

Laura Aho
Anna Hakala
Amanda Mäkelä
Anna Pesonen

Elokuviissa exottaa?

Tutkimus 3D-elokuvien vaikutuksista näkemiseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi

Optometrian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

22.11.2013

<p>Tekijät Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Laura Aho, Anna Hakala, Amanda Mäkelä, Anna Pesonen Elokuviissa exottaa? Tutkimus 3D-elokuvien vaikutuksista näkemiseen 42 sivua + 2 liitettä 22.11.2013</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Optometrismi</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>Optometrian koulutusohjelma</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	<p>Optometria</p>
<p>Ohjaajat</p>	<p>yliopettaja Kaarina Pirilä lehtori Eero Kokko</p>
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten 3D-elokuvat vaikuttavat näkemisen mukavuuteen sekä binokulaariseen näkemiseen. Tavoitteena oli saada selville, minkälaisia näkemiseen liittyviä oireita ja ongelmia aiheutuu 3D-elokuvan katsomisesta. Aiempien tutkimusten perusteella oletettiin, että mittauksissa näkyisi forioiden muuttumista exoforiseen suuntaan sekä stereonäön erotuskyvyn ja konvergenssin lähipisteen heikentymistä. Lisäksi oletuksena oli, että tutkittavat kokisivat silmänsä väsyneiksi 3D-elokuvan katsomisen jälkeen.</p> <p>Tutkimus toteutettiin kvantitatiivisella tutkimusmenetelmällä, ja analysoinnissa käytettiin apuna SPSS-ohjelmaa. Tutkimusjoukko koostui 15 optometrian opiskelijasta. Tutkittavilta mitattiin näöntarkkuudet kauas ja lähelle, foriat kauas ja lähelle, stereonäkö sekä konvergenssin lähipiste. Mittaukset tehtiin sekä ennen että jälkeen 3D-elokuvan katsomisen. Lisäksi tutkittavat vastasivat kyselylomakkeeseen ennen 3D-elokuvan katsomista ja sen jälkeen. Kyselylomakkeilla selvitettiin tutkittavien yleistä näkemisen epämiellyttävyyttä sekä subjektiivisesti koettuja oireita.</p> <p>Tutkimustuloksista ilmeni, että binokulaariset näöntarkkuudet eivät juurikaan muuttuneet vertailtaessa tuloksia ennen ja jälkeen 3D-elokuvan katsomista. Oletusten mukaisesti suurimmalla osalla tutkittavista stereonäön erotuskyvyn ja konvergenssin lähipisteen arvot heikentyivät. Foriat muuttuivat exoforiseen suuntaan. Saavutetut muutokset olivat suhteellisen pieniä, mutta tilastollisesti melkein merkitseviä. Kyselylomakkeiden vastausten perusteella havaittiin, että tutkittavat kokivat eriasteisia väsymysoireita. Tutkittavia yksilöidessä huomattiin myös, että tutkimustulokset ja kyselylomakkeiden vastaukset tukivat toisiaan. Jos tutkittava koki subjektiivisia näkemiseen liittyviä vaivoja, myös tutkimustuloksissa oli havaittavissa heikentymistä.</p> <p>Johtopäätöksenä voidaan todeta, että 3D-elokuvan katsominen aiheuttaa sekä subjektiivisia oireita että objektiivisia muutoksia. Yksittäiset tutkimustulokset antavat viitteitä siitä, että odotuksien mukaisia muutoksia on tapahtunut. Jotta tutkimustuloksista voisi tehdä yleistettäviä johtopäätöksiä, tulisi aiheesta kuitenkin tehdä lisätutkimuksia suuremmilla otoksilla.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>3D-elokuva, stereonäkö, foria, konvergenssin lähipiste, silmien väsyminen</p>

Authors Title Number of Pages Date	Laura Aho, Anna Hakala, Amanda Mäkelä, Anna Pesonen Films Causing Phorias? How 3D Movies Affect Vision And Visual Comfort 42 pages + 2 appendices Autumn 2013
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Specialisation option	Optometry
Instructors	Kaarina Pirilä, Principal Lecturer Eero Kokko, Senior Lecturer
<p>The goal of this study was to examine how 3D movies affect the visual comfort and binocular vision. We wanted to discover what symptoms and problems might appear after watching 3D movies. According to previous studies we assumed there could be changes in heterophorias. Also the stereoacuity and the near point of convergence (NPC) results could deteriorate. In addition, we assumed that the subjects would experience visual fatigue after watching a 3D movie.</p> <p>We performed our study with a quantitative method. We analyzed the results using SPSS program. We had 15 optometry students as participants in our study. We measured their visual acuity (near and at distance), heterophorias (near and at distance), stereoacuity and NPC. We performed the same measurements before and after the 3D movie. In addition, the participants were asked to complete questionnaires before and after the 3D movie. With the questionnaires we wanted to have information of common visual stress and symptoms experienced by the subjects.</p> <p>From the results we discovered that the binocular visual acuities barely changed after watching the 3D movie. As we assumed, the stereoacuity and NPC results deteriorated in the majority of our participants. Heterophorias changed into exophoric direction. The changes in the results were relatively small, but statistically almost significant. The participants experienced different grades of visual stress. When individualizing our participants, we found out that the results of the measurements and the answers in the questionnaires were correlative. If the subjects experienced visual stress, the results also showed deterioration in the measurements.</p> <p>As our final conclusion we note that watching 3D movies can cause both subjective and objective changes. In order to make generalized conclusions, further research should be carried out with larger number of subjects.</p>	
Keywords	3D movie, stereopsis, heterophoria, visual fatigue, near point of convergence (NPC), visual stress

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Binokulaarinen näkeminen	2
2.1	Piilokarsastukset eli heteroforiat	3
2.2	Stereoskooppinen näkeminen	4
3	3D-tekniikka	6
4	Aikaisemmat tutkimukset	8
5	Tutkimuksessa käytetyt testit	11
5.1	Näöntarkkuuden mittaaminen	11
5.2	Stereonäön mittaaminen	11
5.3	Konvergenssin lähipisteen mittaaminen	12
5.4	Forioiden mittaaminen	13
6	Tutkimuksen lähtökohdat ja toteutus	14
6.1	Tutkimuksen eteneminen	14
6.2	Tutkimusjoukko	15
6.3	Tutkimusaineiston kerääminen	16
6.4	Kyselylomake	16
6.5	Tutkimusaineiston analysointi	17
6.6	Tutkimustulokset	18
6.6.1	Kyselylomakkeiden vastaukset	18
6.6.2	Näöntarkkuus kauas	22
6.6.3	Näöntarkkuus lähelle	23
6.6.4	Konvergenssin lähipiste	24
6.6.5	Foriat kauas	24
6.6.6	Foriat lähelle	25
6.6.7	Stereonäkö	26
7	Tutkimustulosten analysointi	28
7.1	Kyselylomakkeiden analysointi	28
7.2	Näöntarkkuuksien analysointi kauas ja lähelle	29
7.3	Stereonäön analysointi	30
7.4	Konvergenssin lähipisteen analysointi	31
7.5	Forioiden analysointi kauas ja lähelle	32

7.6	Esimerkkitapauksia	33
8	Pohdinta	36
8.1	Opinnäytetyön tavoitteet ja tulosten luotettavuus	36
8.2	Opinnäytetyöprosessin arviointia	37
9	Jatkotutkimusehdotuksia	39
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Kyselylomake ennen 3D-elokuvan katselua	
	Liite 2. Kyselylomake 3D-elokuvan katselun jälkeen	

1 Johdanto

Kiinnostuimme opinnäytetyömme aiheesta tammikuussa 2013, ja ryhdyimme tutkimaan 3D-elokuvien mahdollisia vaikutuksia näkemiseen. Aiheesta kiinnostuimme osittain siksi, että osa työryhmästämme oli kokenut 3D-elokuvien katsomisen aiheuttavan näkemiseen liittyviä oireita. Halusimme selvittää, onko kyseinen ongelma yleinen ja kokevatko muut samankaltaisia oireita. Lisäksi halusimme selvittää, mistä oireet johtuvat. Ryhdyimme työstämään opinnäytetyötämme kevään edetessä.

Etsimme opinnäytetyömme pohjaksi aiheesta aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia ja teoria-tietoa. Aiheesta löytyi useita eri puolilla maailmaa tehtyjä tutkimuksia. Niiden avulla tarkensimme työmme aihetta ja rajasimme tutkimusmenetelmiä. Päädyimme tutkimaan erityisesti 3D-elokuvien katsojien subjektiivisia kokemuksia sekä binokulaarista näkemistä.

Tutkimusjoukoksi valitsimme Metropolia Ammattikorkeakoulun optometrian opiskelijoita. Tutkimuksemme koostui kolmesta vaiheesta; mittaukset ja kysely ennen 3D-elokuvaa, 3D-elokuvan katsominen sekä mittaukset ja kysely 3D-elokuvan jälkeen. Tutkimme koehenkilöiltä näöntarkkuudet kauas ja lähelle, foriat kauas ja lähelle, stereonäön erotuskyvyn ja konvergenssin lähipisteen. Näin saimme kartoitettua koehenkilöiden binokulaarista näkemistä. Kyselylomakkeiden avulla selvitimme tutkittavien subjektiivisia kokemuksia muun muassa 3D-elokuvan miellyttävyydestä sekä koetuista oireista. Tutkimukset suoritimme loppukeväällä 2013.

Tutkimuksellamme halusimme myös edistää tietoutta 3D-elokuvien ja -tekniikan katsomisen mahdollisista haittavaikutuksista. Koska 3D-tekniikka on huomattavasti yleistynyt elokuvateatterien lisäksi myös kodin elektroniikassa, siitä näyttäisi olevan tulossa arkipäivää. Näin ollen mahdolliset haittavaikutukset voivat lisääntyä ja näkyä pidemmällä aikavälillä.

2 Binokulaarinen näkeminen

Binokulariteetti on mahdollista silloin, kun oikean ja vasemman silmän välittämiä näköaistimuksia voidaan käyttää yhdessä. Oikean ja vasemman silmän verkkokalvolle muodostuva kuva ei ole täysin samanlainen, sillä silmät katsovat kohdetta hieman eri kulmasta. (Hyvärinen 2001.) Kun oikean ja vasemman silmän näköakselit leikkaavat katsottavassa kohteessa eli fiksaatiopisteessä, havaintokohteen kuvat muodostuvat yhtä aikaa kummankin silmän keskikuoppaan eli fovealle. Tämän lisäksi verkkokalvoille lankeaa perifeeriseltä näkökentän alueelta kuvapisteitä, jotka asettuvat verkkokalvon vastaaville eli disparaateille alueille samalle etäisyydelle ja samaan suuntaan foveasta. Tällöin verkkokalvokuvat fuusioituvat aivojen näkökeskuksessa ja näkövaikutelmana kohteesta on yksi kuva. (Ansons – Davis 2001: 119; Rowe 1997: 12–14; Silmätautioppi 2011: 324–326.)

Jotta kuva nähtäisiin yhtenä, kaikkien silmälihasten on toimittava yhtäläisesti eri katseuuntiin ja eri etäisyyksille. Verkkokalvokuvien tulee olla myös mahdollisimman tarkat. (Korja 2008: 104.) Lisäksi niiden tulisi olla yhteneväiset kooltaan, muodoltaan, värittään ja intensiteetiltään (Von Noorden 2002: 7).

Jotta verkkokalvoille muodostuvat kuvat olisivat samanlaiset ja kuvautuisivat vastinpisteille, näkökentässä olevien kohteiden on oltava tietyllä avaruudellisella tasolla. Tämän tason, jota kutsutaan horopteriksi, keskipiste on fiksaatiopiste. Vaikka kuvat eivät lankeaisi tarkalleen vastaaville verkkokalvon alueille, voi fuusio toteutua näköjärjestelmän toleranssien; epänormaalin retinaalisen korrespondenssin ansiosta. Nähtävät kohteet sijaitsevat useimmiten näkökentässä hieman horopteritason edessä tai takana. Mikäli kohde on riittävän lähellä horopteria, kuvien pieni eriparisuus pystytään aistimaan syvyyšnäkönä. Tätä horopteritason ympärillä olevaa kolmiulotteista aluetta kutsutaan Panumin alueeksi. Panumin alueen ulkopuolella olevat kohteet kuvautuvat verkkokalvoille niin erilaisina, että niitä ei voida fuusoida yhdeksi. Tällöin kyseessä on fysiologinen diplopia ja kuva nähdään kahtena. (Hollwich 1979: 309–312; Rowe 1997: 14–16.)

Puuttuvasta stereonäöstä tai binokulariteetista ei normaalitilanteissa yleensä aiheudu minkäänlaisia ongelmia. Tämä johtuu siitä, että etäisyyden ja syvyyden arviointi on mahdollista muidenkin havaintojen avulla. Saamme näköjärjestelmäämme vihjeitä syvyydestä muun muassa valojen, varjojen ja kohteiden kokoerojen arvioimisella. (Silmätautioppi 2011: 331.)

2.1 Piilokarsastukset eli heteroforiat

Piilokarsastuksesta eli heteroforiasta voidaan puhua, jos silmien näköakselit poikkeavat pysty- tai vaakasuunnassa teoreettisesta ideaalitalanteesta. Optimaalisessa tilanteessa silmien näköakselit ovat yhdensuuntaiset kauas katsottaessa. Lähelle katsottaessa silmät kääntyvät sisäänpäin ja näköakselit leikkaavat katsottavassa kohteessa. Mikäli näköakselit eivät lainkaan poikkea ideaalitalanteesta, kyseessä on orthoforia. Jos näköakselien poikkeama sen sijaan on päällepäin nähtävissä, kyseessä on ilmeinen karsastus eli tropia. (Von Noorden 2002: 129.) Foriat tarkoittavat näköakselien poikkeamaa, joka tulee näkyviin vain silmien rasituksen yhteydessä, esimerkiksi silmää peitettäessä tai silmien väsyessä (Bradford 1999: 97). Lähes jokaisella henkilöllä, jolla on normaali binokulariteetti, on jonkinasteista piilokarsastusta. Useimmilla se on kuitenkin oireetonta tai lähes oireetonta, eikä vaadi minkäänlaisia korjaustoimenpiteitä.

Heteroforiat jaetaan horisontaali- ja vertikaaliforioihin. Exoforia ja esoforia ovat vaakasuunnan poikkeamia eli horisontaaliforioita. Exoforia tarkoittaa ulospäin piilokarsastusta, jolloin silmillä on taipumusta asettua katsomaan hieman ulospäin yhdensuuntaisesta asennosta. Esoforiassa eli sisäänpäin piilokarsastuksessa silmillä on taipumusta asettua katsomaan hieman sisäänpäin. (Evans 1984: 6.) Exoforia on piilokarsastustyypeistä yleisin (Silmätautioppi 2011: 335).

Hyperforia ja hypoforia ovat pystysuunnan poikkeamia eli vertikaaliforioita. Hyperforiassa eli ylöspäin piilokarsastuksessa toinen silmä katsoo ylöspäin verrattuna toisen silmän näköakseliin. Hypoforiassa eli alaspäin piilokarsastuksessa toinen silmä katsoo alaspäin verrattuna toisen silmän näköakseliin. Koska silmien asentoa verrataan toisiinsa, on oikean silmän hyperforia sama asia kuin vasemman silmän hypoforia. (Evans 1984: 6; Von Noorden 2002: 129–130.)

Piilokarsastus on yleensä oireeton, mikäli näköjärjestelmä kykenee kompensoimaan forian (Evans 1984: 46). Piilokarsastukseen voi kuitenkin liittyä epämääräisiä näkemisen vaivoja eli niin kutsuttuja astenooppisia oireita. Kun henkilö on virkeä, piilokarsastus ei useimmiten aiheuta oireita, mutta väsyneenä näkeminen voi tuntua raskaalta ja epämurkavalta. Näkeminen voi tuntua hämärtyneeltä, lukiessa rivit voivat hyppiä tai näkyä jopa kahtena, liikkuvien kohteiden seuraaminen saattaa olla vaikeaa, silmät tuntuvat rasittuneilta ja päänsärkyä voi esiintyä. Tällaisia vaivoja kokeva henkilö saattaa

yrittää tietämättään korjata piilokarsastusta esimerkiksi epätavallisilla pään asennoilla, rypistämällä otsaa tai sulkemalla toisen silmän. Yhdellä silmällä katsominen poistaa binokulariteetin sekä sen mahdollisesti aiheuttamat oireet. Piilokarsastuksen aiheuttamia oireita voidaan helpottaa oikeanlaisella silmälasimääräyksellä ja silmälasilla, sfäärisellä korvauslasilla, ortoptisilla eli silmälihaksia kehittäville harjoituksilla tai prismalinsseillä. (Evans 1984: 46–47; Korja 2008: 174.)

2.2 Stereoskooppinen näkeminen

Stereoskooppisella näkemisellä eli stereonäöllä tarkoitetaan kykyä havaita näkökohteita kolmiulotteisesti. Sen katsotaan olevan binokulaarisen näkemisen korkein taso. 3D-tekniikan eli kolmiulotteisten kuvien näkeminen vaatii riittävää stereonäkökykyä. Lisäksi stereonäkökykyyn vaaditaan ainakin jonkinasteista binokulariteettia. (Ansons – Davis 2001: 121; Schwartz 2010: 237.)

Kolmiulotteinen näkeminen saadaan aikaan, kun kummankin silmän tuottamat erilaiset kuvat stimuloivat horisontaalisesti suuntautuneita disparaatteja verkkokalvokohtia samanaikaisesti. Kuvien fuusioituessa Panumin alueella saadaan kahden silmän tuottama kolmiulotteinen syvyysvaikutelma. Vertikaalisuunnassa sijaitsevien kohteiden suhteen näköjärjestelmä ei tuota kolmiulotteista syvyysvaikutelmaa. (Ansons – Davis 2001: 121; von Noorden 1996: 23.)

Stereonäköä ja sen tarkkuutta eli stereonäön erotuskykyä voidaan mitata erilaisilla testausmenetelmillä. Niissä tutkittava katsoo koejärjestelyin tuotettuja eriasteisia dispaattikuvia, jotka luovat keinotekoisien syvyysvaikutelman. Mittauksessa määritetään verkkokalvokuvien pienin mahdollinen kulmaero, jolla syvyyshavainto on vielä mahdollinen. 10” luokitellaan erittäin hyväksi ja arvot 20” ja 60” välillä lasketaan normaaleiksi. Pienin kulmaero voi olla jopa 3”. Henkilön, jonka silmäteräväli eli pupillien välinen etäisyys on suuri, on teoriassa mahdollista saavuttaa pienempiä kulmaeroarvoja kuin henkilön, jolla silmäteräväli on pienempi. Vaikka näöntarkkuus olisi hyvä, se ei automaattisesti takaa hyvää tai normaaliakaan stereonäköä. Toisaalta, jotta stereoskooppinen näkeminen on mahdollista, ei myöskään näöntarkkuuden tarvitse olla korkea. (Korja 2008: 228, 235–237; Rowe 1997: 33–34; Schwartz 2010: 240; Silmätautioppi 2011: 328.)

Stereonäkötesteissä verkkokalvokuvien erottaminen tapahtuu joko punaviher- tai polarisaatiosuotimilla. Testejä on sekä kauko- että lähietäisyyksille. Kaukoetäisyydelle tarkoitettuja testejä ovat esimerkiksi Neuro ja Osterberg, joka löytyy useimmista projekteista. Lähitestejä ovat muun muassa Frisby, Titmus, Randot ja TNO, josta kerromme erikseen luvussa 4.2. Lisäksi erityisesti lasten stereonäön mittaamisessa käytetään Langin stereotestikorttia lähietäisyydelle. (Korja 2008: 238–243; Ansons – Davis 2001: 130–133.)

3 3D-tekniikka

3D-tekniikassa käytetään hyväksi ihmisen normaalia kolmiulotteista näköaistimusta, joka tuotetaan pääasiassa erillisten 3D-lasien avulla. 3D-teknologia on melko vanha teknologia, vaikka se onkin yleistynyt vasta viimeisen kymmenen vuoden aikana. Ensimmäisiä 3D-elokuvia on näytetty jo 1920-luvulla, mutta maailmalla 3D-elokuvat ovat kuitenkin yleistyneet vasta 2000-luvulla teknologian kehittyttyä. Suomessa ensimmäiset 3D-elokuvanäytökset aloitettiin syksyllä 2008, ja siitä lähtien kiinnostus 3D-elokuviin ja -teknologiaan on kasvanut merkittävästi. Tänä päivänä 3D-teknologiasta voikin nauttia jopa omasta televisiosta. (Finnkino 2013.)

3D-elokuvien katsomista varten tarvitaan erilliset 3D-lasit, jotta voidaan nähdä 3D-elokuvan luoma syvyysvaikutelma. Syvyysvaikutelma luodaan siten, että oikealle ja vasemmalle silmälle tuotetaan omat kuvat, jotka aivot yhdistävät yhdeksi kolmiulotteiseksi kuvaksi. 3D-laseja voi käyttää 3D-elokuvateattereiden lisäksi myös television (3D HDTV) ja näyttöruutujen kanssa.

3D-lasitekniikka voidaan jakaa passiiviseen ja aktiiviseen tekniikkaan. Passiivilasien käytössä ei tarvita minkäänlaista virtalähdettä. Aktiivilasien käytössä taas tarvitaan virtalähdettä (yleensä pientä patteria tai akkua). Passiivi- ja aktiivilasien käyttö vaatii elokuvateattereissa erilaista 3D-tekniikkaa. 3D-elokuvateknikka vaatii sekä digitaalista projektorin että erillistä 3D-laitteistoa. Passiivitekniikan yksi käytetyimmistä tekniikoista on Dolby 3D. Kyseisessä tekniikassa käytetään kolmella päävärillä filteroitua väripyörää, joka automatisoidaan digitaaliprojektoriin. Dolby 3D-tekniikassa käytetään passiivilaseja. (Dolby 3D: The Best 3D Movie Experience 2013.) Aktiivitekniikan yksi käytetyimmistä tekniikoista on XpanD Ltd:n toimittama XpanD, jota myös Finnkino käyttää. XpanD-tekniikassa käytetään aktiivilaseja, jotka synkronoivat kuvan yhdessä digitaaliprojektorin kanssa. Sekä XpanD-tekniikan että Dolby 3D-tekniikan käyttö mahdollistaa hopeisten valkokankaiden käytön lisäksi myös valkoiset valkokankaat. (Dolby 3D: The Best 3D Movie Experience; Finnkino 2013.)

Passiivilasien linssit on valmistettu niin, että niillä estetään joko tietty aallonpituuden taajuus tai väri. Passiivilasissa, joka perustuu tiettyjen aallonpituuksien estämiseen, käytetään polarisoivia linsskejä. Oikean ja vasemman silmän polarisoivat linssit ovat 90 asteen kulmassa toisiinsa nähden – toisen silmän linssi on vaakasuunnassa ja toisen pystysuunnassa. (Young – Freedman 2004.) Kahdesta hieman eri suunnasta kuvattu

3D-elokuva näytetään yhdeltä projektorilta. Projektori tuottaa kaksi päällekkäistä kuvaa, joista toinen kuva tuotetaan passiivilasin oikealle linssille ja toinen kuva vasemmalle. Tämän jälkeen aivot yhdistävät oikean ja vasemman silmän kuvat yhdeksi kolmiulotteiseksi kuvaksi. (3D Eyewear 2013; Ukai – Howarth 2007.) Lisäksi on myös passiivilaseja, joissa poistetaan tietyt värit. Tällaisia laseja ovat esimerkiksi anaglyph-lasit. Kyseisessä passiivilasityypissä käytetään tyypillisesti punaista ja sinivihreää eli syaanin väristä linssiä. Näillä linseillä poistetaan toisesta silmästä punaisen valon aallonpituus 700 nanometriä (nm) ja sen vastaväriin syaanin valon aallonpituus 490nm. Anaglyph-laseja käytettiin enimmäkseen 1930-luvulta 2000-luvun alkuun saakka. (How 3D Works 2013.)

Aktiivilasi on tällä hetkellä yleisimmin käytetty 3D-lasityyppi. Myös aktiivilasit perustuvat valon polarisaatioon. 3D-projektori tuottaa aktiivilasien kanssa kuvaa synkronoidusti infrapunasäteen avulla. (Finnkino 2013.) Kuvaa tuotetaan tietyssä, hyvin lyhyessä syklistä vuorotellen oikealle ja vasemmalle silmälle. Aktiivilasit toimivat siis yhtäaikaaisesti näytön ja projektorin kanssa. Samalla kun projektori tuottaa oikealle silmälle kuvan infrapunasäteen avulla, vasemman silmän kuva poistetaan ”sulkimen” avulla. Sulkimina toimivat tietynlaiset LCD-kalvot. Aktiivilasitekniikassa projektori lähettää kuvaa niin nopeassa tahdissa oikean ja vasemman silmän välillä, ettei sitä paljaalla silmällä voi erottaa. Tämän vuoksi oikean ja vasemman silmän kuvat fuusioituvat eli yhdistyvät aivoissa yhdeksi kuvaksi. Aktiivilasitekniikan tuottama 3D-kuva on passiivilaseja laadukkaampaa ja mahdollistaa miellyttävämmän katsomisen suurilla valkokankailla. (3D Eyewear 2013; How 3D Active Shutter Eyewear Works 2013; Finnkino 2013; Ukai – Howarth 2001.)

4 Aikaisemmat tutkimukset

Etsimme omaa opinnäytetyötämme varten aikaisempia tutkimuksia 3D-tekniikan vaikutuksista näkemiseen ja sen rasittumiseen. Aiheesta löytyy useita tutkimuksia maailmalta (muun muassa Yhdysvalloissa, Japanissa, Kanadassa, Iso-Britanniassa ja Etelä-Koreassa). Myös Suomessa on tehty yksi tutkimus, jossa on vertailtu stereoskooppisen 3D-viihteen vaikutuksia näkemisen miellyttävyyteen aikuisten ja lasten välillä.

Eräs Japanissa (NHK Science and Technical Research-laboratorio) ja Kanadassa (Concordia-yliopisto) vuonna 2011 tehty tutkimus vertaili tavallisen HDTV:n ja stereoskooppisen HDTV:n aiheuttamaa näköjärjestelmän väsymistä (*visual fatigue*). Tutkimuksessa mitattiin silmien ja näköjärjestelmän väsymistä sekä subjektiivisilla että objektiivisilla menetelmillä. Tutkimuksessa tultiin siihen tulokseen, että suuret liikkeet stereoskooppisessa kuvassa aiheuttavat väsymistä. (Yano – Ide – Mitsuhashi - Thwaites 2001.)

Eräs artikkeli vuodelta 2011 (Niigatan yliopisto, Japanin tieteen ja teknologian toimisto ja NHK Science and Technical Research-laboratorio) tuo esille Japanissa tehtyjä tutkimuksia siitä, miten stereoskooppiset kuvat aiheuttavat näköjärjestelmän väsymistä ja kuinka sitä voitaisiin estää. Artikkelin mukaan stereoskooppisessa kuvassa olisi esimerkiksi tärkeää, että silmien vergenssi ja akkommodaatio olisi huomioitu mahdollisimman hyvin. Tärkeää olisi, että silmien luonnolliset stereoskooppiset vihjeet eivät sekoittuisi. Tätä voidaan artikkelin mukaan ehkäistä minimoimalla vääristymiä niin sijainnissa, muodossa, värissä tai kirkkaudessa oikean ja vasemman silmän kuvien välillä. Pienetkin vääristymät voivat aiheuttaa näköjärjestelmän väsymistä. (Bando – Iijima – Yano 2011.)

Vuonna 2012 Iso-Britanniassa Yorkin yliopiston psykologian ja Essexin yliopiston elektroniikan laitoksessa on tehty tutkimus stereoskooppisen television aiheuttamasta visuaalisesta stressistä. Tutkimuksen tarkoituksena on tunnistaa, arvioida ja selvittää kuinka voimakkaita oireita 3D-elokuva aiheuttaa verrattuna tavalliseen 2D-elokuvaan verrattuna. Tutkimuksen mukaan 3D-elokuvien katsominen aiheutti tutkimushenkilöille merkittäviä oireita verrattuna 2D-elokuviin. Oireista yleisimpiä olivat päänsärky ja yleinen epämiellyttävyys. Tutkimushenkilöt valitsivat 2D-elokuvat miellyttävämmäksi vaih-

toehdoksi. Osa tutkimushenkilöistä valitsisi kuitenkin 3D-elokuvan sen erikoisefektien vuoksi, vaikka 3D aiheuttaisikin enemmän oireita. (Atallah – Pelah – Wilkins 2012.)

Etelä-Koreassa Sangmyungin yliopistossa ja Korean tieteen ja teknologian instituutissa vuonna 2012 tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin stereoskooppisen 3D:n vaikutuksia kognitiiviseen väsymiseen. Ryhmät jaettiin kahtia väsyneisiin ja ei-väsyneisiin 3D-elokuvan katsomisen jälkeen tutkimushenkilöiden subjektiivisten vastausten ja objektiivisten testien vasteajan (*response time*) hidastumisen perusteella. Väsyneet-ryhmän jäsenten testitulokset heikentyivät 3D-elokuvan katsomisen jälkeen verrattuna tilanteeseen ennen 3D-elokuvan katsomista. Tutkimuksessa havaittiin myös, että osa tutkimushenkilöistä koki epämiellyttävyyden selkeästi toisia voimakkaammin. (Mun – Park – Park – Whang 2012.)

Suomessa on vuonna 2011 tehty tutkimus 3D-viihteen vaikutuksista katselumiellyttävyyteen. Tutkimuksessa vertailtiin televisio-projektorilta katsotun 3D-elokuvan ja 3D-tietokonepelin pelaamisen aiheuttamaa visuaalista väsymistä lasten ja aikuisten välillä. Tutkimuksessa mitattiin tuloksia ennen ja jälkeen elokuvan katsomisen tai pelin pelaamisen. Lisäksi tutkimushenkilöille tehtiin mittauksia 30–40 minuutin välein. Lieviä muutoksia havaittiin muun muassa silmien toiminnassa, forioissa ja konvergenssin lähipisteissä. Suurimmalla osalla muutokset forioissa olivat exoforiaa. Aikuisten ja lasten välillä ei havaittu merkittäviä eroja, mutta esimerkiksi 3D-tietokonepelin pelaaminen aiheutti lapsilla merkittävän muutoksen silmäsäryssä ja konvergenssin lähipisteessä. Pääosin muutokset silmien rasittumisessa ja mittaustuloksissa olivat pieniä, mutta joillakin tutkimushenkilöillä tulokset heikkenivät 3D-tekniikan käytön jälkeen merkittävästi. (Pölonen – Järvenpää – Bilcu 2011.)

Iso-Britanniassa vuonna 1999 tehty tutkimus kartoitti virtuaalisen ympäristön vaikutuksia silmien toimintaan. Tutkimuksessa keskityttiin siihen, miten erilaiset virtuaaliset katselujärjestelmät, kuten 3D-lasit, vaikuttavat muun muassa forioihin ja silmien toimintaan. Lisäksi tutkittiin sitä, vaikuttavatko tutkimushenkilöiden erilaiset silmäterävälit eri katselujärjestelmien aiheuttamiin muutoksiin. Tuloksista käy ilmi, että silmäteräväli ja eri katselujärjestelmät aiheuttavat muutoksia (muun muassa prismaattiset vaikutukset ja foriamuutokset), mutta ne eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Kuitenkin kahdella kolmesta tutkittavasta muutokset forioissa olivat exoforiaa. (Howarth 1999.)

Aikaisemmat tutkimukset osoittavat selkeästi, että 3D-tekniikka aiheuttaa ainakin jonkinlaisia muutoksia näkemisessä. Vaikka tilastollisesti merkitseviä tuloksia ei ole löytenyt, osittain pienen otannan vuoksi, muutoksia on ollut muun muassa forioissa ja konvergenssin lähipisteissä. Subjektiiivisesti tutkimushenkilöt ovat kokeneet eritasoisia näkemiseen liittyviä oireita, kuten päänsärkyä, kaksoiskuvia, yleistä epämiellyttävyyttä, sumeaa tai epätarkkaa kuvaa tai pahoinvointia.

5 Tutkimuksessa käytetyt testit

Aikaisempien tutkimusten perusteella päätimme mitata tutkimuksessamme koehenkilöiltä näöntarkkuudet kauas ja lähelle, stereonäön erotuskyvyn, konvergenssin lähipisteen arvot sekä foriat kauas ja lähelle. Mittaukset suoritimme ennen 3D-elokuvan katsomista 13.5.2013 ja 14.5.2013 sekä yhdeltä tutkittavistamme 17.5.2013. Toistimme samat mittaukset uudelleen 3D-elokuvan katsomispäivänä 17.5.2013 heti elokuvan katsomisen jälkeen.

Valitsimme käytettävät testit niiden helppouden, nopeuden ja luotettavuuden perusteella. Teimme mittaukset siten, että sekä alku- että loppumittauksissa yksittäisen testin suoritti aina sama henkilö. Näin pyrimme minimoimaan tutkijasta johtuvaa vaihtelua mittaustuloksissa.

5.1 Näöntarkkuuden mittaaminen

Mittasimme näöntarkkuudet sekä binokulaarisesti että monokulaarisesti lähelle ja kauas. Jos tutkittavalla oli silmälasit tai piilolasit käytössään, näöntarkkuudet mitattiin niiden kanssa. Lähinäöntarkkuudet mittasimme lähitestitaulua käyttäen 40 senttimetrin (cm) etäisyydelle. Lähitestitaulun pienin tekstirivi vastaa näöntarkkuusarvoa 1.0. Testitaulun muita tekstirivejä vastaavat näöntarkkuusarvot 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6 ja 0.8. Määritimme normaaliksi binokulaariseksi lähinäöntarkkuudeksi vähintään 0.8.

Kaukonäöntarkkuuksien mittaamiseen käytimme LEA numbers -valolaatikkaa kolmen metrin etäisyydelle. Testitaulu on sisältä valaistu, joten ympäristön valaistusolosuhteet eivät vaikuta optotyyppien valaistustasoon merkittävästi. Lisäksi testitaulussa on 0.8 ja sitä parempia näöntarkkuusarvoja (1.0, 1.25, 1.6, 2.0 ja 2.5) vastaavat optotyyppirivit kahdessa eri sarakkeessa, jolloin optotyyppien muistaminen on epätodennäköisempää kuin yhden sarakkeen tauluissa. (Hyvärinen 2012.) Normaalina binokulaarisena kaukonäöntarkkuutena pidetään visusarvoa 1.0 tai enemmän.

5.2 Stereonäön mittaaminen

TNO-stereonäkötestillä voidaan määrittää stereonäön erotuskykyä välillä 15 – 480 kulmasekuntia (15”, 30”, 60”, 120”, 240”, 480”). Määritimme tutkimuksessamme hy-

väksi stereonäön erotuskyvyn arvoksi alle 30”, normaaliksi 30”- 60”, heikentyneeksi yli 60” ja puutteelliseksi yli 120”. Testissä tutkittavalla on päässään punaviherlasit, ja hän katsoo TNO-testikirjaseen tauluja. Testin stereokuvat perustuvat vastavärien käyttöön eli anaglyph-menetelmään. Binokulaarisesti katsottuna testin kuviot näyttävät kolmiulotteisina. (Von Noorden – Campos 2002: 302–303.) Testikuviot ovat niin kutsuttuja piirakkakuvioita, joista yksi sivu on auki. Tutkittavan täytyy osata kertoa, mihin suuntaan auki oleva sivu osoittaa: ylös, alas, oikealle vai vasemmalle.

Testi on niin kutsuttu random-dot -testi eli sen kuviot muodostuvat punaisista ja vihreistä palloista. Monokulaarisesti katsottuna testikuviot eivät anna mitään syvyysvihjeitä, mistä syystä TNO-testiä pidetään luotettavana stereonäön mittarina. (von Noorden – Campos 2002: 23–24, 302–303.)

5.3 Konvergenssin lähipisteen mittaaminen

Konvergenssin lähipiste (KLP) kertoo lyhimmän etäisyyden, johon konvergentti on vielä mahdollista. Käytimme tutkimuksessa ”Royal Air Force (RAF) rule”-testitikkua. Testikuviona käytimme mustaa vertikaaliviivaa, jonka keskellä on musta piste. Testissä fiksotava kohde tuodaan tutkittavan eteen noin 40 cm:n etäisyydelle. Tutkittavaa pyydetään pitämään katse kohdistettuna tähän kohteeseen samalla, kun sitä tuodaan hitaasti lähemmäksi hänen kasvojaan. Kun kohde on tarpeeksi lähellä, toinen silmä tai molemmat silmät kääntyvät fiksaatiopisteestä ulospäin. Asiakas myös huomaa kohteen kahdentuvan tässä kohdassa, jos hän ei supressoi toisen silmän kuvaa. (Grosvenor 2007: 120, Pensyl – Benjamin 2006: 395). Tulosten luotettavuuden lisäämiseksi toistimme tämän testin kolme kertaa tutkimushenkilöä kohden ja laskimme näiden tulosten keskiarvon.

Konvergenssin lähipiste on etäisyys sarveiskalvon pinnasta katsottavaan kohteeseen. Konvergenssin lähipisteen tulisi olla alle 10 cm. Normaaliksi konvergenssin lähipisteeksi on määritelty 5-8 cm. Yli 10 cm etäisyydelle jäävää konvergenssin lähipistettä voidaan pitää puutteellisena. Konvergenssin vajaustiloissa lähipiste jää usein jopa 25–30 cm:iin. (Von Noorden – Campos 2002: 206–207.)

5.4 Forioiden mittaaminen

Forioiden mittaukseen käytimme ”Bernell muscle imbalance measure (MIM)” -kortteja. Toista kortteista käytetään lähiforioiden mittaukseen 40 senttimetrin etäisyydelle ja toista kolmen metrin etäisyydelle kaukoforioiden mittaukseen. Testikortin keskellä on reikä, jonka kautta kynälampun valo suunnataan tutkittavaa kohti. Tutkittavan oikean silmän edessä pidetään Maddoxin linssiä, jolloin valo muodostaa tämän silmän eteen punaisen viivan. Tutkittava kertoo, mikä kortissa olevan numeron kohdalla punainen valoviiva on. Numero vastaa forian määrää. (Grosvenor 2007: 227). Mittasimme korteilla sekä horisontaali- että vertikaaliforiat lähelle ja kauas.

6 Tutkimuksen lähtökohdat ja toteutus

Opinnäytetyössämme halusimme selvittää 3D-elokuvien katsomisen vaikutusta näkemiseen ja näkömukavuuteen. Kiinnostuimme siitä, kuinka miellyttäväksi ihmiset kokevat 3D-elokuvat verrattuna tavallisiin 2D-elokuviin. Halusimme myös selvittää forioiden ja stereonäön erotuskyvyn yhteyttä mahdollisiin elokuvan katsomisesta aiheutuviin oireisiin. Tiivistimme keskeisimmistä kysymyksistämme opinnäytetyön tutkimusongelmat:

- Aiheutuuko 3D-elokuvan katsomisesta näkemiseen liittyviä oireita?
- Vaikuttaako 3D-elokuvan katsominen mitattuihin arvoihin: konvergenssin lähipisteeseen, forioihin, stereonäköön ja näöntarkkuuteen?
- Kokevatko henkilöt, joilla on heikompi stereonäkö tai enemmän foriaa, 3D-elokuvan epämiellyttävämmäksi katsoa?

Rajasimme tutkittavamme henkilöihin, jotka saavuttivat binokulaarisesti normaaliksi katsottavan kaukonäöntarkkuuden eli vähintään visusarvon 1.0. Oletuksemme tutkimukseen lähdetessä oli, että binokulaariset näöntarkkuudet pysyisivät suunnilleen yhtä hyvinä tai voisivat hieman heikentyä (tutkittavien subjektiivinen kokemus sumeasta tai epätarkasta näöstä). Aiempien tutkimusten tulosten mukaisesti oletimme, että foriat muuttuisivat exoforiseen suuntaan, ja että 3D-elokuvien katsominen aiheuttaisi muun muassa silmien väsymistä. Odotimme myös, että stereonäön erotuskyvyn ja konvergenssin lähipisteen arvot heikentyisivät 3D-elokuvan katsomisen jälkeen.

6.1 Tutkimuksen eteneminen

Valitsimme opinnäytetyömme aiheen tammikuussa 2013. Kirjallisuuskatsauksen työstämisen ja kyselylomakkeiden suunnittelemisen aloitimme helmikuussa 2013. Tutkimus koostui useasta eri vaiheesta ja se toteutettiin toukokuussa 2013.

Ensimmäinen osa tutkimuksesta suoritettiin 13.5.2013 ja 14.5.2013 Metropolia Ammatikorkeakoulun Mannerheimintien toimipisteessä näöntarkastustilassa. Ensimmäisessä osassa tutkimuksia mittasimme 14 koehenkilöltä näöntarkkuudet, konvergenssin lähipisteen, stereonäön ja foriat.

Toinen osa tutkimuksesta suoritettiin opinnäytetyön yhteistyökumppanin Finnkino Oy:n tarjoamissa tiloissa (Finnkino Tennispalatsi) 17.5.2013. Tutkimuksen toisessa osiossa tutkittavat vastasivat suostumuslomakkeeseen ja ensimmäiseen kyselylomakkeeseen ennen 3D-elokuvan katsomista (liite 1). Suostumuslomakkeessa tähdennettiin tutkittavien voivan halutessaan koska tahansa jättää tutkimuksen kesken. Lomakkeessa myös kerrottiin, että tulokset käsitellään luottamuksellisesti siten, etteivät yksittäisten koehenkilöiden tulokset tai henkilöllisyys erotu joukosta. Lisäksi toisessa osiossa teimme alkumittaukset vielä yhdelle koehenkilölle.

Kolmannessa vaiheessa tutkittavat katsoivat 3D-elokuvan *The Great Gatsby* – Kultahattu 3D. Halusimme minimoida eri etäisyyksien vaikutukset tutkimustuloksiin, joten valitsimme kaikille tutkittaville istumapaikat elokuvasalin keskiosasta. Ohjeistimme koehenkilöitä kiinnittämään huomiota 3D-vaikutelmiin elokuvan alussa, puolessa välissä ja lopussa. Kolmannen osion elokuvalippukuluista vastasi opinnäytetyömme sponsori SOA ry. Muista kuluista vastasi Etelä-Hämeen Silmäasema Oy.

Neljäs vaihe tutkimuksesta suoritettiin heti 3D-elokuvan katsomisen jälkeen Finnkino Tennispalatsin tiloissa. Mittasimme kaikilta koehenkilöiltä näöntarkkuudet, konvergenssin lähipisteen, stereonäön ja foriat. Lisäksi heti mittauksen jälkeen tutkittavat vastasivat kyselylomakkeeseen 3D-elokuvan katsomisen jälkeen (liite 2). Tutkimustulosten analysoinnin aloitimme toukokuun 2013 loppupuolella SPSS-ohjelmalla.

6.2 Tutkimusjoukko

Tutkimusjoukko koostui 15 Metropolia Ammattikorkeakoulun optometrian opiskelijasta, joista naisia oli 13 (87 %) ja miehiä 2 (13 %). Alun perin koehenkilöitä oli yhteensä 16, mutta yksi keskeytti tutkimuksen aikataulusyihin vedoten. Olemme analysoineet kaikki tutkimustuloksemme vain tutkimusosioihin osallistuneiden koehenkilöiden tuloksilla ja vastauksilla. Tutkimusjoukkomme koostui vuosikurssien SO13K1 ja SO10S1 vapaaehtoisista opiskelijoista. Kurssilta SO13K1 osallistui yhteensä 12 koehenkilöä (80 %) ja kurssilta SO10S1 yhteensä 3 (20 %). Tutkimusjoukon keski-ikä oli 21 vuotta.

Tutkimukseen osallistuneista 6 koehenkilöä (40 %) käytti silmälaseja, piilolinsejä tai molempia näönkorjausratkaisunaan. Loput 9 tutkittavaa (60 %) ei käyttänyt mitään näönkorjausratkaisua. Yhdelläkään koehenkilöistä ei ollut näkemiseen vaikuttavia tiloja tai sairauksia (esimerkiksi amblyopiaa, karsastusta). Tutkimusjoukosta 14 koehenkilöä

(93 %) oli nähnyt 3D-elokuvia ennen tutkimusta elokuvateatterissa ja/tai kotona. Vain yksi koehenkilöstä (7 %) ei ollut nähnyt 3D-elokuvia ennen tutkimusta.

6.3 Tutkimusaineiston kerääminen

Käytimme opinnäytetyössämme kvantitatiivista eli määrällistä tutkimustapaa. Kvantitatiivisen tutkimuksen avulla selvitetään lukumääriin ja prosentiosuuksiin liittyviä kysymyksiä. Opinnäytetyömme teimme niin sanottuna survey-tutkimuksena (suunnitelmallinen kysely- tai haastattelututkimus) (Heikkilä 2008: 16, 19, 33–35.) Tutkimusjoukon valintaan vaikutti muun muassa opinnäytetyömme tavoitteet ja aikataulu, maantieteellinen sijainti sekä budjetti.

Kyselytutkimuksen lisäksi suoritimme erilaisia mittauksia ennen ja jälkeen 3D-elokuvan katsomisen. Tutkimuksessa mittasimme tutkittavien näöntarkkuudet, foriat, konvergenssin lähipisteet ja stereonäön erotuskyvyn. Mittausten avulla saimme tietoa tutkimushenkilöiden näkökyvystä sekä pystyimme vertailemaan, minkälaisia muutoksia 3D-elokuvan katsominen aiheutti. Lisäksi pystyimme vertailemaan tutkimushenkilöiden kokemia subjektiivisia tuntemuksia ja objektiivisia mittaustuloksia keskenään.

6.4 Kyselylomake

Käytimme opinnäytetyömme tutkimusvaiheessa kyselylomakkeita sekä ennen (liite 1) että jälkeen (liite 2) 3D-elokuvan katsomisen. Kyselylomakkeissa käytimme 5-portaista Likertin asteikkoa numeroilla 1-5. Likertin asteikon numero 1 tarkoitti täysin samaa mieltä ja 5 täysin eri mieltä. Asteikon puolivälissä käytimme ”en osaa sanoa” -vaihtoehdon tilalla vaihtoehtoa ”ei eri eikä samaa mieltä”. Tutkimushenkilöiden henkilöllisyys pidettiin salassa tunnistamalla tutkimuksen koehenkilöt ainoastaan koehenkilönumeroilla. Kyselylomakkeissa käytimme suljettuja eli strukturoituja kysymyksiä, avoimia kysymyksiä sekä sekamuotoisia kysymyksiä. (Heikkilä 2008: 48–54.)

Ensimmäisen kyselylomakkeen (liite 1) ensimmäinen osio koostui sekä avoimista että suljetuista kysymyksistä, joilla keräsimme tutkittavien taustatietoja ja näönkorjausratkaisuja. Ensimmäisen osion kysymyksillä 1-4 kartoitimme, minkälaista näönkorjausratkaisua tutkittavat käyttivät sekä heidän mahdollisia silmäsairauksiaan. Toisessa osiossa kartoitimme tutkittavien omaa kokemusta elokuvissa käymisestä sekä omasta nä-

kemisestään. Toisen osion kysymykset 5, 6, 10 ja 11 koskivat koehenkilöiden mahdollisia aikaisempia kokemuksia elokuvissa käymisestä sekä 3D-elokuvista. Kysymykset 7, 8, 9 ja 12 koskivat tutkittavien kokemusta omasta näkemisestään kauas ja lähelle sekä mahdollisista näkemiseen liittyvistä vaivoista.

Toisessa kyselylomakkeessa (liite 2) kartoitimme tutkittavien omaa kokemusta näkemisestään heti 3D-elokuvan katsomisen jälkeen. Toinen kyselylomake koostui kahdesta osiosta. Kysymykset 1-5 kartoittivat koehenkilöiden omia kokemuksia näkemisestään ja 3D-elokuvan miellyttävyydestä heti elokuvan katsomisen jälkeen. Nämä kysymykset arvioitiin Likertin asteikolla 1-5. Toinen osio koostui avoimesta kysymyksestä, jolla kartoitettiin koehenkilöiden kokemia näkövaikutelmia 3D-elokuvan eri vaiheissa.

6.5 Tutkimusaineiston analysointi

Käytimme tutkimusaineiston analysoinnissa apuna SPSS-ohjelmaa (Statistical Package for the Social Sciences). Sen avulla voidaan tehdä erilaisia tilastollisia analyysejä. (Nummenmaa 2008: 17.) Käytimme työssämme muuttujien välisten yhteyksien analysointiin Pearsonin korrelaatiokerrointa. Sen avulla voidaan kuvata numeeristen, jatkuvien muuttujien lineaarista yhteyttä. Korrelaatio voi olla joko positiivinen tai negatiivinen. Positiivinen korrelaatio tarkoittaa, että toisen muuttujan arvojen kasvaessa myös toisen muuttujan arvot kasvavat. Negatiivisessa korrelaatioissa toisen muuttujan arvojen kasvaessa toisen muuttujan arvot pienenevät. Pearsonin korrelaatiokertoimen tunnus on r ja sen arvo vaihtelee välillä -1 ja $+1$. Jos kerroin on lähellä nollaa, ei muuttujien välillä löydy lineaarista riippuvuutta. (Valtari 2006; Heikkilä 2004: 90–91.)

Tulosten tilastolliset merkitsevyydet on ilmoitettu merkitsevyydystasolla 0,05 (5 %). Merkitsevyydystaso kertoo sen riskin suuruuden, että saatu riippuvuus tai ero johtuu sattumasta. Merkitsevyyden tunnus on p ja se ilmoitetaan desimaalilukuna nollan ja yhden välillä. Jos p -arvo on pienempi kuin 0,05, on tulos tilastollisesti melkein merkitsevää. Jos p saa pienemmän arvon kuin 0,01, on tulos tilastollisesti merkitsevää. (Heikkilä 2004: 194–195; Nummenmaa 2008: 137.)

Parittaista t -testiä käytimme analysoidessamme tutkimustuloksia ennen ja jälkeen 3D-elokuvan katsomisen. Testin avulla voidaan vertailla kahden riippuvan otoksen keskiarvoja tilanteissa, joissa halutaan selvittää, saako sama tutkimusjoukko erilaisia tuloksia

kahdella eri muuttujalla. Vertailimme testillä sekä mittaus- että kyselytuloksia ennen ja jälkeen 3D-elokuvan katsomisen. (Nummenmaa 2008: 169–171.)

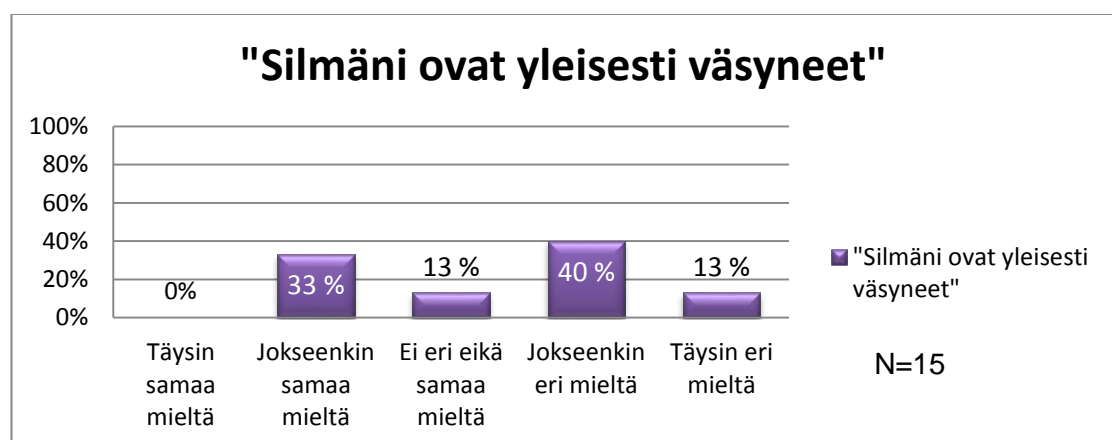
6.6 Tutkimustulokset

Käsitlemme tutkimustuloksia keskiarvon avulla. Puhuttaessa keskiarvosta tarkoitetaan yleensä aritmeettista keskiarvoa, joka saadaan jakamalla lukujoukon jäsenten summa sen jäsenten lukumäärällä. (Heikkilä 2008: 83–84.) Emme käytä tutkimustuloksia avatessamme muita jakauman sijaintia kuvaavia sijaintilukuja kuten esimerkiksi moodia ja mediaania pienen tutkimusjoukkomme vuoksi.

6.6.1 Kyselylomakkeiden vastaukset

Kyselylomakkeen perusteella tutkittavista viidesosa käy elokuvissa vuoden aikana 1–4 kertaa. Kaksi kolmasosaa tutkittavista käy elokuvissa noin 5–9 kertaa vuodessa ja viidesosa yli 10 kertaa. Vain yhtä tutkittavaa lukuun ottamatta kaikki olivat käyneet joskus katsomassa 3D-elokuvan elokuvateatterissa.

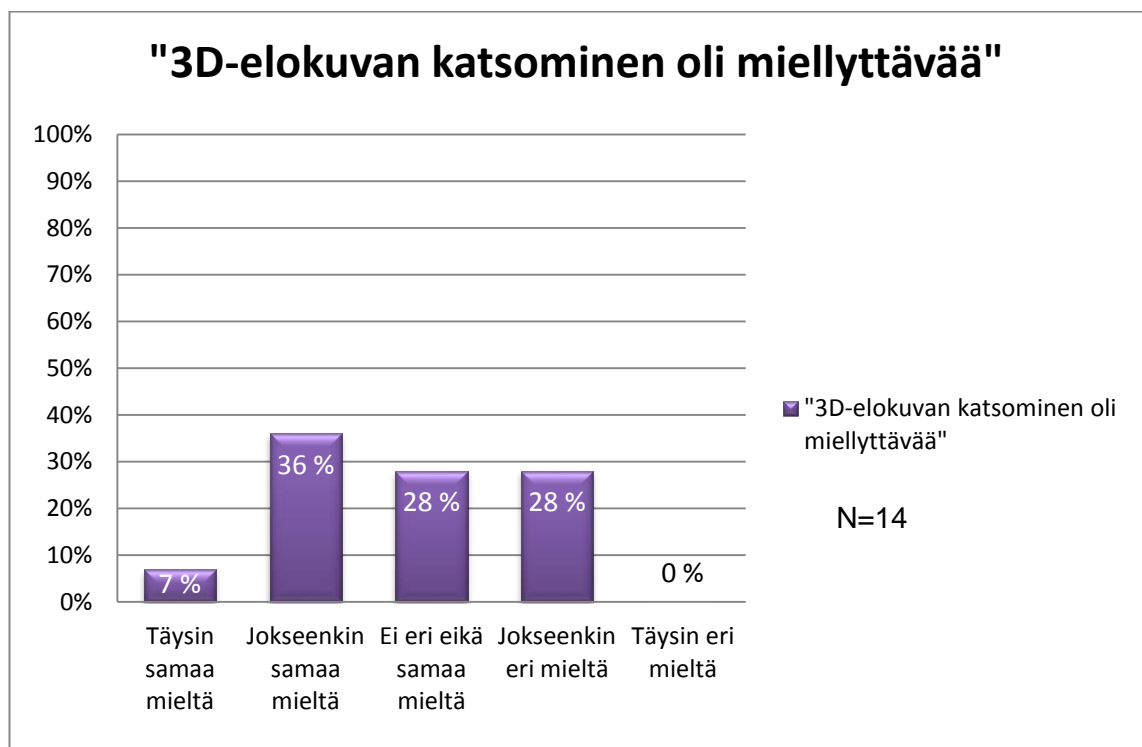
Väitteeseen ”silmiäni ovat yleisesti väsyneet” vastattiin pääasiassa kieltävästi. Tutkittavista kolmasosa (33 %) koki silmiensä väsyvän jonkin verran. Yli puolet (53 %) koehenkilöistä ei kokenut silmiensä yleisesti väsyvän. Loput tutkittavista (13 %) eivät olleet eri eivätkä samaa mieltä väitteen kanssa (kuvio 1). Vastausten keskiarvoksi muodostui 3,33 (joista 1 tarkoittaa ”täysin samaa mieltä” ja 5 ”täysin eri mieltä”).



Kuvio 1. Koehenkilöiden kokema silmien väsyminen yleisesti ennen tutkimuksia

Ennen 3D-elokuvan katsomista vastatun kyselylomakkeen vastausten perusteella koehenkilöistä 40 prosenttia vastasi silmiensä väsyvän lähityöskentelyssä. Tutkittavista kolmasosa (33 %) koki silmiensä väsyvän jonkin verran myös kauas katsoessa. Tutkittavista kukaan ei varsinaisesti koe silmien rasittuvan tavallisia, ei 3D-elokuvia katsoessa, mutta viidesosa oli joko täysin tai jokseenkin samaa mieltä väitteen ”silmani rasittuvat aina 3D-elokuvan katselusta elokuvateatterissa” kanssa. Tutkittavat olivat siis jo ennen tutkimukseen lähtemistä kokeneet 3D-elokuvien rasittavan silmiä.

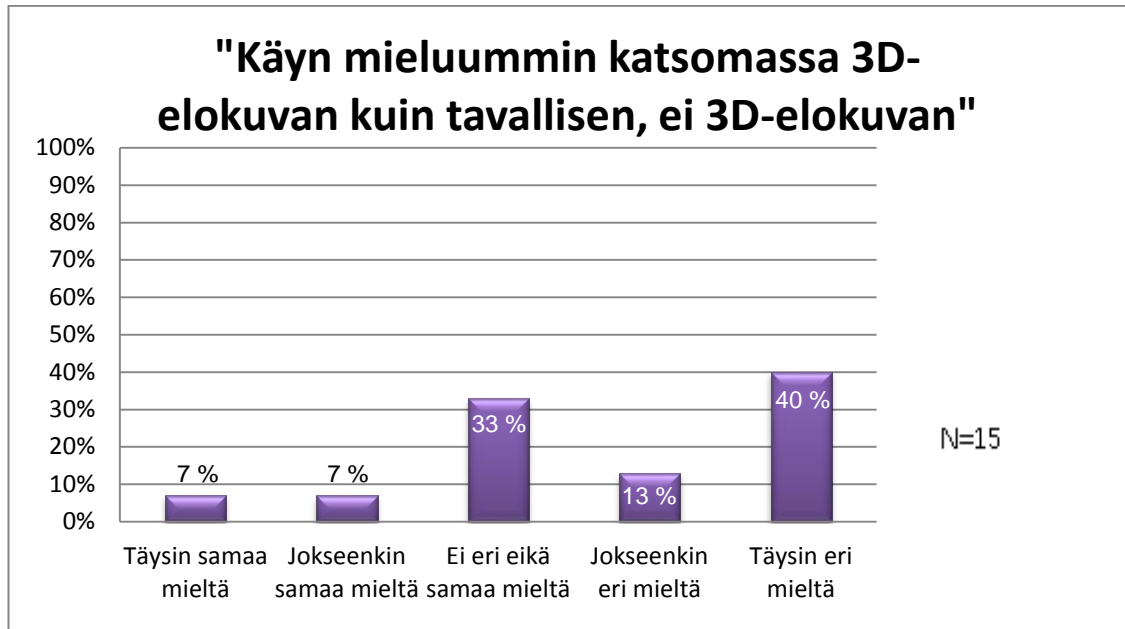
3D-elokuvan katsomisen jälkeen 43 % koehenkilöistä piti 3D-elokuvan katsomista suhteellisen miellyttävänä. Melkein kolmasosa (28 %) oli kuitenkin sitä mieltä, ettei 3D-elokuvan katsominen ole erityisen miellyttävää. Kukaan tutkittavista ei kuitenkaan kokenut 3D-elokuvia täysin epämiellyttävinä. Loput 4 tutkittavaa (28 %) eivät olleet eri eivätkä samaa mieltä. Yksi tutkittavista jätti kysymykseen vastaamatta (N=14) (kuvio 2).



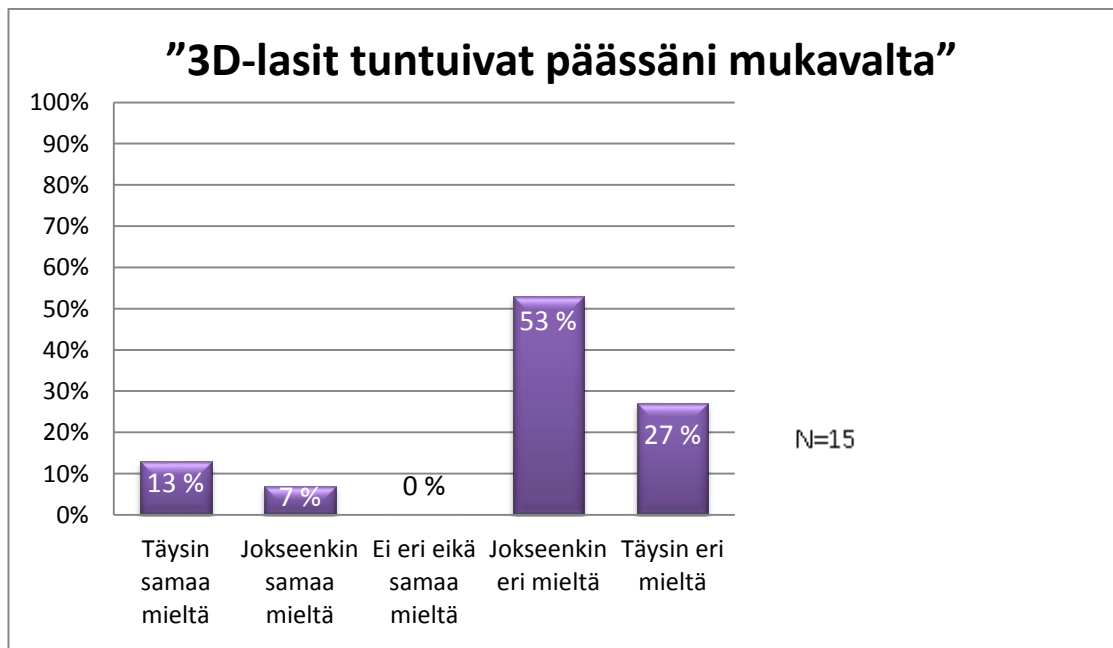
Kuvio 2. Koehenkilöiden kokemus 3D-elokuvan miellyttävyydestä

Vaikka 3D-elokuvan katsomista ei kuitenkaan pidetty erityisen epämiellyttävänä, koehenkilöistä vain 13 % kävisi mieluummin katsomassa 3D-elokuvan kuin tavallisen 2D-elokuvan. Yli puolet (53 %) tutkittavista kävisi mieluummin katsomassa tavallisen 2D-elokuvan (kuvio 3). Kysyimme lomakkeessa myös 3D-lasien miellyttävyydestä ("3D-

lasit tuntuivat päässäni mukavalta”). Tulosten perusteella vain 2 henkilöä (13 %) vastasi pitävänsä 3D-laseja miellyttävinä käyttää. Yli puolet koehenkilöistä (53 %) pitivät 3D-laseja jokseenkin epämiellyttävinä ja kolmasosa (33 %) täysin epämiellyttävinä (kuvio 4). Tämä voi osittain selittää sen, miksi tutkittavat valitsivat mieluummin tavallisen elokuvan.

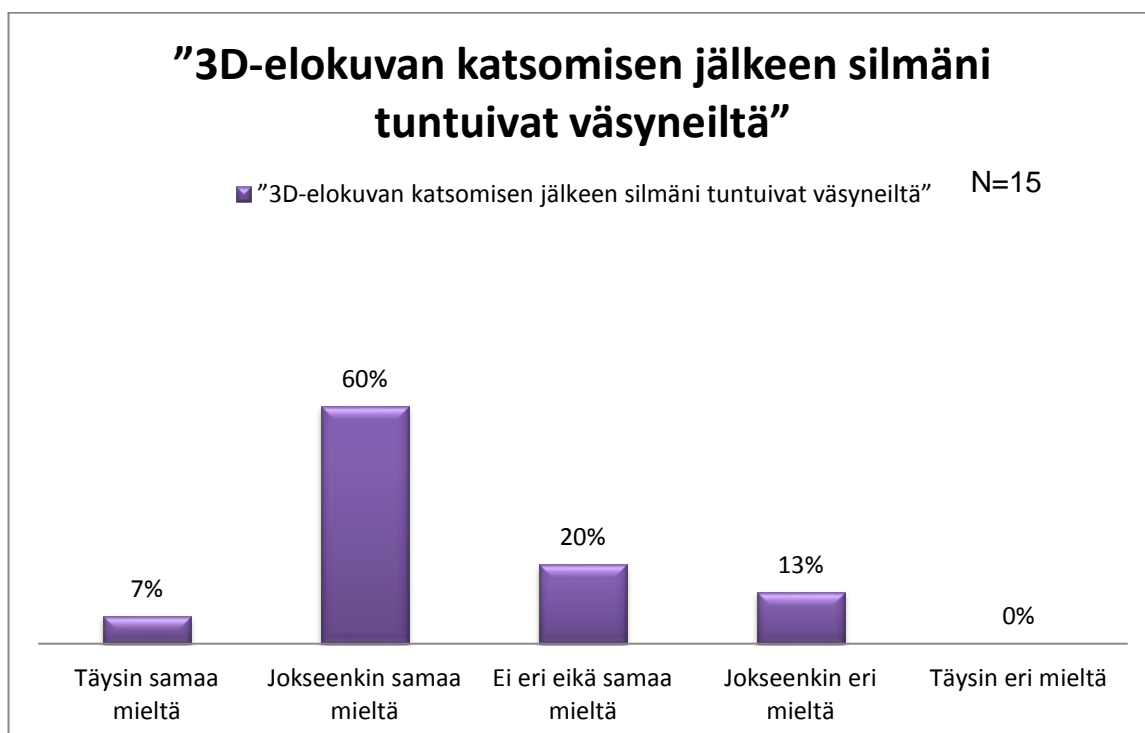


Kuvio 3. Koehenkilöiden valinta 3D-elokuvan ja 2D-elokuvan välillä



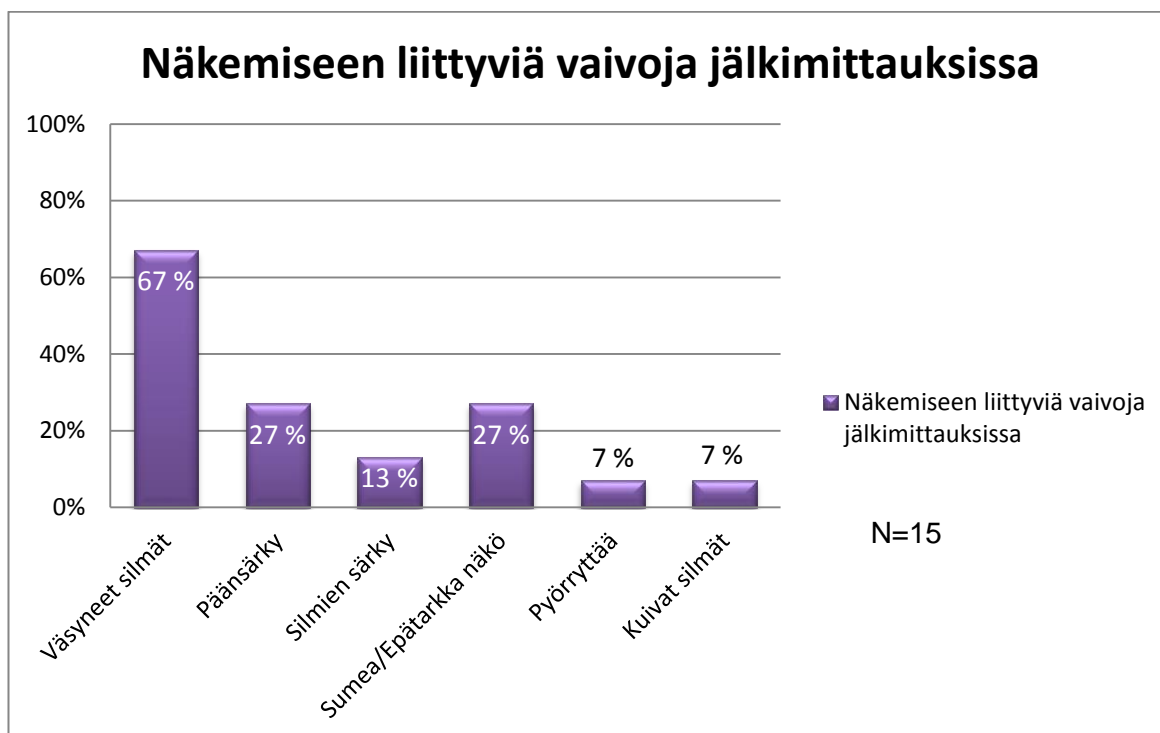
Kuvio 4. Koehenkilöiden kokemus 3D-lasien miellyttävyydestä

Väitteen ”3D-elokuvan katsomisen jälkeen silmäni tuntuivat väsyneiltä” kanssa täysin tai jokseenkin samaa mieltä oli 67 % tutkittavista. Jokseenkin eri mieltä väitteen kanssa oli 2 tutkittavaa (13 %). Kukaan tutkittavista ei kokenut, että silmät eivät olisi lainkaan väsyneet 3D-elokuvan jälkeen (kuvio 5). Tämän kysymyksen keskiarvoksi muodostui 2,40. Tästä on havaittavissa se, että 3D-elokuvien katsominen vaikutti selkeästi silmien väsymiseen. Tätä havaintoa vahvistaa myös kyselylomakkeista saatu tieto, että tavallisen, ei 3D-elokuvan, katsominen ei yleisesti rasita koehenkilöiden silmiä.



Kuvio 5. Silmien väsyminen 3D-elokuvan katsomisen jälkeen

Vain viidesosa tutkittavista (20 %) oli väittämän ”3D-elokuvan katsomisen jälkeen koin näkemiseen liittyviä vaivoja” kanssa jokseenkin samaa mieltä, eli koki näkemiseen liittyviä vaivoja 3D-elokuvan katsomisen jälkeen. Yli puolet (60 %) tutkittavista ei kokenut 3D-elokuvan katsomisen jälkeen erityisemmin mitään vaivoja. Kuitenkin kun kysyimme tutkittaviltamme tarkemmin näkemiseen liittyvistä vaivoista, suurin osa tutkittavista vastasi vähintään silmien väsymeen 3D-elokuvan katsomisen jälkeen. Elokuvan katsomisen jälkeisistä vastauksista esiin nousivat väsyneet silmät (67 %), päänsärky (27 %) sekä sumea/epätarkka näkö (27 %) (kuvio 6). Ennen elokuvan katsomista tutkittavat olivat yleisesti kokeneet silmiensä väsyvän (60 %). Tutkittavilla oli myös ilmennyt päänsärkyä (40 %), jonkin verran silmien särkyä (33 %) sekä kaksoiskuvia (27 %).



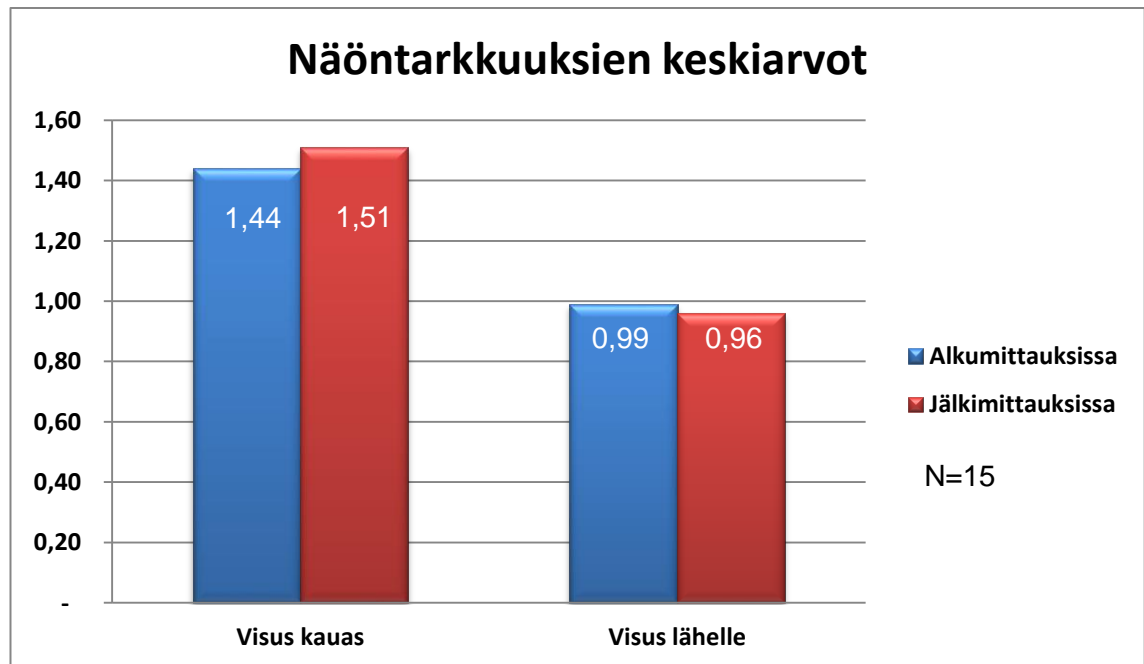
Kuvio 6. Näkemiseen liittyvien vaivojen esiintyvyys jälkimittauksissa

6.6.2 Näöntarkkuus kauas

Alkututkimuksissa ennen elokuvan katsomista kaikki henkilöt saavuttivat vähintään hyvänä näöntarkkuusarvona pidetyn 1.0 visuksen binokulaarisesti. Monokulaarisesti oikealla silmällä näöntarkkuus jäi alle 1.0 arvon 3 henkilöllä ja vasemmalla silmällä 2 henkilöllä. Binokulaarisesti arvon 1.25 tai sitä suuremman arvon saavutti 13 henkilöä (87 %). Oikealla silmällä arvon 1.25 tai sitä suuremman saavutti 8 henkilöä (53 %) ja vasemmalla silmällä 7 henkilöä (47 %). Monokulaarisesti heikoin mitattu arvo oli 0,63, jonka saavutti yksi henkilö. Keskiarvo oikean silmän näöntarkkuuksista oli 1.19 ja vasemman silmän 1.15. Binokulaaristen näöntarkkuusarvojen keskiarvo oli 1.44 (kuvio 7).

Myös elokuvan katsomisen jälkeisissä tutkimuksissa kaikki koehenkilöt saavuttivat binokulaarisesti 1.0 visusarvon. Monokulaarisesti oikean silmän heikoin mitattu visusarvo oli yhdellä koehenkilöllä 0.5. Kaksi kolmasosaa tutkittavista saavutti kuitenkin oikealla silmällä yli 1.0 visuksen. Vasemmalla silmällä vastaavaan ylsi 11 koehenkilöä (73 %). Binokulaarisesti yhdeltä henkilöltä mitattiin visukseksi 2.5, mikä on parempi kuin alkumittauksissa mitattu korkein visusarvo. Jälkimittauksissa keskiarvo oikean silmän näön-

tarkkuuksista oli 1.27 ja vasemman silmän 1.34. Binokulaaristen näöntarkkuusarvojen keskiarvo oli 1.51 (kuvio 7).



Kuvio 7. Näöntarkkuuksien keskiarvot kauas ja lähelle

6.6.3 Näöntarkkuus lähelle

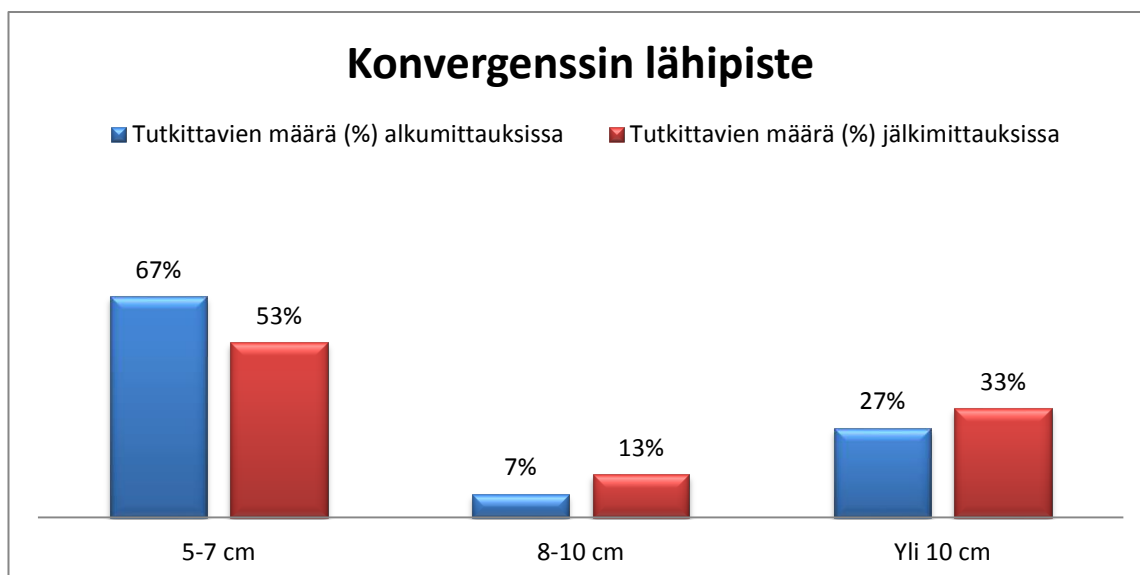
Alustavissa tutkimuksissa monokulaarisesti sekä oikealla että vasemmalla silmällä 13 tutkittavista (87 %) saavutti visuksen 1.0 ja 2 tutkittavista (13 %) visuksen 0.8. Binokulaarisesti vain yhden koehenkilön visusarvo jäi alle 1.0. Keskiarvo oikean silmän näöntarkkuuksista oli 0.97 ja vasemman silmän sama 0.97. Binokulaaristen näöntarkkuusarvojen keskiarvo oli 0.99 (kuvio 7).

Jälkitutkimuksissa oikean silmän visus jäi alle 1.0 arvon viidellä tutkittavalla (33 %), joista yhden visusarvoksi mitattiin 0.4. Myös vasemmalla silmällä mitatut visukset jäivät alle 1.0 arvon viidellä koehenkilöllä (33 %) ja heikoimmaksi arvoksi jäi 0.6. Binokulaarisesti visus jäi alle 1.0 kolmella henkilöllä (20 %). Jälkimittauksissa keskiarvo oikean silmän näöntarkkuuksista oli 0.91 ja vasemman silmän 0.92. Binokulaaristen näöntarkkuusarvojen keskiarvo oli 0.96 (kuvio 7).

6.6.4 Konvergenssin lähipiste

Ennen elokuvan katsomista kaksi kolmasosaa tutkittavista (67 %) saavutti normaaliksi luokitellun (Korja 2008: 237.) konvergenssin lähipistearvon 5–8 cm. Puutteelliseksi katsottu yli 10 cm:n arvo mitattiin neljältä (27 %) koehenkilöltä. Normaalin ja puutteellisen rajalle jäävän 8–10 cm:n arvo mitattiin yhdeltä henkilöltä (kuvio 8). Suurin mitattu arvo oli 12 cm. Keskiarvo oli alkumittauksissa 7,8 cm.

Jälkitutkimuksissa 5–8 cm konvergenssin lähipiste mitattiin kahdeksalta koehenkilöltä (53 %). Yli 10 cm:n arvo mitattiin viideltä tutkittavalta (33 %). Suurin mitattu arvo oli 20 cm. Keskiarvo jälkimittauksissa oli 9,2 cm.



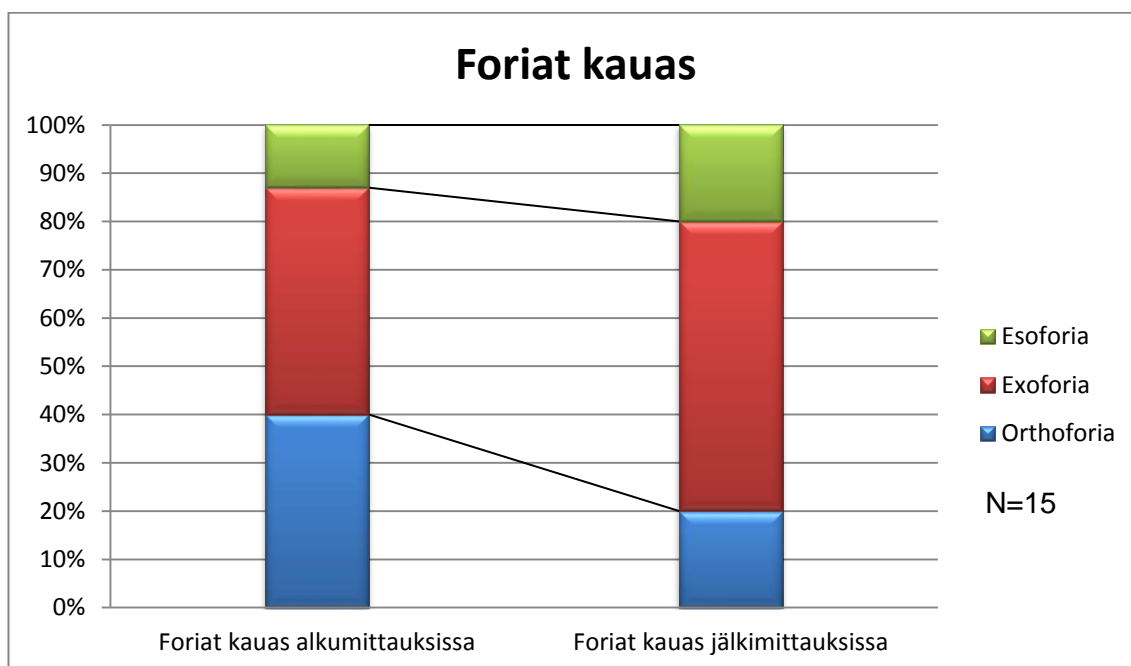
Kuvio 8. Konvergenssin lähipiste alku- ja jälkimittauksissa

6.6.5 Foriat kauas

Alkututkimuksissa kolmen metrin etäisyydelle mitattuna exoforiaa esiintyi 7 koehenkilöllä (47 %). Suurin mitattu exoforia-arvo oli 4,5 prismadioptriaa (prd), joka mitattiin yhdeltä koehenkilöltä. Muilla tutkittavilla, joilla mitattiin exoforiaa, arvo oli 2 prd tai pienempi. Esoforiaa mitattiin 2 henkilöllä (13 %), joista toisella oli 1 prd ja toisella 2,5 prd esoforiaa. Orthoforia horisontaalisuunnassa mitattiin 6 tutkittavalta (40 %) (kuvio 9). Vertikaaliforioista mitattiin hyperforiaa kahdelta tutkittavalta (13 %), joilta kummaltakin saatiin

arvoksi 0,5 prd oikean silmän hyperforiaa. Lopuilla 13 tutkittavalla (87 %) mitattiin orthoforia.

Jälkitutkimuksissa mitattiin horisontaaliforioista exoforiaa 9 koehenkilöllä (60 %). Suurin arvo oli 5 prd. Esoforiaa mitattiin 3 tutkittavalta (20 %). Esoforian mittaustulokset eivät juuri poikenneet alkumittauksista; suurin mitattu arvo oli 2,5 prd (kuvio 9). Vertikaaliforioista mitattiin jälkimittauksissa yhdeltä tutkittavalta 0,5 prd oikean silmän hypoforiaa. Muilla tutkittavilla (93 %) oli vertikaalisuunnassa orthoforiaa.

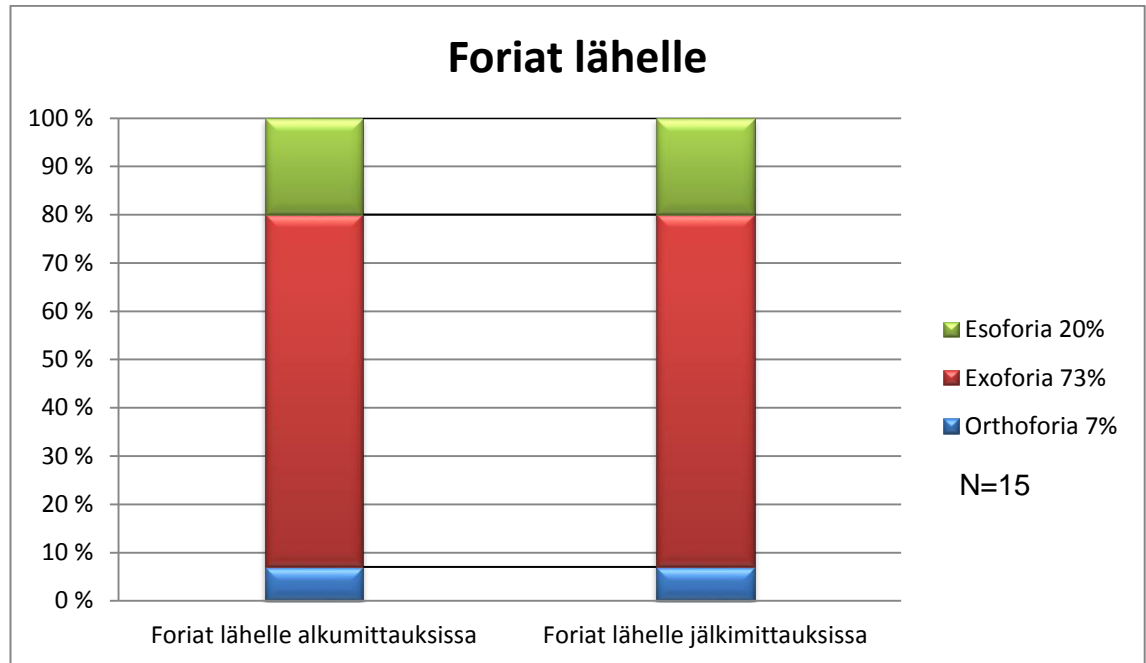


Kuvio 9. Fariat kauas

6.6.6 Fariat lähelle

Alkumittauksissa 40 cm tutkimusetäisyydelle mitattiin exoforiaa 11 henkilöllä (73 %), joista 8 (53 %) sai arvoksi 4,5 prd tai alle. Lisäksi yhdeltä henkilöltä mitattiin arvoksi 6 prd, yhdeltä 8 prd ja yhdeltä 12 prd. Esoforiaa mitattiin 3 koehenkilöltä (20 %), joista yhdeltä arvoksi saatiin 7 prd ja muilta kahdelta 1,0 prd ja 0,5 prd. Orthoforiaa oli horisontaalisuunnassa vain yhdellä henkilöllä (kuvio 10). Vertikaalisuunnassa oli yhdellä henkilöllä oikean silmän hyperforiaa ja yhdellä henkilöllä oikean silmän hypoforiaa 0,5 prd.

Myös jälkimittauksissa exoforiaa havaittiin 11 henkilöllä (73 %). 7 henkilön (47 %) tulos oli 4 prd tai alle ja 4 henkilön (27 %) tulokset jakautuivat arvojen 6 prd ja 14 prd väliin. Mitatut esoforia-arvot olivat hyvin samankaltaiset kuin alkumittauksissa. Horisontaalisuunnan orthoforia oli vain yhdellä henkilöllä (kuvio 10). Vertikaalisuunnassa oikean silmän hypoforiaa mitattiin yhdeltä koehenkilöltä 1,0 prd verran.

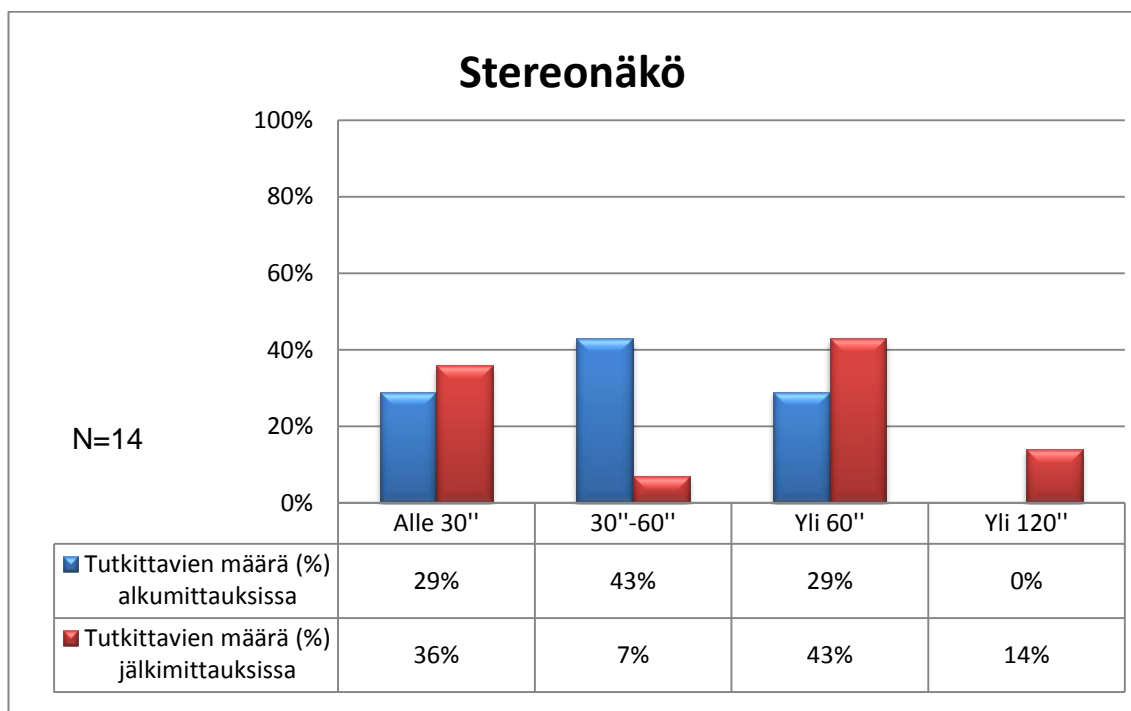


Kuvio 10. Fariat lähelle

6.6.7 Stereonäkö

Alkumittauksissa 10 koehenkilöä (71 %) sai tulokseksi normaaliarvoksi luokitellun 60" tai vähemmän (kuvio 11). Pienimmän arvon, 15", saavutti 4 tutkittavaa (29 %). Yhdeltä tutkittavalta ei saatu mitattua luokiteltavaa stereonäköarvoa (N=14). Kyseisen koehenkilön (nro 6) stereonäön erotuskyky on heikompi kuin mitä käyttämällämme TNO-testillä voi mitata. Muilta koehenkilöiltä mitattujen tulosten keskiarvoksi alkumittauksissa saatiin 60".

Jälkimittauksissa kuudelta tutkittavalta (43 %) mitattiin arvoksi 30" tai 15". Loppujen tutkittavien (57 %) mittaukset jäivät 120" tai suuremmiksi (kuvio 11). Myöskään jälkimittauksissa yhdeltä tutkittavalta (nro 6) ei saatu mitattua luokiteltavaa stereonäköarvoa (N=14). Muilta koehenkilöiltä mitattujen tulosten keskiarvoksi saatiin jälkimittauksissa 93".



Kuvio 11. Stereonäön erotuskyky alku- ja jälkimittauksissa

7 Tutkimustulosten analysointi

Analysoimme opinnäytetyössämme kyselylomakkeiden vastauksia sekä koehenkilöiltä mittaamiemme tuloksia. Kyselylomakkeissa analysoimme koehenkilöiden näkemistä yleisesti ja heidän näkemisensä tilaa heti 3D-elokuvan katsomisen jälkeen. Mittaustuloksia analysoimme muun muassa vertaamalla tutkittavilta saatuja arvoja ennen ja jälkeen 3D-elokuvan katsomisen. Lisäksi analysoimme myös sitä, miten mittaustulokset ja kyselylomakkeiden vastaukset korreloivat keskenään.

7.1 Kyselylomakkeiden analysointi

Ennen 3D-elokuvan katsomista koehenkilöt kokivat yleisesti muun muassa silmien väsymistä, päänsärkyä, silmien särkyä ja kaksoiskuvia. 3D-elokuvan jälkeen näkemiseen liittyvistä vaivoista esiin nousivat väsyneet silmät, päänsärky, silmien särky ja sumea/epätarkka näkö. Vertaillessamme koettuja näkemiseen liittyviä vaivoja ennen (yleinen tilanne) ja jälkeen (heti 3D-elokuvan jälkeen), huomasimme, että silmien väsyminen yleistyi (muutos 60 %:sta 67 %:iin). Myös sumea/epätarkka näkö yleistyi koehenkilöiden keskuudessa (muutos 7 %:sta 27 %:iin). Päänsärkyä (muutos 40 %:sta 27 %:iin) tai kaksoiskuvia (muutos 27 %:sta 0 %:iin) ei ilmennyt juurikaan 3D-elokuvan jälkeen. Tämä tulos johtunee siitä, että ennen elokuvaa tutkittavat arvioivat näkemiseen liittyviä vaivoja yleisesti, mutta niitä ei kuitenkaan esiintynyt heti 3D-elokuvan katsomisen jälkeen.

Pearsonin korrelaatiokertoimella analysoimme näkemiseen liittyvien ongelmien korrelaatioita toisiinsa. Saimme alkukyselyn perusteella vahvan positiivisen korrelaation silmien väsymisen ja päänsärryn välille (sig=0.007, r=0.667). Tilastollisesti melkein yhtä vahvan positiivisen korrelaation saimme väsyneiden silmien ja silmien särryn välille (sig=0.24, r=0,557) sekä päänsärryn ja silmien särryn välille (sig=0.24, r=0,557). Vertailtaessa alkukyselyn ja loppukyselyn vastauksia, saimme tilastollisesti melkein yhtä vahvan positiivisen korrelaation silmien väsymisessä (sig=0.24, r=0.557). Lisäksi saimme tilastollisesti vahvan positiivisen korrelaation vertailtaessa 3D-elokuvan miellyttävyyttä ja sitä, valitsisiko tutkittava 3D-elokuvan vai tavallisen 2D-elokuvan (sig=0,039, r=0,538). T-testillä emme löytäneet tilastollista merkitsevyyttä näkemiseen liittyvissä vaivoissa ennen ja jälkeen 3D-elokuvan katsomisen. Tämä selittynee osittain jo edellisessä kappaleessa mainitulla kysymysten asettelulla.

Pyysimme tutkittavia arvioimaan omin sanoin näkövaikutelmiaan 3D-elokuvan aikana, esimerkiksi 3D-elokuvan alussa, puolen välin jälkeen ja loppupuolella. Tutkittavien vastaukset olivat melko yhteneväisiä. Esiin nousi esimerkiksi elokuvan alkupuolella vaikeus tottua 3D-elokuvan tuottamaan kuvaan ja syvyysvaikutelmaan. Erityisesti myös elokuvan loppupuolella monet koehenkilöistä kokivat 3D-elokuvan katsomisen raskaaksi tai silmiensä väsyneen. Avoimen kysymyksen perusteella 3D-laseja pidettiin epämiellyttävänä tuntuisina pitää päässä. Myös kysymyslomakkeessa oleva kysymys 3D-lasien miellyttävyydestä tuki vastauksia, sillä jopa 87 % koehenkilöistä koki 3D-lasit epämiellyttävänä. Seuraavaksi muutamia kommentteja koehenkilöiden kokemista näkövaikutelmista:

”Aluksi vaikea totutella, en osannut tarkentaa heti oikeaan kohtaan katsetta. Lasit painoivat älyttömästi!!! Keskivaiheilla ja lopussa helpotti, vaikka tuntui että silmiä vähän kirvelsi ja tarvi välillä sulkea silmät”

”Alussa oli vaikeampi keskittää katsetta yksityiskohtiin ja kuva vaikutti epätarkalta paikka paikoin. Siihen kyllä tottui melko nopeasti, puolessa välissä kaikki oli ihan ok, mutta loppua kohden huomasi että silmät alkoi väsymään.”

”Alussa näkövaikutelma on hyvä, puolessa välissä huomaa silmien väsyvän. Lopussa tekstien luku oli vähän hankalaa eikä näkynyt enää niin ”3D:nä”.”

7.2 Näöntarkkuuksien analysointi kauas ja lähelle

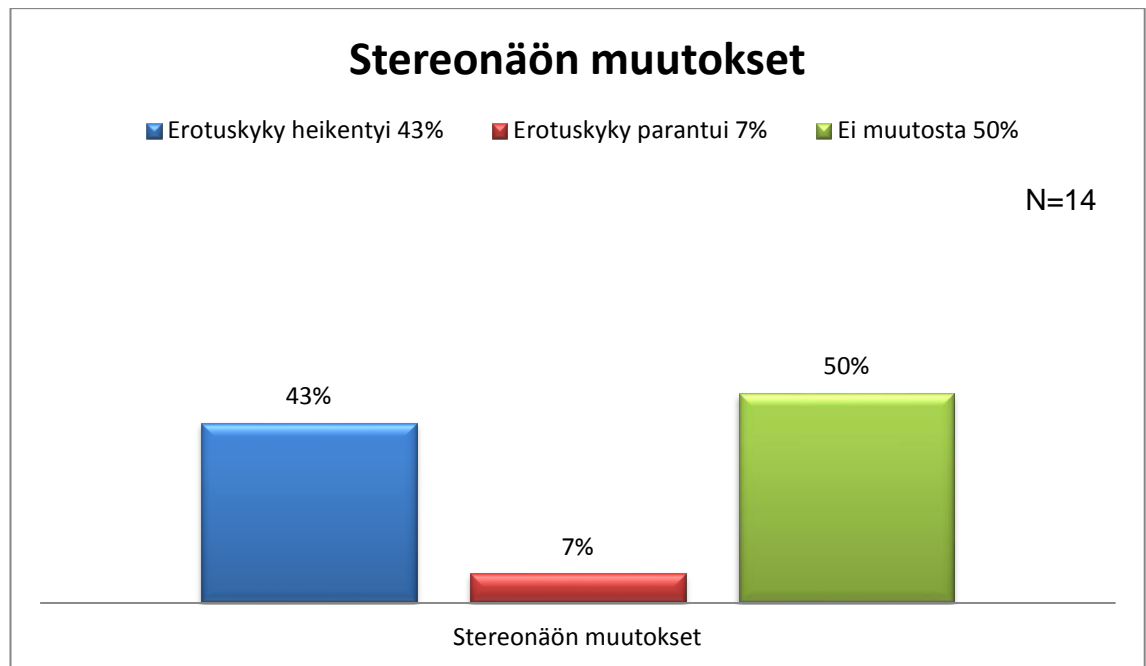
Analysoimme sekä kauko- että lähinäöntarkkuuksia vain binokulaarisesti. Ennen 3D-elokuvaa tehdyissä alkumittauksissa binokulaarisen kaukonäöntarkkuuden keskiarvoksi muodostui visusarvo 1.44. 3D-elokuvan jälkeen tehdyissä jälkimittauksissa binokulaarisen kaukonäöntarkkuuden keskiarvoksi tuli 1.51. Oletuksemme tutkimuksen suunnitteluvaiheessa ja tutkimusongelmia laatiessamme oli, että kaukonäöntarkkuudet eivät juuri heikenny tai pysyvät suunnilleen yhtä hyvinä. Arvojen perusteella voidaan havaita kuitenkin, että kaukonäöntarkkuudet paranivat hieman. Tämä voi johtua osittain mittausolosuhteiden muutoksista. Kuitenkin keskiarvomuuotos oli vain 0.07 yksikköä, mikä vastaa ainoastaan muutamaa optotyyppiä.

Lähinäöntarkkuuksia analysoitaessa lähtöoletuksenamme oli, että lähinäöntarkkuudet voivat hieman heikentyä, koska tämä oli noussut myös aikaisemmin tehdyissä tutkimuksissa esiin (Atallah ym. 2012). Binokulaarisen lähinäöntarkkuuden keskiarvo alkumittauksissa oli 0.99 ja jälkimittauksissa 0.96, joten eroa on vain 0.03 yksikköä. Periaatteessa pientä heikentymistä siis tapahtui, mutta muutokset olivat hyvin vähäisiä. T-testillä emme löytäneet tilastollisesti merkitsevää muutosta kauko- ($t=-0,961$, $df=14$, $p=0,353$) eikä lähinäöntarkkuuksissa ($t=1.468$, $df=14$, $p=0,164$).

7.3 Stereonäön analysointi

Stereonäön mittaustulos parani yhdellä koehenkilöllä (7 %) ja huononi kuudella koehenkilöllä (40 %). Seitsemällä koehenkilöllä (47 %) stereonäön tulos pysyi samana (kuvio 12). Tulos on T-testillä tilastollisesti melkein merkitsevä ($t=-2,697$, $df=13$, $p\text{-arvo}=0,019$). Tuloksissa ei ole huomioitu yhden koehenkilön mittaustulosta, sillä kyseiseltä henkilöltä ei saatu mitattua luokiteltavaa stereonäön arvoa.

Oletuksena tutkimukseen lähtiessä oli, että stereonäkö heikentyy. Halusimme tietää, vaikuttaako 3D-elokuvan katsominen stereonäköön, koska 3D-tekniikka rasittaa binokulaarista näköjärjestelmäämme ja vaatii riittävää stereonäkökykyä. Kuudella koehenkilöllä (43 %) stereonäön erotuskyky heikentyi verrattaessa alkua ja jälkimittauksia (kuvio 12). Pearsonin korrelaatiokertoimella saimme vahvan positiivisen korrelaation alkua ja jälkimittausten tulosten välillä ($r= 0.877$). Kaikkien kuuden henkilön erotuskyky puolittui eli kulmasekuntiarvo tuplaantui (esim. 60"- 120" tai 120"- 240"). Alkumittausten kaikkien tutkittavien tulosten keskiarvoksi muodostui 60", joka luokitellaan normaaliksi. Jälkimittausten keskiarvoksi muodostui 93", joka luokitellaan hieman heikentyneeksi. Vain yhdellä henkilöllä (7 %) erotuskyky parantui. Kyseisellä henkilöllä sekä alkua että jälkimittaustulokset olivat kuitenkin normaalit (30" ja 15").



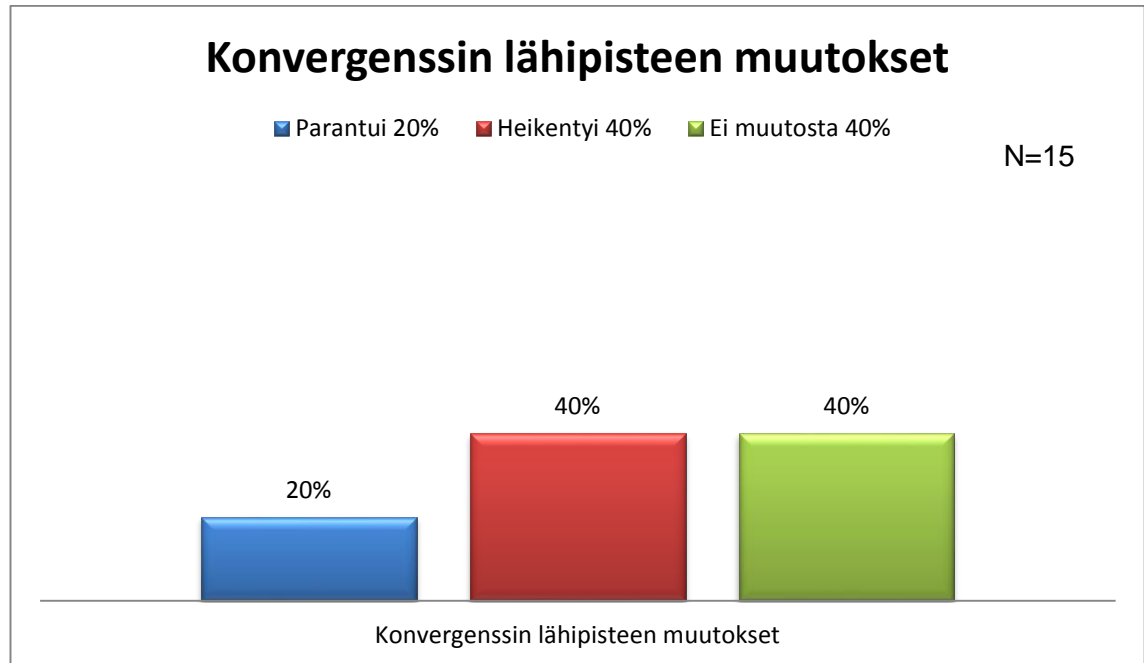
Kuvio 12. Stereonäön muutokset

7.4 Konvergenssin lähipisteen analysointi

Konvergenssin lähipisteen normaaliarvoiksi määritimme 5–8 cm, heikentyneeksi arvoksi määritimme 8–10 cm ja puutteelliseksi yli 10 cm. Oletuksemme oli, että konvergenssin lähipisteen arvo suurentuu eli heikentyy. Alkumittauksissa kaksi kolmasosaa (67 %) saavutti normaalin konvergenssin lähipistearvon. Yhdellä koehenkilöllä (7 %) arvo oli heikentynyt ja melkein kolmasosalla (27 %) konvergenssin lähipisteen arvo oli puutteellinen. Jälkimittauksissa yli puolet (53 %) tutkittavista saavutti normaalin arvon. Kahdella tutkittavalla (13 %) mitattiin heikentynyt arvo ja kolmasosalla (33 %) mitattiin puutteellinen konvergenssin lähipistearvo.

Konvergenssin lähipisteen arvo parani kolmella koehenkilöllä (20 %), kun taas kuudella koehenkilöllä (40 %) arvo heikentyi ja kuudella (40 %) se pysyi samana (kuvio 13). Alkumittausten keskiarvoksi saimme 7,80 cm, joka luokitellaan normaaliksi. Jälkimittausten keskiarvoksi saimme 9,67 cm, joka puolestaan luokitellaan heikentyneeksi. Konvergenssin lähipisteen arvot siis heikentyivät, ja niiden keskiarvomuuotos oli 1,9 cm. Pearsonin korrelaatiokertoimella vertaillaessa saimme vahvan positiivisen korrelaation ($r=0.677$). T-testillä saimme tilastollisesti melkein merkitsevän tuloksen ($t=-2,182$, $df=14$, $p\text{-arvo}=0.047$).

Oletuksemme mukaisesti konvergenssin lähipisteen arvot heikentyivät. Tutkimusjoukkomme koostui nuorista henkilöistä, joten oletimme, että suurimmalla osalla tutkittavistamme konvergenssin lähipistearvot olisivat normaalilla vaihteluvälillä – ja näinhän ne olivatkin alkumittausten perusteella. Saimme selkeän eron alku- ja jälkimittausten tulosten välillä.



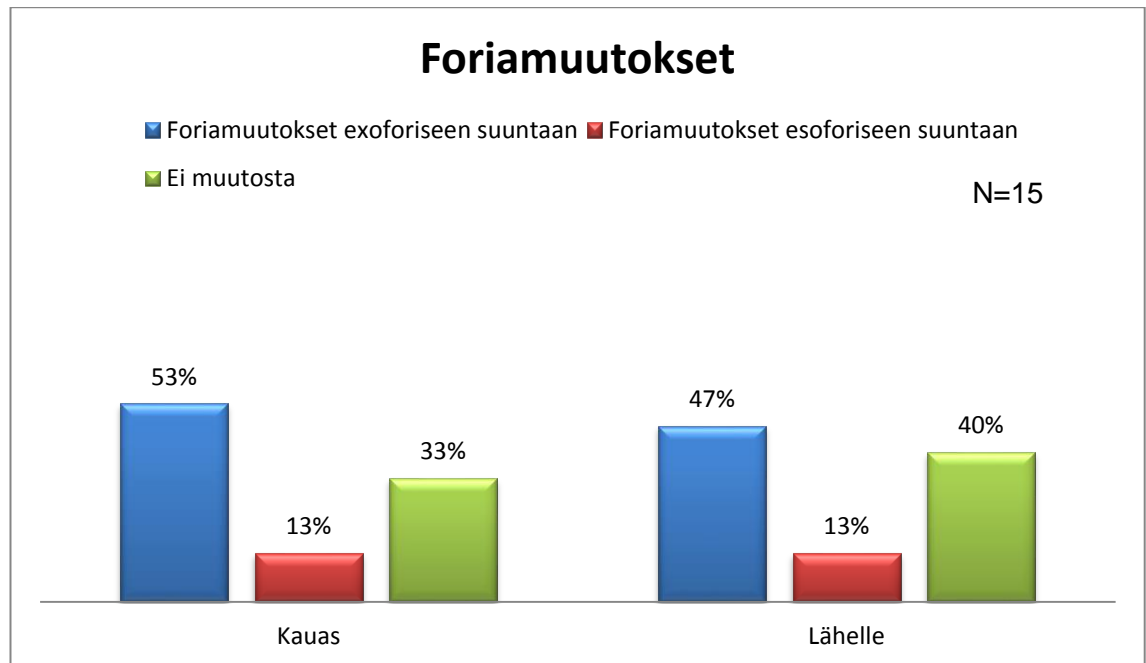
Kuvio 13. Konvergenssin lähipisteen muutokset

7.5 Forioiden analysointi kauas ja lähelle

Oletuksemme oli, että foriat sekä kauas että lähelle muuttuvat exoforiseen suuntaan. Foriamuutoksia exoforiseen suuntaan kauas oli yli puolilla (53 %) tutkittavista ja esoforiseen suuntaan vain kymmenesosalla (13 %). Kolmasosalla (33 %) tutkittavista ei tapahtunut minkäänlaisia foriamuutoksia (kuvio 14). Alkumittausten kaukoforian keskiarvoksi tuli 0.5 prd exoforiaa, ja jälkimittausten keskiarvoksi 0.77 prd exoforiaa. Muutos forioiden keskiarvoissa oli 0.27 prd exoforiseen suuntaan. T-testillä ei saatu tilastollisesti merkitsevää tulosta ($t=-1,835$, $df=14$, $p\text{-arvo}=0,088$), mutta Pearsonin korrelaatiokertoimella saimme erittäin vahvan positiivisen korrelaation ($r=0.941$).

Foriamuutoksia exoforiseen suuntaan lähelle oli melkein puolilla (47 %) tutkittavista ja esoforiseen suuntaan vain kymmenesosalla (13 %). Tutkittavista 40 %:lla ei tapahtunut minkäänlaisia foriamuutoksia (kuvio 14). Alkumittausten lähiforian keskiarvoksi tuli 2.27

prd exoforiaa ja jälkimittausten keskiarvoksi 2.93 prd exoforiaa. Muutos forioiden keskiarvossa oli 0.66 prd exoforiseen suuntaan. T-testillä saimme tilastollisesti melkein merkitsevän tuloksen ($t=-2.288$, $df=14$, $p\text{-arvo}=0,038$). Pearsonin korrelaatiokertoimella saimme myös erittäin vahvan positiivisen korrelaation ($r=0.977$).



Kuvio 14. Foriamuutokset

Oletuksemme mukaisesti sekä kauko- että lähiforiat muuttuivat exoforiseen suuntaan. Oletimme, että foriat tutkimusjoukollamme olisivat olleet lähtökohtaisesti suurempia. Lisäksi oletimme, että muutokset alku- ja jälkimittausten välillä olisivat olleet myös suurempia. Tulostemme perusteella voimme kuitenkin päätellä, että yleisesti foriat muuttuvat exoforiseen suuntaan 3D-elokuvien katsomisen vaikutuksesta.

7.6 Esimerkkitapauksia

Tutkimukseen lähdetessä halusimme myös tietää, korreloivatko muun muassa foriat, stereonäön erotuskyky, konvergenssin lähipiste ja näkemiseen liittyvät ongelmat keskenään. Kyseisiä muuttujia oli erittäin vaikeata vertailla SPSS-ohjelmalla, joten pyrimme vertailemaan tuloksia yksittäistapausten avulla. Nostimme tutkittavistamme esiin muutamia esimerkkitapauksia, joiden mittaustulokset ja kyselyistä saadut vastaukset vastasivat oletuksiamme suurimmilta osilta.

Esimerkkinä koehenkilönumero 6 täytti suurimmilta osin oletuksemme. Koehenkilöllä oli alkumittauksissa binokulaarisesti normaali näöntarkkuus sekä lähelle (1.0) että kauas (1.25). Kaukoforia alkumittauksissa oli 0 prd, ja lähiforia 4.5 prd exoforiaa. Jälkimittauksissa kaukoforiaksi mittasimme 1.0 prd exoforiaa ja lähiforiaksi 7 prd exoforiaa. Konvergenssin lähipiste alkumittauksissa oli 6 cm ja jälkimittauksissa 14 cm. Stereonäköä emme saaneet mitattua tutkimushenkilöltä, sillä se jäi heikommaksi kuin 480", joka oli TNO-testin suurin mitattava arvo. Koehenkilön binokulaariset näöntarkkuudet laskivat sekä kauas että lähelle yhden optotyypirivin verran. Myös foriat muuttuivat sekä kauas (muutos: 1.0 prd) että lähelle (muutos: 2.5 prd) exoforiseen suuntaan, ja konvergenssin lähipisteen arvo heikentyi jopa 8 cm. Koehenkilö raportoi subjektiivisesti 3D-elokuvan katsomisen jälkeen, että silmät olivat väsyneet ja hän koki näkönsä ehkä hieman summentuneeksi. Lisäksi hän kertoi, että 3D-elokuvaan oli aluksi vaikeaa tottua. Koehenkilön mittaustulokset ja kyselylomakkeiden vastaukset tukevat toisiaan.

Koehenkilö 11 täytti jokaisen oletuksemme. Koehenkilön binokulaariset näöntarkkuudet olivat normaalit sekä lähelle (1.0) että kauas (1.25). Kaukoforiaa alkumittauksissa oli 0.5 prd exoforiaa ja lähiforiaa 1 prd exoforiaa. Konvergenssin lähipiste oli alkumittauksissa 11 cm ja jälkimittauksissa 17 cm. Jälkimittauksissa näöntarkkuudet olivat lähelle (0.8) ja kauas (1.0). Foria jälkimittauksissa oli kauas 1.5 prd exoforiaa ja lähelle 2 prd exoforiaa. Stereonäön erotuskyky alkumittauksissa oli 60" jälkimittauksissa 120". Tutkittavan binokulaariset näöntarkkuudet laskivat sekä kauas että lähelle yhden optotyypirivin verran. Myös foriat muuttuivat sekä kauas (muutos: 1.0 prd) että lähelle (muutos: 1.0 prd) exoforiseen suuntaan. Konvergenssin lähipiste heikentyi 6 cm jo alun perin puutteellisesta arvosta. Stereonäön erotuskyky puolittui (60" - 120"). Subjektiivisesti koehenkilö koki 3D-elokuvan katsomisen jälkeen silmänsä väsyneiksi sekä näkönsä epätarkemmaksi. Koehenkilö 6:n tapaan, myös koehenkilö 11 koki, että 3D-elokuvaan oli vaikea totutella heti elokuvan alussa. Lisäksi koehenkilö 11 koki, että elokuvan loppupuolella hänen silmänsä kirvelsivät ja hän koki tarvetta sulkea silmät. Kaiken kaikkiaan voidaan päätellä, että mittaustulokset ja subjektiiviset kokemukset tukevat toisiaan.

Koehenkilö 14:n binokulaariset näöntarkkuudet olivat alkumittauksissa normaalit sekä lähelle että kauas, eikä niissä tapahtunut jälkimittauksissa muutosta. Alkumittauksissa kaukoforia oli 4,5 prd exoforiaa ja lähelle 12 prd exoforiaa. Jälkimittauksissa kaukoforia oli 5 prd exoforiaa ja lähiforia 14 prd exoforiaa. Foriamuutos oli kauas 0.5 prd ja lähelle 2 prd exoforiseen suuntaan. Stereonäkö koehenkilöllä oli alkumittauksissa 60" ja jälki-

mittauksissa 120”, eli erotuskyky puolittui. Konvergenssin lähipiste oli normaalilla vaihteluvälillä (7 cm), eikä muutosta tapahtunut alku- ja jälkimittausten välillä. Koehenkilö 14 koki, että hänen silmänsä väsyivät. Hän kertoi, että 3D-elokuvan loppupuolella katsominen tuntui raskaalta, ja alkoi jopa huimata. Lisäksi hän koki, että teksteihin tarkentaminen hankaloitui 3D-elokuvan loppupuolella.

Viimeisenä esimerkkinä nostamme esiin koehenkilön numerolla 16. Alkumittauksissa hänen binokulaarinen näöntarkkuutensa oli normaali sekä kauas että lähelle. Näöntarkkuuksissa ei tapahtunut muutosta. Alkumittauksissa foria oli kauas 2 prd exoforiaa ja lähelle 8 prd exoforiaa. Jälkimittauksissa foria oli kauas 2.5 prd exoforiaa ja lähelle 9 prd exoforiaa. Foriamuutos oli siis kauas 0.5 prd ja lähelle 1 prd exoforiseen suuntaan. Konvergenssin lähipiste oli alkumittauksissa 11 cm ja jälkimittauksissa 20 cm, eli muutosta tapahtui jopa 9 cm. Lisäksi koehenkilön lähtöarvo konvergenssin lähipisteessä oli jo puutteellinen. Stereonäön erotuskyky oli alkumittauksissa 120” ja jälkimittauksissa 240”, eli jälleen stereonäön erotuskyky puolittui. Subjektiiivisesti koehenkilö koki 3D-elokuvan jälkeen silmien särkyä, väsymistä ja päänsärkyä. Hän kertoi, että puolen välin jälkeen silmät väsyivät ja lopussa tekstien lukeminen hankaloitui. Lisäksi hän mainitsi, että 3D-efekti ei ollut elokuvan loppupuolella enää niin selkeä.

Kyseisistä esimerkkitapauksista voi havaita, että ainakin muutaman tutkittavan foriamuutokset, stereonäön erotuskyvyn ja konvergenssin lähipisteen muutokset sekä subjektiiivisesti koetut ongelmat linkittyivät yhteen. Kuitenkin on huomattava, että myös muutamalla kyseiset muutokset olivat täysin päinvastaiset. Pienen aineiston vuoksi tällaiset vaihtelut ovat normaaleja.

8 Pohdinta

Seuraavaksi pohdimme opinnäytetyömme tavoitteiden toteutumista ja tutkimustulosten luotettavuutta. Pohdimme myös, voivatko 3D-elokuvat ja -tekniikka yleistyessään vaikuttaa näköjärjestelmään pysyvästi. Lisäksi arvioimme opinnäytetyöprosessin onnistumista. Arvioimme esimerkiksi käyttämiämme mittaus- ja tutkimusmenetelmiä ja niiden luotettavuutta.

8.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja tulosten luotettavuus

Tavoitteenamme oli selvittää 3D-elokuvan vaikutukset näkemiseen. Tutkimuksemme otos oli suhteellisen pieni (N=15). Tästä johtuen emme voineet tehdä täysin yleistettäviä johtopäätöksiä tulostemme perusteella. Tutkimustulokset osoittivat kuitenkin, että oletuksiemme mukaisia muutoksia oli havaittavissa. Käytimme SPSS-ohjelman luotettavia parametrisiä testejä, joiden avulla saamistamme testituloksista voimme päätellä, että virheen mahdollisuus on suhteellisen pieni. Pientä otoskokoa voimme perustella sillä, että budjettimme oli rajallinen.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan olisimme valinneet katsottavaksi elokuvaksi 3D-animaation, koska arvelimme 3D-efektin tulevan siinä voimakkaammin esille kuin tavallisessa 3D-elokuvassa. Tällöin myös 3D-elokuvasta aiheutuvat näkemiseen liittyvät vaivat olisivat voineet tulla vielä paremmin esille. Aikataulusyistä johtuen jouduimme kuitenkin valitsemaan tavallisen 3D-elokuvan.

Oletustemme mukaisesti konvergenssin lähipisteen arvot heikentyivät, foriat muuttuivat exoforiseen suuntaan, näöntarkkuudet pysyivät kutakuinkin samalla tasolla ja suurin osa piti 3D-elokuvia epämiellyttävämpinä kuin tavallisia 2D-elokuvia. Esimerkkitapausten perusteella voimme huomata, että osalla tutkittavista objektiiviset mittaustulokset ja subjektiiviset kokemukset olivat keskenään loogisia. Huomasimme, että objektiivisten tulosten heikentyessä myös subjektiivisesti koetut näkemiseen liittyvät ongelmat lisääntyivät. Subjektiivisten kokemusten ja objektiivisten tulosten korrelointi keskenään vaihtelee kuitenkin yksilöittäin. Muutama tutkittavista ei kokenut subjektiivisesti muutoksia, eivätkä heidän tutkimustuloksensa heikentyneet juurikaan.

Stereonäköä analysoidessamme saimme T-testillä melkein merkitsevän tuloksen stereonäön erotuskyvyn heikentymisestä 3D-elokuvan jälkeen. Voimme pitää tulosta suhteellisen luotettavana, sillä virheen mahdollisuus oli vain 1,9 % ($p=0,019$). Koska 3D-elokuvan katsominen vaatii stereonäkökykyä, voi erotuskyvyn heikentyminen selkeästi vaikuttaa katselumukavuuteen. Erotuskyvyn heikentyminen vaikuttaa myös 3D-efektien näkymiseen kolmiulotteisena ja voi tehdä nähtävästä kuvasta epätarkan tai sumean. Erityisesti henkilöt, joilla on luonnostaan heikentynyt tai puutteellinen stereonäkökyky, todennäköisesti kokevat 3D-vaikutelman erittäin heikkona tai puuttuvan kokonaan. Pohdimmekin, tulisiko elokuvissa kävijöillä olla mahdollisuus testata oma kykynsä nähdä kolmiulotteisesti jo ennen elokuvalipun ostoa.

Vaikka saavutimme objektiivisissa tutkimuksissa suhteellisen pieniä muutoksia alkua ja jälkimittausten välillä, tutkimustuloksemme olivat kuitenkin melko merkittäviä. Pelkkä satunnainen 3D-elokuvien katsominen ei aiheuta pysyviä muutoksia, vaan rasiustilat normalisoituvat jo suhteellisen lyhyessä ajassa. Nykyään 3D-tekniikka on arkipäiväistymässä, kun esimerkiksi 3D-televisiot ja -pelit yleistyvät kotitalouksissa. Pohdimmekin, voivatko muutokset jäädä pysyviksi tai entisestään kasvaa, jos 3D-tekniikan käyttö yleistyy. Jos esimerkiksi pienestä lapsesta lähtien pelataan useitakin tunteja päivässä 3D-pelejä, voiko sillä olla jopa pysyviä vaikutuksia muun muassa stereonäkökykyyn ja forioihin? Toisaalta voidaan pohtia myös sitä, ovatko muutokset välttämättä negatiivisia. Kehittäisivätkö 3D-pelit esimerkiksi stereonäön erotuskykyä ja samalla tukisivat lasten binokulariteetin kehitystä?

8.2 Opinnäytetyöprosessin arviointia

Koimme onnistuneemme opinnäytetyötä tehdessämme erityisesti aiheen valinnassa ja rajauksessa. Olemme saaneet paljon positiivista suullista palautetta sekä tutkittavilta että muilta alan toimijoilta siitä, että aiheemme on kiinnostava ja ajankohtainen. Onnistuimme mielestämme toteuttamaan melko tiiviin ja yhtenäisen kokonaisuuden. Tutkimusvaiheen onnistumista pohtiessamme totesimme testanneemme tutkittavilta riittävän monipuolisesti eri binokulariteetin ominaisuuksia ja arvoja. Emme koe, että mikään tutkimuksemme kannalta tärkeä osa-alue olisi jäänyt tutkimatta. Halusimme toteuttaa tutkimukset ja mittaukset mahdollisimman luotettavasti. Valitsimme mielestämme toimivat ja riittävästi informaatiota antavat testit. Myös testien toteutuksen pyrimme tekemään mahdollisimman luotettavasti. Tämän saavutimme muun muassa sillä, että

vakioimme yksittäisten testien testajat - kukin opinnäytetyöryhmämme jäsenistä hoiti oman osa-alueensa mittauksista.

Pohtiessamme opinnäytetyömme onnistumista ja mahdollisia heikkouksia, totesimme, että olisimme halunneet järjestää alku- ja jälkimittaukset samana päivänä ja samassa tilassa. Tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista aikataulullisista syistä johtuen. Alku- ja jälkimittausten tilat olivat erilaiset muun muassa valaistuksen suhteen, mikä on saattanut vaikuttaa joihinkin mittaustuloksiin. Esimerkiksi Finnkinon tiloissa valaistusolosuhteet olivat kirkkaammat Metropolian tiloihin verrattuna. Pyrimme kuitenkin vähentämään valaistuksen vaikutusta valitsemalla sisältäpäin valaistut näöntarkkuustaulut. Kuitenkin esimerkiksi kaukonäöntarkkuuksien parantuminen jälkimittauksissa osalla tutkittavista saattoi johtua edellä mainitusta valaistusolosuhteen muutoksesta.

Suurempi otoskoko olisi mahdollistanut meille helpommin yleistettävissä olevia ja luotettavampia tuloksia. Koska budjettimme oli kuitenkin rajallinen, ei suurempaan otoskoon ollut mahdollisuutta. Lisäksi jos meillä olisi ollut suurempi otoskoko, mittausten järjestäminen olisi ollut haasteellisempaa. Luultavasti olisimme tarvinneet joko ulkopuolista apua mittausten suorittamiseen tai elokuvan katsominen ja mittaukset olisi pitänyt järjestää pienemmissä ryhmissä tai useampina päivinä. Tämä olisi kuitenkin tuottanut myös aikataulullisia ongelmia.

Kysymyslomakkeita suunnitellessamme jouduimme tekemään kompromisseja aikataulusyihin vedoten. Jälkikäteen ajateltuna olisimme muokanneet tai tarkentaneet joidenkin kysymysten asettelua. Esimerkiksi kysyimme ensimmäisessä lomakkeessa tutkittavien kokemia näkemiseen liittyviä vaivoja yleisellä tasolla. Jälkimmäisessä lomakkeessa kysyimme näkemiseen liittyviä vaivoja heti 3D-elokuvan katsomisen jälkeen. Alun perin olisimme halunneet verrata koettuja vaivoja keskenään ennen ja jälkeen 3D-elokuvaa. Rajasimme opinnäytetyömme aiheen kuitenkin käsittelemään vain 3D-elokuvasta aiheutuneita näkemiseen liittyviä vaivoja. Mikäli olisimme halunneet tutkia subjektiivisia oireita syvällisemmin, olisi pitänyt ottaa huomioon myös tavallisen 2D-elokuvan aiheuttamat näköoireet.

9 Jatkotutkimusehdotuksia

Opinnäytetyöprosessin aikana olemme pohtineet sitä, että valitsemastamme aiheesta voisi tehdä lukuisia erilaisia jatkotutkimuksia. Aiheesta on aikaisemmin tehty suhteellisen paljon erilaisia pienempiä tutkimuksia, mutta laaja-alaisempi syväanalyysi aiheeseen puuttuu. Olisikin hyvä, jos 3D-elokuvaan ja -tekniikkaan liittyviä tutkimuksia tehtäisiin suuremmilla otoksilla. Maailmalla aiemmin tehdyt tutkimukset on tehty pienillä otoksilla, joten kansainvälisestikin olisi hyvä tehdä kattavampia tutkimuksia aiheesta. Tämä mahdollistaisi tutkimustulosten paremman yleistettävyyden. Tällöin myös tilastollisesti merkitsevämpiä tuloksia voisi olla helpompi saavuttaa.

Pohdinnan perusteella jatkotutkimusaiheeksi sopisi 3D-elokuvien ja 2D-elokuvien näkövaikutusten vertailu subjektiivisesti tai objektiivisesti. Näistä voisi tehdä omat työnsä jo pelkästään subjektiiviselta tai objektiiviselta näkökannalta. Tulevien opinnäytetöiden aiheeksi voisi valita myös asiakastyytyväisyyskyselyn, jossa selvitetäisiin asiakkaiden kantaa siitä, onko 3D-elokuvissa koettu elämys lisähintansa arvoinen (verrattuna 2D-elokuvan elämykseen ja hintaan). Asiakaskyselyn voisi tehdä myös siitä, kaipaavatko asiakkaat lisäinformaatiota tai ohjeistusta stereonäkökyvystään (kyvystään erottaa kolmiulotteista kuvaa) ennen 3D-elokuvan katsomista ja lipun ostoa.

Lisäksi 3D-tekniikan yleistyttyä muun muassa 3D-television ja tavallisen television katsomisesta johtuvia ongelmia voitaisiin vertailla keskenään. Samankaltaisen tutkimuksen voisi tehdä myös 3D-peleistä eri pelialustoja käytettäessä. Olisi mielenkiintoista tietää, minkälaisia pitkäaikaisia vaikutuksia säännöllisellä 3D-tekniikan katsomisella voisi olla. Omaa opinnäytetyötämme vastaavia tutkimuksia voisi tehdä myös erilaisilla otoksilla. Otokseen voisi esimerkiksi valikoida vain tutkittavia, joilla on tietynlaisia binokulaarisen näkemisen häiriöitä. Myös 3D-animaatiosta voisi tehdä omaa opinnäytetyötämme vastaavan tutkimuksen. Lisäksi voitaisiin vertailla keskenään 3D-animaatioiden ja tavallisten 3D-elokuvien näkövaikutuksia.

Lähteet

3D Eyewear 2013. 3D University. Verkkodokumentti.

<<http://www.3duniversity.net/3dathomeconsumersite/page.aspx?page=19>>. Luettu 9.4.2013.

3D-tekniikka Finnkinon teattereissa 2013. Finnkino Oy. Verkkodokumentti.

<http://www.finnkino.fi/cinemas/3d_info/>. Luettu 9.4.2013.

Ansons, Alec M. – Davis Helen 2001. Diagnosis and Management of Ocular Motility Disorders. 3.painos. London: Blackwell Science Ltd.

Atallah, Pancée – Pelah, Adar – Wilkins, Arnold 2012. Visual stress symptoms from stereoscopic television. Verkkodokumentti.

<https://pure.york.ac.uk/portal/files/15750742/IC3D_AtallahPelahWilkins_FINAL_with_citation_.pdf>. Luettu 27.4.2013.

Bando, Takehiko - Iijima, Atsuhiko - Yano, Sumio 2011. Visual fatigue caused by stereoscopic images and the search for the requirement to prevent them: A review. Verkkodokumentti. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141938211000825>>. Luettu 27.4.2013.

Bradford, Cynthia A. (toim.) 1999. Basic Ophthalmology for Medical Students and Primary Care Residents. 7. painos. San Francisco: American Academy of Ophthalmology.

Dolby 3D: The Best 3D Movie Experience 2013. Dolby. Verkkodokumentti.

<<http://www.dolby.com/us/en/consumer/technology/movie/dolby-3d.html>>. Luettu 9.4.2013.

Evans, Bruce J.W. 1984. Pickwell's Binocular Vision Anomalies. Investigation & Treatment. 3., uudistettu painos. Massachusetts: Butterworth-Heinemann.

Grosvenor, Theodore 2007. Primary Care Optometry. 5. painos. Missouri: Butterworth-Heinemann Elsevier.

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

Heikkilä, Tarja 2008. Tilastollinen tutkimus. 7., uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Hollwich, Fritz 1979. Ophthalmology. A Short Textbook. Blodi, Frederick C. (engl.). New York: Thieme.

How 3D Active Shutter Eyewear Works 2013. 3D University. Verkkodokumentti.

<<http://www.3duniversity.net/3dathomeconsumersite/page.aspx?page=39>>. Luettu 9.4.2013.

How 3D Works 2013. 3D University. Verkkodokumentti. <<http://3duniversity.net/page.aspx?page=7>>. Luettu 9.4.2013.

Howarth, Peter Alan 1999. Oculomotor changes within virtual environments. Verkkodokumentti.

<<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.metropolia.fi/science/article/pii/S000368709800043X?np=y>>. Luettu 20.8.2013.

2011 Hyvärinen, Lea 2001. Silmät ja näkeminen. Silmät ja näkeminen –kirjan verkkoversio. Verkkodokumentti. <<http://www.lea-test.fi/su/silmat/nakemine.html>>. Luettu 13.04.2013.

Hyvärinen, Lea 2012. Valolaatikossa käytettävät testit. Verkkodokumentti. <<http://www.lea-test.fi/>>. Luettu 16.5.2013.

Korja, Taru 2008. Silmälasien määrääminen. Helsinki: Kirjapaino Keili Oy.

Mun, Sungchul – Park, Min-Chul – Park, Sangin – Whang, Mincheol 2012. SSVEP and ERP measurement of cognitive fatigue caused by stereoscopic 3D.

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394012010105>>. Luettu 28.4.2013.

Pensyl, C. Denise – Benjamin, William J. 2006. Ocular Motility. Teoksessa Benjamin William J. (toim.): Borish's Clinical Refraction. 2. painos. Missouri: Butterworth-Heinemann Elsevier.

Pikaohjeita SPSS:lle 2010. Verkkodokumentti. <<http://www.helsinki.fi/~reunamo/opetus/spssohje.htm>>. Luettu 10.9.2013.

Pölönen, Monika – Järvenpää, Toni – Bilcu Beatrice 2011. Stereoscopic 3D entertainment and its effect on viewing comfort: Comparison of children and adults. Verkkodokumentti. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687012000804>>. Luettu 28.4.2013.

Rowe, Fiona 1997. Clinical Orthoptics. London: Blackwell Science Ltd.

Schwartz, Steven H. 2010. Visual Perception: A Clinical Orientation. 4. painos. New York: The McGraw-Hill Companies.

Silmätautioppi 2011. Saari, K. Matti (toim.). Kandidaattikustannus Oy. 6., uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Valtari, Maarit 2006. SPSS-Perusteet. SPSS:n versio 14. Verkkodokumentti. <<http://www.helsinki.fi/~komulain/Tilastokirjat/04.%20Valtari-Spss-opas.pdf>>. Luettu 10.9.2013.

Von Noorden, Gunter K. – Campos, Emilio C. 2002. Binocular Vision and Ocular Motility. Theory and Management of Strabismus. 6. painos. USA: Mosby.

Ukai, Kazuhiko - Howarth, Peter A. 2007. Visual fatigue caused by viewing stereoscopic motion images: Background, theories, and observations. Verkkodokumentti.

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141938207001047>>. Luettu 27.4.2013.

Yano, Sumio – Ide, Shinji – Mitsuhashi, Tetsuo – Thwaites, Hal 2001. A study of visual fatigue and visual comfort for 3D HDTV/HDTV images. Verkkodokumentti. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141938202000380>>. Luettu 27.4.2013.

Young, Hugh D. – Freedman Roger A. 2004. Sears and Zemansky's University Physics with Modern Physics. 11. painos. USA: Carnegie Mellon University, University of California, Santa Barbara.

TUTKIMUS 3D-ELOKUVIEN VAIKUTUKSESTA NÄKEMISEEN

Koehenkilönumero: _____
(Tutkijat täyttävät)

Kyselylomake

Tutkimuksen tarkoitus

Tämä tutkimus toteutetaan Helsingin ammattikorkeakoulu Metropolian optometrian koulutusohjelman opinnäytetyönä. Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia elokuvateatterissa katsotun 3D-elokuvan vaikutusta näkemiseen. 3D-elokuvassa käytetään erityistä 3D-elokuvaprojektorilla ja -laseja, joiden avulla luodaan elokuvasta kolmiulotteinen syvyysvaikutelma – 3D-efekti.

Tutkimus koostuu kolmesta osasta: alkumittauksesta, 3D-elokuvan katsomisesta sekä loppumittauksesta.

Tutkimuksen miellyttävyys

Tutkimuksen alku- ja loppumittauksissa koehenkilölle tehdään stereonäkötesti, mitataan näöntarkkuus, konvergenssin lähipiste ja piilokarsastukset. Varsinaista näöntarkastusta

ei tehdä. Tutkimukset ovat nopeita eikä niistä aiheudu tutkittavalle rasitusta tai epämiellyttävää oloa tutkimuksen aikana tai sen jälkeen.

3D-elokuvan katsominen voi mahdollisesti aiheuttaa tutkittavalle silmien rasittumista ja epämiellyttävää oloa elokuvan katselun aikana tai sen jälkeen.

Luottamuksellisuus

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

Suostumus

Ymmärrän, että voin lopettaa tutkimuksen koska tahansa.

Tutkimuksen 3D-elokuvan katsominen elokuvateatterissa ei aiheuta tutkittaville kustannuksia.

Aika ja paikka: ____/____/2013 Helsingissä

Allekirjoitus: _____

KYSELYLOMAKE ENNEN 3D-ELOKUVAN KATSELUA:

Koehenkilönumero: _____
(Tutkijat täyttävät)

Vastaa seuraaviin kysymyksiin täyttämällä tai ympyröimällä sopivin vaihtoehto.

1. Ikä _____ v.
2. Sukupuoli
 1. Nainen
 2. Mies
3. Käytössäni on
 1. silmälasit
 2. piilolinssit
 3. molemmat (silmälasit ja piilolinssit)
 4. ei mitään
4. Onko sinulla näkemiseen vaikuttavia tiloja tai sairauksia (esimerkiksi amblyopia, karsastus)?
 1. Kyllä
 2. Ei

Jos vastasit kyllä, niin mitä?

_____.

Arvioi näkemistäsi seuraavien väittämien perusteella. Ympyröi sopivin vaihtoehto.

5. Käyn elokuvissa vuoden aikana
 1. Yli 10 kertaa
 2. 5-9 kertaa
 3. 1-4 kertaa
 4. En koskaan
6. Olen katsonut 3D-elokuvia aiemmin
 1. Kotona
 2. Elokuvateatterissa
 3. En missään
 4. Muualla, missä?

_____.

Ympyröi sopivin vaihtoehto seuraavista väittämistä (1=täysin samaa mieltä, 2=jokseenkin samaa mieltä, 3= ei eri eikä samaa mieltä, 4= jokseenkin eri mieltä, 5=täysin eri mieltä)

7. Silmäni ovat yleisesti väsyneet
1 2 3 4 5
8. Silmäni väsyvät lähityöskentelyssä
1 2 3 4 5
9. Silmäni väsyvät kauas katsottaessa
1 2 3 4 5
10. Silmäni rasittuvat aina tavallisten, ei 3D-elokuvien katselusta elokuvateatterissa
1 2 3 4 5

Ympyröi sopivin vaihtoehto seuraavista väittämistä (1=täysin samaa mieltä, 2=jokseenkin samaa mieltä, 3= ei eri eikä samaa mieltä, 4= jokseenkin eri mieltä, 5=täysin eri mieltä, **6=en ole katsonut 3D-elokuvia**)

11. Silmäni rasittuvat aina 3D-elokuvien katselusta elokuvateatterissa
1 2 3 4 5 6

Valitse seuraavasta väittämästä yksi tai useampi vaihtoehto, joka kuvaa näkemistäsi.

12. Minulla on seuraavia näkemiseen liittyviä vaivoja
 1. silmien särkyä
 2. silmien väsymistä
 3. pahoinvointia
 4. päänsärkyä
 5. pyörryttämistä
 6. sumea/epätarkka näkö
 7. kaksoiskuvia
 8. ei näkemiseen liittyviä vaivoja
 9. muita, mitä?
-

KYSELYLOMAKE 3D-ELOKUVAN KATSELUN JÄLKEEN:

Koehenkilönumero: _____
(Tutkijat täyttävät)

Ympyröi sopivin vaihtoehto seuraavista väittämistä (1=täysin samaa mieltä, 2=jokseenkin samaa mieltä, 3=ei eri eikä samaa mieltä, 4=jokseenkin eri mieltä, 5=täysin eri mieltä).

1. 3D-elokuvan katsominen oli miellyttävää
1 2 3 4 5
2. 3D-lasit tuntuivat päässäni mukavalta
1 2 3 4 5
3. 3D-elokuvan katsomisen jälkeen silmäni tuntuivat väsyneiltä
1 2 3 4 5
4. 3D-elokuvan katsomisen jälkeen koin näkemiseen liittyviä vaivoja
1 2 3 4 5
5. Käyn mieluummin katsomassa 3D-elokuvan kuin tavallisen, ei 3D-elokuvan
1 2 3 4 5

Valitse seuraavasta väittämästä yksi tai useampi vaihtoehto, joka kuvaa näkemistäsi.

6. 3D-elokuvan katsomisen jälkeen minulla oli seuraavia näkemiseen liittyviä vaivoja
 1. silmien särkyä
 2. silmien väsyminen
 3. pahoinvointia
 4. päänsärkyä
 5. pyörryttämistä
 6. sumea/epätarkka näkö
 7. kaksoiskuvia
 8. ei näkemiseen vaikuttavia ongelmia
 9. muita, mitä?
- _____.

Kuvaile omin sanoin näkövaikutelmia 3D-elokuvan aikana. Miltä näkövaikutelma tuntui 3D-elokuvan alussa, puolen välin jälkeen ja loppupuolella?