresti. Tämä selittyy sillä, että hyvin pieniamplitudinen signaali alkaa ”upota” neuraalisen näköjärjestelmän omaan sisäiseen kohinaan, joka vaihtelee hetkestä toiseen. Matalimpien kontrastitasojen kohdalla tutkittava joutuu myös enemmän arvailemaan, koska testimerkki näkyy vain hetkittäin. Myös seulontaluonteiseen käyttötarkoitukseen (lyhyt testi) tätä tutkimusmenetelmää voidaan pitää luotettavana, missä tärkeintä on normaalista poikkeavan kontrastikynnyksen määrittäminen mahdollisimman nopeasti. Näiden korkeampikontrastisten kuvioiden arvojen osalta hajonta oli tutkimusaineistossamme hyvin vähäistä tai sitä ei ollut lainkaan.

12 Pohdinta

Tutkimuksemme lähti liikkeelle keskusteluista, joita käytiin, kun ajonäön tutkiminen siirtyi optikoilta yleislääkäreille. Tästä aiheutui joitain käytännönongelmia terveydenhuollossa kuten, miten ja millä välineillä ajonäköä tutkitaan. Kontrastiherkkyuden tutkiminen on osa ajonäöntutkimista. Testivälineet kontrastiherkkyuden tutkimiselle löytyvät useimmista optikkoliikkeistä, mutta ne puuttuvat monista tiloista, jossa ajonäköä tänä päivänä tutkitaan. Suuret ja yleisimmät testitaulut ovat arvokkaita ja tilaa vieviä.

Optikoilla on laaja osaaminen koskien kontrastiherkkyyttä ja sen mittaamista. Optikoita työskenteleekin yhä enemmän silmälääkäreiden rinnalla terveyskeskuksissa ja sairaaloissa. Työmme tarkoituksena on saada käyttöön kontrastiherkkyystesti, joka on helppo tuoda tutkimustilaan ja se on helposti ymmärrettävä, luotettava ja nopea suorittaa. Tämän seurauksena totesimme Juha Päälylsahon syksyllä 2013 mainitseman Contrast chart-kontrastiherkkyyssovelluksen olevan ajankohtainen tutkittava. Applen iPadin käyttö on yleistynyt työpaikoilla ja sen käyttötarkoitus tukee monia työtehtäviä. Contrast chart-sovellus on siten helposti käytettävissä ja se vie vain vähän tilaa.

Tutkimukseemme kuului ikänormaalien viitearvojen määrittäminen ja kaksi vertaavaa tutkimusta, joilla halusimme selvittää Contrast chart-sovelluksen luotettavuutta. Tutkimustulokset vastasivat odotuksiamme. Vertailevan tutkimuksen mukaan Contrast chart-sovelluksella saadaan luotettavia tuloksia. Contrast chart-sovellus on helposti käytettävissä, koska sen saa ladattua iPadille veloitusetta. Se on käyttäjälle selkeä ja yksinkertainen.

Normaaliarvojen määrittämistä varten kerätyn aineiston koko oli 106 tutkittua silmää. Tavoitteemme oli saada kymmenen henkilöä per ikäryhmä. Otoskoko on mielestämme riittävä, koska tutkimuksemme perustuu edelliseen opinnäytetyöhön, jossa tutkittuja silmiä oli 540. Näitä normaaliarvoja vertaamalla totesimme laskemiemme arvojen olevan lähes samankaltaisia. Mielestämme testattujen ikäjakauma oli hyvä, jotta arvoja voidaan käyttää testin viitearvoina kaiken ikäisille. Suuremmalla otoskoolla olisimme saavuttaneet vielä varmemmin Suomen väestöä edustavat kontrastiherkkyysarvot. Kaikki mittaukset on tehty tunnollisesti ja aina samaa kaavaa noudattaen, koska suoritimme kaikki testikerrat itse. Tämä on aineiston luotettavuuden arvioinnin kannalta olennaista.

Työmme aikataulu oli tiukka, mutta pystyimme tutustumaan teoretietoon ennen vertaavan tutkimuksen tekemistä. Contrast chart -testistä ole kirjoitettu tieteellisiä julkaisuja, joita olisimme voineet käyttää työssämme. Muuten kontrastiherkkyiden mittaamisesta löytyi uusia tieteellisiä artikkeleita sen muutoksista ja jopa sähköistämisestä. Uusien tieteellisten artikkeleiden löytyminen varmisti ajatuksiamme aiheen ajankohtaisuudesta.

Tutkimuksemme olisi voinut olla vielä laajempi. Olisimme voineet tehdä kyselytutkimuksen kohteisiin, jossa tehdään ajonäöntutkimuksia ja kysyä miten kontrastiherkkyttä tutkitaan ja kuka sitä tutkii. Onko se näönhuollon ammattilainen, yleislääkäri vai kenties sairaanhoitaja. Olisimme myös voineet tehdä laajemman testin toistettavuustutkimuksen ja siten olisimme saaneet kattavamman käsityksen testin luotettavuudesta. Tämän opinnäytetyön resurssien puitteissa emme kuitenkaan voineet tehdä niin laajaa tutkimusta.

Testin koko riippuu iPadin näytön koosta. Testi on suunniteltu iPad2:n 9,7 tuuman näytölle, mutta on käytettävissä muissakin iPadeissa. Testin suoritimme uusimman sukupolven iPad Airilla. Testi on helppo asettaa esimerkiksi pöydälle ja sen jälkeen siirtää siitä kokonaan pois. Contrast chart -sovelluksen käyttäminen on helppoa, koska käyttöohjeet tulevat sen mukana. Siinä neuvotaan sopivat valaistusolosuhteet, testille sopiva katselukulma ja etäisyys.

Testin ohjeet ovat englannin kielellä, joten Suomessa käytettävyyttä lisäisi ohjeiden suomenkielisyys. Testin ymmärrettävyyttä helpottaa se, että jo ensimmäisen vastauskerran jälkeen testi ilmoittaa saadun kontrastiherkkyysarvon ja mitkä ovat normaalin kontrastiherkkyiden raja-arvot. Tämänhetkiset ohjeet ovat ehkä liiankin laajalle, joka ei ole aikaisemmin käyttänyt sovellusta ja haluaisi suorittaa sen heti asiakkaalle. Testin tekeminen ja ymmärtäminen on helppoa kun sen osaa, mutta uudelle testiajalle testi ei avaudu heti ja siksi ohjeet voisivat olla myös suomenkielellä ja lyhyemmät. Contrast chart -testi on kuitenkin tarkoitettu kansainväliseen jakeluun ja siksi testin kaikki ohjetekstit ovat englanninkielellä.

Testi on sovellusmuotoinen, joten se mahdollistaisi myös näyttävämmän visuaalisen toteutuksen testin tulosten esittämisen osalta ja myös alentuneen kontrastiherkkyiden konkreettisen havainnollistamisen esimerkiksi kuvien avulla. Tästä kuvien havainnointikäytöstä uskoisimme olevan hyötyä selitettäessä testin tuloksia tutkittaville.

Vertasimme NEURO- testiä ja Contrast chart -testiä keskenään. NEURO-testi oli meille jo luennoilta tuttu ja Contrast chart -testi on samanlainen. Vertasimme testejä käyttäen SPSS- tilastoanalyysiohjelmaa. Testien tulokset olivat samankaltaisia. Vertaavan tutkimuksen teimme kahdessa eri tilassa. Ulkoisen valaistuksen vaihtelut testituloksiin ovat lähes olemattomia, mutta järjestimme tilat kuitenkin mahdollisimman samankaltaisiksi. Toisaalta on hyvä, etteivät testit ole herkkiä ympäristön muuttuville tekijöille. Luotettavuutta saattaa heikentää se, että toinen tutkijoista suoritti yhdelle tutkittavalle kaikki mittaukset. Aineiston kontrastiherkkyysarvot ovat kahden eri tutkijan saamia tuloksia.

Tutkimustulosten tulkinta pitää olla perusteltua, ja tutkijan pitää ostata kertoa mihin päätelmät perustuvat (Hirsijärvi ym. 2000: 214–215). Testin luotettavuuden ja käytettävyyden arvioinnissa käytimme olennaisia asioita perustaen arviointimme tekstissä mainittuihin lähteisiin, jotka ovat luotettavia tieteellisiä teoksia. Kontrastiherkkyysarvojen arvioinnissa käytimme SPSS- ohjelmaa. Tulosten tulkinnassa käytimme avuksi myös kirjoja SPSS- ohjelman erilaisten analysointitestien tulkinnoista. Tutkijan tarkka ja totuuden mukainen selvitys tutkimuksen toteutuksesta sekä perusteltu tutkimustulosten tulkinta lisää tutkimuksen luotettavuutta (Hirsijärvi ym. 2000: 214–215). Tutkimuksemme perustui luotettaviin lähteisiin. Lähteet koostuivat kirjoista ja tieteellisistä artikkeleista. Internetistä löydetyt tieteelliset julkaisut olivat hyviä, koska sieltä löytyi paljon ajankohtaisia kirjoituksia. Pyrimme raportoimaan koko tutkimuksemme kulun rehellisesti ja tarkasti.

Kontrastiherkkyden mittaaminen yleistyneenä tulevaisuudessa. Sitä tullaan käyttämään kun arvioidaan ajokykyä, arvioidaan henkilön todellista näkemisen laatua tai seulontamuotoisesti silmäsairauksien havaitsemiseksi. Kontrastiherkkyystesti saattaa auttaa havaitsemaan silmäsairauksia, vaikka se ei niitä diagnosoi ja siten näkövammaisuuden johtavia silmäsairauksia saatetaan havaita tarpeeksi aikaisessa vaiheessa. Kontrastiherkkyystietoa voitaisiin soveltaa myös terveydenhuoltoalan ulkopuolellakin. Kontrastiherkkyden mittaamisen lisääminen osaksi työhaastattelua auttaa valitsemaan esimerkiksi laadunvalvontatehtäviin henkilöitä, joilla on näissä työtehtävissä vaadittava hyvä kontrastien erotuskyky. Uskomme, että Contrast chart -sovellus tulee olemaan yksi käytettävimmistä testeistä muiden testien rinnalla kontrastiherkkyden arvioimisessa, sen joustavan käytettävyyden ja hyvän luotettavuuden ansiosta.

Keksimme useampia jatkotutkimusaiheita opinnäytetyön edetessä. Yksi jatkotutkimus voisi ehdottomasti olla Contrast chart-testin laajempi toistettavuustutkimus. Rajasimme

käytettävissä olevien resurssien vuoksi tämän tutkimuksen pois tästä työstä. Toinen mielenkiintoinen aihe voisi olla selvittää tällä hetkellä terveydenhuollossa käytettävät testit kontrastiherkkyden tutkimiseen ja selvittää kuka tutkimuksen suorittaa sekä miten.

Lopuksi haluamme kiittää opinnäytetyömme ohjaajia Juha Päällysahoa ja Juha Havukumpua sekä työmme toimeksiantajia Juha Päällysahoa ja dosentti Risto Näsästä.

Lähteet

Baker, Simon 2013. Panel Technologies. Verkkodokumentti.

<http://www.tftcentral.co.uk/articles/panel_technologies.htm>. Luettu 14.1.2014.

Elliot David B. 2006. Contrast sensitivity and Glare testing. Teoksessa Benjamin: Borish's Clinical Refraction. Philadelphia: W.B. Saunders.

Fraser, Bruce – Murphy, Chris – Bunting, Fred 2004. Värinhallinta. Niemi, Marko (suom.). Helsinki: Edita Prima Oy.

Green, Marc 2013. Seeing Pedestrians at Night. Verkkodokumentti.

<<http://www.visualexpert.com/Resources/pedestrian.html>>. Luettu 14.12.2013.

Halonen, L. - Lehtovaara, J 1992. Valaistustekniikka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Heikkilä, Tarja 2004. Tilastollinen tutkimus. 5. uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Hirsijärvi, Sirkka – Remes, Pirkko – Sajavaara, Paula 2000. Tutki ja kirjoita. 6. uudistettu painos. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy.

Hyvärinen, Lea 2014. Lea-testit. Verkkodokumentti. < www.lea-test.fi >. Luettu 4.1.2014.

Innojok 2014. Valaistustilojen suunnittelu. Verkkodokumentti.

<<http://www.innojok.fi/valaistus/asuintilat.php>>. Luettu 17.1.2014.

iPad Air 2014. Apple. Verkkodokumentti. < www.apple.com/ipad-air/specs/ >. Luettu 4.1.2014.

Kuokka, Henri 2005. Paneelien kolme päätyyppiä. Verkkodokumentti.

<http://www.tietokone.fi/artikkelit/paneelien_kolme_paatyyppia>. Luettu 14.1.2014.

Niska, Risto 2010. Kuva ja äänivertailu. Tekniikan maailma. Verkkodokumentti. <<http://tekniikanmaailma.fi/kuva-ja-aani/vertailut/tm-vertailu-46-50-tuumaiset-3d-televisiot-laajemmat-mittaustulokset>>. Luettu 10.1.2014.

Näsänen, Risto 2014. Contrast chart. Verkkodokumentti. < <http://nasanen.info/ContrastChart.html> >. Luettu 22.11.2013.

Metsämuuronen, Jari 2004. Pienten aineistojen analyysi. Parametrittomien menetelmien perusteet ihmistieteissä. Metodologia-sarja 9. Jyväskylä: Gummerus.

Mäntyjärvi, Maija 2007. Ammattiautonkuljettajat ja näkö. Työterveyslääkäri 4/2007. 25.

Mäntyjärvi, Maija – Laitinen, Tarja 2001. Normal Values for the Pelli-Robson Contrast Sensitivity Test. J Cataract Refract Surg 27 (February). 261-266.

Owsley, Cynthia 2003. Contrast Sensitivity. Ophthalmology Clinics of North America (16). 171-177.

Owsley, Cynthia 2011. Aging and vision. Department of Ophthalmology, School of medicine, University of Alabama at Birmingham

Pelkonen Hanna - Tölli Hilikka 2007. Kontrastiherkkyys ja sen mittaaminen; NEURO – kontrastiherkkyystestin käytettävyyden ja luotettavuuden arviointia. Opinnäytetyö. Stadia ammattikorkeakoulu. Sosiaali- ja terveysala. Optometrian koulutusohjelma.

Pelli, Denis G. – Bex, Peter 2013. Measuring contrast sensitivity. Vision Research 90. 10-14.

Päällysaho, Juha 2014. Optometrismi. Suullinen tiedonanto. 2/2014.

Saari, Matti 2011: Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Solomon, Joshua – Pelli, Denis G. 1994. The visual filter mediating letter identification. Nature, International Weekly Journal of Science. Volume 369. No. 6479.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ajoterveydestä 386/2011. Perustelumuistio. Annettu Helsingissä 21.11.2011.

Suomen optinen toimilala 2014. Liikennenäkeminen. Verkkodokumentti. <
<http://www.optometria.fi/nakotieto/liikennenako.html> >. Luettu 18.2.2014.

Van den Berg, Tom 2007. Introduction to retinal straylight. Oculus

Normaaliarvojen aineisto

IKÄ	N/M	SAAVUTETTU VIS SAAVUTETTU KONTRASTIHERKKYYKS NEURUS SAAVUTETTU KONTRASTIHERKKYYKS CONTRAST CHART																REFRAKTIO										
		Taulu 1				Taulu 2				Taulu 3				OS X 6				OD x 6				OD		OS				
		OD	OS	OA	OD	OD	OS	OD	OS	OD	OS	OD	OS	OS	OS	OS	OS	OD	OD	OD	OD	OD	OD	SF	CYL	AX	AX	OS
alle 30 M	1	1	1,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,2	2,2	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,2	2,05	2,2	2,05	2,05	2,05	2,05	-2,5	-0,5	172	-2,25	-1	40
alle 30 M	1,2	1,2	1,2	2,35	2,2	2,35	2,2	2,35	2,2	2,35	2,2	2,35	2,35	2,35	2,2	2,05	2,2	2,05	2,2	2,35	2,2	-0,25					0	
alle 30 N	1	1,5	1,5	2,35	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,35	2,35	2,66	2,81	2,51	2,51	2	2,2	2,35	2	2,35	2,51	0	-0,5	15	0	-0,5	165	
alle 30 M	1,5	1,5	1,5	2,05	2,05	2,2	2,2	2,05	2,2	1,9	2,05	2,2	2,05	2,2	2,2	2,05	2,05	2,2	2,05	2,05	2,2	-0,25					0,5	
alle 30 N	1,5	1,5	1,5	2,35	2,35	2,5	2,5	2,35	2,5	2,35	2,51	2,51	2,51	2,2	2,2	2,66	2,35	2,2	2,35	2,66	2,51	0,25					0,25	
alle 30 M	1,2	1,2	1,2	2,05	2,2	2,35	2,2	2,2	2,2	2,05	2,2	2,05	2,05	2,2	2,2	2,05	2,05	2,2	2,05	2,2	2,05	-0,75	-0,5	80	-0,75	-2		
alle 30 M	1,5	1,5	1,5	2,20	2,35	2,2	2,05	2,35	2,2	2,2	2,35	2,51	2,35	2,35	2,2	2,2	2,35	2,51	2,35	2,35	2,35	-0,75					-0,75	
alle 30 M	1,2	1,2	1,2	2,35	2,35	2,2	2,35	2,35	2,2	2,35	2,05	2,2	2,05	2,2	2,2	2,05	2,2	2,05	2,2	2,2	2,05	-0,5	-0,3	10	-0,25	-0,3	180	
alle 30 N	1,5	1,5	1,5	2,05	2,05	2,05	2,05	2,35	1,9	1,9	2,05	2,05	2,05	2,2	2,05	2,2	2,05	2,2	2,05	2,2	2,05	0,5	-0,5	160	0,5	-0,3	180	
alle 30 M	2	1,5	2	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	0,25	-0,3	165	0	-0,5	10	
alle 30 M	1,5	1,5	1,5	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	-0,25					0	
alle 30 M	1,5	2	2	2,50	2,5	2,05	2,2	2,2	2,35	2,35	2,51	2,66	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,66	2,66	2,66	0					0	
31-40 M	1,2	1,2	1,2	2,05	2,2	2,05	2,2	2,2	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	0,25	-0,5	105	0	-0,3	85	
31-40 M	1,2	1,2	1,2	2,20	2,2	2,05	2,2	2,2	2,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	-2,75					-3,75	
31-40 M	1,5	1,5	1,5	2,05	1,6	2,05	1,9	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	1,75	1,9	2,05	2,05	2,05	1,9	1,9	0,25	-0,3	160	0,25	-0,3	45	
31-40 M	1,5	1,5	1,5	2,35	2,35	2,5	2,5	2,5	2,5	2,51	2,2	2,35	2,51	2,51	2,51	2,51	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2	-1,8	175	2	-1,8	5	
31-40 N	1,5	1,5	1,5	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	-0,25					-0,25	20
31-40 N	1,2	1,2	1,2	2,05	2,05	2,2	2,05	2,2	2,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	-3,5	-1,3	85	-4	-0,8	90	
31-40 N	1,5	1,5	1,5	2,20	2,2	2,35	2,35	2,2	2,35	2,35	2,51	2,2	2,35	2,2	2,2	2,2	2,35	2,35	2,2	2,35	2,35	0,5					0,5	
31-40 M	1,2	1,2	1,2	2,20	2,35	2,2	2,2	2,35	2,2	2,2	2,35	2,2	2,35	2,2	2,35	2,2	2,35	2,2	2,2	2,2	2,2	-3					-3	90
31-40 M	1,5	1,5	1,5	2,05	2,05	2,05	2,05	2,2	2,2	2,35	2,2	2,2	2,35	2,51	2,2	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	0					0	
31-40 M	1	1	1	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	0					0	
41-50 M	1	1	1	2,05	1,90	2,05	1,90	2,05	1,90	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	1,75	1,9	1,75	2,05	1,9	1,9	1,9	-0,75	-0,8	110	-1,25	-1,3	80	
41-50 N	1,2	1,2	1,2	1,45	1,6	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,75	1,9	1,9	1,6	1,75	1,9	1,9	1,75	1,9	1,9	1,9	-1,25	-0,8	70	-1,25			
41-50 M	1,5	1,5	1,5	2,05	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,05	2,05	2,2	2,35	2,35	2,2	2,05	2,2	2,35	2,35	2,35	2,35	2,2	1	-0,3	60	0,75		
41-50 M	1,2	1,2	1,2	2,20	2,35	2,2	2,5	2,35	2,5	2,2	2,2	2,51	2,35	2,35	2,2	2,2	2,51	2,2	2,2	2,35	2,35	0,25					0,5	
41-50 M	1,2	1,2	1,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,2	2,2	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	0,75	-0,3	95	0,75	-0,5	85	
41-50 N	1,2	1,2	1,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,2	2,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	-0,75	-2,3	95	-1	-1,3	95	
41-50 N	1,2	1,2	1,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,2	2,2	2,05	2,05	2,2	2,35	2,35	2,2	2,2	2,35	2,35	2,2	2,35	2,35	3,5					3,5	
41-50 M	1	1,2	1,2	2,05	2,05	2,2	2,2	2,2	2,2	2,05	2,05	2,2	2,2	2,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	-1,25	-0,5	70	-1			
41-50 M	1	1	1	2,05	2,05	2,05	2,05	2,2	2,2	2,05	2,05	2,2	2,2	2,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	-0,25					-0,5	90
51-60 N	1	1	1	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	0	-1,8	100	-0,25	-1	70	
51-60 N	1,2	1,2	1,2	1,75	1,75	2,05	2,05	2,05	1,9	1,9	1,9	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	1,9	2,05	1,9	2,05	0,75					0,75	
51-60 M	1	1	1	1,75	1,75	2,05	2,05	2,05	1,9	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	1,9	2,05	1,9	2,05	-0,25	-0,5	140	-2,5	-0,5	55	
51-60 M	1,2	1,2	1,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	-0,25	-0,5	180	-2,5	-0,5	180	
51-60 M	1	1	1	1,90	1,9	2,05	2,05	1,9	2,05	1,9	2,05	1,9	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	-3,75	-1,5	5	-2,75	-1,8	175	
51-60 M	1	1	1	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,35	2,2	2,2	2,05	2,35	2,2	2,05	2,51	2,05	2,2	2,2	2,2	-3,25					-4	
51-60 N	1	1	1	2,05	2,2	2,05	2,05	2,2	2,2	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	0					0	
51-60 M	1	1	1	2,05	2,2	2,05	2,05	2,2	2,2	2,05	2,2	2,35	2,35	2,35	2,2	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,51	2,51	0				0	
51-60 M	1,2	1,2	1,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	-0,5	-0,5	145	-0,5	-0,3	90	
61- M	1	1	1	2,20	2,35	2,2	2,2	2,35	2,2	2,05	2,2	2,35	2,05	2,2	2,35	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,35	2,35	2,2	0			0	
61- N	1	1	1	2,05	2,05	2,05	2,05	2,2	2,35	2,05	2,05	2,05	2,2	2,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	-2,75	-1	140	-4,5	-0,5	10	
61- N	0,9	1	1	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	0,25	-0,5	95	2,25	-0,3	90	
61- N	1	1	1	1,45	1,45	1,75	1,9	1,75	1,9	1,6	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,3	1,3	1,45	1,6	1,75	3,25	3,25	0,5	95	3	-0,5	120	
61- N	1,2	1,2	1,2	1,75	1,75	1,9	1,75	1,9	1,75	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	-0,25	-0,5	80	-0,25	-0,5	120	
61- M	1	1	1	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	0					0	
61- M	1	1	1	2,65	2,05	2,35	2,2	2,5	2,2	2,05	2,2	2,51	2,35	2,35	2,2	2,35	2,2	2,35	2,35	2,35	2,35	-0,5	-0,3	145	-0,5	-0,3	90	
61- N	1	1	1	2,05	1,75	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	0					0	
61- N	1	1	1	2,20	2,2	2,05	2,05	2,2	2,35	2,05	2,05	2,05	2,05	2,2	2,2	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	-0,75	-1	140	-4,5	-0,5	10	
61- N	0,9	1	1	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	1,9	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	0,25	-0,5	95	2,25	-0,3	90	
61- N	1	1	1	1,45	1,45	1,75	1,9	1,75	1,9	1,6	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,3	1,3	1,45	1,6	1,75	3,2							

Suoritustapojen vertailuaineisto

IKÄ	SAAVUTETTUVISUS		SAAVUTETTU KONTRASTIHERKKYYS CONT						REFRAKTIO						
	OD	OS	OA	Lyhyt		Pitkä 6 toistoa		OD		OS		AX		CYL	
				OD	OS	OD	OS	SF	OD	SF	AX	SF	AX	CYL	
alle 30	1,5	1,5	1,5	2,05	2,2	2,02	2,17	2,02	2,17	0,25	-0,75	170	0,25	-0,5	180
alle 30	1,2	1,2	1,2	2,2	2,2	2,24	2,24	2,24	2,24	-0,75	-0,5	95	-1,25	-0,25	90
alle 30	1,2	1,2	1,2	2,05	2,05	2,02	2,02	2,02	2,02	-0,5	-0,25	135	-0,5	-0,25	75
alle 30	1,5	1,5	1,5	2,35	2,51	2,39	2,43	2,39	2,43	-0,5			-0,5	-0,5	90
alle 30	1	1	1,2	2,05	2,2	2,09	2,24	2,09	2,24	-2	-0,5	165	-2,25	-0,75	55
alle 30	1	1,2	1,2	2,2	2,05	2,24	2,09	2,24	2,09	-0,5			-0,5	-0,5	90
31-40	1,2	1,2	1,2	2,05	2,05	2,09	2,09	2,09	2,09	-3	-1,25	180	-3,5	-0,75	180
31-40	1,2	1,2	1,2	2,35	2,35	2,39	2,39	2,39	2,39	-1,75	-0,75	30	-2,25	-0,25	110
31-40	1,5	1,5	1,5	2,51	2,51	2,47	2,54	2,47	2,54	2	-1,25	175	2,25	-1,75	15
31-40	1	1	1	2,05	2,05	2,09	2,09	2,09	2,09	-0,25			-0,25		