

Taneli Kaalikoski

Katseohjausyksiköt apuvälinekäytössä

Viiden katseohjausyksikön käytettävyyssvertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Apuvälineteknikko (AMK)

Apuvälinetekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

1.12.2016

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Taneli Kaalikoski Katseohjausyksiköt apuvälinekäytössä - Viiden katseohjausyksikön käytettävyyssvertailu 40 sivua + 2 liitettä 1.12.2016
Tutkinto	Apuvälineteknikko (AMK)
Koulutusohjelma	Apuvälinetekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Apuvälinetekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Tomi Nurminen VTL Päivi Kaljonen
<p>Katseohjaus on apuvälinekäytössä yleistyvä vaihtoehtoinen tietokoneen ohjaustapa, jota voidaan käyttää ohjaamaan kommunikointiohjelmistolla varustettua tietokonetta. Katseohjausyksiköt ovat erillisiä tietokoneeseen liitettäviä lisälaitteita, joiden avulla tietokonetta on mahdollista ohjata pelkällä katseella. Katseohjaus voi mahdollistaa kommunikoinnin ja osallistumisen, kun se muuten voisi käyttäjän toimintakyvyn vuoksi olla vaikeaa tai mahdotonta.</p> <p>Katseohjauksen käyttäjän hallitsemattomat pään ja silmän liikkeet vaikuttavat katseohjauksen käytettävyyteen. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, näkyvätkö apuvälinekäyttöön tarkoitettujen katseohjausyksiköiden käytettävyyden erot myös muilla tavoin. Käytettävyys määritellään SFS-EN ISO 9241-11-standardin mukaisesti. Käytettävyyden käsite jaetaan kolmeen osa-alueeseen: tuloksellisuuteen, tehokkuuteen ja miellyttävyyteen.</p> <p>Katseohjausyksiköiden käytettävyyden eroavaisuuksien osoittamiseksi opinnäytetyössä järjestettiin tapaustutkimus, jossa kolme vapaaehtoista koehenkilöä osallistui katseohjausyksiköiden käytettävyyttä vertailevaan käyttäjätestiin. Käyttäjätestissä vertailtiin viittä erilaista apuvälinekäyttöön tarkoitettua katseohjausyksikköä. Kaikki koehenkilöt käyttivät jokaista katseohjausyksikköä riippuvien mittausten asetelman mukaisesti. Kullekin käytettävyyden osa-alueelle käytettiin omaa mittariaan.</p> <p>Jokainen käyttäjätestiin osallistunut koehenkilö koki eroja katseohjausyksiköiden käytettävyydessä. Eroja esiintyi etenkin huonoimman ja parhaan laitteen välillä. Jokainen henkilö koki eri katseohjausyksikön käytön miellyttävimmäksi.</p> <p>Opinnäytetyön tapaustutkimuksen tulosten perusteella voidaan päätellä, että katseohjausyksiköiden käytettävyydessä on yksilöllisiä eroja. Yksilöllisten ominaisuuksien vaikutusta katseohjausyksiköiden käytettävyyteen tulisi tutkia. Apuvälinekäytössä katseohjauksen kokeiluun saattaa kohdistua paljon odotuksia ja ensimmäiselle käyttökerralle asetetaan suuri painoarvo. Katseohjausta saatetaan joutua kokeilemaan useilla eri laitteilla ennen sopivan löytymistä. Mahdollisuus selvittää henkilölle sopiva katseohjausyksikkö jo ennen varsinaista kokeilua tekisi katseella ohjattavan kommunikoinnin apuvälineen luovutusprosessin sujuvammaksi.</p>	
Avainsanat	katseohjaus, kommunikointi, käytettävyys

Author Title	Taneli Kaalikoski Eye Trackers in Assistive Applications – Usability Comparison of Five Eye Trackers
Number of Pages Date	40 pages + 2 appendices Autumn 2016
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Prosthetics and Orthotics
Specialisation option	Prosthetics and Orthotics
Instructors	Tomi Nurminen, Senior Lecturer Päivi Kaljonen, Lic. Soc. Sc.
<p>Using gaze interaction as a way of controlling a communication device is getting more common. Gaze trackers are auxiliary input devices that enable using the user's gaze as a means of controlling a computer. Gaze interaction can enable its user to communicate when it otherwise would be challenging or impossible due to the user's physical abilities.</p> <p>Involuntary head or eye movement can affect the usability of an eye tracker. The purpose of this thesis was to find if there are other individual differences in the usability of eye trackers that are designed to be used with communication devices. The concept of usability consists of efficiency, effectiveness and satisfaction as defined by the usability standard SFS-EN ISO 9241-11.</p> <p>A case study was conducted to compare the usability of five different eye trackers in a usability test. The eye trackers were specifically designed to be used with communication devices. Three test users volunteered for the device comparison. Efficiency, effectiveness and satisfaction of the use were measured with separate methods. The usability test was conducted as a within-subject design, all test users used all five eye trackers.</p> <p>Every test subject experienced usability differences between the compared devices. The usability differences were most substantial between the best and the worst eye tracker. Each test subject also rated a different eye tracker to be the most satisfactory.</p> <p>The results of this thesis show that there are individual differences in the usability of eye trackers. The impact of individual differences in the usability of eye trackers should be studied further. Ideally, the results could be used to know beforehand which eye tracker is suitable for each person. This is important as some assistive technology users are forced to try several eye trackers before finding a suitable system and the expectations for gaze interaction can make the process stressful.</p>	
Keywords	gaze interaction, communication, usability

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Katseohjaus	2
2.1	Katseohjaus apuvälinekäytössä	2
2.2	Katseohjaus apuvälineluokituksessa	6
2.3	Silmä ja näkeminen	8
2.4	Silmän liikkeet	9
2.5	Katseohjausyksiköt	10
3	Käytettävyys	11
3.1	Käytettävyyden määrittely	11
3.2	Katseohjauksen käytettävyyteen vaikuttavia tekijöitä	12
3.2.1	Kalibrointi	13
3.2.2	Valinnan tekeminen	14
3.2.3	Näkökentän peittyminen	15
3.2.4	Pään liikkeet	16
3.2.5	Valaistus	17
3.2.6	Silmälasit ja piilolinssit	17
3.2.7	Ruudun koko	18
4	Katseohjausyksiköiden käytettävyysvertailu	18
4.1	Strategia	20
4.2	Käyttäjätesti	20
4.2.1	Katseohjausyksikön käytettävyyden tutkiminen käyttäjätestillä	21
4.2.2	Käytettävyyden mittarit	22
4.3	Koehenkilöiden valinta	24
4.4	Käyttäjätestin kulku	25
5	Tulokset	27
5.1	Ensimmäinen käyttäjätesti	27
5.2	Toinen käyttäjätesti	29
5.3	Kolmas käyttäjätesti	31
6	Johtopäätökset	32
7	Pohdinta	35

1 Johdanto

Katseohjauksella (gaze interaction) tarkoitetaan tietokoneen ohjaustapaa, jolla käyttäjän on mahdollista erillisen katseohjausyksikön (eye tracker) avulla ohjata tietokonetta pelkällä katseella. Katseohjaus on yleistynyt vaihtoehtoinen tietokoneen ohjaustapa (Papunet 2015), jota voidaan käyttää ohjaamaan kommunikointiohjelmalla varustettua tietokonetta.

Tietokoneavusteiset kommunikointilaitteet ovat puhetta tukevan ja korvaavan kommunikoinnin (AAC) apuvälineitä, joiden tarkoituksena on joko toimia puheentuoton ja ymmärtämisen tukena tai mahdollistaa vuorovaikutus, kun henkilö on menettänyt kommunikointikykyä vammaan tai sairauden seurauksena. (Ohtonen – Huuhtanen – Yläupa 2010: 99–104.) Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on koota perustietoa tietokoneen katseohjauksesta ja sen soveltumisesta apuvälinekäyttöön, perehtyä katseohjausyksiköiden käytettävyyteen sekä vertailla tapaustutkimuksella viiden apuvälinekäyttöön tarkoitettua katseohjausyksikön käytettävyyttä.

Katseohjausyksikön soveltuvuuteen tietyllä käyttäjällä vaikuttaa useita yksilöllisiä fyysisiä ja ympäristöön liittyviä tekijöitä. Käyttäjälle sopivan katseohjausyksikön löytäminen on tärkeää etenkin katseohjausta kokeiltaessa ja apuvälinetarvetta arvioidessa. Sopivan järjestelmän löytäminen voi vaatia useita yrityksiä, riippuen käyttäjän tarpeista ja fyysisistä ominaisuuksista. Esimerkiksi tahattomat pään ja silmän liikkeet voivat estää katseohjauksen tietyillä katseohjausyksiköillä. (Majaranta – Bates – Donegan 2009: 599.)

Katseohjausta saatetaan kokeilla viimeisenä vaihtoehtona tietokoneen käytön mahdollistamiseen, minkä vuoksi odotukset laitteiston toimivuuteen saattavat olla korkealla (Majaranta ym. 2009: 599). Useiden apuvälinekäyttöön tarkoitettujen katseohjausyksiköiden saatavuus on lähtökohtaisesti tärkeää, sillä laitteiden eroavat ominaisuudet voivat toisella käyttäjällä estää ja toisella mahdollistaa tietokoneen ohjaamisen katseella.

Opinnäytetyön osana toteutetaan tapaustutkimus, jossa vertaillaan viiden eri katseohjausyksikön käytettävyyttä käyttäjättestillä. Tapaustutkimuksen tavoitteena on löytää yksilöllisiä käytettävyyseroja vertailtavien katseohjausyksiköiden väliltä. Käytettävyyserojen esiintyminen voisi perustella useiden katseohjausyksiköiden kokeilemisen tarkoituksenmukaista apuvälinettä etsittäessä.

Opinnäytetyön tapaustutkimuksellisen vertailun mahdollisti tietokoneen katseohjaukseen erikoistunut ja katseohjausyksiköitä myyvä ja maahantuova yritys Kajo Apuvälineet Oy, joka lainasi opinnäytetyössä vertailut laitteet ja mahdollisti käyttäjätestin toteuttamisen toimitiloissaan.

2 Katseohjaus

Katseohjaus (gaze interaction) mahdollistaa tietokoneen käytön pelkällä katseella. Tietokoneeseen liitettävä katseohjausyksikkö (eye tracker) seuraa käyttäjän silmän liikkeitä ruudulla ja muuttaa ne hiiren liikkeiksi. Katseohjaus on vaihtoehtoinen tietokoneen ohjaustapa, joka voi mahdollistaa tietokoneen käytön henkilölle, joka ei muuten kykenisi toimintakykynsä vuoksi sitä ohjaamaan. Kommunikointikäytössä käyttäjä voi erillisen kommunikointisovelluksen avulla puhua ääneen ja tietokoneella on mahdollista myös esimerkiksi työskennellä, kirjoittaa sähköpostia, kuunnella musiikkia (Scott 2010: 10–11) ja hallita ympäristöään sekä selata internetiä (Donegan 2010: 3).

Katseohjaus on katseenseurantaan (eye tracking) perustuva tekniikka, joka on adaptoitu tietokoneen hiiren ohjaukseen. Katseenseurannalla viitataan yleensä tekniikkaan, jolla silmän liikkeitä mitataan ja nauhoitetaan (Tobii Technology 2010: 1). Ensimmäiset 1800-luvun lopulla ja 1900-luvun alussa kehitetyt katseenseurantalaitteet kehitettiin alun perin vain silmän liikkeiden tutkimiseksi, eikä niitä sovellettu kommunikointitarkoituksiin. Ne olivat usein suoraan silmään kiinnitettäviä tai muuten invasiivisia tutkimuslaitteita (Majaranta ym. 2009: 589). Tekniikan kehittyttyä vuosikymmenien kuluessa katseenseurantalaitteita on käytetty pääasiassa erilaisiin tutkimuksiin ja kaupallisiin tarkoituksiin (Tobii Technology 2010: 1).

2.1 Katseohjaus apuvälinekäytössä

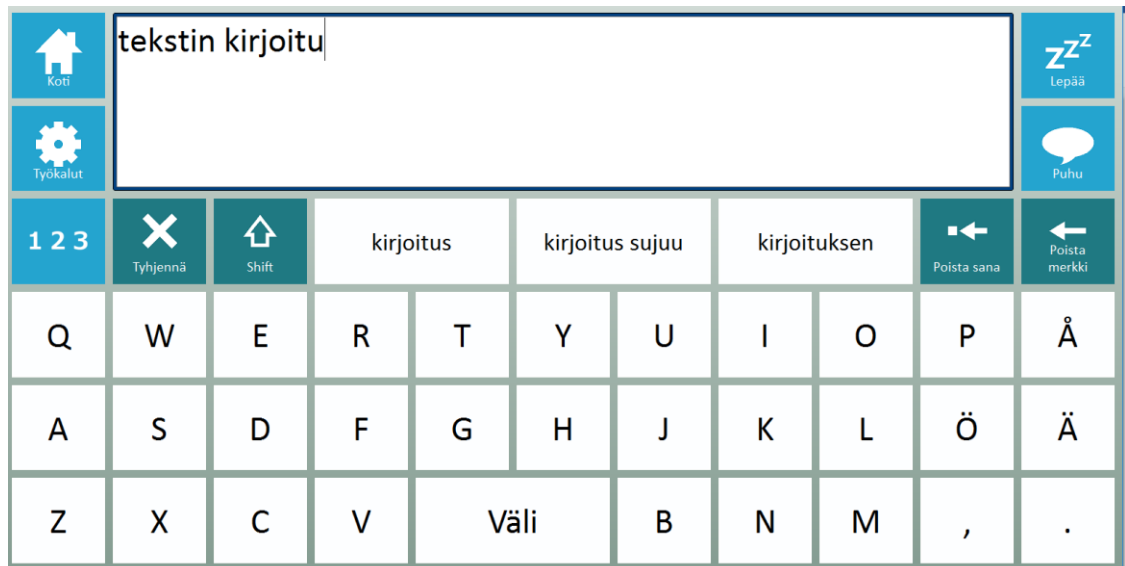
Katseohjaus voi mahdollistaa kommunikoinnin tietokoneen avulla, kun se muuten voisi olla vamman tai sairauden vuoksi vaikeaa tai mahdotonta (Majaranta – Rähä 2007: 175). Katseohjaus voi olla osa tietokoneavusteista kommunikointijärjestelmää, joka koostuu valitun ohjaustavan, kuten katseohjauksen, lisäksi tietokoneeseen asennetusta kommunikointiohjelmasta sekä puhesynteesistä, jonka avulla kirjoitettu teksti voidaan lukea ääneen kommunikointikumppanille. (Ohtonen ym. 2010: 103–105.)



Kuvio 1. Katseella ohjattava tablet-tietokone ja Tobii PCEye Mini-katseohjausyksikkö.

Katseen seurannan ensimmäiset sovellukset apuvälinekäyttöön tehtiin jo 1970-luvun lopulla. Friedman, Kiliany, Dzmura ja Anderson (1982) kehittivät hyvinkin nykyisen katseohjausjärjestelmän kaltaisen EyeTracker-kommunikointijärjestelmän, joka oli tarkoitettu etenkin vammaisten lasten oppimisen tueksi luokkahuonekäyttöön. Laitteella kirjoitetut viestit voitiin tulostaa paperille tai muuttaa puheeksi puhesynteesillä.

Katseohjaus apuvälinekäytössä voidaan jakaa kahteen käyttötarkoitukseen: hiirtä jäljittelevään suoraan osoittimen hallintaan, eli hiiriemulaatioon, sekä ruudukkopohjaisten ohjelmien käyttöön. Ruudukkopohjaisen kommunikointiohjelman avulla käyttäjän on mahdollista kirjoittaa tietokoneella yleensä joko symbolien tai näyttönäppäimistön avulla. Kun kommunikoidaan näyttönäppäimistön avulla, käytetään usein koko ruudun kokoista näppäimistöä, johon on lisätty ennustava tekstinsyöttö käytön nopeuttamiseksi. Haluttu kirjain voidaan valita ruudulta tarkentamalla katse kohteeseen ennalta määräytyksi viivevalinta-ajaksi (dwell time) tai painamalla erillistä painiketta.



Kuvio 2. Tekstin kirjoittamiseen tarkoitettu ruudukko the Grid 2-ohjelmassa.



Kuvio 3. Ruudukko symbolipohjaiseen kommunikointiin Tobii Communicator 4-ohjelmassa.

Suuri osa katseohjauksen käyttäjistä aloittaa käytön ruudukkopohjaisilla ohjelmilla. Käyttäjän katseohjauksitaitojen ollessa riittävät, olisi kuitenkin syytä harkita hiiriemulaation käyttöä (Donegan 2010: 6). Hiiriemulaation ansiosta Windows-käyttöjärjestelmää voidaan ohjata kuin tavallisella hiirellä: käyttäjän katse ohjaa osoitinta ja käytetyt toiminnot, kuten hiiren klikkaukset ja näppäinyhdistelmät valitaan ohjainohjelmiston käyttöliittymästä.

Katseohjaus on yksi monista tavoista ohjata tietokoneavusteista kommunikointilaitetta (Ohtonen ym. 2010: 103–105). On kuitenkin huomattava, että katseohjauslaite ei ole itsessään kommunikoinnin apuväline, vaan yksi tietokoneen ohjauksen mahdollistava lisälaitte muiden joukossa (Pärssinen – Parkkonen – Hartikainen 2016). Ruudukkopohjaisia kommunikointiohjelmistoja on mahdollista käyttää muillakin ohjaustavoilla kuin katseohjauksella (Hakola 2011: 27). Tietokoneen ohjaukseen on olemassa useita vaihtoehtoisia tapoja, esimerkiksi erilaisia näppäimistöjä, erikoishiiriä ja painikkeita. Apuvälineratkaus tulisi aina valita käyttäjän tarpeiden ja kykyjen mukaan ja valinnassa tulisi hyödyntää käyttäjän kontrollissa olevia liikkeitä (Ball – Fager – Fried-Oken, 2012: 689).

Vaihtoehtoisena ohjaustapana katseohjaus voi sopia erityisesti henkilöille, joille raajojen liikuttaminen on hankalaa tai epämiellyttävää, vartalon liikkeet ovat riittämättömän pieniä muiden ohjaustapojen käyttöön tai motorinen toimintakyky estää esimerkiksi halvauksen tai sairauden vuoksi raajojen liikuttamisen (Jordansen ym. 2005: 7). Katseohjauksen voidaan katsoa sopivan erityisesti henkilöille, jotka eivät voi liikkua, mutta pystyvät kontrolloimaan silmiensä liikkeitä hyvin (Majaranta ym. 2009: 588). Mahdollisia katseohjauksen kohdekäyttäjryhmiä diagnoosin mukaan ovat mm. ALS, CP-vamma, selkäydinvamma, multipeliskleroosi (MS) sekä aivovamma (Ersbøll, 2005).

Katseohjauksen on osoitettu olevan toimiva kommunikointilaitteen ohjaustapa etenkin ALS-diagnoosin saaneilla (Hwang ym. 2014: 233). Katseohjaus sopii usein ALS-käyttäjille hyvien kognitiivisten, visuaalisten ja kielellisten taitojen vuoksi (Majaranta ym. 2009: 599). Katseohjaus voi tietokoneen ohjaustapana olla vähemmän kuluttava, mukavampi, ryhdille edullisempi ja vähemmän kipua aiheuttava kuin muut vaihtoehtoiset ohjaustavat. Se voi myös vaikuttaa positiivisesti elämänlaatuun, työllistymiseen ja opiskelumahdollisuuksiin. (Donegan 2010: 3–6.)

Vaihtoehtoista ohjaustapaa etsivä käyttäjä voi haluta käyttää ergonomisesti vähemmän kuluttavaa laitetta, jonka käyttö onnistuu juuri silloin kun sille on tarvetta. Etenkin kommunikointikäytössä tämä on tärkeä kriteeri käytettävälle ohjaustavalle, jotta käyttäjän olisi mahdollista ilmaista itseään juuri silloin, kun se on tarpeellista. (Donegan ym. 2005: 38.)

Vaikka katseen käyttö tietokoneen ohjaukseen vähentää fyysistä rasitusta, se voi väsyttää etenkin lapsikäyttäjiä. Rasittuminen johtuu intensiivisestä visuaalisesta keskittymisestä. Rasitusta voidaan kuitenkin ehkäistä käyttöä jaksottamalla ja taukoja pitämällä. (Millar 2010: 33.)

On myös huomioitava, ettei katseohjausta tai teknisiä apuvälineratkaisuja tulisi pitää itseisarvoina. Joskus yksinkertaisemmat ja vähemmän tekniset apuvälineratkaisut voivat tuoda suurimman hyödyn käyttäjälleen (Luotonen – Aitola 2013: 174). Yhtäältä tekniset kommunikoinnin apuvälineet edellyttävät käyttäjältään riittäviä kognitiivisia kykyjä käyttää kommunikointiohjelmia (Ohtonen ym. 2010: 103) ja toisaalta katseohjauksen käyttäjältä vaaditaan riittävää näkökykyä ja kykyä ymmärtää syy-seuraussuhteita, jotta katseella valinnan tekemisen konseptin voi sisäistää (Scott 2010: 5).

2.2 Katseohjaus apuvälineluokituksessa

Kun katseohjausyksikköä käytetään tietokoneen ohjaukseen, se voi mahdollistaa kommunikoinnin ihmiselle, joka ei muuten voisi puhua ja mahdollistaa kanssakäymisen ympäristön kanssa, kun se muuten voisi alentuneen toimintakyvyn vuoksi olla hankalaa (Majaranta ym. 2009: 594). Katseohjaus voi parantaa käyttäjänsä mahdollisuuksia olla vuorovaikutuksessa muiden ihmisten kanssa, lisätä osallistumismahdollisuuksia ja helpottaa tarpeiden ilmaisua (Hwang ym. 2014: 233).

Apuväline on laite, joka edistää tai ylläpitää käyttäjänsä toimintakykyä silloin, kun se on vamman tai sairauden vuoksi heikentynyt. Tarkoituksenmukainen apuväline on luonteva osa käyttäjänsä elämää. Apuväline mahdollistaa suoriutumisen erilaisista tehtävistä sekä helpottaa osallistumista elämän eri tilanteisiin. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2014.)

Kansainvälisen apuvälineluokituksen mukaan katseella ohjattava tietokone kuuluu lähikommunikoinnin apuvälineiden alaluokkaan. Lähikommunikoinnin apuvälineiden tarkoituksena on auttaa käyttäjänsä suorassa kommunikoinnissa. Tietokoneeseen liitettävät erilliset katseohjausyksiköt luokitellaan joko syötön lisälaitteiksi, vaihtoehtoisiksi syöttölaitteiksi tai erikoishiiriksi. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2011.)

EASTIN apuvälinetietokanta on kahdeksan Euroopan maan apuvälinetietokannat yhteen keräävä verkkosivusto, joka näyttää Belgian, Espanjan, Hollannin, Italian, Iso-Britannian, Ranskan, Saksan ja Tanskan apuvälinetietokantoihin sisällytyt apuvälineet. Tietokanta perustuu kansainväliseen apuvälineluokitukseen ISO 9999 (Terveyden ja hyvinvoinnin

laitos 2014). Tietokannasta löytyy useita katseohjaustietokoneita ja katseohjauslaitteita. Ne on laitteesta riippuen jaettu yhteen neljästä alaluokituksesta. Katseohjaukseen liitetyt alaluokitukset esitellään taulukossa yksi.

Taulukko 1. EASTIN-hakupalvelusta löytyvät katseohjauslaitteet apuvälineluokituksessa ja alaluokkien kuvaukset. (EASTIN n.d.; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2011.)

Koodi	Luokka	Alaluokka	Alaluokan kuvaus
22 21 09	Lähikommuni- koinnin välineet	Kommunikointilait- teet	”Elektroniset laitteet, jotka auttavat suorassa kommunikoinnissa. Kohtaan sisältyvät esim. kannettavat ja ei-kannettavat digitaaliset sähköiset näytöt, paperi, nauhoitetun ja/tai synteettisen puheen tulostuslaitteistot”
22 36 12	Tietokoneiden tiedonsyöttölaitteet	Vaihtoehtoiset syöt- tölaitteet	”Kohtaan sisältyvät esim. optiset skannerit, puheentunnistusyksiköt, kosketusnäytöt ja datakäsineet.”
22 36 15	Tietokoneiden tiedonsyöttölaitteet	Syötön lisälaitteet	”Välineet jotka yhdistävät syöttöjärjestelmät tietokoneeseen. Kohtaan sisältyvät esim. erilliset kuva-pankit ja sanastot, moniportit, kaapelit ja taulut.”
22 36 06 03	Tietokoneiden tiedonsyöttölaitteet	Erikoishiiret	”Kursorin ohjaamiseen tarkoitettut hiiret. Luokkaan sisältyvät esim. pää- ja katsehiiret, kursorin ohjaamiseen tarkoitettut sauva sekä keskilinjassa käytettävät joystick- ja levyhiiret.”

2.3 Silmä ja näkeminen

Katseohjausyksiköiden toimintaperiaatteiden ymmärtämiseksi on syytä tutustua silmän ominaisuuksiin ja toimintaperiaatteisiin. Näkeminen perustuu silmässä tapahtuvaan tapahtumaan, jossa valo kulkeutuu pupillin läpi mykiölle, missä kuva kääntyy ylösalaisin ja heijastuu edelleen verkkokalvolle silmän takaosaan (Holmqvist ym. 2011: 21).

Ensimmäiseksi valo läpäisee sarveiskalvon, jonka perimmäisenä tarkoituksena on säilyttää silmän muoto ja estää vierasesineiden pääsy silmään. Sarveiskalvolla on myös tärkeä rooli valon kohdentamisessa verkkokalvolle, sillä kaksi kolmasosaa silmän kohdistustehosta syntyy sarveiskalvolla. (Mulvey 2012: 11.)

Sarveiskalvon ohitettuaan valo läpäisee iiriksen keskellä olevan pupillin. Iiriksen koon säätely vaikuttaa läpäisevän valon määrään: mitä suurempi pupilli on, sitä enemmän valoa pääsee sisään. Iiriksen toiminta mahdollistaa näkemisen myös pimeällä, mutta iiriksen suuretessa myös katseen tarkentaminen vaikeutuu. Mitä pienempi pupilli on, sitä suuremmalle etäisyysvälille katse voidaan tarkentaa. (Mulvey 2012: 12.)

Pupillin läpäistyään valo kulkeutuu mykiölle, joka heijastaa valon edelleen verkkokalvolle ja näköhermon tulkittavaksi (Mulvey 2012: 12). Verkkokalvolla sijaitsevat valoa aistivat solut muuttavat visuaalisen informaation sähköimpulsseiksi, jotka siirtyvät näköhermon välityksellä aivokuorelle tulkittavaksi (Holmqvist ym. 2011: 21). Yksi kolmasosa silmän tarkentamisvoimasta tulee mykiöltä ja mykiön kohdistusongelmia joudutaankin korjaamaan silmälasilla. Mikäli mykiö kohdistaa valon virheellisesti verkkokalvon taakse, aiheutuu kaukonäköisyyttä. Jos valo heijastuu virheellisesti verkkokalvon eteen, aiheutuu likinäköisyyttä. (Mulvey 2012: 12.)

Jotta ihmisen olisi mahdollista nähdä hyvin sekä pimeissä että valoisissa ympäristöissä, on silmään kehittynyt kolme erilaista näkemisen aluetta. Suurimman osan näkökentästä kattava perifeerinen alue on sopeutunut pimeässä näkemiseen ja mahdollistaa muotojen ja värien kontrastien tunnistamisen. Tarkkaan näkemiseen perifeerisestä alueesta ei kuitenkaan ole, vaan siihen tarvitaan tarkan näkemisen aluetta, foveaa (Tobii Technology 2010: 4).

Ihmisen tarkan näön alue on näkemisen alueista pienin, yleensä vain n. 1-2° ihmisen näkökentästä (Tobii Technology 2010: 4). Käytännössä tämä alue on suurin piirtein peukalon kynnen kokoinen alue käsivarren ollessa ojennettuna (Holmqvist ym. 2011: 21).

Silmän tarkan näön alue ja sitä ympäröivä hieman epätarkempi n. 2-5° alue (parafovea) muodostavat alle 8% suuruisen alueen ihmisen näkökentästä, mutta aivoihin välittyvästä informaatiosta 50% tulee tältä alueelta. (Tobii Technology 2010: 4) Silmiä on siis liikutettava, jotta tarkan näön alue saadaan keskitettyä kiinnostuksen kohteeseen tarvittavan informaation hankkimiseksi.

2.4 Silmän liikkeet

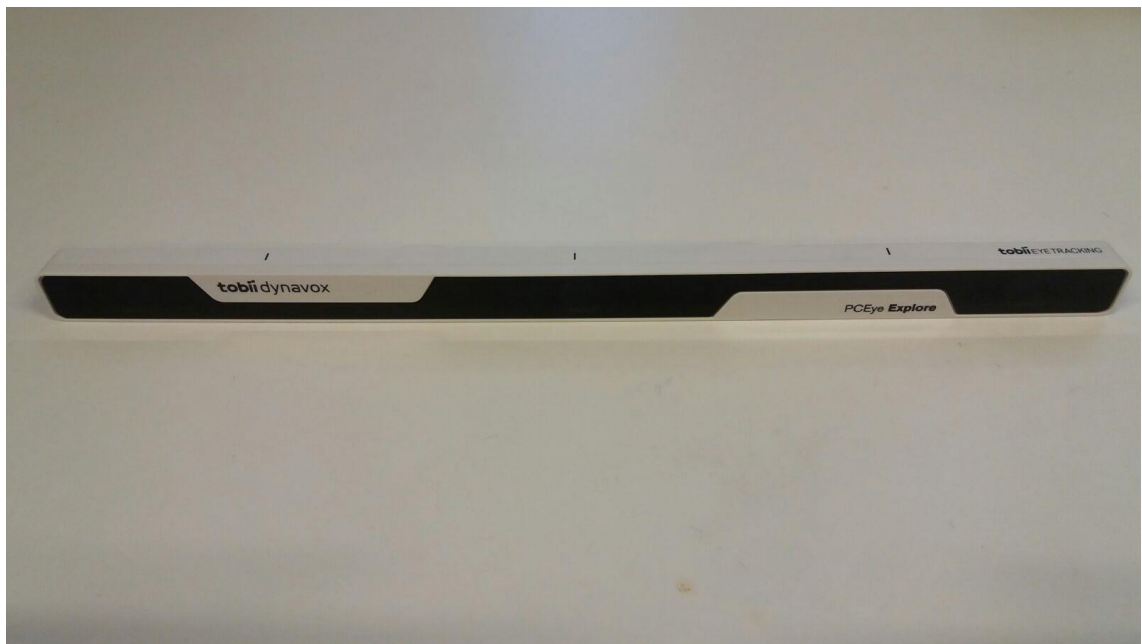
Silmien ympärillä sijaitsee kolme lihasparia, jotka ovat vastuussa silmien liikuttamisesta. Silmien tavallinen liikehdintä koostuu suurimmaksi osin toisiaan seuraavista fiksaatioista ja näiden välillä tapahtuvista nopeista sakkadeiksi kutsutuista liikkeistä. (Holmqvist ym. 2011: 21). Näiden lisäksi silmät tekevät takaa-ajoliikkeiksi (drift) kutsuttuja liikkeitä ja pienempiä korjausliikkeitä, jotka on jaettu mikrosakkadeihin, silmävärinä (tremor) ja kuljeksimiseen (drift) (Niinikuru – Kojo – Häkkinen 2007: 5).

Fiksaatiolla tarkoitetaan hetkeä, jolloin katse on kohdistuneena katsottavaan kiinnostuksen kohteeseen. Se kestää keskimäärin 200-300 millisekuntia. Fiksaatioiden välillä tapahtuvat sakkadit ovat ihmiskehon nopeimpia liikkeitä: niiden suorittaminen kestää yleensä vain 30-80 millisekuntia. Sakkadit eivät välttämättä siirrä fiksaatiota suorinta reittiä kiinnostuksen kohteeseen ja saattavat usein aiheuttaa heiluntaa katseessa ennen sen fiksoitumista. (Holmqvist ym. 2011: 21–22.)

Vaikka fiksaation aikana katse onkin näennäisesti kohdistunut yhteen kohtaan, tapahtuu silmässä sen aikana liikettä. Mikäli fiksaation aikana tapahtuvia pieniä liikkeiden aiheuttamia silmän siirtymisiä ei tapahtuisi, häviäisi kuva verkkokalvolta (Niinikuru ym. 2007). Silmävärinä ja kuljeksiminen ohjaavat saavat katseen ajautumaan kauemmas fiksaation keskikohdasta, mutta mikrosakkadit palauttavat silmän alkuperäiseen tarkennuksen kohteeseensa (Holmqvist ym. 2011: 23). Mikrosakkadit ja silmävärinä ovat niin pientä liikettä, että ne eivät käytännössä vaikuta katseen seurantaan (Majaranta 2009: 13).

2.5 Katseohjausyksiköt

Katseohjausyksikkö on tietokoneeseen USB-kaapelilla yhdistettävä lisälaitte, joka kiinnitetään tietokoneen ruudun alapuolelle. Yleisimpien katseohjausyksiköiden silmän liikkeiden ja sen liikkeiden seuraaminen perustuu laitteen sisällä olevaan kameraan tai kameran roihin. Katseohjausyksikön infrapunavalaisin heijastaa valoa käyttäjän silmään, jonka pinnalle syntyneiden heijasteiden pohjalta tietokone laskee katseen sijainnin. Nykyiset katseohjausyksiköt koostuvat yleensä kamerasta, infrapunavalaisimesta ja kameraa liikkuttavasta laitteistosta (Majaranta – Hansen 2012: 22–23).



Kuvio 4. Tobii Dynavox PCEye Explore-katseohjausyksikkö.

Tietokoneeseen liitettävän erillisen katseohjausyksikön lisäksi voidaan käyttää myös integroitua katseohjaustietokonetta (All in one system), jossa kaikki komponentit ovat saman kotelon sisällä, sisältäen tietokoneen, katsetta seuraavan laitteen sekä mahdollisesti esimerkiksi ympäristönhallintalaitteen. Integroitujen katseohjaustietokoneiden ongelmana on kuitenkin heikko päivitettävyys: laitteen vanhetessa ei erillisiä komponentteja pystytä vaihtamaan. (Donegan 2010: 5.)

Katseohjausyksikön silmän sarveiskalvolle ja pupilliin luomat heijasteet mahdollistavat katseen sijainnin laskemisen. Laitteisto vertaa sarveiskalvolle luomansa heijasteen suhdetta pupilliin heijasteeseen ja laskee niiden sijaintien muutosten perusteella katseen suunnan muutokset ja kompensoi mahdollisia pään liikkeitä ja muita epätarkkuuksia.

Käytännössä sarveiskalvon heijaste pysyy lähes paikallaan jatkuvasti antaen referenssikohdan, jonka perusteella laitteisto päättelee pään ja silmien asennon. (Majaranta 2009: 9.) Sarveiskalvoheijasteen käyttö mahdollistaa pään liikkeiden kompensoimisen käytön aikana, eikä käyttäjän pään tarvitse pysyä täysin paikoillaan käytön aikana (Hakola 2011: 4).

Vain osa markkinoilla olevista katseohjausyksiköistä on tarkoitettu apuvälinekäyttöön. Pelkkien teknisten ominaisuuksien sijaan apuvälinekäyttöön valittavan katseohjauslaitteen tulisi täyttää niiltä vaaditut luotettavuuteen, käyttövarmuuteen, turvallisuuteen ja asennukseen liittyvät kriteerit. Laitteen mukana tulevat ohjelmistot ja yhteensopivuus apuvälineohjelmistojen kanssa, tarvittavat lisälaitteet ja valmistajan sekä jälleenmyyjien tarjoama tuotetuki ovat tärkeitä kriteereitä katseohjausyksikön apuvälinekäyttöön soveltuvuudelle. Katseohjauslaitteen tulisi kommunikointikäytössä olla vakaa ja luotettava, jotta sitä voitaisiin käyttää juuri silloin kuin sitä tarvitaan. Ammattilaisten tuotetuki, huolto ja tukevat telineet sekä kiinnitykset tekevät apuvälineen käytöstä turvallisempaa. (Majaranta 2009: 9.)

3 Käytettävyys

3.1 Käytettävyyden määrittely

Käytettävyyden käsite voidaan määritellä kuvaamaan sitä, miten tuloksellisesti, tehokkaasti ja miellyttävästi tietty käyttäjä pystyy tietyssä kontekstissa tavoittamaan tietyn päämäärän. (Suomen Standardisoimisliitto 1998.)

SFS-EN ISO 9241-11-standardin katsotaan sopivan hyvin tietokoneen käytön kontekstiin ja se on hyväksytty myös määrittämään katseohjaukseen liittyvää käytettävyttä ja sen tutkimusta. Määritelmässä mainittu tietty käyttäjä voi kuvata esimerkiksi käyttäjäryhmää, johon kuuluvien henkilöiden toimintakyky on tietyllä tasolla ja tietty päämäärä voi kuvata haluttua toimintoa, kuten tekstin kirjoittamista, kalibrointia tai tietokoneen hallintaa. (Donegan ym. 2005: 37.)

Standardissa jäsennetään erikseen käytettävyyden tuloksellisuuden, tehokkuuden ja miellyttävyyden merkitykset. Tuloksellisuudella tarkoitetaan sitä tarkkuutta ja onnistumisen laatua, joilla käyttäjä pystyy suorittamaan silloisen tehtävänsä. Tehokkuudella viitataan käytettyjen resurssien määrään suhteessa suoritettujen tehtävien tarkkuuteen ja

onnistumiseen. Miellyttävyydellä tarkoitetaan epämukavuuden puutetta ja positiivista asennetta tuotteen käyttöä kohtaan. (Suomen Standardisoimisliitto 1998.)

Kommunikointikäytössä voidaan joutua tinkimään katseohjauksen tehokkuudesta. Tehokas käyttö, kuten nopea tekstin kirjoittaminen, voi olla fyysisesti kuluttavaa sekä vähentää käytön miellyttävyyttä. Hitaampi, mutta voimavaroja vähemmän kuluttava vaihtoehto voi olla oikea valinta etenkin kommunikointikäytössä, jossa on tärkeää, että apuväline on käytettävissä juuri silloin, kun sitä tarvitaan. (Donegan ym. 2005: 38.)

Käytettävyys ei ole itseisarvo, vaan riippuu käyttäjän, annetun tehtävän ja ympäristön luonteesta, eikä yksittäisten määreiden tarkastelu erikseen anna kuvaa käytettävyydestä. Käytettävyyden ymmärtäminen vaatii siis tuloksellisuuden, tehokkuuden ja miellyttävyyden arvioinnin suhteessa kontekstiin. Toisin sanoen, kaikille käyttäjille käytettävyydeltään tehokkain laite ei välttämättä ole kaikista käytettävien. Käytettävyys riippuu käyttäjän tarpeista, mahdollisuuksista ja olosuhteista.

Nielsenin (1993: 24) mukaan järjestelmän käytettävyys on osa sen yleistä hyväksyttävyyttä, johon vaikuttavat sen käytännöllinen ja sosiaalinen hyväksyttävyys. Käytännöllisen hyväksyttävyyden osa-alueiksi voidaan laskea myös mm. hinta, yhteensopivuus ja luotettavuus. (Nielsen 1993: 24.)

Käytettävyys on monisyinen käsite, joka koostuu useista osa-alueista, eikä käytettävyydestä voida vetää johtopäätöksiä perehtymättä kaikkiin osa-alueisiin. Objektiiiset ja subjektiiviset määreet tulisi huomioida kokonaiskuvan saamiseksi käytettävyydestä.

3.2 Katseohjauksen käytettävyyteen vaikuttavia tekijöitä

Tässä luvussa perehdytään useisiin katseohjauksen käytettävyyteen vaikuttaviin tekijöihin. Luvussa mainitut tekijät huomioimalla voidaan katseohjauksen käytöstä tehdä sujuvampaa ja onnistuneempaa. Luvussa mainittujen tekijöiden lisäksi tulisi huomioida laitteistoon liittyviä seikkoja, kuten katseohjausyksikön valmistajan ilmoittama ihanteellinen käyttöetäisyys ja optimaalinen katselukulma (Majaranta ym. 2009: 599).

3.2.1 Kalibrointi

Laadukkaasti ja tarkasti toimiva katseohjaus riippuu suuresti kalibroinnin onnistumisesta (Majaranta ym. 2009: 599). Kalibroinnilla tarkoitetaan toimenpidettä, jossa silmän ja katseen ominaisuudet opetetaan katseohjausjärjestelmälle, jotta katseohjauksen käyttö olisi mahdollisimman tarkkaa (Majaranta 2009:14).

Kalibrointi tehdään ennen katseohjausyksikön ensimmäistä käyttökertaa. Kalibrointiprosessissa käyttäjälle esitetään ruudulla katsottavia kohteita, joita kutsutaan kalibrointipisteiksi. Kalibrointia tehdessä käyttäjä katsoo vuoron perään tasaisin välimatkoin ruudulle ilmestyviä kalibrointipisteitä. Tietokone yhdistää käyttäjän silmästä tai silmistä ottamansa kuvat kalibrointipisteen koordinaatteihin ja pystyy soveltamaan käyttämäänsä tietoa laskelmoidakseen katseen sijainnin millä tahansa kohdalla ruutua. Kalibrointipisteitä on yleisimmin yhdeksän, mutta niiden määrää voidaan tarvittaessa muuttaa. (Majaranta ym. 2009: 592.) Katseohjausyksikköä voi myös olla mahdollista käyttää ilman kalibrointia käyttämällä laitteen oletuskalibrointia.

Silmän ja katseen ominaisuuksien mittaamisen ja laskemisen lisäksi katseen sijainnin paikallistamisen tehostamiseksi käytetään muitakin keinoja. Esimerkiksi katseohjausyksikkövalmistaja Tobiiin katseohjausyksiköt luovat kolmiulotteisen fysiologisen mallin käyttäjän silmästä. Fysiologiseen malliin sisältyy tietoa silmien ominaisuuksista, kuten niiden muodosta ja valonheijastusominaisuuksista. (Tobii Technology 2010: 7.)

Kalibroinnille tarpeellisuudelle on useita perusteita. Aikuisten silmät ovat voivat olla hyvinkin eri muotoisia. Aikuisten ihmisten silmämunien säteet voivat erota kooltaan jopa 10% prosentilla. Lisäksi silmälasit voivat tyypistään riippuen suurentaa silmän kameralle näkyvää kokoa. (Holmqvist ym. 2011: 128.)

Kalibroinnin epätarkkuus voi johtua esimerkiksi käyttäjän keskittymisen puutteesta, sen herpaantumisesta tai katseohjausyksikön virheellisestä sijoittelusta suhteessa käyttäjään (Tobii Technology 2010: 7). Majarannan ym. (2009: 599) mukaan keskittyminen voi herpaantua kalibroinnin aikana, jos tilannetta seuraa tavallista enemmän ihmisiä.

Jos tavallisesti käytetty automaattinen kalibrointi, jossa tietokone esittää kalibrointipisteet peräjälkeen automaattisesti, ei onnistu, voidaan kalibrointiprosessia mukauttaa sopimaan paremmin käyttäjälleen. Majarannan ym. (2009: 600) mukaan henkilöillä, joilla on

todettu aivovaurio tai oppimisvaikeuksia voi olla vaikeuksia suorittaa automaattinen kalibrointi. Tällöin prosessia tulee tehdä motivoivammaksi esimerkiksi kuvien tai äänien avulla. Myös spastisuus tai kognitiiviset ongelmat voivat aiheuttaa ongelmia kalibrointia tehdessä (Holmqvist – Buchholz 2012: 39).

On tärkeää, että käyttäjän yksilölliset ominaisuudet huomioidaan kalibrointia tehdessä. Kalibrointipisteet voidaan laitteiston sallien sijoittaa ruudulla sinne, mistä käyttäjän on ne mahdollista nähdä. Lisäksi kalibrointi tulisi suorittaa aina käyttäjälle miellyttävällä nopeudella. (Donegan 2012: 32.)

Onnistunut katseohjausjärjestelmän kalibrointi varmistaa, että tietokonetta pystytään ohjaamaan tarkasti ja mahdollisimman vähillä virheillä. Epätarkka katseohjaus vaikeuttaa kommunikointia katseohjattavalla tietokoneella. Katseohjausjärjestelmän kalibrointiin ja siten sen käyttöön vaikuttaa useita tekijöitä käyttäjän fyysisistä ominaisuuksista ja terveydentilasta ympäristön olosuhteisiin.

3.2.2 Valinnan tekeminen

Katseohjausta käytettäessä katse kohdistetaan haluttuun kohteeseen, mutta valinnan tekemiseen tarvitaan erillinen toiminto. Valinta tehdään yleensä viivevalinnalla, jossa katsetta kohdistetaan valittavaan kohteeseen ennalta määritetty aika, jonka jälkeen järjestelmä tekee valinnan. Viivevalintaa voidaan käyttää hiirimulaatiota käytettäessä ja ruudukopohjaisissa kommunikointiohjelmassa.

Viivevalintaan vaadittavan kohdistamisajan tulisi olla pidempi kuin tavanomaiseen fiksaatioon käytetty aika (Majaranta 2009: 17). Tämä mahdollistaa sen, että katseohjausta käytettäessä ei tapahdu vahinkovalintoja ja käyttäjä ehtii rauhassa valita kohteen, johon haluaa valinnan kohdistaa.

Jos viivevalinta-aika on liian pitkä, voi katseohjauksen käytöstä tulla liian raskasta ja silmiä rasittavaa. Majaranta, MacKenzie, Aula ja Räihä (2006: 4–5) raportoivat valintatapoja käsittelevässä tutkimuksessaan koehenkilöiden kokeneen 900 millisekunnin mittaisen viivevalinnan liian pitkäksi. Vaikka koehenkilöt olivat aluksi kokeneet käytetyn 900 millisekunnin valinta-ajan sopivan tuntuiseksi, olivat he tutkimuksen lopulla kokeneet sen väsyttävän silmiä ja vaikeuttavan keskittymistä.

Toisaalta liian lyhyt valinta-aika voi vaikeuttaa valinnan tekemistä. Eräässä tutkimuksessa koehenkilöt kokivat, että 500 millisekunnin pituinen valinta-aika oli käyttäjille usein liian lyhyt, eikä heillä ollut aikaa löytää haluamaansa kohdetta ilman vahinkopainalluksia. Tutkimuksen pohjalta tutkijat ehdottivatkin, että viivevalinta-ajan tulisi olla suurempi kuin 500 millisekuntia etenkin kokemattomilla käyttäjillä. (Hansen – Johansen – Hansen – Itoh – Mashino 2003: 7.)

Tehtyjen tutkimusten perusteella olisi perusteltua olettaa, että katseohjauksen viivevalinnan tulisi asettaa käyttäjälle miellyttävän pituiseksi, 500 millisekunnin ja 900 millisekunnin välille. Sopivan mittainen viivevalinta-aika varmistaa, etteivät käyttäjän silmät väsy liikaa, keskittyminen vaikeudu tai vahingossa tehdyt valinnat lisäänty. Valinta-aikaa tulisi pystyä säätämään käyttäjän omien toivomusten mukaan, jotta käyttö olisi mahdollisimman mielekästä.

Mikäli viivevalinnan käyttö rasittaa silmiä kohtuuttomasti, eikä sopivaa viivevalinta-aikaa löydy, on klikkaus mahdollista suorittaa muilla tavoin. Käytettävästä laitteistosta riippuen klikkauksen valinnan voidaan käyttää viivevalinnan lisäksi esimerkiksi ulkoisia kytkimiä, jotka voidaan valita käyttäjän toimintakyvyn mukaan. Tällaisia ovat esimerkiksi äänellä toimivat kytkimet, lihasaktivaatiolla toimivat kytkimet tai erilaiset painikkeet. Joillakin katseohjausyksiköillä valinta on mahdollista suorittaa myös silmiä räpäyttämällä.

3.2.3 Näkökentän peittyminen

Koska apuvälinekäyttöön tarkoitettujen katseohjausyksiköiden perustuvat silmän seuraamiseen sarveiskalvon ja pupillin heijasteiden avulla, on erittäin tärkeää, että laitteen kameralla on rajoittamaton näköyhteys käyttäjänsä silmiin. Mikäli näköyhteys peittyy tai häiriintyy, voi katseohjauksen käyttö vaikeutua tai estyä kokonaan.

Katseohjausyksikön kameran näköyhteyttä silmään voivat estää esimerkiksi roikkuvat silmäluomet, silmälasien sangat, silmäripset, käyttäjän väsymys tai nauramisen aiheuttava silmien siristäminen. (Holmqvist ym. 2011: 118–120; Donegan ym. 2005: 12.)

Roikkuvat silmäluomet eivät välttämättä kuitenkaan estä kalibroinnin onnistumista, vaan ongelmat ilmenevät itse käytössä kalibroinnin jälkeen. Tämä voi johtua käyttäjän keskittyneestä tilasta kalibroinnin aikana. Keskittyessä silmät saattavat pysyä avoimempina kuin tavallisesti ja kalibroinnin jälkeen käyttäjä palaa rentoutuneeseen tilaan, jolloin sil-

mäluomet peittävät suuremman osan silmää. Tämä ongelma voidaan ratkaista pyytämällä käyttäjää rentouttamaan kalibroinnin aikana, jotta katseohjauslaite saisi tallennettua käyttäjän silmät luonnollisemmassa tilassa. (Donegan ym. 2005: 12.)

Katseohjauksen estävän silmäluomien roikkumisen ja muiden näköyhteyttä estävien haasteiden korjaamiseksi tulisi Holmqvistin ym. (2005: 121) mukaan ensisijaisesti muuttaa katseohjaustietokoneen asentoa siten, ettei näköyhteys pääse peittymään. Näköyhteyden esteettömyyden voi varmistaa asettumalla fyysisesti kameran näkökulmaan. Tällöin voidaan huomioida myös muut mahdolliset näköyhteyttä estävät tekijät, kuten erilaiset esineet tai kameran peittyminen. Joillakin katseohjausyksiköillä on mahdollista seurata kameran kuvaa reaaliajassa. Katseohjausyksikön kameran kuva voi helpottaa käytössä ilmenevien ongelmien ehkäisemistä ja tunnistamista.

3.2.4 Pään liikkeet

Tahalliset tai tahattomat pään liikkeet voivat vaikeuttaa tai estää katseohjausyksikköä seuraamasta käyttäjän silmiä. Hakolan (2011: 7) mukaan suuret pään liikkeet voivat estää katseohjauksen joissain tilanteissa esimerkiksi MS-potilailla. Katseohjausyksiköt sietävät hieman pään liikkeitä ja pään liikkeen sallivan alueen koko vaihtelee laitteen valmistajan mukaan.

Nykyiset katseohjauslaitteet sietävät pään liikkeitä aikaisempia paremmin kameroiden kehityttyä huomattavasti. Laadukkaampi kamera katseohjausyksikössä mahdollistaa suurempiresoluutioisen kuvaamisen, mikä puolestaan mahdollistaa laajakulmaobjektiivin käytön. Laajakulmaobjektiivin pystyy seuraamaan silmiä suuremmalta alueelta. Ennen nykyisen laatuisten kameroiden kehittymistä on käyttäjän pää saatettu joutua tukemaan paikoilleen katseohjauksen onnistumiseksi. (Majaranta – Hansen 2012: 23–24.) Laitteiden kasvanut toleranssi pään liikkeille voi mahdollistaa, ettei saman käyttäjän tarvitse kalibroida katseohjausyksikköä jokaisella käyttökerralla (Hakola 2011: 7).

Sopivaa katseohjausyksikköä valitessa tulisi ottaa huomioon valmistajan laitteelleen ilmoittamat spesifikaatiot. Kaikki tässä opinnäytetyössä vertailtavat katseohjausyksiköt sallivat pään liikkeitä tietyissä rajoissa. Esimerkiksi MyGaze Assistive 2-katseohjausyksikkö sallii pään liikkeet 32cm x 21cm-kokoisella alueella 60cm etäisyydellä laitteeseen (Visual Interaction 2015) ja Tobii PCEye Mini 35cm x 30cm kokoisella alueella, kun käyttäjä on 65 cm päässä laitteesta (Tobii Dynavox n.d.). Valmistajien kertomat sallitut pään

liikelaajuudet ja käyttöetäisyydet antavat hyvän referenssin siitä, mikä laite voi käyttäjälle sopia.

3.2.5 Valaistus

Auringon ja joidenkin valaisimien valo sisältää infrapunavaloa, jota myös katseohjauslaitteet käyttävät heijasteiden luomiseksi. Mikäli voimakasta valoa heijastuu suoraan käyttäjän silmiin tai tietokoneen näytölle ja katseohjausyksikköön, voi katseohjaus muuttua epätarkemmaksi tai jopa lakata hetkittäin toimimasta. Katseohjauksen käyttäjän tulisi yrittää välttää kirkasta suoraan silmiin tai tietokoneeseen kohdistuvaa valoa sijoittamalla siten, että valo tulee sivulta. Suora valo joko silmiin tai heijastuneena näytöltä pakottaa silmät sopeutumaan muuttuneeseen valaistukseen. (Holmqvist – Buchholz 2007: 14.)

Pupillin koko vaikuttaa siihen, miten hyvin katseohjausyksikkö voi seurata käyttäjän silmiä (Donegan ym. 2005: 12). Pupillin kokoon, ja siten katseohjauksen onnistumiseen, vaikuttavat vallitsevat valaistusolosuhteet. Kirkas valaistus pienentää pupillin kokoa ja hämärässä pupilli laajenee. Myös erittäin kirkas tietokoneen näytön taustavalistus pienentää pupillin kokoa ja voi hankaloittaa katseen seuranta (Tobii Technology 2011: 11).

3.2.6 Silmälasit ja piilolinssit

Katseohjaus pystyy sopeutumaan useimpien silmälasien ja piilolinssien heijastusominaisuuksiin, eikä niiden käyttö välttämättä estä katseohjausta (Donegan ym. 2005: 18), mutta tietyt tekijät on otettava huomioon arvioitaessa silmälasien vaikutusta silmän seurantaan.

Silmälasit saattavat heijastaa voimakkaita valonlähteitä. Mikäli linssit on pinnoitettu heijastamaan auringonvaloa tai ovat naarmuuntuneet, ne saattavat luoda ylimääräisen heijasteen. Jos ylimääräinen heijaste sijaitsee lähellä sarveiskalvon tai pupillin heijastetta, ei katseohjaus välttämättä onnistu lainkaan. Tilanne on mahdollista korjata muuttamalla katseohjauslaitteen kulmaa tai asentoa siten, että silmälasien luoma ylimääräinen heijaste sijaitsee kauempana katseohjausyksiköiden luomista sarveiskalvon ja pupillin heijasteista. (Holmqvist ym. 2011: 123.)

Paksusankaisia silmäläsejä käytettäessä saattaa sanka luoda silmän päälle varjon, joka estää sarveiskalvon ja pupillin heijasteiden seuraamisen (Holmqvist ym. 2011: 123). Kaksiteholasien käyttö ei Doneganin ym. (2005: 18) mukaan vaaranna katseohjauksen

onnistumista, mikäli käytössä rajattomat moniteholinssit, joissa kauas ja lähelle näkemiseen tarkoitettut alueet jakautuvat portaattomasti linssille. Kaksiteholinssit, joissa näkyy selkeä raja lähelle ja kauas näkemiseen tarkoitetuilla alueilla, voivat Holmqvistin ym. (2011: 124) mukaan tehdä katseohjauksesta vaikeaa tai lähes mahdotonta.

3.2.7 Ruudukon koko

Ruudukkopohjaista kommunikointiohjelmaa käytettäessä voidaan ruudukon kokoa muuttamalla kompensoida aiemmin tässä kappaleessa mainittujen seikkojen vaikutusta tarkkuuteen ja käytettävyyteen.

Ruudukkopohjaisten ohjelmistojen käyttäminen voi olla hyödyllistä, etenkin jos käyttäjällä on oppimisvaikeuksia, tahattomia päännliikkeitä tai näkemisen ongelmia. Tällöin käyttö ja katseen tarkentaminen voi olla helpompaa ja vähemmän kuluttavaa kuin tietokoneen hiirtä emuloivassa käytössä. (Donegan 2005: 10.)

Ruudukot voidaan muokata käyttäjän toimintakyvyn mukaisesti. Mikäli käyttäjällä on esimerkiksi vaikeuksia kontrolloida silmiensä liikettä vaakatasossa, voidaan ohjelman ruudukut asettaa pelkkiin riveihin siten, että kullakin rivillä on vain yksi painike (Hakola 2011: 27). Silmien horisontaalisen hallinnan ongelmia esiintyy esimerkiksi locked-in-oireyhtymässä (Donegan 2012: 30).

4 Katseohjausyksiköiden käytettävyyssvertailu

Majarannan ym. (2009: 599) mukaan katseohjausyksiköiden valinnassa voi käyttäjän yksilöllisten ominaisuuksien, kuten hallitsemattomien pään tai silmien liikkeiden, vuoksi olla tärkeää, että kokeiltavissa on useita erilaisia katseohjausyksiköitä. Laitteessa käytetty tekniikka määrittää, miten hyvin se sietää esimerkiksi käyttäjän pään liikkeitä (Hansen – Majaranta 2012: 23–24). Pään liikkeiden sallimisen näkökulmasta voidaan perustella, että erilaisia katseohjausyksiköitä tarvitaan käytettävän laitteen löytämiseksi. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli etsiä käytettävyyseroja apuvälinekäyttöön tarkoitetuista katseohjausyksiköistä ja selvittää, ilmeneekö laitteiden käytössä eroja yksilötasolla myös muilla tavoin kuin pään liikkeiden sietämisellä.

Käytettävyyden eroavaisuuksia vertailtiin viidellä eri apuvälinekäyttöön tarkoitetulla katseohjausyksiköllä. Vertailut laitteet olivat Intelligaze, MyGaze Assistive 2, PCEye Explore, PCEye Mini ja TM5. Vertailussa käytetyt katseohjausyksiköt on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2. Vertailussa käytetyt katseohjausyksiköt.

Katseohjausyksikkö	Valmistaja
Intelligaze	Alea Technologies
MyGaze Assistive 2	Visual Interaction
PCEye Explore	Tobii Dynavox
PCEye Mini	Tobii Dynavox
TM5	EyeTech Digital Systems

Vertailuun osallistui kolme vapaaehtoista henkilöä. Käyttäjätestin osallistujat käyttivät jokaista viittä katseohjausyksikköä. Testitilanteessa käyttäjät kirjoittivat katseellaan ennalta määritellyn tekstin. Käytettävyyttä mitattiin havainnoimalla käyttäjätestiä ja käyttämällä kyselyä. Käytön tehokkuus mitattiin ajastamalla suoritus, tuloksellisuus mitattiin laskemalla yhden kirjaimen kirjoittamiseen vaaditut painallukset ja miellyttävyyttä mitattiin kyselylomakkeella. Vertailun strategia, menetelmä ja käytetyt mittarit perustellaan tarkemmin tässä luvussa.

Taulukko 3. Opinnäytetyön tapaustutkimuksessa käytetyt käytettävyyden mittarit.

Tuloksellisuus	Painallukset kirjoitettua merkkiä kohden.
Tehokkuus	Kirjoitetut merkit minuuttia kohden.
Miellyttävyys	Kyselylomake Likert-asteikolla.

4.1 Strategia

Katseohjauksen käytettävyyttä tekstinkirjoituksessa mitataan usein kokeellisella tutkimuksella (esimerkiksi Itoh – Hirotaka – Hansen 2006; Majaranta – Aula – Rähä 2004). Kokeellinen tutkimus, vaatii mm. muuttujien suoraa yhteyttä käyttöliittymien ominaisuuksiin (Vanhala 2005: 21), harkittua systemaattista ja kontrolloitua muuttujien hallintaa (Hirsjärvi – Remes – Sajavaara 2010: 134) sekä tulosten analysointia harkitun otannan kautta (Vanhala 2005: 30–31).

Käytettävyyden testaaminen sopii myös tapaustutkimuksen määritelmään. Tapaustutkimukselle on ominaista useiden rinnakkaisten tiedonkeruumenetelmien käyttö. Se voidaan laskea tarkoitukseltaan kartoittaviin tutkimuksiin, joiden tarkoituksena on mm. etsiä uusia näkökulmia ja ilmiöitä sekä luoda uusia hypoteeseja. Tapaustutkimuksille on ominaista käyttää kvalitatiivista lähestymistapaa, mutta myös kvantitatiivinen lähestymistapa voi sopia tapaustutkimukseen. Tapaustutkimuksessa käytettyjen menetelmien perustelu on tärkeää, sillä ne ovat yleisesti heikosti yleistettäviä. (Hirsjärvi ym. 2010: 138.)

Opinnäytetyössäni käytetään apuvälinekäyttöön tarkoitettujen katseohjausyksiköiden käytettävyyteen yleisesti kokeellisissa tutkimuksissa käytettyjä mittareita, joihin on lisätty kvantitatiivisten mittareiden lisäksi kvalitatiivista sisältöä. Katseohjausyksiköiden käytettävyyden vertailuun hyväksytyt mittarit helpottavat tulosten käsittelyä.

4.2 Käyttäjätesti

Käyttäjätesti on menetelmä käytettävyyden havainnointiin ja ongelmien tunnistamiseen, jossa kohderyhmää mahdollisimman hyvin edustava henkilö suorittaa ennalta määritetyjä tehtäviä (Kuutti 2003: 69). Käyttäjätestiä voidaan pitää käytettävyyden mittauksen tärkeimpänä osa-alueena. Se antaa suoraa tietoa käytettävän laitteen tai ohjelman käytettävyyden ongelmista (Nielsen 1993: 165).

Käyttäjätestin arviointitavat voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen, summatiiviseen ja formatiiviseen arviointiin. Formatiiivisella arviointitavalla pyritään käytettävyyden parantamisen näkökulmasta arvioimaan testattavan tuotteen mahdollisesti kehittämistä vaativia ominaisuuksia. Summatiivisen arvioinnin tarkoituksena on saada kokonaisvaltaisempi kuva tuotteen käytettävyydestä. (Nielsen 1993: 170.) Summatiivisessa käytettä-

vyiden arvioinnissa vertaillaan erilaisten kvantitatiivisten mittareiden avulla laitteen käytettävyyden osa-alueita, usein pyrkien mahdollisimman yleistettävään tulokseen (Anttonen 2005: 284).

Kun käyttäjätestissä vertaillaan useampien järjestelmien käytettävyyttä, voidaan käytetyt menetelmät jakaa riippumattomien mittausten asetelmaan (between-subject testing) ja riippuvien mittausten asetelmaan (within-subject design). Riippumattomien mittausten asetelma on helpommin järjestettävissä oleva testimuoto, jossa käyttäjä jaetaan vain tiettyä laitetta testaaviin ryhmiin; kahta laitetta testattaessa toinen ryhmä testaa laitetta A ja toinen laitetta B. Riippumattomien mittausten asetelma vaatii suuremman määrän testattavia käyttäjiä kuin riippuvien mittausten asetelma, sillä testattavien henkilöiden tulee vastata ominaisuuksiltaan toisiaan. (Anttonen 2005: 293.)

Riippuvien mittausten asetelma on käyttäjätestin muoto, jossa kaikki testihenkilöt käyttävät kaikkia testattavia laitteita sen sijaan, että heitä jaettaisiin ryhmiin (Nielsen 1993: 178–179). Tässä asetelmassa ei tule ongelmaa koehenkilöiden eroavaisuuksista ja tilastolliset erot tulevat esiin jo pienemmällä koeryhmällä. Riippuvien mittausten asetelman suurimpana ongelmana voidaan pitää oppimisen vaikutusta tuloksiin. Testattavalle henkilölle karttuu kokemusta käytöstä testien aikana, mikä saattaa vääristää tuloksia. Mikäli laitteet testattaisiin jokaisessa testitilanteessa samassa järjestyksessä, voisivat esimerkiksi viimeisen laitteen tulokset olla oppimisen vuoksi huomattavasti parempia kuin ensimmäisen. Tilastollista vääristymää voidaan kuitenkin estää muuttamalla suoritusjärjestystä eri koehenkilöillä. (Anttonen 2005: 293.)

Riippuvien mittausten asetelman haasteiden huomioiminen näkyi käytännössä opinnäytetyössä katseohjausyksiköiden vertailun suoritusjärjestyksen vaihtamisena. Yksikään käyttäjätestiin osallistuja ei käyttänyt laitteita samassa järjestyksessä. Jokaista laitetta testattaessa kirjoitettiin lisäksi eri lause. Kaikki lauseet sisälsivät 34 merkkiä, mutta sisällöt vaihtelivat.

4.2.1 Katseohjausyksikön käytettävyyden tutkiminen käyttäjätestillä

Käytettävyyden käsitteen moniulotteisuuden vuoksi tulisi katseohjausyksiköiden käytettävyyden mittauksessa huomioida kaikki käytettävyyden osa-alueet oikeassa kontekstissa. Käytettävyyden ISO-standardin (Suomen Standardisoimisliitto 1998) mukaan käytettävyyden mittareiden tärkeyttä suhteessa tavoitteisiin tulee pohtia ja olisi suositelta-

vaa, että kaikkien käytettävyyden osa-alueiden (tuloksellisuus, tehokkuus ja miellyttävyys) mittaamiseen tulisi kuhunkin käyttää omaa mittariaan. Doneganin ym. (2005: 40) mukaan sekä objektiivisten ja subjektiivisten aspektien huomioiminen käytettävyytutkimuksen lähestymistavassa voi antaa hyvän kuvan katseohjauslaitteen todellisesta käytettävyydestä. Katseohjauksen käytettävyytutkimuksissa käytetyt mittarit vaihtelevat, mutta käytettävyyttä mitataan tuloksellisuuden, tehokkuuden ja miellyttävyuden näkökulmasta. Kullekin käytettävyyden osa-alueelle käytetään tutkimuksissa omaa mittariaan. (Itoh ym. 2006; Majaranta ym. 2004.)

Katseohjauksen käytettävyytutkimuksissa mitataan usein yhtä oikean elämän tilannetta, kuten tekstin kirjoittamista näyttönäppäimistöllä ja käytettävät mittarit valitaan tutkimuksen luonteen mukaan. Tosielämän tilannetta mukaileva tutkimus voi olla aikaa vievä ja haastava järjestää, mutta antaa Donegan ym. (2005: 39) mukaan paremman kuvan katseohjauksen käytettävyydestä. Vaihtoehtoisena tutkimustapana on käytetty katseen kohdistamistehtäviä, joissa koehenkilön katseen kohdistamista erikokoisiin satunnaisesti ilmeneviin kohteisiin seurataan ja mitataan. (Donegan ym. 2005: 39–40.)

Donegan ym. (2005: 40) kuitenkin korostavat, että vaikka tekstinkirjoitus on tapa mitata katseohjauslaitteen käytettävyyttä, se ei kuitenkaan välttämättä kerro katseohjausyksikön käytettävyydestä siinä laajuudessa, missä käyttäjä sitä mahdollisesti voisi haluta käyttää. Katseohjausyksikön käytettävyyden tutkimisen konteksti tulisi siis suhteuttaa haluttuun lopputulokseen. Mikäli katseohjattavaa tietokonetta halutaan käyttää internetin selailuun, tulisi sen käytettävyyttä arvioida internetiä käytettäessä.

Koska opinnäytetyöni käsittelee katseohjauslaitteiden käytettävyyttä apuvälinekäytön näkökulmasta, on luontevaa, että mitattava toiminto on tekstin kirjoittaminen. Tekstin kirjoittaminen näyttönäppäimistöllä on usein olennainen osa katseella ohjattavan kommunikoinnin apuvälineen käyttöä. Tekstin kirjoittamisen havainnointi on myös yleinen tapa mitata katseohjauksen käytettävyyttä.

4.2.2 Käytettävyyden mittarit

Tekstin kirjoittamisen tuloksellisuuden mittaamiseksi suositellaan menetelmää, jossa koehenkilöiden käyttämää painallusten määrää verrataan tekstin kirjoittamiseen todellisuudessa vaadittuun painallusten määrään. Tätä menetelmää kutsutaan KSPC-menetelmäksi (keystrokes per character). KSPC osoittaa, kuinka monta painallusta yhden oi-

kean painalluksen aikaan saamiseksi on tarvittu. Käytännössä lukemasta selviää vaadittujen korjaustoimenpiteiden määrä. Tämä menetelmä tuo riittävän yksityiskohtaista tietoa, jota on helppo ymmärtää. (Andersen ym. 2005: 13.)

Käytännössä KSPC-menetelmällä kirjoittamiseen käytetyt painallukset ja korjaustoimenpiteet lasketaan yhteen ja jaetaan sanan vaatimalla merkkimäärällä. Esimerkiksi jos sanan kissa kirjoittamisessa joudutaan pyyhkimään kaksi virheellistä painallusta ja korvaamaan ne oikeilla kirjaimilla, tulee painallusten summaksi 9 ja KSPC-luvuksi laskutoimenpiteen jälkeen 1,8. Luvun 1 ollessa virheetön suoritus, voidaan virheiden määrän katsoa kasvavan luvun kasvaessa.

Tehokkuutta, eli vaadittujen resurssien määrää suhteessa tarkkuuteen, mitataan usein ajastamalla suoritusta. Majaranta ym. (2004) mittaavat tutkimuksessaan kirjoittamisen nopeutta katseohjausyksiköllä mittaamalla kirjoitettuja sanoja minuutissa ja Itoh ym. (2006) kirjoitettuja merkkejä minuutissa.

Katseohjauslaitteen tehokkuuden mittaamiseen käytetään usein suoritusaikaa, virhealttiutta, suorituksen onnistumista tai epäonnistumista ja kirjoitusnopeutta. Kirjoitusnopeuden mittaaminen tuo tietoa katseohjausyksikön käytön tehokkuudesta, mutta se ei riitä antamaan riittävää kuvaa käytettävyydestä. Katseohjaus saattaa tietyllä katseohjausyksiköllä olla tuloksellista ja tehokasta, mutta vaatia käyttäjältään kohtuuttomia ponnistuksia. Subjektivisen näkemyksen mukaan tuominen antaa uskottavamman kuvan todellisesta käytettävyydestä. (Donegan ym. 2005: 40.)

Kyselylomake soveltuu tiedon keräämiseen vastaajien subjektiivisista tuntemuksista ja kyselylomakkeiden voidaan katsoa sopivan yhdeksi tapaustutkimuksessa käytettävistä tiedonkeruumenetelmistä. Käytettävyytutkimuksessa kyselyä voidaan käyttää miellyttävyyden kartoittamiseen, kun taas tuloksellisuuden ja tehokkuuden mittaamiseen muut menetelmät soveltuvat huomattavasti paremmin. Kun käytetään lomaketta tutkimuksen tiedonkeruumenetelmänä, voidaan käyttää valmiita lomakkeita, muokata olemassa olevia lomakkeita tai luoda uusi lomake. Perusteena oman lomakkeen luonnille voi olla valmiiden lomakkeiden soveltumattomuus tutkimukselle tai halu saada yksityiskohtaisempaa tietoa tutkittavasta aiheesta. (Vanhala 2005: 18–24.)

Omaa lomaketta luodessa on syytä perehtyä valmiisiin ja jo tutkimuksissa käytettyihin lomakkeisiin, sillä toimivaksi havaitun lomakkeen sisältö on todennäköisesti harkittu ja

lomaketta on jo testattu käytännössä (Vanhala 2005: 24.) Tässä opinnäytetyössä käytetyn miellyttävyyttä kartoittavan lomakkeen suunnittelussa on huomioitu katseohjauksen käytettävyytustutkimuksissa käytettyjen lomakkeiden sisältöä. Esimerkiksi Itoh ym. (2006) tiedustelivat tekemässään katseohjaustutkimuksessa tavanomaisempien subjektiivisten tuntemuksien, kuten väsymyksen, tyytyväisyyden ja miellyttävyyden lisäksi myös koehenkilöiden tuntemuksia laitteen tehokkuudesta ja tuloksellisuudesta. Tutkimuksessa koehenkilöiltä kysyttiin muun muassa heidän tuntemuksistaan laitteen virhealltiudesta ja kirjoitusnopeudesta.

Lomakkeiden kysymysten laadintaan voidaan käyttää kolmea eri mallia. Kysymykset on mahdollista jättää avoimiksi, antaa vastaajalle valmiit vaihtoehdot kysymyksiin tai järjestää kysymysten vaihtoehdot valmiisiin asteikoihin, eli skaaloihin. Monivalintakysymykset tuottavat helposti vertailtavaa aineistoa, jonka analysointi on yksinkertaisempaa ja vähemmän resursseja vievää kuin avoimia kysymyksiä käytettäessä. (Hirsjärvi ym. 2010: 198–201.)

Likert-asteikko on usein viisiportainen asteikko, jolla selvitetään vastaajan asennoitumista hänelle esitettyihin väittämiin. Asteikossa numero yksi tarkoittaa ”täysin eri mieltä” ja numero viisi ”täysin samaa mieltä”. Likert-asteikon tulosten analysointi on yksinkertaista, sillä jokainen vastaus on samanarvoinen, joten tulokset voidaan helposti laskea yhteen. (Vanhala 2005: 25.) Likert-asteikkoa käytetään usein katseohjausyksiköiden käytettävyyttä tutkittaessa, kuten Itoh ym. (2006) suorittamassa tutkimuksessa, jossa 7-asteisella Likert-asteikolla tutkittiin myös subjektiivista käsitystä tehokkuudesta ja tuloksellisuudesta.

Oman lomakkeen (liite 2) suunnittelun perimmäisenä tarkoituksena oli tuottaa opinnäytetyöhön riittävän kattavaa tietoa yksittäisen katseohjausyksikön käytettävyydestä yksilöllisesti. Tätä tietoa käytettiin vertailemaan eri katseohjausyksiköiden käytettävyyttä toisten laitteiden käytettävyyteen. Lomake mittasi käytettävyyttä sen miellyttävyyden näkökulmasta ja tuloksellisuuden sekä tehokkuuden mittaamiseen käytettiin käyttäjätestin havainnointia.

4.3 Koehenkilöiden valinta

Tapaustutkimukselliseen laitevertailuun osallistui kolme vapaaehtoista henkilöä. Valitut vapaaehtoiset eivät olleet katseohjauksen käyttäjiä, eikä heillä ollut aiempaa kokemusta katseohjauksen käytöstä. Vapaaehtoiset valittiin opinnäytetyön tekijän lähipiiristä.

Käyttäjätettiin valittiin henkilöitä, joilla oli optikon silmälasireseptin mukaiset silmälasit. Koehenkilöt valittiin, sillä heidän koettiin olevan tarpeellisia tuotoksen lopputulokselle. Tällöin voidaan Robsonin (2011: 275) mukaan puhua harkintaotannasta (purposeful sampling), jonka voidaan katsoa sopivan tapaustutkimuksen otantatavaksi. Valitut koehenkilöt eivät edustaneet katseohjauksen käyttäjiä, mutta koehenkilöiden silmälasien käyttö antoi yhtäältä tietoa katseohjauksen toimivuudesta silmälasia käytettäessä ja toisaalta antoi helposti lähestyttävää tietoa käyttäjien katseohjaukseen vaikuttavista yksilöllisistä ominaisuuksista. Valitut koehenkilöt mahdollistivat yksilöllisten käytettävyyserojen osoittamisen.

4.4 Käyttäjätestin kulku

Testitilanne järjestettiin Kajo Apuvälineet Oy:n toimitiloissa Helsingissä. Testiin kutsuttiin kerrallaan yksi henkilö ja testiin osallistuvia henkilöitä pyydettiin varaamaan yksi tunti testitilanteeseen.

Testissä käytettiin Microsoft Surface Pro 3-tietokonetta, joka asetettiin RehAdapt Floorstand Variofloat QP -lattiatelineeseen. Säädetävän lattiatelineen käyttö mahdollisti laitteen korkeussäädön eri käyttäjien välillä ja katseohjausyksikön asennon säädön tarvitessa, jotta käyttäjän asento pysyi samana testien välillä. Surface Pro 3 sopi testitilanteen tietokoneeksi, sillä sen 12,2-tuumainen näyttö tukee kaikkia vertailuun käytettyjä katseohjausyksiköitä ja yhteistyöyrittäjä Kajo Apuvälineet Oy:llä oli kyseisessä tietokoneessa valmiit magneettikiinnitykset kaikille eri katseohjausyksiköille.

Tekstikirjoituksen arvioimiseen käytettäväksi ohjelmaksi valittiin kommunikointiohjelma Grid 3, sillä se tukee kaikkia vertailuun valittuja katseohjausyksiköitä. Saman kirjoitusohjelman käyttö kaikilla laitteilla oli ensisijaisen tärkeää tulosten verrattavuuden vuoksi. Grid 3-ohjelmaan muokattiin suomenkielinen QWERTY-näppäimistö, josta poistettiin painikkeet, joita testitilanteessa ei tarvittu. Näppäimistön painikkeet jätettiin kommunikointikäytössä yleisesti käytetyn näppäimistön kokoisiksi. Testitilanteen käynnistävä ja lopettava katseohjauksen lepotila-painike jäi ainoaksi tavallisesta näppäimistöstä eroavaksi näppäimeksi.

Tutkimuksen koehenkilöiden silmälasien käytön vuoksi ylimääräisten heijasteiden estäminen oli ensisijaisen tärkeää. Apuna testihuoneen järjestelyn suunnittelussa käytettiin opinnäytetyöhön kerättyä tietoa katseohjauksen onnistumiseen vaikuttavista seikoista.

Tilan sälekaihtimet suljettiin ulkoisten heijastusten estämiseksi ja suoraa valonlähdettä käyttäjän silmälaseihin tai tietokoneen näytölle ei testitilanteessa ollut.

Testitilanteen alussa testihenkilöä pyydettiin lukemaan ja allekirjoittamaan tutkimussuosumus (liite 1). Tämän jälkeen tutkimuksen tarkoitus ja kulku selitettiin testiin osallistuneelle. Testiin osallistuvan annettiin kymmenen minuutin ajan tutustua katseohjaukseen ennen varsinaisen testin aloitusta. Tutustumiseen käytetty katseohjausyksikkö valittiin satunnaisesti ja se vaihdettiin toiseen laitteeseen ennen testin aloittamista.

Kalibrointi suoritettiin laitteiden mukana tulevilla ohjelmistoilla niiden antamien ohjeiden mukaisesti mahdollisimman hyvän kalibroinnin saavuttamiseksi. Testitilanne aloitettiin kullakin katseohjausyksiköllä kalibroinnin onnistuttua.

Seuraavaksi katseohjauksella kirjoitettava ennalta määritetty teksti luettiin ääneen testiin osallistuvalla henkilöllä ja häntä ohjeistettiin, että teksti voidaan tarvittaessa lausua uudelleen milloin tahansa. Kun testihenkilö oli valmis, hän valitsi katseellaan lepotilan lopettavan painikkeen ja aloitti suorituksensa. Suoritus ajastettiin ja lauseiden kirjoittamiseen vaaditut valinnat laskettiin tehokkuuden ja tuloksellisuuden mittaamiseksi. Suoritusnopeus ja tehdyt virheet merkittiin lomakkeelle (liite 2). Videokamera asetettiin kuvaamaan tietokoneen näyttöä jälkitarkistusta varten. Kunkin testin päätyttyä testihenkilöä pyydettiin täyttämään miellyttävyyttä mittaava kyselylomake, jonka jälkeen pidettiin lyhyt tauko silmien väsymisen välttämiseksi.

Oppimisen estämiseksi testitilanteessa käytettiin riippuvien mittausten asetelmaa. Vertailtavien laitteiden järjestystä muutettiin suhteessa toisiinsa. Jokaisen testattavan laitteen kohdalla käytettiin erilaista 34 merkkiä sisältävää tekstiä, joka arvottiin satunnaisesti.

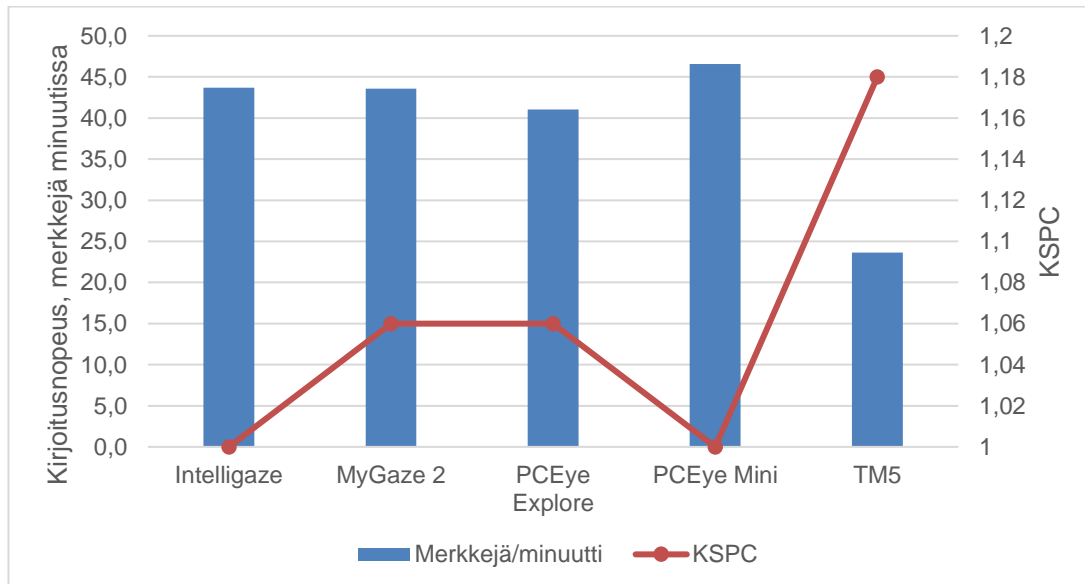
Käyttäjätestin päätteeksi osallistujia pyydettiin arvioimaan omin sanoin, näkyikö vertailtavien laitteiden käytössä eroavaisuuksia. Vastaus kirjoitettiin tutkimuslomakkeeseen.

5 Tulokset

5.1 Ensimmäinen käyttäjätesti

Käyttäjä 1 oli 38-vuotias nainen, jolla oli käytössään likinäköisyyttä korjaavat silmälasit. Silmälasien yhteenlaskettu vahvuus oli molemmissa silmissä -1.0. Käyttäjällä ei ollut aikaisempaa kokemusta katseohjauksesta. Käyttäjätestissä käytettiin 800 millisekunnin viivevalinta-aikaa.

KSPC, eli yhtä merkkiä kohden tehtyjen painallusten määrä mittaa käytön tuloksellisuutta. Käytännössä mittari näyttää käytössä tehdyt virheet ja niiden korjaamiseen vaaditut painallukset. Mitä pienempi KSPC-luku on, sitä vähemmän kirjoittamisessa on tapahtunut virheitä. PCEye Minin ja Intelligazen käyttö oli virheetöntä, kun muilla katseohjauksyksiköillä kirjoitettaessa tapahtui virheitä (kuvio 5). Tuloksista voidaan nähdä, että yksi katseohjauksyksiköistä (TM5), ei pärjännyt tuloksellisuudeltaan tai tehokkuudeltaan muille vertailtaville laitteille. Tehokkuudeltaan parhaiden katseohjauksyksiköiden erot eivät olleet suuria: Intelligazen ja MyGaze 2-katseohjauksyksiköiden ero kirjoitusnopeudessa oli vain 0,1 merkkiä minuutissa Intelligazen eduksi.



Kuvio 5. Katseohjauksen mitattu tuloksellisuus ja tehokkuus.

Subjektivistista miellyttävyyttä mitattaessa selviää tuloksista (taulukko 4) selkeästi, että yksi vertailuista katseohjausyksiköistä (TM5) oli vähemmän miellyttävä kuin muut neljä katseohjausyksikköä, jotka saivat vain positiivista palautetta.

Taulukko 4. Käyttäjä 1. Katseohjausyksiköiden miellyttävyys Likert-asteikolla.

	Intelligaze	Mygaze 2	PCEye Explore	PCEye Mini	TM5
Kirjoittamisen nopeus	5	5	5	5	1
Käytön tarkkuus	4	4	5	5	2
Käytön virheettömyys	5	4	5	5	1
Silmien väsymättömyys	5	5	5	5	2
Tyytyväisyys laitteeseen	4	4	5	5	2
Itsevarmuus käyttäessä	5	4	5	5	2

PCEye Explore-katseohjausyksikön käyttö tuntui käyttäjän mielestä miellyttävämmältä kuin esimerkiksi Alea Intelligaze-katseohjausyksikön käyttö, vaikka tuloksellisuuden ja tehokkuuden mittareilla (kuvio 5) Intelligaze vaikutti lähtökohtaisesti käytettävämmältä kuin PCEye Explore, jota testattaessa tapahtui enemmän virheitä ja kirjoittaminen oli hitaampaa kuin Intelligazella.

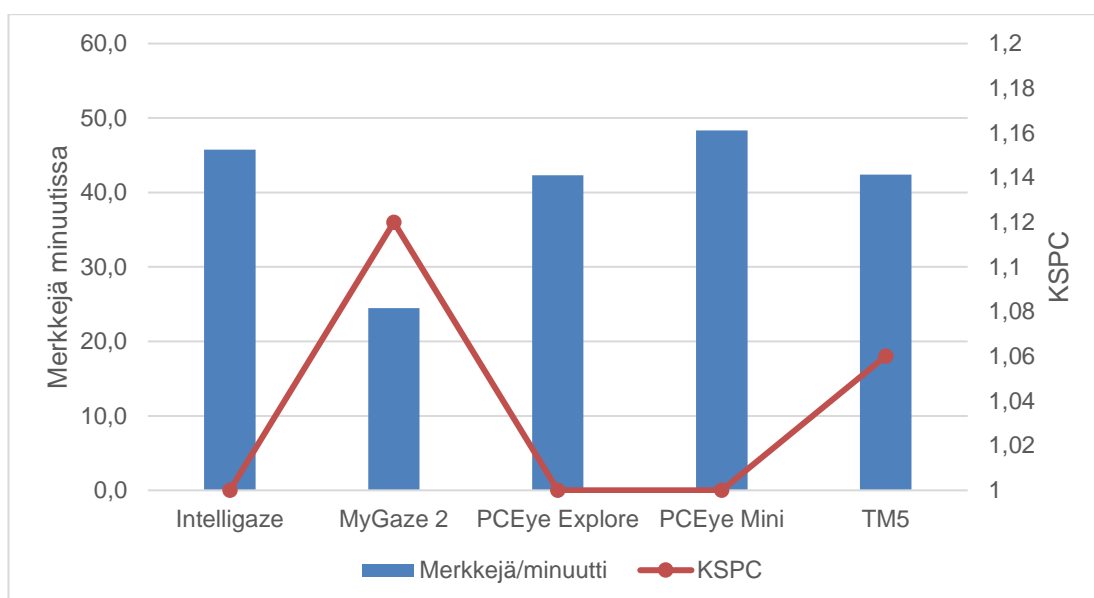
PCEye Mini-katseohjausyksikkö toimi testissä vertailuista laitteista parhaiten sen ollessa muita vertailtuja laitteita parempi niin tuloksellisuuden, tehokkuuden kuin miellyttävyydenkin mittareilla.

Avoimella kysymyksellä testitilanteen lopulla kysyttäessä käyttäjän mielestä vertailtavissa laitteissa esiintyi eroja, etenkin käytettävyydeltään parhaimman ja heikoimman laitteen välillä. Muut testattavat laitteet olivat käyttäjän mielestä keskenään melko tasaväisiä.

5.2 Toinen käyttäjätesti

Toinen käyttäjä oli 25-vuotias mies. Myös hänen käyttämiensä silmälasien yhteenlaskettu vahvuus oli molemmissa silmissä -1.0. Käyttäjä 2 ei ollut käyttänyt katseohjausta aikaisemmin. Testissä käytettiin 800 millisekunnin viivevalinta-aikaa.

Toisessa käyttäjätestissä ilmeni samankaltaisia käytettävyyden eroja kuin ensimmäisessä käyttäjätestissä. Tuloksellisuutta ja tehokkuutta mitattaessa (kuvio 6) yhdellä vertailtavista laitteista (MyGaze 2) kirjoittaessa ilmeni enemmän virheitä ja kirjoittaminen oli hitaampaa kuin muilla laitteilla. Kirjoitusnopeus nopeimmalla (PCEye Mini) oli lähes kaksinkertainen verrattuna hitaimpaan (MyGaze 2). Kolmen muun katseohjausyksikön tehokkuuden, eli kirjoitusnopeuden, erot eivät olleet merkittäviä.



Kuvio 6. Katseohjauksen mitattu tuloksellisuus ja tehokkuus vertailtavilla katseohjausyksiköillä.

PCEye Mini-katseohjausyksikkö vaikutti tuloksellisuuden ja tehokkuuden osalta ylivoimaisesti verrattuna muihin laitteisiin (vrt. kuvio 6). Tuloksellisuudestaan, tehokkuudestaan ja yleisestä miellyttävyydestään huolimatta se rasitti käyttäjän silmiä kohtuuttomasti (vrt. taulukko 5). Mikäli miellyttävyyttä tarkastellaan vain yhtenä kokonaisuutena, ei silmien väsymystä huomata. Vaikka käyttö onkin tuloksellista ja tehokasta, voi silmien väsyminen estää sen käytön kokonaan.

Taulukko 5. Käyttäjän subjektiiviset näkemykset käytön miellyttävyydestä Likert-asteikolla.

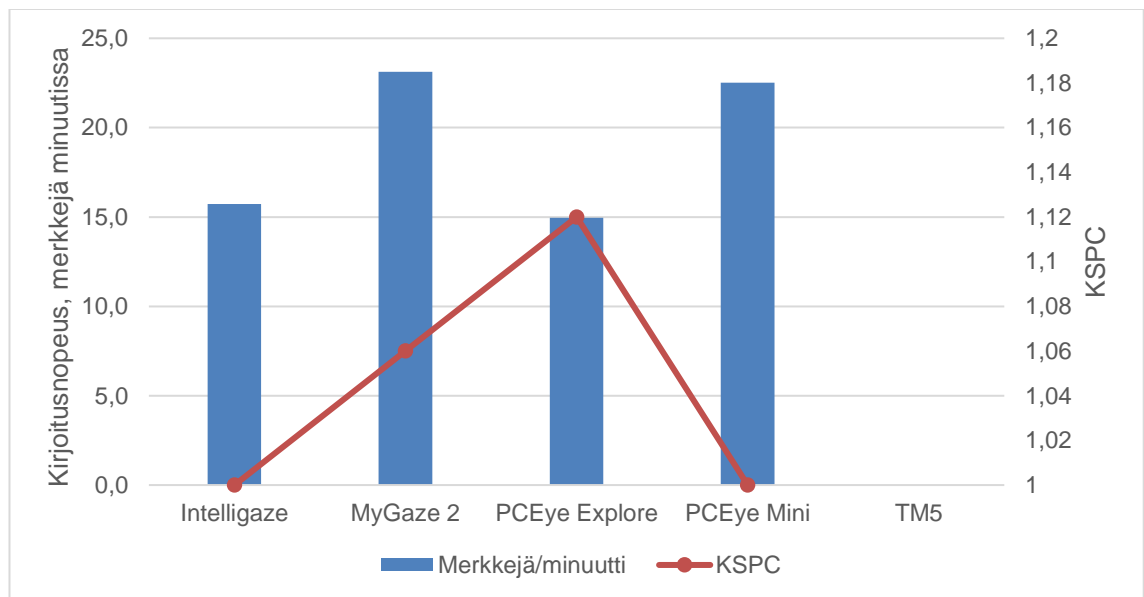
	Intelligaze	Mygaze 2	PCEye Explore	PCEye Mini	TM5
Kirjoittamisen nopeus	5	1	3	5	4
Käytön tarkkuus	4	2	3	5	3
Käytön virheettömyys	5	1	4	5	3
Silmien väsymättömyys	3	4	5	2	4
Tyytyväisyys laitteeseen	3	2	4	3	3
Itsevarmuus käyttäessä	5	1	3	5	3

PCEye Explore oli ainoa vertailuista laitteista, joka ei käyttäjän mielestä väsyttänyt hänen silmiään, vaikka sillä kirjoittaminen oli hitaampaa kuin kolmella muulla paremmin suorituneella katseohjausyksiköllä (vrt. kuvio 6). Silmien rasittumattomuuden voidaan katsoa käyttäjän kohdalla vaikuttavan tyytyväisyyteen, sillä käyttäjä ei tuntenut itseään yhtä tyytyväiseksi muita laitteita kohtaan (taulukko 5).

Testitulanteen päätteeksi kysyttiin mielipiteeseen laitteiden välillä ilmenevistä eroista koehenkilö ilmaisi, että parhaan ja huonoimman laitteen välinen ero oli huomattava. Muiden laitteiden väliltä ei löytynyt merkittäviä eroja: kaikkien käytössä oli hyvät ja huonot puolensa.

5.3 Kolmas käyttäjätesti

Kolmas käyttäjä oli 60-vuotias mies, jolla oli käytössään rajattomat kaksiteholasit. Doneganin ym. (2005: 18) kaksiteholasien ei teoriassa pitäisi estää katseohjauksen onnistumista, mikäli lähi- ja kaukonäön alueiden rajat ovat häivytetty. Kolmannessa käyttäjätestissä ei onnistuttu suorittamaan kalibrointia TM5-katseohjausyksiköllä useista yrityksistä huolimatta. Tämän vuoksi TM5-katseohjausyksikkö ei ole edustettuna tuloksissa. Viivevalinta-aika säädettiin pidemmäksi kuin aikaisemmissa käyttäjätesteissä. Käyttäjää miellytti 1500 millisekunnin viivevalinta-aika, jonka käyttö vaikutti kirjoitusnopeuden tuloksiin.



Kuvio 7. Katseohjausyksiköiden mitattu tuloksellisuus ja tehokkuus.

Käyttäjällä katseohjaus oli tehokkainta MyGaze 2-katseohjausyksiköllä ja tuloksellisinta Intelligazella sekä PCEye Minillä (vrt. kuvio 7). Intelligazella ja PCEye Explorella kirjoittaminen oli huomattavasti hitaampaa kuin kahdella muulla katseohjausyksiköllä. PCEye Exploren käytössä tapahtui käyttäjällä 3 myös eniten virheitä.

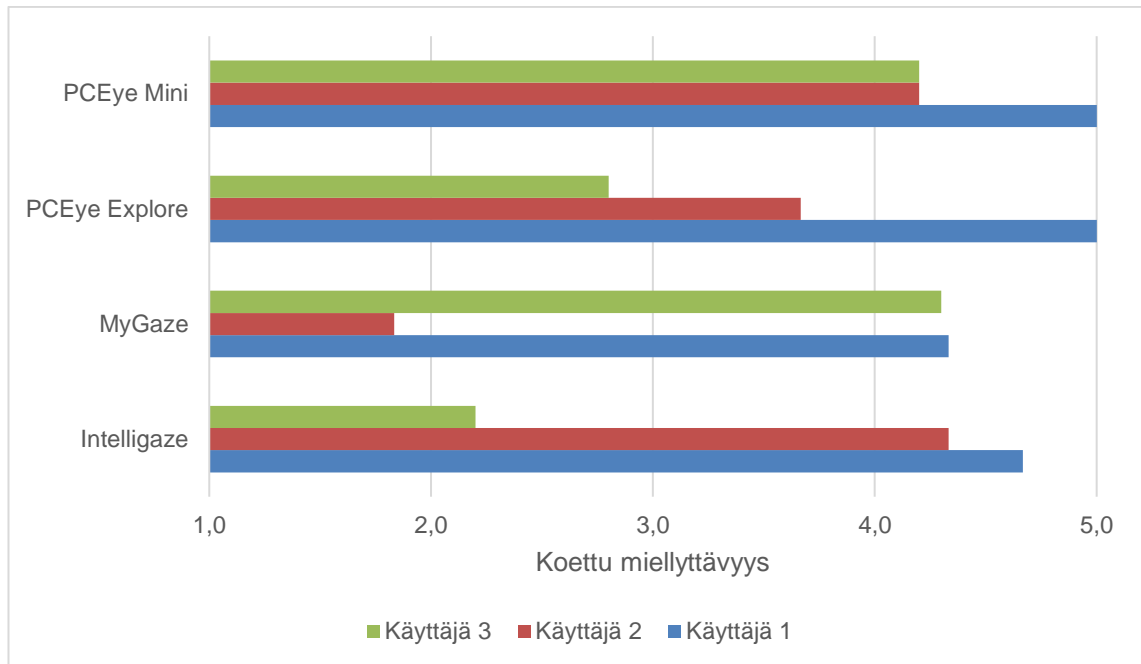
Taulukko 6. Vertailtujen laitteiden miellyttävyys Likert-asteikolla.

	Intelligaze	Mygaze 2	PCEye Explore	PCEye Mini	TM5
Kirjoittamisen nopeus	2	5	2	4	
Käytön tarkkuus	2	5	2	4	
Käytön virheettömyys	2	4	4	5	
Silmien väsymättömyys	2	4	4	4	
Tyytyväisyys laitteeseen	2	4	2	4	
Itsevarmuus käyttäessä	3	5	3	4	

Käyttäjä koki kuviossa 7 esitettyjen käytöltään tehokkaimpien katseohjausyksiköiden MyGaze 2:n ja PCEye Minin käytön myös miellyttävämmäksi kuin vähemmän tehokkaiden laitteiden käytön. MyGaze 2-katseohjausyksikkö oli kokonaisuutena käyttäjän mielestä PCEye Miniä miellyttävämpi, vaikka sen käyttö ei ollutkaan täysin virheetöntä (vrt. kuvio 6). Käytettävyyden erojen näkymisestä käyttäjältä kysyttäessä ”katseohjausyksiköissä oli huomattavia eroja etenkin reunojen näppäimiä painettaessa”.

6 Johtopäätökset

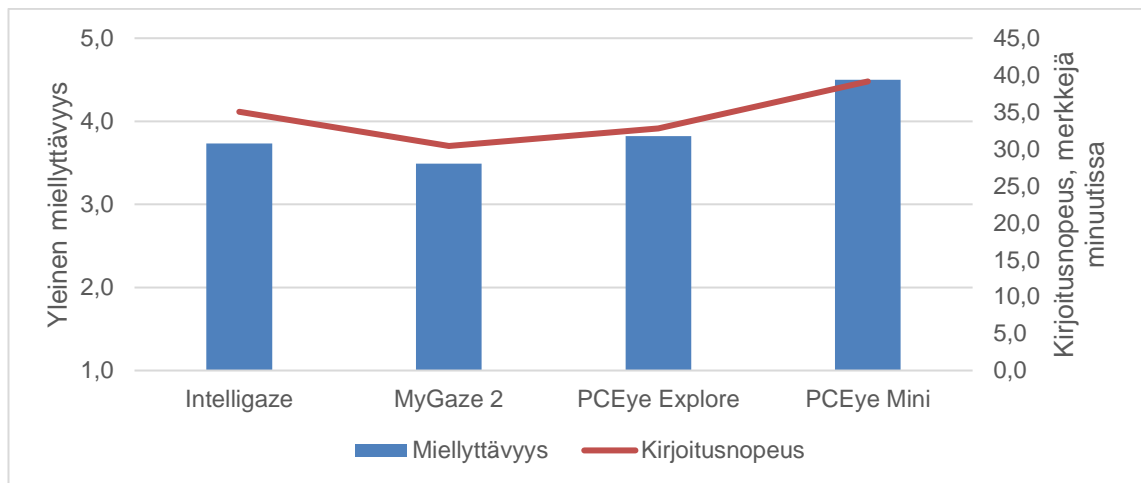
Kaikkien käyttäjätestien tuloksista voidaan päätellä katseohjausyksiköiden käytettävyydessä olevan yksilöllisiä eroja, kun tuloksia tarkastellaan erikseen. Miellyttävyydeltään paras laite vaihteli jokaisella koehenkilöllä. Käyttäjä 1 koki miellyttävimmäksi PCEye Exploren ja PCEye Minin, käyttäjä 2 Intelligazen ja käyttäjä 3 MyGazen 2-katseohjausyksikön (kuvio 8).



Kuvio 8. Katseohjausyksiköiden koettu miellyttävyys.

Käyttäjän 3 testitilanteessa ei onnistuttu suorittamaan TM5-katseohjausyksikön kalibrointia, minkä vuoksi TM5-katseohjausyksikön tuloksia ei käyttäjien kesken voida vertailla, eikä sitä voida esittää kaikkien käyttäjätestien yhdistelevissä tuloksissa. Kalibroinnin epäonnistuminen kertoo kuitenkin käytettävyydestä yksilöllisellä tasolla. Tämän käyttäjän tapauksessa TM5-katseohjausyksikkö ei ollut käytettävyydeltään riittävä.

Vaikkei yleisestä käytettävyyden paremmuudesta voida tämän opinnäytetyön perusteella vetää johtopäätöksiä, on kuitenkin huomioitava, että tässä opinnäytetyössä käytettyjen mittarien perusteella PCEye Mini oli vertailuista laitteista käytettävyydeltään muita parempi. PCEye Miniä käyttäessään koehenkilöt kirjoittivat nopeammin kuin muilla katseohjausyksiköillä ja se sai paremmat pisteet miellyttävyys tulokset yhdistettäessä (kuvio 9). PCEye Minillä kirjoittaessa käyttäjätesteissä ei tehty yhtään virheellistä valintaa.



Kuvio 9. Katseohjausyksiköiden yleinen miellyttävyys ja kirjoitusnopeus kaikilla käyttäjillä.

Myös Likert-asteikolle asetetut asenneväittämät osoittavat PCEye Minin olevan myös miellyttävin vertailuista laitteista (kuvio 9). Toisaalta käyttäjä 2 koki katseohjausyksikön kaikessa tarkkuudessaan ja miellyttävyudessaan rasittavan silmiä kohtuuttomasti. Tämä tärkeä katseohjauksen mahdollisesti estävä tekijä ei ilmene yhteen kootuista tuloksista. Käytettävyyden mittareiden arvioiminen vain yleisellä tasolla voi johtaa tärkeiden huomioiden ohittamiseen.

Tulosten voidaan katsoa osoittavan, että katseohjausyksiköiden käytettävyydessä on yksilöllisiä eroja. Yksilön kokema käytön miellyttävyys johtuu useista käytettävyyteen liitetävistä osa-alueista, kuten silmien väsymisestä. Kuten käyttäjän 1 kohdalla, käyttäjä saattoi tuntea itsensä tyytyväisemmäksi laitteeseen, joka ei ollut tuntunut yhtä nopealta ja tarkalta kirjoitettaessa kuin toinen laite.

Jokainen koehenkilö ilmaisi käyttettyään kaikkia vertailtavia laitteita, että laitteiden välillä oli huomattavissa käytettävyyseroja. Käytettävyyserot näkyivät testeissä etenkin heikoimman ja parhaan laitteen välillä. On syytä uskoa, että katseohjausyksiköiden käytettävyydessä on yksilöllisiä eroja ja että useiden erilaisten katseohjausyksiköiden kokeilu helpottaa toimivan katseohjauslaitteen löytymistä. Katseohjauksen käytettävyys käyttäjälleen miellyttävällä ja voimavaroja säästävällä tavalla on tärkeää etenkin apuvälinekäytössä.

7 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko viiden apuvälinekäyttöön tarkoitetun katseohjausyksikön väliltä löytää käytettävyyseroja. Käytettävyyttä tutkittiin taustatutkimuksellisesti. Katseohjausyksiköitä vertailtiin käyttäjätестillä, johon osallistui kolme vapaaehtoista henkilöä, jotka eivät olleet aikaisemmin käyttäneet katseohjausta. Käytettävyyden mittaamiseen hyödynnettiin katseohjausyksiköiden käytettävyytutkimuksissa käytettyjä mittareita. Miellyttävyyden mittaamiseen käytetty lomake hyödynsi katseohjausyksiköiden käytettävyyttesteissä käytettyjä kysymyksiä ja Likert-asteikkoa. Tuloksellisuuden ja tehokkuuden mittaamiseen käytettiin tekstin kirjoitusta tutkivissa tutkimuksissa käytettyjä havainnointiin perustuvia mittareita.

Käyttäjätестin tulokset osoittivat, että katseohjausyksiköiden käytettävyydessä on yksilöllisiä eroja. Kukin käyttäjä koki eri katseohjausyksikön miellyttävimmäksi vertailluista laitteista. Jokainen koehenkilö ilmaisi, että käytettävyydessä esiintyi eroja etenkin huonomman ja parhaan katseohjausyksikön välillä. Käytettävyyttä ei voida tulkita yksiselitteisesti tuloksellisuuden ja tehokkuuden kautta. Laitteella kirjoittaessa saattoi tapahtua virheitä, mutta sen käyttö tuntui miellyttävämmältä kuin laitteen, jolla käyttö oli virheetöntä. Tuloksellisesti ja tehokkaasti toimiva laite saattoi myös rasittaa silmiä kohtuuttomasti, mikä olisi apuvälinekäytössä este laitteen käytölle. Opinnäytetyön tulosten perusteella on perusteltua todeta, että katseohjausyksikön käytettävyyteen vaikuttaa muitakin yksilöllisiä ominaisuuksia kuin esimerkiksi käyttäjän hallitsemattomat pään tai silmien liikkeet. Erilaisten katseohjausyksiköiden kokeileminen mahdollistaa käyttäjälle sopivimman laitteen löytämisen.

Mitattujen tulosten validiteetin saattaa vaikuttaa käyttäjätестin toimeenpanijan kokemattomuus tutkijana sekä laitteiden kalibroinnissa huomaamatta jääneet ongelmat. Kalibroinnit suoritettiin kuitenkin valmistajien ohjeiden mukaan. Kalibrointi vaikuttaa myös reliabeliuteen, eli toistettavuuteen.

Käyttäjätестti suoritettiin toimistotilassa, jossa ympäristön katseohjaukseen vaikuttavat muuttujat otettiin mahdollisimman hyvin huomioon. Testiä ei kuitenkaan suoritettu laboratorio-olosuhteissa, mikä vaikuttaa sen reliabeliuteen. Opinnäytetyössä käytetyt mittarit esiteltiin ja ne valittiin huolellisesti. Käyttäjätестin toteutustapa ja eteneminen kuvailtiin mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Reliabeliuden osoittamiseksi tehdyt testit pitäisi

toistaa samoissa testiolosuhteissa samoja mittareita käyttäen. Testejä ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa toistettu.

Koehenkilöt eivät täysin edustaneet katseohjattavan apuvälineen käyttäjäryhmiä. Toisaalta Anttosen (2005: 283) mukaan testihenkilöt ovat edustavia, kun testihenkilöt muistuttavat laitteen käytölle merkityksellisiltä ominaisuuksiltaan laitteen todellisia käyttäjiä. Katseohjausyksiköiden vertailun tarkoituksena ei ollut perehtyä esimerkiksi pään tai silmän liikkeiden vaikutuksiin, vaan osoittaa käytettävyyseroja yksilöllisellä tasolla. Tuloksista ei myöskään voida osoittaa silmälasien suoraa yhteyttä laitteiden käytettävyyteen, mutta silmälasien vahvuudet edustivat tässä opinnäytetyössä helposti lähestyttävää tietoa käyttäjien erilaisuudesta.

Tämän opinnäytetyön, kuten tapaustutkimusten yleensäkin, tulokset ovat heikosti yleistettävissä. Tapaustutkimuksissa voidaan kuitenkin puhua sisäisestä yleistettävyydestä (Nielsen 1993: 160). Tulokset osoittavat yksilölliset käytettävyyserot käyttäjätestiin osallistuneilla kolmella käyttäjällä. Käyttäjätestit ja tiedonkeruumenetelmät olivat samanlaiset jokaisessa testitilanteessa, joten tämän opinnäytetyön kohdalla voidaan puhua sisäisestä yleistettävyydestä.

Kuten todettu, opinnäytetyön perusteella katseohjausyksiköissä voidaan nähdä olevan yksilöllisiä käytettävyyseroja, joita olisi syytä tutkia lisää. Mikäli esimerkiksi erilaisten silmän ominaisuuksien vaikutus erilaisten katseohjausyksiköiden käytettävyyteen voitaisiin osoittaa, voitaisiin tiedon pohjalta mahdollisesti osoittaa indikaatioita tietyn katseohjausyksikön valinnalle tietylle käyttäjälle. Apuvälinekäytössä katseohjauksen kokeiluun saattaa kohdistua paljon odotuksia ja ensimmäiselle käyttökerralle asetetaan suuri painoarvo. Katseohjausta saatetaan joutua kokeilemaan useilla eri laitteilla ennen sopivan löytymistä. Siksi olisi tärkeää, että olisi mahdollista selvittää henkilölle sopiva katseohjausyksikkö jo ennen varsinaista kokeilua. Se sujuvoittaisi katseella ohjattavan kommunikoinnin apuvälineen luovutusprosessia.

Lähteet

Andersen, Hans H. K. – Alapetite, Alexandre – Aula, Anne – Isokoski, Poika – Majaranta, Päivi – Itoh, Kenji – Instance, Howell – Donegan, Mick 2005. D6.1 State of the art report of evaluation methodology. Communication by Gaze Interaction (COGAIN). Luettavissa sähköisesti osoitteessa: <<http://wiki.cogain.org/images/d/d7/COGAIN-D6.1.pdf>>. Luettu 24.9.2016.

Anttonen Jenni 2005. Osallistujien valinta. Teoksessa Ovaska, Saila – Aula, Anne – Majaranta, Päivi (toim.): Käytettävyystudkimuksen menetelmät. Julkaisusarja B. Tampereen yliopisto. Tietojenkäsittelytieteiden laitos. 283–298.

Ball, Laura – Fager, Susan – Fried-Oken, Melanie 2012. Augmentative and Alternative Communication for People with Progressive Neuromuscular Disease. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 23 (3). 689–699.

Donegan, Mick 2010. Gaze controlled technology — How far have we come? Where are we going? Teoksessa Wilson, Allan – Gow, Rebecca (toim.): *The Eyes Have it! The use of eye gaze to support communication*. CALL Scotland. Edinburghin yliopisto. 3–6. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.callscotland.org.uk/Common-Assets/cm-files/books/the-eyes-have-IT.pdf>>. Luettu 12.10.2016.

Donegan, Mick – Oosthuizen, Lisa – Bates, Richard – Daunys, Gintautas – Hansen, John Paulin – Joos, Markus – Majaranta, Päivi – Signorile, Isabella 2005. D3.1 User requirements report with observations of difficulties users are experiencing. Communication by Gaze Interaction (COGAIN). Luettavissa sähköisesti osoitteessa: <<http://www.cogain.org/results/reports/COGAIN-D3.1.pdf>>. Luettu 24.8.2016.

EASTIN n.d. Eurooppalainen apuvälinetietojen verkosto. Verkkosivusto. <<http://www.eastin.eu/fi-fi/searches/products/index>>. Luettu 1.9.2016.

Ersbøll, B.K. 2005. D5.1 Catalogue of currently available Eye Trackers. Communication by Gaze Interaction (COGAIN). Verkkodokumentti. <<http://www.cogain.org/eye-trackers>>. Luettu 8.8.2016.

Friedman, Mark B. – Kiliany, Gary – Dzmura, Mark – Anderson, Drew 1982. The Eye-tracker Communication System. *Johns Hopkins APL Technical Digest* 3 (3). 250–252. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <http://www.jhuapl.edu/techdigest/views/pdfs/V03_N3_1982/V3_N3_1982_Friedman.pdf>. Luettu 27.9.2016.

Hakola, Johanna 2011. Tekstin editointi katseella. Pro gradu. Tampereen yliopisto. Informaatiotieteiden yksikkö. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://urn.fi/urn:nbn:fi:uta-1-22026>>. Luettu 4.9.2016.

Hansen, John Paulin – Johansen, Anders Sewerin – Hansen, Dan Witzner – Itoh, Kenji – Mashino Satoru 2003. *Command Without a Click: Dwell Time Typing by Mouse and Gaze Selections*. Teoksessa Rauterberg, Matthias – Menozzi, Marino – Wesson, Janet (toim.): *Human-Computer Interaction - INTERACT '03*. Amsterdam: IOS Press. 121–

128. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.idem-pleyee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/conferences/interact2003/INTERACT2003-p121.pdf>>. Luettu 1.10.2016.

Hirsjärvi, Sirkka – Remes, Pirkko – Sajavaara Paula 2010. Tutki ja kirjoita. 15.-16. painos. Helsinki: Tammi.

Holmqvist, Eva – Buchholz, Margret 2007. Environmental and ergonomic issues. Communication by Gaze Interaction (COGAIN). Luentodiasarja. <<http://wiki.cogain.org/images/5/59/Ergonomics-notes.pdf>>. Luettu 4.10.2016.

Holmqvist, Eva – Buchholz, Margret 2012. A Model for Gaze Control Assessments and Evaluation. Teoksessa Majaranta, Päivi – Aoki, Hirotaka – Donegan, Mick – Hansen, Dan Witzner – Hansen, John Paulin – Hyrskykari, Aulikki – Rähä, Kari-Jouko (toim.): Gaze Interaction and Applications of Eye Tracking: Advances in Assistive Technologies. Hershey: IGI Global. 36–47.

Holmqvist, Kenneth – Nyström, Marcus – Andersson, Richard – Dewhurst, Richard – Jarodzka, Halszka – van de Weijer, Joost 2011. Eye Tracking – A comprehensive guide to methods and measures. Oxford: Oxford University Press.

Hwang, Chi-Shin – Weng, Ho-Shiu – Wang, Li-Fen – Tsai, Chon-Haw – Chang, Hao-Teng 2014. An Eye-Tracking Assistive Device Improves the Quality of Life for ALS Patients and Reduces the Caregivers Burden. Journal of Motor Behaviour 46 (4). 233–238.

Itoh, Kenji – Hirotaka, Aoki – Hansen, John Paulin 2006. A Comparative Usability Study of Two Japanese Gaze Typing Systems. Proceedings of the Eye Tracking Research & Application Symposium, ETRA 2006. ACM. 59–66. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <http://www.me.titech.ac.jp/~itohlab/ronbun_copy/c1-2006-itoh.pdf>. Luettu 2.10.2016.

Jordansen, Inger Kirk – Boedeker, Stina – Donegan, Mick – Oosthuizen, Lisa – di Girolamo, Marco – Hansen, John Paulin 2005. D7.2 Report on a market study and demographics of user population. Communication by Gaze Interaction (COGAIN). Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://wiki.cogain.org/images/7/7f/COGAIN-D7.2.pdf>>. Luettu 11.9.2016.

Kuutti, Wille 2003. Käytettävyys, suunnittelu ja arviointi. Helsinki: Talentum.

Luotonen, Mirja – Aitola, Lempi 2013. Puhe puuttuu, motoriikka mättää - kommunikoinnin apuvälineet vahvistavat elämänhallintaa. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 129(2).169–175. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo10755.pdf>>. Luettu 2.9.2016.

Majaranta, Päivi – Aula, Anne – Rähä, Kari-Jouko 2004. Effects of Feedback on Eye Typing with a Short Dwell Time. Proceedings of Eye Tracking Research & Applications Symposium, ETRA2004. ACM. 139–146. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.sis.uta.fi/~cspama/publications/ETRA2004-Majaranta.pdf>>. Luettu 2.10.2016.

Majaranta, Päivi – MacKenzie, Scott – Aula, Anne – Rähä, Kari-Jouko 2006. Effects of feedback and dwell time on eye typing speed and accuracy. *Universal Access in the Information Society* 5. 199–208.

Majaranta, Päivi – Rähä, Kari-Jouko 2007. Text Entry by Gaze: Utilizing Eye-Tracking. Teoksessa MacKenzie, I. Scott – Tanaka-Ishii, Kumiko (toim.): *Text entry systems: Mobility, accessibility, universality*. San Fransisco: Morgan Kaufmann. 175–187.

Majaranta, Päivi – Bates, Richard – Donegan, Mick 2009. Eye tracking. Teoksessa Stephanidis, Constantine. (toim.): *The Universal Access Handbook*. Boca Raton: CRC Press. 587–606.

Majaranta, Päivi 2009. Text Entry by Eye Gaze. *Dissertations in Interactive Technology* 11. Tampereen yliopisto. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<https://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/66483/978-951-44-7787-4.pdf?sequence=1>>.

Majaranta, Päivi 2012. Communication and Text Entry by Gaze. Teoksessa Majaranta, Päivi – Aoki, Hirotaka – Donegan, Mick – Hansen, Dan Witzner – Hansen, John Paulin – Hyrskykari, Aulikki – Rähä, Kari-Jouko (toim.): *Gaze Interaction and Applications of Eye Tracking: Advances in Assistive Technologies*. Hershey: IGI Global. 63–77.

Majaranta, Päivi – Hansen, Dan Witzner 2012. Basics of Camera-Based Gaze Tracking. Teoksessa Majaranta, Päivi – Aoki, Hirotaka – Donegan, Mick – Hansen, Dan Witzner – Hansen, John Paulin – Hyrskykari, Aulikki – Rähä, Kari-Jouko (toim.): *Gaze Interaction and Applications of Eye Tracking: Advances in Assistive Technologies*. Hershey: IGI Global. 21–27.

Millar, Sally 2010. Using eye gaze in school. Teoksessa Wilson, Allan – Gow, Rebecca (toim.): *The Eyes Have it! The use of eye gaze to support communication*. CALL Scotland. Edinburghin yliopisto. 28–34. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.callscotland.org.uk/Common-Assets/cm-files/books/the-eyes-have-IT.pdf>>. Luettu 11.10.2016.

Mulvey, Fiona 2012. Eye Anatomy, Eye Movements and Vision. Teoksessa Majaranta, Päivi – Aoki, Hirotaka – Donegan, Mick – Hansen, Dan Witzner – Hansen, John Paulin – Hyrskykari, Aulikki – Rähä, Kari-Jouko (toim.): *Gaze Interaction and Applications of Eye Tracking: Advances in Assistive Technologies*. Hershey: IGI Global. 10–20.

Nielsen, Jakob 1993. *Usability Engineering*. Lontoo: Academic Press.

Niinikuru, Riikka – Kojo, Ilpo – Häkkinen, Jukka 2007. Mikrosakkadien merkitys havaintokokemuksen muodostumisessa. *Psykologia* 42 (1). 4–13. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://publicationslist.org/data/jukka.hakkinen/ref-85/Niinikuru%202007%20Mikrosakkadit.pdf>>. Luettu 27.9.2016.

Ohtonen, Marianna – Huuhtanen, Kristina – Yläupa, Maija 2010. *Kommunikointi*. Teoksessa Salminen, Anna-Liisa (toim.): *Apuvälinekirja*. 2. painos. Kouvola: Solver Palvelut Oy. 98–109.

Pärssinen, Terhi – Parkkonen, Aino-Maija – Hartikainen, Liisa 2016. Katsehiiri toiminnan mahdollistajana Taysin apuvälineyksikössä. Luentomateriaali Sillalla-seminaarista 2016. Verkkodokumentti. <<http://papunet.net/tikoteekki/fileadmin/tiedostot/muut/Sillalla2016PaerssinenHartikainenParkkonen.pdf>>. Luettu 28.9.2016.

Papunet 2015. Katseohjaus. Kehitysvammaliitto. Verkkodokumentti. <<http://papunet.net/tietoa/katseohjaus>>. Luettu 28.9.2016.

Robson, Colin 2011. Real world research: a resource for users of social research methods in applied settings. Chichester: John Wiley and Sons.

Scott, Janet 2010. Snapshots of Using Eye Gaze – A Professional Journey into the World of Eye Gaze. Teoksessa Wilson, Allan – Gow, Rebecca (toim.): The Eyes Have it! The use of eye gaze to support communication. CALL Scotland. Edinburghin yliopisto. 7–14. Saatavilla myös sähköisesti osoitteessa: <<http://www.callsotland.org.uk/Common-Assets/cm-files/books/the-eyes-have-IT.pdf>>. Luettu 12.10.2016.

Suomen Standardisoimisliitto 1998. SFS-EN ISO 9241-11. Näyttöpäätteillä tehtävän toimistotyön ergonomiset vaatimukset. Osa 11. Käytettävyyden määrittely ja arviointi.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2011. SFS/THL - Apuvälineluokitus. Kansallinen koodistopalvelu. Verkkodokumentti. <<http://91.202.112.142/codeserver/pages/classification-view-page.xhtml?classificationKey=313&versionKey=390>>. Luettu 28.9.2016.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2014. Apuvälineen määritelmä. Verkkodokumentti. <<https://www.thl.fi/fi/web/vammaispalvelujen-kasikirja/itsenaisen-elaman-tuki/apuvallineet>>. Luettu 27.9.2016.

Tobii Dynavox n.d. PCEye Mini-specifications. Verkkodokumentti. <<http://www.tobiidynavox.com/pceye-mini/specifications/>>. Luettu 2.10.2016.

Tobii Technology 2010. Tobii Eye Tracking - An introduction to eye tracking and Tobii Eye Trackers. White Paper.

Tobii Technology 2011. Accuracy and precision test method for remote eye trackers. Test Specification.

Vanhala, Toni 2005. Kyselylomakkeet käytettävyytutkimuksessa. Teoksessa Ovaska, Saira – Aula, Anne – Majaranta, Päivi (toim.): Käytettävyytutkimuksen menetelmät. Julkaisusarja B. Tampereen yliopisto. Tietojenkäsittelytieteiden laitos. 17–36.

Visual Interaction 2015. MyGaze Assistive 2 - Technical Specification. Verkkodokumentti. <http://www.mygaze.com/fileadmin/download/Tech_Specs/Technical_Specification_myGaze_Assistive_2.pdf>. Luettu 5.11.2016.

Suostumus tutkimukseen osallistumisesta

Tutkimus tehdään osana opinnäytetyönä Metropolia ammattikorkeakoululle. Tutkimus tehdään keuhalla / syksyllä 2016 ja valmistuu loppuvuodesta 2016.

Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa katseohjausyksiköiden käytettävyyden eroja erilaisilla silmän ominaisuuksilla. Tutkimuksessa vertaillaan viiden eri katseohjausyksiköiden käytettävyyttä käyttäjättestillä. Tutkimushenkilöt valitaan vapaaehtoisten joukosta.

Tutkimushenkilö osallistuu yhteen tutkimustilanteeseen, jossa data kerätään tarkkailemalla koehenkilön suoritusta sekä täyttämällä etukäteen laadittu kyselylomake, jossa tutkimushenkilö kertoo subjektiivisista kokemuksistaan katseohjauslaitetta käytettäessä. Data kerätään paperisille lomakkeille ja koostetaan opinnäytetyöhön. Dokumentteja ei säilytetä jatkokäyttöön ja ne hävitetään asianmukaisesti. Opinnäytetyö julkaistaan internetissä Theseus-tietokannassa opinnäytetyön julkaisun jälkeen. Tutkimushenkilöt voivat halutessaan tutustua tutkimukseen ja sen tuloksiin internetissä.

Tutkimukseen osallistuminen on täysin vapaaehtoista ja tutkimushenkilöllä on vapaus keskeyttää osallistumisensa milloin tahansa. Tutkittavalla on myös oikeus jälkikäteen peruuttaa osallistumisensa tutkimukseen. Tutkimuksen järjestelyt, tulokset ja dokumentoinnit ovat täysin luottamuksellisia ja tutkimustulokset koostetaan tutkimushenkilöiden yksityisyyttä kunnioittaen siten, ettei tutkittavia ole mahdollista tunnistaa julkaistavasta opinnäytetyöstä.

Suostun osallistumaan tutkimukseen annettujen ehtojen nojalla vapaaehtoisesti. Ymmärrän tutkimuksen pääperiaatteet ja oikeuteni liittyen yksityisyyteeni, dokumenttien säilytykseen ja mahdollisuuteeni peruuttaa tutkimukseen osallistuminen milloin hyvänsä.

Päiväys

Tutkittavan allekirjoitus

Päiväys

Tutkijan allekirjoitus

Ikä: _____

Sukupuoli: _____

Olen käyttänyt katseohjausta aikaisemmin: ____ Kyllä ____ Ei

	Oikea	Vasen
Sf		
Cyl		
Ax		

Kysymys	Tobii PCEye Mini	Tobii PCEye Explore	MyGaze Assistive 2	Eyetech TM5	Alea Intelligaze
Suoritusnopeus					
Merkkejä minuutissa					
KSPC					
Merkit/virheet	34 /	34 /	34 /	34 /	34 /

1. Laitteella oli nopea kirjoittaa
2. Käyttö oli tarkkaa
3. Käytössä ei tapahtunut helposti virheitä
4. Käyttö ei väsyttänyt silmiäni
5. Olin tyytyväinen laitteeseen
6. Tunsin itseni itsevarmaksi käyttäessäni laitetta

Kysymykset arvioidaan asteikolla 1-5, jossa 1 tarkoittaa täysin eri mieltä, 5 täysin samaa mieltä.

Kysymys	Tobii PCEye Mini	Tobii PCEye Explore	MyGaze Assistive 2	Eyetech TM5	Alea Intelligaze
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Tuntuiko eri laitteiden käytettävyydessä olevan eroavaisuuksia?
