

# TIETOKONE VAMMAISTEN APUVÄLINEENÄ

Sirpa Hyökki

13.07.2007

Joensuun yliopisto

Tietojenkäsittelytiede

Pro gradu –tutkielma

## TIIVISTELMÄ

Vammaisille on kehitetty erilaisia perinteisiä apuvälineitä. Näiden perinteisten apuvälineiden rinnalle on tietokoneesta tullut yksi vaihtoehto. Tässä opinnäytetyössä on kuvattu eri vammaisryhmille kehitettyjä perinteisiä apuvälineitä, sekä tietokoneella toteutettuja apuvälineitä. Näistä apuvälineitä tarkemmin on tarkasteltu silmänliiketekniikoita hyödyntäviä apuvälinejärjestelmiä.

**ACM-luokat** (ACM Computing Classification System, 1998 version): A.m, H5.2, K.4.2

**Avainsanat:** silmänliikemetriikat, saavutettavuus, vammainen käyttäjä, vammaisuus

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 VAMMAISRYHMIEN MÄÄRITTELY .....</b>	<b>3</b>
2.1 Näkövammainen .....	3
2.2 Kuulovammainen.....	4
2.3 Puhevammainen.....	5
2.4 Liikuntavammainen.....	7
2.5 Kognitiivisesti vammainen .....	9
<b>3 PERINTEISIÄ- JA TIETOKONEAPUVÄLINEITÄ.....</b>	<b>11</b>
3.1 Näkövammaisten apuvälineitä.....	11
3.1.1 Tietokone heikkonäköisten ja vaikeasti näkövammaisten apuvälineenä.....	12
3.1.2 Tietokone sokeiden apuvälineenä .....	15
3.2 Kuulovammaisten apuvälineitä ja tietokone etäkommunikaatioapuvälineenä.....	17
3.3 Puhevammaisten apuvälineitä .....	18
3.3.1 Tietokone puhevammaisten apuvälineenä.....	21
3.4 Liikuntavammaisten apuvälineitä.....	24
3.4.1 Tietokone liikuntavammaisten apuvälineenä .....	25
3.5 Tietokone kognitiivisesti vammaisten apuvälineenä.....	32
<b>4 SILMÄN RAKENNE JA LIIKKEET SEKÄ SILMÄNLIIKKEIDEN MITTAUSTEKNIIKAT .....</b>	<b>35</b>
4.1 Silmän rakenne ja näkökentän laajuus.....	36
4.2 Silmän liikkeet.....	37
4.3 Videokuvan analysointiin perustuva tekniikka.....	38
4.4 Elektrodimittauksen perustuva tekniikka .....	40
<b>5 SILMÄNLIIKKEITÄ TUNNISTAVAT APUVÄLINEJÄRJESTELMÄT... 41</b>	<b>41</b>
5.1 ERICA -järjestelmä.....	41
5.2 Eyegaze –järjestelmä .....	46
5.3 VisonKey –järjestelmä.....	49
5.4 EagleEyes –järjestelmä.....	52

<b>6 YHTEENVETO.....</b>	<b>55</b>
<b>VIITTEET .....</b>	<b>57</b>

# 1 Johdanto

Tietokonetta on hyödynnetty sen kehityksen myötä mitä erilaisissa asioissa, kuten esimerkiksi viihdekäytössä sekä teollisessa tuotannossa. Eräs erityinen osa-alue, jossa tietokoneen tarjoamia voimavaroja on alettu hyödyntää, on niiden käyttö vammaisten henkilöiden apuvälineenä. Tietokone ei syrjäytä vammaisille kehitettyjä perinteisiä apuvälineitä vaan toimii niiden rinnalla yhtenä vaihtoehtoisena välineenä.

Perinteisten- että tietokoneapuvälineiden tarkoituksena on mahdollistaa vammaiselle henkilölle mahdollisimman itsenäisen toiminnan jokapäiväisessä elämässä. Perinteisiä apuvälineitä on kehitetty esimerkiksi liikkumiseen, kuulemiseen sekä kommunikointiin. Joitakin perinteisiä apuvälineitä, kuten esimerkiksi kommunikointivälineitä on kehitetty toimivaksi tietokoneella. Tietokone tarjoaa näin toisenlaisen tavan käyttää perinteisiä apuvälineitä. Se tarjoaa myös väsymättömyydellään voimavaroja erilaisten kognitiivisten taitojen, kuten esimerkiksi lukemisen ja syy-yhteyksien, harjoitteluun. Tietotekniikka hyödynnetään myös vammaisille suunnitelluissa ympäristönhallintavälineissä. Näiden sulautettujen järjestelmien avulla vammaisen henkilö pystyy itsenäisesti esimerkiksi säätämään huoneen valoja tai television äänenvoimakkuutta.

*Perustietokoneen* kokoonpanoa on usein muutettava, jotta se olisi toimiva apuväline vammaiselle henkilölle. Erilaisilla muutoksilla sovellusten että käyttöjärjestelmien asetuksissa sekä erityisten lisälaitteiden avulla yhä useampi vammaisen kykenee ohjaamaan sekä käyttämään tietokonetta. Näitä ohjaamiseen kehitettyjä lisälaitteita on esimerkiksi erikoisnäppäimistöjä, painikkeita sekä ohjaussauvoja. Tietokoneen käytön edellytyksenä voi olla esimerkiksi näyttöruudulla esitetyn tiedon muuntaminen näkövammaiselle sellaiseen muotoon että tämä pystyy tulkitsemaan sitä. Tämä voi tapahtua esimerkiksi näytön sisällön suurentavalla lisälaitteella tai tiedon muuttaminen täysin toisenlaiseen muotoon kuten esimerkiksi pistekirjoitukseksi.

Tietokoneiden käytettävyyden ja silmänliikkeiden tutkimuksen myötä on kehitetty vammaisille erityisiä silmänliikkeillä ohjattavia apuvälinejärjestelmiä. Apuvä-

linejärjestelmissä hyödynnetään silmänliikkeiden mittaustekniikkaa, jonka avulla pystytään määrittämään käyttäjän katseen paikan näytöllä. Näitä tekniikoita on erilaisia, joilla jokaisella on hyvät ja huonot puolensa. Näiden järjestelmien avulla vaikeastikin vammaisille on mahdollisuus yhä itsenäisempään elämään.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä vammaisille kehitettyjä perinteisiä apuvälineitä, tietokonetta hyödyntäviä apuvälineitä sekä erityisesti silmänliikkeiden tunnistusta hyödyntäviä apuvälinejärjestelmiä.

Opinnäytetyöni alussa esittelen määrittelyt viidelle eri vammaispääryhmälle. Pääryhmien määrittelyn jälkeen esittelen vammaisryhmittäin kyseiselle ryhmälle kehitettyjä perinteisiä apuvälineitä sekä tietokonetta hyödyntäviä apuvälineitä. Apuvälineiden esittelyn jälkeen käyn lyhyesti lävitse silmän rakennetta ja silmän liikkeitä sekä erilaisia silmänliikkeen mittaustekniikoita. Lopuksi esittelen näitä tekniikoita hyödyntäviä apuvälinejärjestelmiä.

## **2 Vammaisryhmien määrittely**

Vammaiset on mahdollista luokitella monella eri tavalla. Selkeiden luokkien muodostamiseksi olen jaotellut vammaisryhmät Jacko & al. (2003) käyttämän luokittelun mukaan. He jakoivat vammaiset viiteen eri pääryhmään, jotka olivat näkö-, kuulo-, puhe-, liikunta- sekä kognitiivisesti vammaiset. Seuraavaksi esittelen tarkemmin näiden ryhmien määrittelyt.

### **2.1 Näkövammainen**

Näkövammaiseksi yleiskäsitteellisesti määritellään henkilö, jonka näkötoiminta tai jokin sen osa-alue on siinä määrin vaurioitunut, että siitä on henkilölle oleellista haittaa jokapäiväisessä elämässä. Näkövammaiseksi WHO:n mukaan määritellään henkilö, jonka paremman silmän näöntarkkuus silmälaseilla korjattuna on heikompi kuin 0.3, näkökentän halkaisija on enintään  $60^\circ$  tai toiminnallinen näkö on vastavalla tavalla jostakin muusta syystä heikentynyt. Luokituksen mukaan näkövammaiseksi ei määritellä henkilöä, jonka näkökyky pystytään korjaamaan silmälaseilla normaaliksi tai jos toisessa silmässä on normaali näkö.

Näkövammaiset luokitellaan WHO:n mukaan viiteen luokkaa, jossa heikkonäköisiin kuuluvat henkilöt, jotka ovat lievästi- tai vaikeasti heikkonäköisiä. Heikkonäköisten näöntarkkuus on korjattuna tarkempi kuin 0.05 tai näkökentän halkaisija on vähintään  $20^\circ$ . Sokeisiin kuuluvat syvästi heikkonäköiset, lähes sokeat ja sokeat. Sokeiden näöntarkkuus on alle 0.05 tai näkökentän halkaisija on supistunut alle  $20^\circ$ :een. Sokea henkilö voi nähdä valon ja jopa hahmoja, täydellinen sokeus on harvinaisempaa. Toiminnallisesti sokeaksi luokitellaan henkilö, joka on menettänyt muun muassa suuntausnäön vieraassa ympäristössä sekä lukunäön tavanomaisessa mielessä, mutta pystyy lukemaan erityisapuvälineiden avulla.

Kaikki henkilöt, joille silmäsaudesta ja sen aiheuttamista oireista on huomattavaa haittaa jokapäiväisissä toimissa, eivät täytä edellä esitettyä määritelmää. Näköön-

gelmaisten yleisimpiä ongelmia ovat silmien väsyminen, näöntarkkuuden lasku, lukemisen vaikeutuminen, kaksoiskuvat sekä häikäistyminen (Arlainstituutti, 2006).

Näkövammaisuus voi ilmetä monin eri tavoin, kuten esimerkiksi näkökentästä saattaa puuttua alueita reunoilta tai keskeltä, joka vaikeuttaa kokonaiskäsityksen muodostamista ympäristöstä. Lisäksi puutokset näkökentässä vaikeuttavat etäisyyksien arviointia. Värinäössä olevat muutokset aiheuttavat esimerkiksi värisävyjen ja kontrastien erottelukyvyn heikentymistä. Tämä voi esimerkiksi aiheuttaa ongelmia yksittäisten kohteiden havaitsemisessa sekä kolmiulotteisuuden hahmottamisessa. Kohteiden havaitsevuutta myös vaikeuttaa hämäräsokeus sekä häikäistymisherkkyys, jotka usein liittyvät heikkonäköisyyteen (Näkövammaisten Keskusliitto ry, 2006). Heikkonäköisyys ilmenee esimerkiksi siten, että liikkuminen onnistuu ilman valkoista keppiä, mutta lukeminen on mahdollista vain apuvälineen avulla tai toisinpäin. Hämärässä näkeminen vaikeutuu myös ihmisen ikääntyessä, sillä silmän valon tarve lisääntyy ikääntyessä. Ikänäköön liittyy myös näkökentän kaventumista sekä värien että kontrastien erottelukyvyn heikkenemistä. Ikäihmisille näön heikkeneminen usein tuo mukaan myös tasapaino-, suuntautumis- ja liikkumisvaikeuksia (Verhe, 1996).

Näkövammaisuus tuo vaikeuksia muun muassa liikkumiseen, tiedonsaantiin ja jokapäiväisten asioiden hoitamiseen. Kotitöiden hoitaminen, kuten esimerkiksi vaatteiden pesu tai ruuan valmistaminen vaikeutuu. Liikkuminen kodin ulkopuolella julkisilla kulkuneuvoilla sekä esimerkiksi asioiminen pankkiautomaatilla ja kaupassa hankaloituu.

## **2.2 Kuulovammainen**

Kuulovammaiseksi määritellään henkilö, jolla on jonkinasteinen tai -laatuinen kuulon alenema. Kuulovammaiset luokitellaan EU:n luokituksen mukaan neljään luokkaan paremman korvan puhealueen mittauksen mukaan. Tämä määräytyy äänesaudiometriassa mitattujen 0,5 - 4 kHz:n kynnysten keskiarvoon. Karkeilla raja-arvoilla esitettyinä lievästi kuulovammaisiin kuuluvat henkilöt, joiden kuuloalue on 20 - 40 dB, keskivaikeisiin kuulovammaisiin 40 - 70 dB, vaikeasti kuulovammaisiin 70 -



95 dB sekä erittäin vaikeasti kuulovammaisiin 95 dB. Henkilö määritellään kuuroksi, jos hän on menettänyt kuulonsa jo syntymässään tai jossakin vaiheessa varhaislapsuudessaan, eikä saa selvää puheesta kuulokojeenkaan avulla. Kuuroutuneeksi määritellään henkilö, joka on oppinut puhumaan ennen kuuroutumistaan ja pystyy useimmiten kommunikoimaan puhutulla kielellä erilaisten tukimenetelmien, kuten viitotun puheen avulla. Kuulo heikkenee myös useimmiten iän myötä, kuitenkin nopeus ja tahti ovat hyvin yksilöllisiä asioita. Kuulokynnyksen ohella heikkenee ikähuonokuuloisuudessa myös puheenerottelukyky.

Kuulovammaiselle kommunikaatio-ongelmat voivat olla jokapäiväistä elämää. Sosiaalisissa tilanteissa huonokuuloisuus saattaa aiheuttaa kuulemis- ja kommunikaatiovaikeuksia, jotka voivat johtaa väärinkäsityksiin kommunikoijien kesken. Huonokuuloisuus vaikeuttaa osallistumasta kommunikointitilanteisiin, joissa on esimerkiksi paljon ihmisiä, hälyä tai huono valaistus, joka hankaloittaa huulilta lukemista tai viittomien seuraamista. Kotioloissa esimerkiksi huonokuuloiselle television äänen riittävä voimakkuus voi häiritä muita henkilöitä sekä erilaisten hälytysäänten, kuten esimerkiksi ovikellon tai puhelimen kuuleminen vaikeutuu.

## **2.3 Puhevammainen**

Puhevammaiset voidaan määritellä viiteen luokkaan kolmen erilaisen tekijän mukaan (Andersson & Cocchiarella, 1990). Nämä tekijät ovat kuuluvuus (audibility), ymmärrettävyys (intelligibility) ja toiminnallinen kyky (functional efficiency). Kuuluvuudella tarkoitetaan henkilön kykyä puhua riittävällä äänenvoimakkuuden tasolla, jotta kommunikointi onnistuisi puhumalla. Ymmärrettävyydellä puolestaan tarkoitetaan kykyä yhdistää puheen foneettiset yksiköt toisiinsa ja niiden ääntämistä. Toiminnallisella kyvyllä tarkoitetaan kykyä puhua tasolla, joka on riittävä puheen ymmärtämiseksi.

Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat henkilöt, joiden äänenvoimakkuus on riittävä suurimpaan osaan jokapäiväisiin puhekommunikointitilanteisiin, tosin tämä voi vaatia joskus henkilöltä ponnistelua tai voi olla ylivoimaista. Luokkaan kuuluvat myös henkilöt, jotka pystyvät tuottamaan suurimman osan jokapäiväisessä puhekommuni-

koinnissa vaadittavista ääntämistoiminnoista. Henkilöllä voi olla kuitenkin vaikeuksia tuottaa joitakin ääniteitä tai hän ei pysty tuottamaan niitä lainkaan, toisinaan kuulija voi joutua pyytämään henkilöä toistamaan puhumansa asian. Lisäksi luokkaan kuuluvat henkilöt, jotka pystyvät suurimmaksi osaksi täyttämään jokapäiväisen puhekommunikoinnin asettamat vaatimukset ilmaistakseen itseään riittävän selkeästi ja nopeasti. Toisinaan jotkut henkilöt voivat puhua hitaasti tai epäröivästi.

Toiseen luokkaa kuuluvat henkilöt, joiden äänenvoimakkuus on riittävä useissa jokapäiväisissä tilanteissa, kuitenkin vaikeuksia ilmenee kommunikointitilanteissa, kuten esimerkiksi ravintolassa, junassa, autossa jne. Luokkaan kuuluvat myös henkilöt, jotka pystyvät tuottamaan useimmat jokapäiväisessä puhekommunikoinnissa vaadittavista ääntämistoiminnoista. Vieras henkilö pystyy ymmärtämään heitä, vaikka he tekevät lukuisia virheitä. Joskus voi myös ilmetä vaikeuksia ääntämisessä. Lisäksi luokkaan kuuluvat henkilöt, jotka pystyvät täyttämään useimmat jokapäiväisen puhekommunikoinnin asettamat vaatimukset ilmaistakseen itseään riittävän selkeästi ja nopeasti. Kuitenkin joskus voi syntyä vaikutelma vaikeuksista. Puhe voi olla katkonaista, epäröivää tai hidasta.

Kolmanteen luokkaan kuuluvat henkilöt, joiden äänenvoimakkuus on riittävä joihinkin jokapäiväisiin kommunikointitilanteisiin. Kommunikointitilanteissa joissa toiseen luokkaan kuuluvilla oli vaikeuksia, on kolmanteen luokkaan kuuluvilla huomattavasti vaikeuksia. Heidän äänenvoimakkuutensa riittää kuitenkin lähikommunikaatioon. Kolmanteen luokkaan kuuluvilla henkilöillä ääni väsy nopeasti ja on taipuvainen muuttumaan kuulumattomaksi muutaman sekunnin jälkeen. Tähän luokkaan kuuluvat myös henkilöt, jotka pystyvät tuottamaan joitakin jokapäiväisessä puhekommunikoinnissa vaadittavista ääntämistoiminnoista. Henkilö pystyy tavallisesti keskustelemaan ystävien ja perheen kanssa, kuitenkin vieraalla henkilöllä voi olla vaikeuksia ymmärtää heitä. Usein heitä pyydetään toistamaan sanomansa. Lisäksi tähän luokkaan kuuluvat henkilöt, jotka pystyvät täyttämään jotkut jokapäiväisen puhekommunikoinnin asettamat vaatimukset ilmaistakseen itseään riittävän selkeästi ja nopeasti. Usein henkilö pystyy puhumaan peräkkäin vain lyhyitä jaksoja ja tästä voi tulla ulkopuoliselle vaikutelma nopeasta väsymisestä.

Neljänteen luokkaan kuuluvat henkilöt, joiden äänenvoimakkuus on riittävä vain harvoihin jokapäiväisiin puhekommunikointitilanteisiin. Lähellä tai puhelimesta henkilön puhetta kuunteleva pystyy juuri ja juuri kuulemaan puheen. Henkilö pystyy ehkä kuiskaamaan kuuluvasti, mutta hänellä ei ole ääntä. Luokkaan kuuluvat myös henkilöt, jotka pystyvät tuottamaan vain harvoja jokapäiväisessä puhekommunikoinnissa vaadittavista ääntämistoiminnoista. He pystyvät tuottamaan ääntöyksiköitä sekä heillä voi olla likimääräinen käsitys muutamista sanoista, kuten esimerkiksi perheenjäsenten nimistä. Sanat esiintyvät kuitenkin erillään järkevistä asiayhteyksistään. Lisäksi luokkaan kuuluvat henkilöt, jotka pystyvät vain harvoin täyttämään jokapäiväisen puhekommunikoinnin asettamat vaatimukset ilmaistakseen itseään riittävän selkeästi ja nopeasti. Henkilö pystyy puhumaan yksittäisen sanan tai lyhyitä lauseita mutta ei pysty tuottamaan jatkuvaa puhetta. Puhe on näin ollen vaivalloista sekä puhenopeus on epäkäytännöllisen hidasta.

Viidenteen luokkaa kuuluvat henkilöt, joiden äänenvoimakkuus ei riitä mihinkään jokapäiväisiin puhekommunikointitilanteisiin. Luokkaan kuuluvat myös henkilöt, jotka eivät pysty tuottamaan yhtään jokapäiväisessä puhekommunikoinnissa vaadittavaa ääntämistoimintoa. Lisäksi luokkaan kuuluvat henkilöt, jotka eivät pysty täyttämään mitään puhekommunikoinnin asettamia vaatimuksia ilmaistakseen itseään riittävän selkeästi ja nopeasti.

Puhevammat rajoittavat jokapäiväisessä elämässä sosiaalista kanssakäymistä sekä omien ajatusten, tarpeiden ja tunteiden ilmaisemista. Kaiser & al. (1988) ovat sitä mieltä, että yleisesti ottaen kielelliset ja kommunikointihäiriöt, kuten puhevammaisuus, liittyvät myös usein läheisesti muihin erityyppisiin vammoihin. Kuulon menetys on esimerkiksi yhteydessä jossakin määrin myös kielelliseen kyvykkyyteen.

## **2.4 Liikuntavammainen**

Liikuntakyvyn heikkeneminen voi aiheutua monista erilaisista asioista, kuten esimerkiksi sairaudesta, ikääntymisestä tai tapaturman seurauksena. Liikuntakyvyn rajoitteellisuus voi johtua myös synnynnäisistä vammoista. Tästä johtuen on vaikea määrittellä yksiselitteisesti, kuka on liikuntavammainen. Yhtenä määrittelytapana

voidaan käyttää Searsin ja Youngin (2003) käyttämää luokittelua, jossa henkilöt jaetaan neljään pääryhmään. Jokaisen luokan kohdalla on lisäksi hyvä huomioida myösvammaisuuden erilaiset dimensiot, joita on tässä luokituksessa määritelty neljä erilaista.

Liikuntavammaisuus voi olla pysyvä (*permanent*) tai tilapäinen (*temporary*), se voi myös olla luonteeltaan yhtäjaksoinen (*continuous*) tai vuorotteleva (*intermittent*). Esimerkiksi MS-taudissa (*multiple sclerosis*) on ajoittaisia pahenemis- ja paranemisvaiheita. Liikuntavammaisuus voi olla myös etenevä, taantuva tai pysähtynyt, lisäksi vamman vaikeusaste voi vaihdella lievästä vaikeaan.

Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat henkilöt, joilla on rakenteellisia poikkeamia kehossa. Tällä tarkoitetaan kehon anatomisen osan puuttumista kokonaan tai osittain, sekä tilannetta, kun henkilöllä on merkittävä fyysinen poikkeama. Kehosta voi esimerkiksi puuttua sormi, käsivarsi tai jokin kehon osa poikkeaa normaaliksi määrittelystä asennosta tai mitasta.

Toiseen luokkaan kuuluvat henkilöt, joilla on poikkeamia nivelten tai luiden liikkuvuudessa. Tällä tarkoitetaan poikkeamia normaaliksi määrittelystä nivelten ja luiden liikeradan laajuudesta ja liikuntakyvystä. Henkilö voi esimerkiksi kokea vaikeuksia taivuttaessaan sormiaan, kuten esimerkiksi niveltulehduksessa.

Kolmanteen luokkaan kuuluvat henkilöt, joilla on poikkeamia lihasvoimassa. Tällä tarkoitetaan vaikeuksia kyvyssä tuottaa voimaa tahdonalaisesti lihakselle tai lihasryhmille. Esimerkiksi osittaisessa halvauksessa lihasvoiman osittainen heikentymien voi aiheutua monestakin sairaudesta, kuten esimerkiksi aivovammasta. Halvauksella tarkoitetaan täydellistä lihasvoiman menetystä ja se voi aiheutua monista syistä, kuten esimerkiksi selkäydinvammasta.

Neljänteen luokkaan kuuluvat henkilöt, joilla on ongelmia kyvyssä hallita tahdonalaisia ja tahdosta riippumattomia liikkeitä. Esimerkiksi dysdiadochokinesiassa esiintyy tahdonalaisten liikkeiden hallintavaikeuksia, esimerkiksi tehtäessä nopeita liikkeen

suunnanmuutoksia. Tahdosta riippumattomia liikkeitä, kuten esimerkiksi käsien kontrolloimatonta tärinää tai vapinaa esiintyy esimerkiksi Parkinsonin sairaudessa.

## **2.5 Kognitiivisesti vammainen**

Kognitiivisten vammojen moninaisuudesta johtuen on hankala määritellä yksiselitteisesti millainen kognitiivinen vamma kenelläkin on. Newell et al. (2003) mukaan kokeellisen kognitiivisen psykologian kirjallisuus lähtee suurelta osin ajatuksesta, mikä kuuluu ihmisen ”normaaliin” kognitiiviseen toimintaan. Tällä ”normaaliudella” pyritään ilmaisemaan sitä, mihin suurin osa ihmisistä pystyy. On kuitenkin huomioitava, että todellisessa maailmassa selvää rajaa on vaikea määrittää ”normaaliuden” ja ”ei normaaliuden” välille. Kognitiivista kyvykkyyttä on pyritty luokittelemaan esimerkiksi älykkyyssastetta (IQ, intelligence quotient) mittaamalla. Jotkut testit ovat jaettu alitesteihin, joilla voidaan mitata eri kognitiivisten kykyjen osa-alueita, kuten esimerkiksi verbaalista ja visuospatiaalista kyvykkyyttä.

Yhtenä tapana luokitella kognitiivisesti vammaiset, on jakaa henkilöt neljään pääryhmään, kuten Newell et al. (2003) ovat tehneet. Luokittelussa on huomioitava se, että kasvatuksellisin tai lääketieteellisin kriteerien perusteella tehtyjen luokkien rajat ovat suhteellisen mielivaltaisia, johtuen koko väestön kognitiivisten kykyjen laajuuden vaihtelevuudesta. Lisäksi luokituksessa on huomioitava, että ”normaaliuden” rajojen sisäpuolelle voidaan katsoa kuuluvaksi hyvin erilaisen joukon ihmisiä. Ihmisillä on esimerkiksi hyvin erilaisia mieltymyksiä erityyppisiin aineistoihin sekä tapoja lähestyä ja käsitellä tietoa, jotka kaikki voidaan katsoa kuuluvaksi ”normaaliuden” rajoihin. ”Normaaliuden” rajojen ääripäihin voidaan tulkintatavasta riippuen katsoa kuuluvaksi henkilöitä, joilla on erilaisia vammoja jossakin laajuudessa.

Yhteen luokkaan voidaan katsoa kuuluvan henkilöt, joiden huomiokyky on heikentynyt, jostakin tai joistakin kognitiivisten kykyjen rajoitteista johtuen. Huomiokyvyn heikentymistä voidaan tarkastella jakautuvan sekä valikoivan huomiokyvyn näkökulmasta. Valikoivan huomiokyvyn avulla henkilö pystyy keskittämään huomionsa tehtävään, joka on sillä hetkellä keskeisin ja jättämään huomiotta tehtävän suorittamiseen liittyvät epäolennaiset asiat. Valikoivan huomiokyvyn suorituskkyky on mer-

kittävästi heikentynyt useimmissa kognitiivisissa vammoissa. Jatkuva huomiokyky voidaan yleisesti käsittää henkilön kykynä jakaa huomiokykyään. Henkilö pystyy suoriutumaan kahdesta tai useammasta erillisestä kognitiivisesta tehtävästä yhtä aikaa tai yhden tehtävän erillisistä osista samaan aikaan.

Toiseen luokkaan voidaan katsoa kuuluvaksi henkilöt, joiden muistin rajoitukset vaikuttavat kognitiivisiin kykyihin. Rajoitukset voivat tulla iän myötä tai voivat esiintyä ikään liittymättömien kognitiivisten vammojen yhteydessä. Yksi ikääntymiseen liittyvä muistin heikkenemisen sairaus on dementia, joka voi ilmetä erilaisissa muodoissa.

Kolmanteen luokkaan voidaan katsoa kuuluvaksi henkilöt, joiden visuospatiaaliset ja kielelliset kyvyt ovat heikentyneet. Visuospatiaalisten kykyjen heikentyminen voi aiheuttaa vaikeuksia tulkita luontaista toimintaympäristöä sekä toimia siinä. Kielellisten kykyjen heikentymiseen liittyy sanaston pienentyminen sekä vaikeudet abstraktien ja vertauskuvallisten lauseiden tulkitsemisessa. Hankaluutena lauseiden tulkinnassa voi olla se, että henkilöillä on taipumus tulkita lauseet kirjaimellisesti. Tämänkaltaisia vaikeuksia voi kehittyä enemmänkin globaalissa afasiassa (global aphasia), kuten esimerkiksi Brocatin afasiassa, jossa vaikeudet liittyvät puheen tuottamiseen.

Toinen selvästi havaittava muoto globaalista kognitiivisesta vammasta on autismi. Autismi on neurologinen keskushermoston häiriö, jonka ilmenemismuodot ovat moninaiset. Tyypillisiä piirteitä autistiselle ihmiselle on vaikeudet kielellisessä ja ei kielellisessä kommunikoinnissa sekä sosiaalisissa vuorovaikutustilanteissa. Samanlaisia sosiaalisia vaikeuksia ilmenee myös henkilöillä, joille on diagnosoitu Asbergerin syndrooma. Poiketen autismista Asbergerin syndroomaa sairastavalla on yleensä normaali älykkyysaste. Edellä mainittujen sairauksien lisäksi kehityksellisiin häiriöihin kuuluu lukuisa määrä erilaisia sairauksia, joissa yhdistyy vaihtelevin määrin erilaisia fyysisiä- ja käyttäytymistekijöitä. Seuraavassa luvussa esittelen erilaisia vammaisille kehitettyjä apuvälineitä, joissa on hyödynnetty tietokonetta.

## **3 Perinteisiä- ja tietokoneapuvälineitä**

Vammaisille on kehitetty erilaisia apuvälineitä auttamaan heitä mahdollisimman itsenäiseen toimintaan. Tietokone tarjoaa myös mahdollisuuksia toimia apuvälineenä usealle vammaisryhmälle. Perustietokoneen kokoonpanoon on yleensä tehtävä erilaisia muutoksia, kuten esimerkiksi siihen on liitettävä erilaisia lisälaitteita, jotta se olisi toimiva apuväline. Perustietokoneella käsitetään tässä opinnäytetyössä tietokone, jossa on 100 GT kiintolevy, 1024 MT keskusmuistia sekä 17 tuuman LCD näyttö. Seuraavaksi esittelen vammaisryhmille kehitettyjä erilaisia perinteisiä apuvälineitä sekä tietokoneella toteutettuja apuvälineitä.

### **3.1 Näkövammaisten apuvälineitä**

Monien asioiden suorittaminen vaatii näkökykyä. Näkökyvyn heikkous tai sen puuttuminen kokonaan, vaikeuttavat esimerkiksi omatoimista tiedonsaantia sekä liikkumista fyysisessä ympäristössä. Liikkumista pystytään helpottamaan mahdollisimman selkeällä ja esteettömällä ympäristöllä sekä erilaisilla apuvälineillä, joita ovat esimerkiksi valkoinen keppi, kiikari, erilaiset suunnistautumisen apuvälineet sekä elektroniset liikkumisapuvälineet (Electronic Travel Aid, ELA).

Jokapäiväisten asioiden tekemisen helpottamiseksi on saatavilla erilaisia apuvälineitä, joita on esimerkiksi säätöterälliset leikkuuveitset, isonäppäinpuhelimet, piste-kellot sekä kellot, joissa on iso näyttö ja selkeät kontrastit. Tekstin kirjoittamiseen ja lukemiseen on kehitetty esimerkiksi erilaisia äänitys- ja kuuntelulaitteita, pistekirjoituskoneita tai -tauluja sekä erilaisia suurennusapuvälineitä. Näitä ovat esimerkiksi suurennuslasit (kokoontaitettava, suurennuslevyt, telineellä tai valolla varustettuja, verkkovirralla toimivat) sekä lukutelevisiot. Lukutelevisio on kuten kuvassa 1 oleva laite, joka koostuu näytöstä ja kamerasta. Laite suurentaa kameran kuvaaman kuvan laitteeseen kuuluvalla näytön näyttöruudulle.

Äänitys- ja kuuntelulaitteita on erityisesti näkövammaisille suunniteltuja sekä kuluttajamarkkinoilta saatavia, kuten esimerkiksi C-kasettinauhurit, cd- ja MP3- tallen-

teita toistavat laitteet. Kuunneltavia tallenteita on saatavilla kuluttajamarkkinoilta, mutta myös Celia –kirjastosta (Celialib, 2006). Celia –kirjasto tuottaa erityisesti näkövammaisille tarkoitettua materiaalia, kuten esimerkiksi piste -, ääni- ja elektronisia kirjoja. Kirjaston asiakkaita ovat näkövammaisten lisäksi esimerkiksi kehitysvammaiset ja vaikeasti lukihäiriöiset henkilöt.



Kuva 1: Topaz pro lukutelevisio (Freedom Scientific, 2006).

Tietokoneen käyttö apuvälineenä on mahdollistanut näkövammaisille itsenäisemmän tiedonkäsittelyn. Näkövammaisen pystyy itsenäisesti esimerkiksi käyttämään sähköpostia ja Internetiä sekä lukemaan kirjaa tai postiluukusta tulevaa postia. Seuraavassa kohdassa esittelen tarkemmin tietokonetta heikkonäköisten ja vaikeasti näkövammaisten apuvälineenä.

### 3.1.1 Tietokone heikkonäköisten ja vaikeasti näkövammaisten apuvälineenä

Käyttöjärjestelmän oletusasetuksia muuttamalla perustietokoneesta saadaan heikkonäköiselle toimiva apuväline. Tekstin luettavuutta pystytään lisäämään, kun kirjainkoko suurennetaan riittävästi sekä valitaan selkeimmältä tuntuva kirjaintyyppi. Kirjainkoon suurentaminen vaikuttaa siihen, kuinka paljon tekstiä mahtuu näyttörudulle. Mitä suurempi on kirjainkoko, sitä vähemmän tekstiä mahtuu kerrallaan näyttörudulle. Näyttörudulle kerralla mahtuvaa tekstin määrää pystytään lisäämään



vaihtamalla perustietokoneen näyttö suurempaan. Suuren kirjainkoon huonona puoleena on, että se vaikuttaa tekstin sujuvaan lukemiseen. Lukemisnopeus hidastuu ja pitkän tekstin lukeminen voi muodostua raskaaksi.

Tekstin suurentamisen lisäksi luettavuutta pystytään lisäämään Palonevan (1994) mukaan tekstin palstoittamisella. Palstoituksen etuna on se, että sen avulla pystytään sovittamaan luettavan tekstialueen leveys sopivaksi näkökenttään. Lisäksi kirjainkoko muuttamalla voidaan määrittää haluttujen merkkien määrää yhdellä rivillä. Tekstin erottumista taustastaan pystytään parantamaan näyttöruudun kontrastia ja kirkkautta säätämällä sekä teksti- ja tekstintaustaväriä muuttamalla.

Näkövammaisella on mahdollisuus hyödyntää myös joihinkin käyttöjärjestelmiin kuuluvia suurennus- ja puhesyntetisaattorisovelluksia. Nämä molemmat sovellukset kuuluvat esimerkiksi Windows XP:n Home Edition Versioon 2002. Puhesyntetisaattorisovelluksen käytön edellytyksenä tietokoneessa on oltava äänikortti ja äänentoistoväline, esimerkiksi kaiuttimet. Puhesyntetisaattori voi olla myös lisälaitte, jolloin muita äänentoistovälineitä *synteettisen puheen* tuottamiseen ei tarvita. Syn-teettistä puhetta käytetään myös puhevammaisten kommunikointilaitteissa sekä kommunikointiohjelmissa, joita esittelen tarkemmin alakohdassa 3.3.1. Myöhemmin tässä kohdassa esittelen erityisesti näkövammaisille kehitettyjä suurennussovelluksia.

Perustietokoneen kanssa kommunikointi tapahtuu näyttöpäätettä ja näppäimistön käyttäen. Heikkonäköiselle perusnäppäimistön näppäinmerkkien näkeminen on hankalaa tai jopa mahdotonta. Näppäinmerkintöjen näkemistä pystytään helpottamaan niiden päälle kiinnitettävillä näppäimistötarroilla (keyboard label sticker). Tarroihin on painettu suurennetut näppäimistömerkit esimerkiksi mustalla valkoiselle tai keltaiselle pohjalle (Hooleon Corporation, 2006). Myös erikoisnäppäimistöjä on kehitetty, kuten esimerkiksi VisionBoard (Hooleon Corporation, 2006). VisionBoardissa on perusnäppäimistöä suuremmat näppäimet sekä näppäimiin on painettu suurennetut näppäinmerkinnät.

Heikkonäköisen näyttöpäätetyöskentelyä pystytään helpottamaan myös suurennussovelluksen avulla. Joillakin suurennussovelluksilla pystytään kuvaruudun grafiikka

suurentamaan tarvittaessa jopa 16 kertaa suuremmaksi. Sovelluksissa on myös muita ominaisuuksia kuten esimerkiksi näyttöruudun osasuurennus sekä hiirikohdistimen ulkonäön muokkaus. Joidenkin sovellusten mukana tulee myös esimerkiksi erilaisia voimakaskontrastisia värejä sekä kirjaintyyppejä. Kuten aikaisemmin jo totesin, suurentamisesta on apua, mutta siitä voi olla haittaakin. Joissakin suurennussovelluksissa näyttöpäätetyöskentelyä on pyritty tukemaan puhetuen avulla, jolloin puhesyntetisaattorilla näyttöruudun sisältö toistetaan *synteettisenä puheena*.

Suurennussovellusta on mahdollista hyödyntää myös jokapäiväisten asioiden hoitamisessa, kuten esimerkiksi postiluukun kautta tulevan postin sekä teknisen laitteen käyttöohjeen lukemisessa. Jotta suurennussovelluksen tuomaa apua lukemiseen voidaan hyödyntää, on paperilla oleva tieto siirrettävä kuvanlukijalla digitaaliseen muotoon. Kuluttajamarkkinoilta on saatavana erilaisia kuvanlukijoita, joiden mukana tulee esimerkiksi tekstintunnistussovellus, sekä toiminnoiltaan suppea kuvankäsittelysovellus. Paperi tai muu suurennusta tarvitseva asia on mahdollista suurentaa, kuten aikaisemmin totesin lukutelevisiolla. On kehitetty myös lukutelevision tapaan toimivia lukulaitteita, jotka liitetään perustietokoneen keskusyksikköön. Tämänlainen lukulaite on esimerkiksi kuvassa 2 oleva Hercules –mallinen lukulaite. Laitteessa on esimerkiksi mahdollisuus suurentaa 17 tuuman näytöllä lukukamerankuva 2 -30 –kertaiseksi. Muita laitteen ominaisuuksia ovat esimerkiksi erilaiset valmiit tausta- ja tekstiväriyhdistelmät (Tagarno, 2006). Hercules -lukulaiteessa tietokoneen näyttöpäätte toimii myös lukutelevision näyttönä, mutta on myös lukutelevisioita, jotka liitetään tietokoneen keskusyksikköön. Näissä laitteissa lukutelevision näyttöpäätte toimii myös tietokoneen näyttöpäätteenä.



Kuva 2: Hercules –lukulaite (Tagarno, 2006).

Perustietokoneeseen liitettävissä lukulaitteissa sekä tietokoneliitännällä varustetuissa lukutelevisioissa on molempien laitteiden yhtäaikaista käyttöä helpottava ruudunjakotoiminto (split screen). Ruudunjakotoiminnolla pystytään näyttöruudulla esittämään samanaikaisesti lukukamerakuva sekä tietokoneen näyttöruutu.

### 3.1.2 Tietokone sokeiden apuvälineenä

Sokea pystyy käyttämään tietokonetta ruudunlukusovelluksen ja sen tarvitseman tulostimen avulla. Ruudunlukusovellus on tulkki, joka muuntaa näyttöruudulla olevan informaation ja välittää sen tulostimelle, joka on esimerkiksi puhesyntetisaattori tai kuten kuvassa 3 oleva pistenäyttö.

Pistenäyttö on näppäimistön alle sijoitettava levymäinen lisälaite, jossa on pistesoluista koostuva pisterivistö. Yksi pistesolu muodostuu kahdeksasta pienestä ”tapista”, jotka muodostavat yhden pistemerkin nousemalla ylöspäin tietyn järjestyksen mukaan. Laitteen koosta riippuen, on kerrallaan mahdollista tulostaa 44 – 48 merkkiä (Näkövammaisten Keskusliitto ry, 2006). Laite on rivinäyttö, joka tulostaa näyttöruudun sisällön riveittäin pistekirjoituksena ja erilaisina grafiikoita kuvaavina lyhenteinä. Laitteen pisterivistön rajallisuudesta johtuen, pistenäytölle ei aina mahdu yh-

dellä kertaa koko näyttöruudunrivi. Joihinkin pistenäyttöihin kuuluu kosketusnastoja (Touch Cursor), jotka helpottavat kohdistimen liikuttelua näytöllä. Pistenäytön lisäksi on tietokoneen kanssa kommunikointiin käytettävä näppäimistöä ja muita tiedonsyöttölaitteita, koska laite ei korvaa niitä.



Kuva 3: Pistenäyttö (Celialib, 2006).

Perusnäppäimistön käyttöä on mahdollista helpottaa näppäimistötarroilla, joihin on painettu pistekirjoitusmerkein näppäinmerkinnät (Hooleon Corporation, 2006). Kommunikointia pystytään myös helpottamaan puheohjauksella, joka tarkoittaa sitä, että puheentunnistussovellus tulkitsee sanallisesti annetut toimintakäskyt tietokoneen ymmärtämään muotoon.

Muistiinpanojen tekemistä helpottamaan on esimerkiksi kehitetty pistekirjoitusnäppäimistöllä toimiva muistiinpanolaite. Tämänlainen laite on esimerkiksi kuvassa 4 oleva Memona Plus. Laitteen muistiin mahtuu 64 kilotavua tekstiä eli noin 30 A4 arkkia (Näkövammaisten Keskusliitto ry, 2006). Laitteeseen tallennettu materiaali puretaan tietokoneeseen, jonka jälkeen muistiinpanoja on mahdollista muokata.



Kuva 4 : Memonä Plus –muistiinpanolaite (Näkövammaisten Keskusliitto ry, 2006).

Tietokoneella tehdyn tekstin tulostamiseksi pistekirjoituksella on kehitetty pistekirjoitus- tai grafiikkapistekirjoitustulostimia. Näillä tulostimella pystytään tekstin lisäksi tulostamaan myös esimerkiksi graafisia kuvioita sekä karttoja (Nordqvist, 2003).

### **3.2 Kuulovammaisten apuvälineitä ja tietokone etäkommunikaatioapuvälineenä**

Kuulo on yksi ihmisen tärkeimmistä aisteista. Kuulon merkitys on tärkeä kommunikointitilanteissa, joissa käytetään puhetta ihmisten väliseen kommunikointiin. Puhkeen avulla ihmiset kommunikoivat sekä lähi- että etäkommunikaatio-tilanteissa. Tämänlaisissa tilanteissa kuulovammaisuus aiheuttaa ongelmia. Ongelmallisia tilanteita on esimerkiksi lähikommunikaatio-tilanne, jossa viittomin kommunikoivan toisena osapuolena on viittomakieltä osaamaton henkilö. Puhkekommunikaatiossa huonokuuloisella ongelmallisia tilanteita aiheuttavat esimerkiksi erilaiset häiritsevät ympäristötekijät, kuten esimerkiksi häly tai kovat äänet.

Lähikommunikaatio-tilanteiden ongelmien ratkaisemiseksi on kehitetty erilaisia apuvälineitä. Näistä tärkein ja yleisin on kuulokoje, joita on Suomessa saatavana noin 350 eri mallia (Eräkanto, 2003). Muita ovat esimerkiksi erilaiset kommunikaattorit sekä

radiotaajuuslaitteet. Radiotaajuuslaite on radiotaajuudella toimiva lähetin-vastaanotinlaitteisto. Radiotaajuuslaitteisto voi toimia esimerkiksi koulussa siten, että opettajalla on lähetin ja oppilaalla vastaanotin. Kommunikaattoreita esittelen tarkemmin seuraavassa luvussa, jossa käsittelen puhevammaisten apuvälineitä. Kuulovammaisten apuvälineenä käytetään myös äänittävää nauhuria. Nauhurin etuna on, että kuulovammainen pystyy kuuntelemaan myöhemmin nauhoituksen esimerkiksi kuulevan henkilö kanssa, joka voi auttaa nauhoituksen tulkinnassa.

Kotona jokapäiväisessä elämässä on paljon asioita, jotka huomioidaan kuuloaistin avulla. Kuulovammaisille on kehitetty erilaisia hälytin- ja merkinantolaitteita sekä järjestelmiä helpottamaan asioiden huomioimista. Näitä apuvälineitä ovat esimerkiksi ovikelloon liitettävä valohälytin tai eriyäniset lisäkellot sekä herätyskello, jossa on tärustin tai valoherätystoiminto. Hälytysjärjestelmiä on esimerkiksi kutsujärjestelmä, jonka avulla pystytään lähettämään ennalta valittuihin puhelinnumeroihin valmiiksi ohjelmoituja viestejä. Kuulovammaisilla on Kuulokoirayhdistyksen avustamana mahdollisuus myös itse kouluttaa avustajakseen kuulokoiria.

Etäkommunikoinnin helpottamiseksi on kehitetty esimerkiksi vahvistinpuhelimia, joissa on sisäänrakennettuna vahvistin. Vaikeasti kuulovammaiselle on kehitetty tekstipuhelin, joka koostuu näytöstä ja näppäimistö. Tekstipuhelimia on saatavana sekä kiinteästi kotiin asennettavia että kannettavia. Tietokonetta pystytään käyttämään myös tekstipuhelimenä esimerkiksi Mikrotekstipuhelin -sovelluksen (Eräkanto, 2003) avulla. Tekstipuhelimen lisäksi kuulovammaisille on kehitetty kuvapuhelimia, jossa on kiinteä näyttöruutu sekä kamera. Puhelimet välittävät samanaikaisesti liikkuva kuvaa ja ääntä toisesta kuvapuhelimen käyttäjältä. Etäkommunikoinnin muita välineitä ovat esimerkiksi telefaksit sekä sähköpostit. Tietotekniikkaa on myös hyödynnetty kuulovammaisten apuvälineinä erilaisissa sulautetuissa järjestelmissä kuten esimerkiksi ympäristöhallintajärjestelmissä.

### **3.3 Puhevammaisten apuvälineitä**

Normaalikuuloisilla henkilöillä kommunikointikeinoista yleisin Tetzchnerin ja Martinsenin (2000) mukaan on puhuminen. Puhevammaisilla puhe voi olla niin epä-

selvää, ettei hän tule ymmärretyksi tai hän on täysin kykenemätön puhumaan. Tämä vaikeuttaa jokapäiväistä kommunikaatiota muiden ihmisten kanssa. Puheäänen heikkous aiheuttaa myös ongelmia ymmärretyksi tulemiseksi. Heikkoa puheääntä on mahdollista voimistaa erilaisilla puheäänenvahvistimilla. Puheäänenvahvistin on laite, joka koostuu mikrofonia ja vahvistimesta. Puheäänensä kokonaan menettäneille on kehitetty erilaisia ääniproteeseja sekä puhevibraattoreita. Puhevibraattori on kaulan ulkopuolelle asennettava äänilähde kun taas ääniproteesi on kurkun sisälle asennettava lyhyt venttiilillä varustettu putki. Puhevammaisuuteen on mahdollista liittyä myös muita kielellisten toimintojen häiriöitä, jotka vaikeuttavat puheen ymmärtämistä, lukemista tai kirjoittamista. Näitä vaikeuksia pyritään vähentämään erilaisilla kuntoutuksilla kuten esimerkiksi puheopetuksella. Puhetta pystytään myös tukemaan tai se voidaan korvata toisella ilmaisukeinolla.

*Puhetta tukevat ja korvaavat kommunikointikeinot (AAC, Augmentative and Alternative Communication) voidaan jakaa avusteisiin ja ei-avusteisiin. Ei-avusteisia kommunikointikeinoja käyttävä henkilö tuottaa kielelliset ilmaukset itse. Tällä tarkoitetaan pääasiassa viittomia mutta, myös morsetus tai muuta viestintää silmänräpäytyksien avulla. Avusteisessa kommunikoinnissa henkilö käyttää jotakin kommunikoinninvälinettä itsensä ilmaisemiseen. Perinteisiä välineitä ovat esimerkiksi kommunikointitaulut, -levyt sekä erilaiset kansiot, joissa käytetään esimerkiksi numeroita, graafisia merkkejä, esineitä tai kuvia. Perinteisiä apuvälineitä, kuten esimerkiksi kuvan 5 kommunikointikansiota, käytetään suoralla valinnalla tai askeltamalla.*

*Askellustapoja Tetzchnerin ja Martinsenin (2000) ovat määritelleet kaksi, itsenäinen ja toisen avusta riippuva. Itsenäinen askellus tarkoittaa sitä, että apuvälineen käyttäjä kykenee ohjaamaan osoittimena toimivaa välinettä itse. Toisen avusta riippuvassa askelluksessa käyttäjä ilmaisee, esimerkiksi äännähtämällä, kun toinen henkilö osoittaa esimerkiksi tiettyä kuvaa. Apuvälinettä suoralla valinnalla käytettäessä valinta tapahtuu esimerkiksi sormea, jalkaa, otsatikkua tai silmiä käyttäen (Tetzchner & Martinsen, 2000).*



Kuva 5: Kommunikointikansio (Papunet, 2006).

Perinteisten kommunikointivälineiden lisäksi on kehitetty erilaisia kommunikointilaitteita. Kommunikointilaite on tekninen laite, joka pystyy tulostamaan kirjoitetun tai valmiiksi äänitetyn viestin digitaalisena tai synteettisenä puheena tai *graafisina merkkeinä*. Laitteesta riippuen graafiset merkit on mahdollista tulostaa esimerkiksi näytölle tai paperille. Digitaalisella puheella tarkoitetaan Tetzchnerin ja Martinsenin (2000) mukaan äänitettyä ihmisen puhetta, joka on talletettu laitteen muistiin.

Kommunikointilaitteet voidaan jakaa yhden viestin sekä useamman viestin laitteisiin. Yhden viestin laitteessa on vain yksi ennalta äänitetty viesti, jonka pystyy vaihtamaan äänittämällä uuden viestin vanhan päälle. Useamman viestin laitteissa, kuten esimerkiksi kuvan 6 Easy Talk -laitteessa, on esimerkiksi useita viestiruutuja tai näppäimistö. Viestiruuduissa voi olla esimerkiksi sanoja, graafisia merkkejä sekä kuvia.



Kuva 6: Easy Talk -kommunikointilaite (Comp-Aid Oy, 2006).



Näppäimistöllä varustetuissa kommunikointilaitteissa voi näppäimistön lisäksi olla esimerkiksi pikaviestinäppäimiä, yksi tai useampi näyttö, askellustoiminto tai GSM -viestin vastaanotto- ja lähetystoiminnot. Seuraavassa kohdassa esittelen tarkemmin tietokonetta puhevammaisten apuvälineenä.

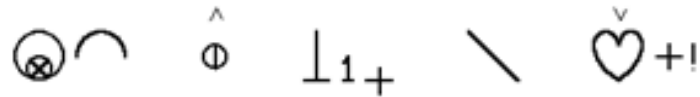
### 3.3.1 Tietokone puhevammaisten apuvälineenä

Kirjoittamiseen perustuvassa kommunikoinnissa perustietokoneen tekstinkäsittelysovellus on toimiva kommunikointiväline. Kirjoittamisen nopeuttamiseksi on kehitetty sananennustussovelluksia, jotka tukevat tekstinkäsittelysovelluksen käyttöä. Sovellus ehdottaa kirjoitettavana olevalle sanalle loppuosaa sitä mukaa kun sitä kirjoitetaan. Ehdotettavan lopun voi hylätä jatkamalla kirjoittamista tai hyväksyä ehdotuksen sovitulla tavalla. Joidenkin sovelluksien ominaisuuksiin kuuluu lisäksi esimerkiksi omien näppäinyhdistelmien ohjelmointi tai sanojen lisäysmahdollisuus ehdotuslistaan. Joitakin sovelluksia on mahdollista käyttää myös sähköpostiohjelmien kanssa. Sovelluksen kanssa käytettävällä puhesyntetisaattorilla pystytään kommunikointia tukemaan lisää.

Ruutunäppäimistö, jota tarkastelen tarkemmin liikuntavammaisten apuvälineissä alakohdassa 3.4.1, on myös toimiva apuväline kommunikoinnissa. Ruutunäppäinsovelluksissa, joissa on mahdollisuus liittää kirjainten ohella erilaisia merkkejä näppäimistöön, toimivat kuvakommunikoinnin sekä myöhemmin tekstipohjaisena kommunikoinnin apuvälineenä.

Puhevammaisille on kehitetty myös erilaisia kirjoittamiseen, graafisiin merkkeihin sekä kuviin pohjautuvia kommunikointisovelluksia. Näillä tarkoitan yksilöllisesti rakennettua sovellusta, joka tulostaa viestit digitaalisena tai synteettisenä puheena. Viestit on mahdollista tulostaa myös graafisina merkkeinä näyttöruudulle tai paperille. Kirjoittamiseen perustuvissa kommunikointisovelluksissa on sananennustuksen lisäksi ominaisuuksina esimerkiksi askellus, sanojen taivutusmahdollisuus sekä ääniettä tekstimuotoisten viestien rakentaminen. Graafisiin merkkeihin perustuvia kommunikointisovelluksia on kehitetty yleisimmin käytössä oleville merkkijärjestelmille,

joita ovat PCS –symbolit, Piktogrammit sekä Bliss –symbolit (Tetzchnerin & Martinsenin, 2000). Kuvassa 7 on esimerkki Bliss symboleilla kirjoitetusta lauseesta.



Kuva 7: Bliss –symboleilla kirjoitettu lause, jossa lukee; tietokone on minun kynä hyvä (Papunet, 2006).

On kehitetty myös sovelluksia, joissa on mahdollista käyttää merkkijärjestelmiin kuulumattomia merkkejä. Joissakin sovelluksissa on mukana kuvakirjasto, kuten kuvassa 8 olevassa Assistant 1.4.2.1 ohjelmassa, mutta usein ne on hankittava erillisinä kirjastoina (Roisko & Ohtonen, 2003). Merkkejä on myös mahdollista hakea esimerkiksi internetistä tai lukea kuvanlukijalla ja tallentaa sovelluksen tietokantaan. Talletettävien merkkien suurin mahdollinen määrä vaihtelee sovelluksittain muutamasta merkistä tuhansiin merkkeihin. Yksinkertaisin kommunikointisovellus on esimerkiksi näyttöruudulle mahtuva ruudukko, jossa kaikki käytettävissä olevat merkit näkyvät yhtä aikaa. Kooltaan merkkien on oltava riittävän suuria, jotta ne ovat helposti valittavissa. Tämä rajoittaa yhtä aikaa näytölle mahtuvien merkkien määrää. Suurempien merkkimäärien hallintaan on kehitetty erilaisia tapoja järjestää merkkejä, kuten esimerkiksi hierarkisiksi käsite- tai sanaryhmiksi tai tilannekohtaisiksi kokonaisuuksiksi.



Kuva 8: Kommunikointiohjelma Assistant 1.4.2.1 (Papunet, 2006).

Sovelluksissa on erilaisia ominaisuuksia, kuten esimerkiksi askellus, *auditiivinen askellus*, puhepalaute kirjoitetusta merkistä, sähköpostin ohjaus sekä sähköpostiviestin kirjoitus. Auditiivisella askelluksella tarkoitetaan askellusmuotoa, jossa automaattisen tai manuaalisen askelluksen tapaan osoitin liikkuu näyttöruudulla antaen äänipalautteen osoittimen osoittamasta objektista. Äänipalautteen avulla käyttäjä tekee valinnan jonkinlaista ohjainta käyttäen. Kuluttajamarkkinoilla on sähköpostisovelluksia, jotka toimivat kommunikointisovellusten kanssa. Lisäksi on kehitetty myös erityisiä sähköpostisovelluksia, jotka on tarkoitettu käytettäväksi kommunikointisovellusten kanssa.

Kommunikointisovellusten ohjaamiseen käytetään esimerkiksi erilaisia hiiriä, kytkimiä, kosketuslevyjä sekä ohjauksharjoja. Näitä ohjaimia olen esitellyt tarkemmin liikuntavammaisten apuvälineitä käsittelevässä alakohdassa 3.4.1. Kosketusnäyttöä tai -ruutua on mahdollista käyttää myös joidenkin kommunikointisovelluksien ohjaamiseen. Puhevammaiset voivat myös hyödyntää kuulovammaisille kehitettyjä etäkommunikointivälineitä, joita käsitelin kohdassa 3.2.

Puheen tuottamisen ja puhetaitojen harjoitteluun on kehitetty erilaisia sovelluksia. Palonevan (1994) mukaan esimerkiksi äänivirheiden kuten r – ja s- kirjainten har-

joittelussa käytetään sovelluksia, jotka antavat palautetta miten tarkasti puhutut äänneet vastasivat tavoiteltavaa ääntämistapaa. Erilaisilla simulaatiosovelluksilla on mahdollista harjoitella esimerkiksi äänteiden ja äänneyhdistelmien muodostusta. Sovelluksissa on esimerkiksi animaation keinoin esitetty eri ääntöelinten asennot, esimerkiksi kielen ja huulien asennot, tietyn äänten muodostuksessa. Äänkyttäjille on kehitetty erityisesti sovelluksia, joissa painotetaan puheen rytmiä ja kontrollia.

### **3.4 Liikuntavammaisten apuvälineitä**

Liikkumiskyvyn heikentyminen vaikeuttaa omatoimista liikkumista sekä erilaisten fyysisten toimintojen suorittamista. Fyysisen ympäristön muuttaminen toimivaksi kotona ja kodin ulkopuolella auttaa liikuntavammaista mahdollisimman omatoimiseen elämään. Liikkumista kodin ulkopuolella voidaan helpottaa erilaisten luiskien, helppokulkuisten portaitten, ulko-ovien avaamista helpottavien mekanismien sekä hissien avulla. Sekä ulkotiloihin että sisälle asennetun porraskiipijän avulla helpotetaan liikkumista erityisesti jyrkissä tai hankalissa paikoissa. Kodissa esimerkiksi huonekalujen järjestystä muuttamalla, poistamalla tarvittaessa esimerkiksi kynnykset, matot tai leventämällä oviaukkoa saadaan koti toimivammaksi. On kehitetty myös keittiökalusteita, joissa on mahdollista säätää sähköisesti keittiön ylä- että alakaappien korkeutta.

Muita liikkumisen apuvälineitä ovat esimerkiksi erilaiset kävelykepit sekä kävelyteelineet, erikoispolkupyörät, pyörätuolit, liukulaudat sekä –matot. Autolla ajoa varten on kehitetty esimerkiksi vaihetankoa sekä joystickia muistuttavia ajohallintalaitteita, joilla hallitaan muun muassa automaattivaihteisen auton kaasua ja jarrupoljinta. Vaikeasti liikuntavammaisten siirtämistä helpottamaan on kehitetty erilaisia henkilönostolaitteita. Laitteita on esimerkiksi kiinteästi kiinnitettyjä ja pyörillä liikuteltavia, kantohihnoin tai kantovaljain varustettuja.

Kotona jokapäiväisten asioiden hoitamiseen, kuten esimerkiksi henkilökohtaisesta hygieniasta huolehtimiseen, pukeutumiseen ja ruokailuun, on kehitetty apuvälineitä. Peseytymistoimia pystytään helpottamaan esimerkiksi imukupilla varustetulla tai pitkävartisella pesuharjalla, vettä kestäväällä istuimella, liikkumista estävällä matolla,

erilaisilla tuilla sekä ammehisillä. Vessassa käymistä voidaan helpottaa WC-istuimen korotuksen avulla sekä erityisesti pyyhkimiseen kehitetyillä WC-paperipihdeillä. Pukeutumisen ja riisumisen apuvälineitä on esimerkiksi erilaisia puukeutumiskoukkuja sekä nappikoukku. Ruokailuun apuvälineiksi on kehitetty esimerkiksi paksuvartisia, normaalia painavampia tai pidempiä ruokailuvälineitä, kannellisia mukeja sekä pidikkeitä esimerkiksi lasiin tarttumista varten. Muita erityisiä apuvälineitä ovat esimerkiksi säädettävä sänky, erilaiset liukuesteet, tarttumapihdit sekä erilaisten varsien paksunnokset, ohennukset ja pidennykset. Paksunnoksia ja pitimiä on kehitetty esimerkiksi kyniin helpottamaan kynän käyttöä.

Lehtien ja kirjojen lukemista helpottamaan on kehitetty erilaisia kallistettavia lehtelineitä ja pöytätasoja sekä sivujen kääntämiseen esimerkiksi suutikkuja sekä käteen pujotettava tahmeapäinen tikku. Mekaanisissa sähköisesti toimivissa telineissä sivujen kääntäminen onnistuu esimerkiksi yhden tai useamman kytkimen avulla. Joitakin lehtiä on mahdollista tilata ääniversiona tai internetin kautta, mutta tämä edellyttää kykyä käyttää tietokoneessa olevaa internetselainta.

Seuraavassa kohdassa esittelen tarkemmin perustietokonetta liikuntavammaisen apuvälineenä sekä erilaisia tietokoneen käyttöön kehitettyjä apuvälineitä.

### 3.4.1 Tietokone liikuntavammaisten apuvälineenä

Tietokoneen kanssa kommunikointiin käytetään perustietokoneessa näppäimistöä ja hiirtä. Liikuntavammaiselle näiden kummankin välineen käyttö saattaa tuottaa vaikeuksia tai olla mahdottomia käyttää. Perusnäppäimistön käytössä vaikeuksia aiheuttaa esimerkiksi käsien vapina, koordinaatiokyvyn heikkous sekä muut käsien motoriset vaikeudet. Nämä käsien motoriset häiriöt aiheuttavat esimerkiksi tahattomia näppäinpainalluksia, vaikeuksia näppäinyhdistelmien tai yksittäisen näppäimeen painamisessa.

Perustietokoneen oletusnäppäinasetuksia muuttamalla pystytään tietokone saamaan toimivaksi välineeksi liikuntavammaiselle. Tahattomasti toistuvia näppäinpainalluksia pystytään estämään asettamalla näppäinten toistojen suodatus päälle sekä määrit-

tämään toistoviiveaika. Nämä toiminnot ovat esimerkiksi Windows XP Home Edition Versiossa 2002, jossa on myös mahdollista vaikuttaa näppäinyhdistelmien painamistapaan. Muuttamalla perusasetuksia on mahdollista antaa näppäinyhdistelmät peräkkäisinä painalluksina tai ne on mahdollista määrittää myös funktionäppäimille. Funktionäppäimien tai funktionnäppäimien tehtävää suorittaviin näppäimiin on mahdollista ohjelmoida useamman peräkkäisen käskyn suorittaminen, jolla pystytään helpottamaan ja nopeuttamaan perustietokoneen käyttöä.

Apuvälineitä näppäinten painamiseen ovat erilaiset tikut sekä sormipussi. Sormipussi on käteen laitettava pussi, josta pujotetaan yksi sormi ulos pussissa olevasta reiästä. Kädessä pidettävien tikkujen lisäksi on kehitetty suu-, leuka-, otsa- ja varvastikkuja. Tikkujen lisäksi näppäimistön käytön apuvälineeksi on kehitetty reikälevy. Reikälevy asetetaan näppäimistön päälle, jolloin näppäinten painaminen tapahtuu reikien lävitse. Reikälevy mahdollistaa käsien pitämisen levyn päällä, eikä käsiä tarvitse tällöin kannatella. Käsien pitäminen näppäimistön päällä onnistuu myös koodinäppäimistöllä. Koodinäppäimistö on erikoisnäppäimistö, jossa on viisi näppäintä. Näillä viidellä näppäimellä pystytään tuottamaan kaikki perusnäppäimistön merkit eri näppäinyhdistelmiä käyttäen (Paloneva, 1994).

Muita erikoisnäppäimistöjä on esimerkiksi näkövammaisille kehitetty suurinäppäimiset näppäimistöt. Näppäimistöt soveltuvat esimerkiksi liikuntavammaiselle, jolla on vaikeuksia liikkeidensä tarkassa kohdistamisessa. Erilaisia supistettuja näppäimistöjä käytetään henkilöillä, joilla on esimerkiksi normaalia suppeammat yläraajojen liikelaajuudet tai lihasrappeumasta johtuvaa käsien lihasheikkous. Esimerkiksi supistetussa USB Mini –näppäimistössä, joka on kuvassa 9, on kalvonäppäimistö, äänipalaute sekä hiiriohjaus. Äänipalaute on tärkeä näppäimistön ominaisuus henkilölle, jolla on tuntopuutoksia sormissaan (Holmberg, 2003).



Kuva 9: USB Mini –näppäimistö (Comb-Aid Oy, 2006).

Erilaisten näppäimistöjen lisäksi on kehitetty lisälaitteita, joiden avulla pystytään ohjaamaan tietokonetta. Tämänlaisia laitteita ovat esimerkiksi kosketuslevy (concept keyboard), älynäppäimistö sekä askeltava näppäimistö (scanning keyboard). Askeltava näppäimistö on levymäinen lisälaitte, johon ohjelmoidaan halutut merkit esimerkiksi perusnäppäimistön kirjaimet. Laite sijoitetaan usein näytön viereen pystysuoraan asentoon (Paloneva, 1994).

Näppäimistöjä on mahdollista käyttää *automaattiaskelluksella* sekä joitakin myös *manuaalisella askelluksella*. Automaattisessa askelluksessa valo, osoitin, nuoli tai jokin muu vastaava liikkuu ja valinta tapahtuu pysäyttämällä kohdistimen haluttuun kohtaan jonkinlaisella ohjaimella (Tetzchner & Martinsenin, 2000). Askeltavassa näppäimistöissä merkin valinta tapahtuu kytkimen tai jonkin muun ohjaimen avulla. Joissakin näppäimistöissä on mahdollisuus myös säätää askellusnopeutta. Manuaalisessa askelluksessa ohjaukseen tarvitaan vähintään kaksi ohjainta. Yhdellä tai useammalla ohjaimella liikutetaan osoitinta, valoa, nuolta tai jotakin muuta vastaa ja toisella ohjaimella tehdään valinta (Tetzchner & Martinsenin, 2000).

Askeltavaa näppäimistöä käytetään erilaisten ohjainten avulla toisin kuin kosketuslevyä. Kosketuslevy on ohjelmoitava levymäinen kytkinlaite (Paloneva, 1994), jota käytetään suoralla valinnalla. Levyn pinta muodostuu ohjelmoitavista alueista, joihin ohjelmoidaan erilaisia tietokoneelle annettavia käskyjä. Kosketuslevymallista riippuen levyn pinta pystytään jakamaan esimerkiksi sataan eri osaan tai se voi toimia

yhtenä isona painikkeena. Kosketuslevyn päälle asetetaan alustalomake (overlay), johon on merkitty kosketuslevyyn ohjelmoidut alueet. Alueiden merkinä käytetään esimerkiksi kirjaimia, kuvia sekä esineitä. Älynäppäimistöt toimivat kosketuslevyn tapaan. Ne eroavat kosketuslevystä siinä, että ne tunnistavat niiden päälle asetetun alustalomakkeen, jonka mukaan laite valitsee valmiin toimintaohjelmoinnin.

Fyysisten erikoisnäppäimistöjen lisäksi on kehitetty erilaisia ruutunäppäimistöjä. Ruutunäppäimistö on sovellus, jolla pystytään näppäimistön toiminnat siirtämään näyttöruudulle. Ruutunäppäimistö voi esimerkiksi muistuttaa fyysistä perusnäppäimistöä kuten kuvassa 10 oleva näppäimistö tai poiketa siitä täysin. Joidenkin sovelluksien ominaisuuksiin kuuluu esimerkiksi näppäinten ulkonäön muokkaus, automaattinen askellus sekä sananennustus. Joissakin sovelluksissa on mahdollista käyttää näppäimistömerkeissä kuvia sekä graafisia merkkejä. Ruutunäppäimistöä käytetään erilaisilla ohjaimilla, joita tarkastelen seuraavaksi.



Kuva 10: Click-N-Type –ruutunäppäimistöohjelma, jonka näppäimistön oikealla puolen on sananennustussarake (Papunet, 2006).

Kuluttajamarkkinoilla on erilaisia ohjaimia, jotka helpottavat liikuntavammaisen tietokoneen käyttöä. Näihin ohjaimiin kuuluu ulkoiset hiiret, joita on esimerkiksi pienistä, lapsen käteen suunnitelluista aikuisten käteen suunniteltuihin, langattomia,



kahdella tai useammalla painikkeella olevia sekä pallohiiriä (joyball). Kuluttajamarkkinoilla olevien pallohiirien lisäksi on kehitetty pallohiiriä, jotka on tarkoitettu erityisesti liikuntavammaisille. Pallohiiressä pallo sijaitsee joko hiiren sivulla tai päällä, kuten kuvassa 11 olevassa BIGtrack -pallohiiressä. Pallohiirien pallojen koko vaihtelee muutamasta senttimetristä noin 10 senttimetriin. Hiirien painikkeita on erilaisen muotoisia, kokoisia, värisiä ja ne voivat sijata eri kohdissa hiirtä. Joissakin hiirissä on mahdollista säätää liikeherkkyyttä sekä muuttaa painikkeiden toimintoja (Holmberg, 2003).



Kuva 11: BIGtrack –pallohiiri (Comp-Aid Oy, 2006).

Kohdistimen ohjaukseen on kehitetty myös esimerkiksi ulkoisia kosketuslevyhiiriä, päähiiriä sekä ohjaussauvanmallisia. Ohjaussauvanmallisia ohjaimia ovat esimerkiksi ohjauskahvat (joystick), joiden otinosia on kehitetty erilaisia kuten esimerkiksi T ja I –mallisia, leukakuppeja, kartiokahvoja sekä palloja. Kuvassa 12 on esimerkiksi Point-It! mini –ohjauskahva sekä siihen sopivia otinosia.



Kuva 12: Point-It! min –ohjaussauva ja vaihtoehtoisia ohjaussauvan otinosia (Comp-Aid Oy, 2006).

Osoitinta pystyy myös ohjaamaan laitteilla, jotka tunnistavat pään- ja silmäliikkeitä sekä mielentilamuutoksia. Kohdistinta ohjattaessa mielentilamuutosten avulla käytetään ohjainlaitetta, joka on esimerkiksi yhteydessä otsapantaan, jossa olevat tunnistimet tunnistavat aivojen lähettämiä impulsseja (Holmberg, 2003). Silmän- ja päänliikkeitä tunnistavista apuvälinelaitteita käsittelem tarkemmin luvussa 5.

Hiiren ja näppäimistön toimintoja pystytään emuloimaan erilaisilla kytkimillä. Kytkinten kanssa on mahdollista käyttää muitakin ohjaimia, kuten päänliikkeitä tunnistavaa laitetta parantamaan tietokoneen käyttöä. Kytkinten etuna on, että ne mahdollistavat tietokoneen ohjaamisen hyvinkin pienillä tahdonalaisilla liikkeillä. Kytkimiä on kehitetty erilaisilla kehon osilla käytettäväksi esimerkiksi päällä, jalalla sekä polvella. Kytkimiä on mahdollista aktivoida erilaisilla tavoilla kuten esimerkiksi puristamalla, painamalla, kallistamalla, äänellä, varjolla, silmää räpäyttämällä, imemällä tai puhaltamalla. Kuvassa 13 on esitetty eräs kytkin, joka toimii sekä imu- että puhalluskytkimenä.



Kuva 13: PikoBlow- imu/puhalluskytkin (Comp-Aid Oy, 2006).

Aktivointikohtaa sekä aktivoitumiseen edellytettävää voimaa tai liikelaajuutta on joissakin malleissa mahdollista säätää. Aktivointi on mahdollista esimerkiksi mistä tahansa osasta kytkintä, kytkimen keskeltä tai reunalta. Palautetta kytkimen käytöstä on joissakin malleissa mahdollista saada esimerkiksi ääni- tai tuntopalautteena.

Kooltaan kytkimet ovat halkaisijaltaan yhdestä senttimetristä noin 15 senttimetriin (Holmberg, 2003). Kytkimiä on muodoltaan erilaisia, esimerkiksi pyöreitä, litteitä, neliöitä sekä taipuvavartisia. Kuvassa 14 on esitetty esimerkki pyöreänmuotoisista kytkimistä. Kytkimiä on mahdollista käyttää erilaisten apuvälineiden kanssa, kuten esimerkiksi suu- tai otsatikkujen kanssa.



Kuva 14: Big Buddy –kytkimet (Comp-Aid Oy, 2006).

Kytkimet voidaan jakaa yksitoimisiin, kaksi- ja monitoimisiin. Yksitoimisia on mahdollista käyttää yhtä aikaa useita rinnakkain, esimerkiksi neljällä kytkimellä pystytään emuloimaan näppäimistön nuolinäppäintoimintoja. Kaksi- ja monitoimisissa

kytkimissä on mahdollisuus liittää yhteen kytkimeen useampi toiminto. Seuraavassa kohdassa esittelen tietokonetta kognitiivisesti vammaisten apuvälineenä.

### **3.5 Tietokone kognitiivisesti vammaisten apuvälineenä**

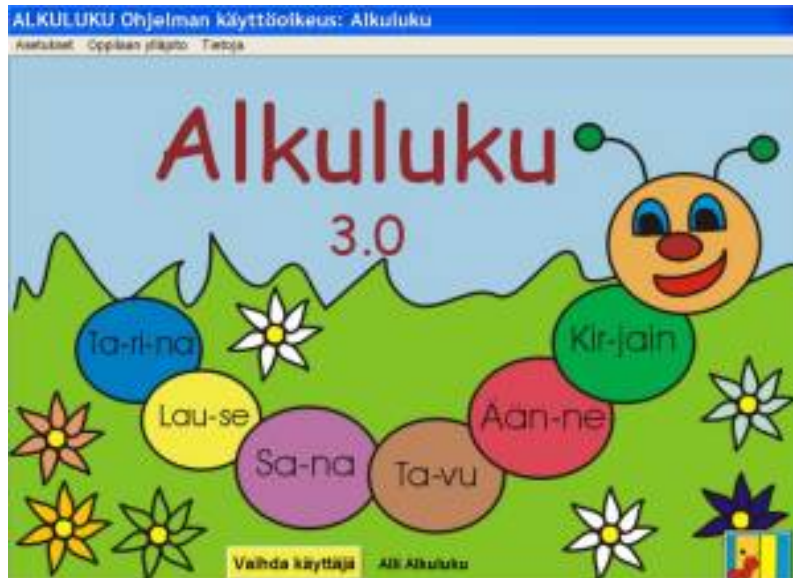
Kognitiiviset häiriöt vaikeuttavat hyvinkin monien asioiden suorittamista. Yksi vaikeuksia aiheuttava osa-alue on kielelliset häiriöt, joihin kuuluu muun muassa kirjoittamisen ja lukemisen häiriöt.

Oikeinkirjoitustoimintonsa avulla perustietokoneen tekstinkäsittelyohjelma toimii apuvälineenä lukemisessa ja kirjoittamisessa. Oikeinkirjoitus huomaa virheellisesti kirjoitetut sanat ja ehdottaa niille oikeaa kirjoitusmuotoa. Joillakin henkilöillä on vaikeuksia pystyä tarkastamaan sanoja pelkän visuaalisen tuen varassa. Oikeinkirjoittamista on mahdollista tukea puhesynteesin ja oikoluvun yhteiskäytön kanssa. Kirjoitusvirheiden paikantamisen helpottamiseksi on mahdollista käyttää tekstinkäsittelysovelluksen tavutustuen kanssa puhesynteesiä (Holmberg, 2003).

Erityisesti vammaisille kehitettyjä sovelluksia, joita pystytään käyttämään tekstin kirjoittamisen ja lukemisen tukemiseen on esimerkiksi sananennustus- ja kommunikointisovellukset. Kommunikointisovellus toimii esimerkiksi aluksi kuvakommunikoinnin apuvälineenä ja myöhemmin kirjoitustaidon edistyessä kirjoittamisen apuvälineenä.

Lukemis- ja kirjoittamisvalmiuksia tukevia luki-sovelluksia on kehitetty useita kuten esimerkiksi ”Aleksis I” sekä ”Ludwig lukee ja kirjoittaa” (Papunet, 2006). Sovelluksissa esimerkiksi harjoitellaan äänneitä, kokoamaan sanoja tavuista, kirjoittamaan sanoja, rakentamaan sanoista lauseita ja lauseiden ymmärtämistä. Lukiohjelmat ovat laajuudeltaan ja mahdollisuuksiltaan erilaisia. Osa niistä perustuu kokosanalukemiseen kuten esimerkiksi Sanaleikki (Papunet, 2006). Jotkut sovellukset perustuvat äänneen ja kirjaimen vastaavuuden oppimisen kautta tavujen ja sanojen lukemiseen. Kuvassa 15 on esitetty tämänlainen sovellus, Alkuluku (Papunet, 2006). Joitakin lukisovelluksia on suunniteltu myös tarkkaavaisuuden ylläpitämisen tukemiseen (Strandén, 1997). Sovellukset voivat olla esimerkiksi yksinkertaisia ja jäsenneltyjä

sekä jotkut hyvinkin viihteellisiä. Viihteellisyydellä pyritään säilyttämään motivaatio sovelluksen käyttämiseen. Avaruusolioiden ampumista on esimerkiksi käytetty motivaation ylläpitämiseksi.



Kuva 15: Alkuluku –sovellus (Papunet, 2006).

Sovelluksia on kehitetty myös monenlaisten muiden asioiden harjoitteluun kuten esimerkiksi käsitteiden, valintojen, syy-seurausten, visuaalisen- sekä auditiivisen hahmottamisen harjoitteluun. Käsitteitä harjoittavia sovelluksia on esimerkiksi Vastakohtia sekä Ulkoleikki (Papunet, 2006). Vastakohtia -sovelluksessa on ominaisuutena virhepalautteen sekä äänen päälle ja pois valinnat, erilaisia osoitinvaihtoehtoja, painikeohjaus mahdollisuus sekä painikkeita käytettäessä askellusnopeuden valinta. Ulkoleikki -sovelluksessa on esimerkiksi mahdollisuus tulostaa tuotettu kuva. Valintoja ja syy-seurausten harjoittamiseen on kehitetty esimerkiksi Abrakadabra sekä Ankanpoika (Papunet, 2006). Abrakadabra -sovelluksessa on ominaisuutena esimerkiksi painike- ja hiiriohjaus mahdollisuus, taustamusiikin ja painalluksien äänten valinta sekä näytettävän kuvan koko. Ankanpoika –sovelluksessa on ominaisuutena esimerkiksi kuvan väritystapa, kuten esimerkiksi automaattisesti värittyvä kuva tai itse väritettävä kuva. Visuaalista- sekä auditiivista hahmottamisen harjoitteluun on kehitetty esimerkiksi Audilex (ver 2.0) sekä Palapeli (Papunet, 2006). Palapeli –sovelluksessa on ominaisuutena esimerkiksi palojen määrää valinta,

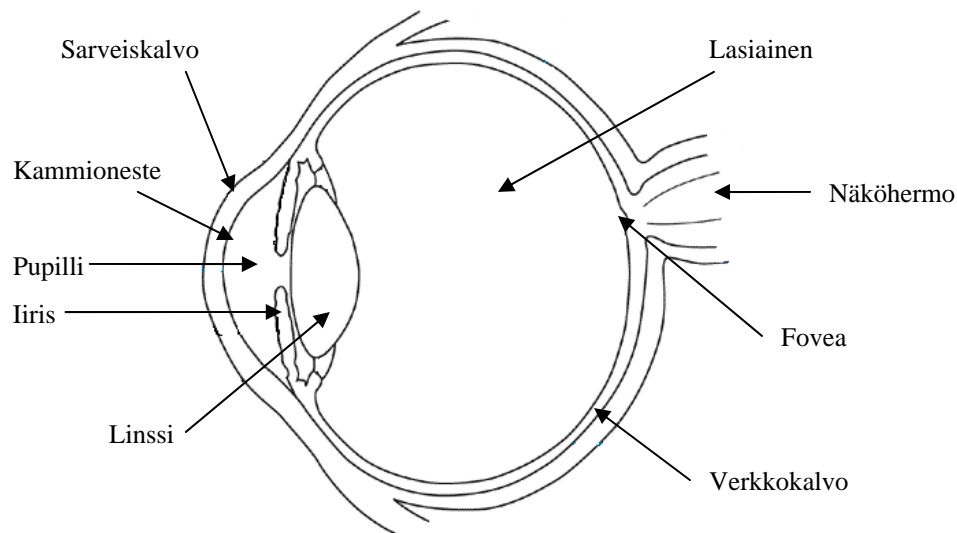
hiirisoittimen suurennus sekä automaattikliikkaus vaihtoehto. Audilex –sovelluksessa on ominaisuutena esimerkiksi äänen pituus ja soittosarjan nopeus sekä käytettävän soittimen valinta.

Syy-seuraussuhteiden ymmärtämisen vaikeus voi haitata hiiren ja näytön yhteyden ymmärtämistä. Tätä on mahdollista helpottaa esimerkiksi korvaamalla hiiri kosketusnäytöllä. Esimerkiksi lapselle suora valinta tietokoneen ruudulta on helpompi ymmärtää kuin hiiren ja näytön syy-seuraussuhde (Holmberg, 2003). Seuraavassa luvussa esittelen silmän rakennetta ja silmän liikkeitä sekä silmänliikkeiden mittaus-tekniikoita.

## 4 Silmän rakenne ja liikkeet sekä silmänliikkeiden mittaustekniikat

Ihminen havaitsee maailmaa aistiensa avulla ja yksin näistä aisteista on näköaisti. Silmät toimivat valosta muodostuvan tiedon välittäjinä aivoille. Aivoissa tapahtuvan tiedon käsittely on kognitiivinen prosessi, jossa välitetty tieto aisteilta tulkitaan ihmisen ymmärtämään muotoon. Nämä aivoissa tapahtuvat kognitiiviset prosessit ovat monimutkaisia tapahtumasarjoja, joita en käsittele tässä tutkielmassani.

Silmänliikkeiden mittaustekniikoita on kehitetty useampia. Näistä tekniikoista esittelen kaksi erilaista, joita on hyödynnetty vammaisille kehitetyissä apuvälisovelluksissa. Ensimmäinen näistä tekniikoista on videokuvan analysointiin perustuva tekniikka (VOG, Video-Oculography) ja toinen on elektrodien avulla silmän liikkeitä (EOG, Electro-Oculography) mittaava tekniikka. Seuraavassa kohdassa käsittelem kuvan 16 esittämällä yleisellä tasolla silmän rakennetta sekä näkökentän laajuutta.



Kuva 16: Silmän rakenne.

## 4.1 Silmän rakenne ja näkökentän laajuus

Silmän uloin kerros on *kovakalvo* (sclera), joka muuttuu silmän etuosassa *sarveiskalvoksi* (cornea). Sarveiskalvon tehtävänä on taittaa valoa ja suojata silmää. Valon läpäistessä sarveiskalvon se kulkeutuu *kammionesteen* (aqueous humor) läpi kohti *mustuaisaukkoa* eli *pupillia* (pupil). Kammionesteen tehtävänä on välittää happea ja ravinteita niille silmän osille, joille ei johda verisuonia. Pupilli on silmän keskikerroksessa, *suonikalvovostossa* (chorioidea), oleva reikä. Tätä reikää ympäröi *värikalvo* eli *iiris* (iris), jonka tehtävänä on säädellä silmään pääsevän valon määrää.

Valon kulkeutuessa pupillin lävitse se osuu värikalvon takan olevaan *linssiin* (lens) eli *mykiöön*. Mykiö on kaksoiskupera linssi, joka pystyy muuttamaan muotoaan ja taittovoimaansa. Mykiön tehtävänä on taittaa pupillin läpi tuleva valo, niin että se kohdistuu *verkkokalvon* (retina) keskellä olevaan tarkan näön alueelle eli *foveaan* (fovea). Fovea pinta-ala on noin  $1,8 \text{ mm}^2$  ja se on halkaisijaltaan noin 1,5 mm kokoinen alue. Fovean alueella on ainoastaan *tappisoluja*. Mykiön ja verkkokalvon välisen tilan täyttää *lasiainen* (vitreous humor). Lasiainen on hyytelömäistä läpinäkyvää ainetta, jota ympäröi ohut kalvo. Lasiainen kiinnittyy kalvossa olevien kiinnikkeiden avulla verkkokalvoon.

Verkkokalvo on silmän sisimmäinen kerros, joka peittää silmän takaosan kaikkialta muualta paitsi *näköhermon* kohdalta. Verkkokalvossa on kahdenlaisia soluja *hermosoluja* ja *aistinsoluja*. Aistinsoluja on kahdenlaisia, sauva- ja tappisoluja, jotka ovat erikoistuneet toimimaan erilaisissa valo-olosuhteissa. *Sauvasolut* (rods) toimivat vähäisessä valaistuksessa sekä erottavat valon eri kontrasteja. *Tappisolut* (cones) toimivat ns. normaalissa ja sitä paremmassa valaistuksessa sekä reagoivat eri väreihin. Aistinsoluissa tapahtuva valon ärsytys siirtyy hermosolujen muodostamia *hermosäikeitä* pitkin näköhermoon. Kohdassa, jossa näköhermo lähteen aivoihin ei ole aistinsoluja. Tätä kohtaa kutsutaan *sokeaksi pisteeksi* (blind spot). Sokean pisteen alue *näkökentässä* on hyvin pieni. Aivot korjaavat näkökentästä puuttuvan alueen, jolloin näkökenttä vaikuttaa ihmisestä kokonaisuutena.



Näkökentällä tarkoitetaan sitä kokonaisaluetta, jonka silmä pystyy keralla näkemään. Ihmisen näkökenttä on muodoltaan ellipsimäinen, jonka laajuus kummallekin sivulle silmänkeskilinjasta on noin 90° astetta. Ylöspäin ihminen pystyy näkemään noin 60° ja alaspäin noin 70° silmän keskilinjasta. Ihmisen värinäön kenttä on koko näkökenttää suppeampi, se rajoittuu noin 60° silmän keskilinjasta sivuille. Näkökentän keskelle sijoittuva fovean alue on tarkan värinäkemisen alue (visual acuity), joka on vain noin peukalon kynnen kokoinen alue, kun käsi on suoristettuna. Tarkka näkeminen edellyttää, että ihminen kohdistaa katseensa niin, että tarkan näön alue osuu halutulle alueelle. Näitä silmänliikkeitä tarkastelen tarkemmin seuraavaksi.

## 4.2 Silmän liikkeet

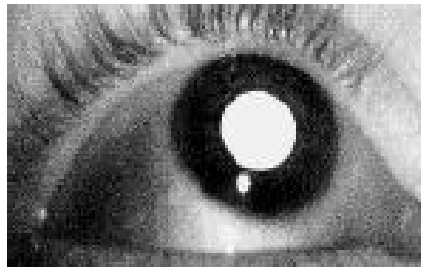
Fovean alueen kohdistaminen haluttuun kohtaan tapahtuu erittäin nopealla nytkähtävällä liikkeellä, jota kutsutaan *sakkadiksi* (saccade). Liike kestää keskimäärin 30 – 120 ms, jonka aikana silmä kääntyy 1-40 ° edellisestä asennostaan. Sakkadin aikana silmä ei välitä verkkokalvolle tulevaa tietoa, koska se aiheuttaisi kuvan vilisemisen silmissä –tunteen. Liikkeen pysähtymistä kutsutaan *fiksaatioksi* (fixation). Fiksaation aikana silmä tekee pieniä *mikrosakkadeja*. Silmän aistinsolut aistivat vain tapahtuneita muutoksia, jonka takia niitä on mikrosakkadien avulla ärsyttävä fiksaation aikana (Duchowski, 2003). Tämä tarkoittaa että, jos aistinsoluja ei ärsytettäisi, niin verkkokalvolle heijastuva kuva häviäisi näkökentästä.

Ihmisen katsomiseen käyttämä aika jakaantuu noin 90 % fiksaatioihin ja 10 % sakkadeihin ja silmänräpäytyksiin. Silmänliikkeitä on sekä tahdonalaisia että tahdottomia. Tavallisesti ihmisen ei tarvitse keskittyä ajattelemaan silmän liikkeitä, koska ne ovat enemmän tai vähemmän automaattisia. Ihminen pystyy tarvittaessa kontrolloimaan tahdonalaisesti katseensa kohdistamisen. Katseen kohdistaminen ei välttämättä kerro mihin ihmisen huomio on kohdentunut, kuten esimerkiksi kohdistamme katsemme johonkin esineeseen, vaikka ajatuksemme ovat toisessa asiassa (Majaranta & Rähä, 2002).

### 4.3 Videokuvan analysointiin perustuva tekniikka

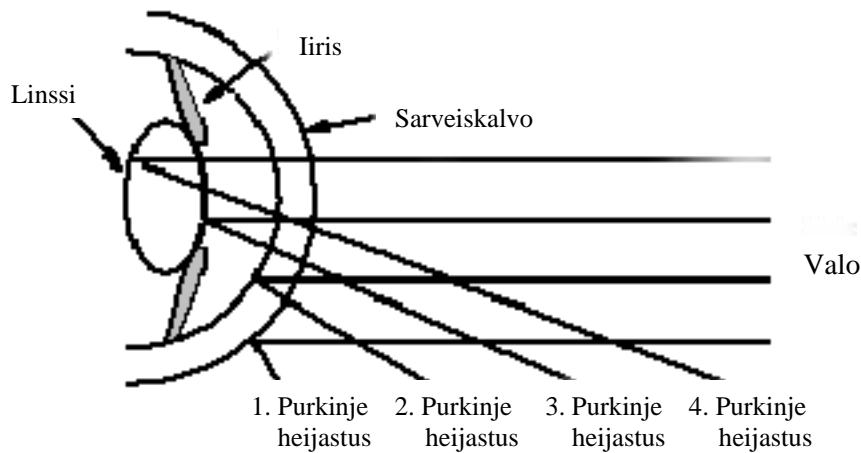
Videokuvan analysointiin perustuvassa tekniikassa (VOG, Video-Oculography) analysoidaan silmän ja kasvojen videokuvaa. Silmänliikkeen analysointisovellus tunnistaa ihmisen pään ja silmät videokuvasta. Analysointisovellus laskee näiden tietojen perusteella kohdan, johon videokuvassa oleva henkilö katsoo. Jotkut sovellukset eivät tunnista videokuvasta päätä, jolloin pään asento on mahdollista mitata käyttämällä esimerkiksi magneettista pääpantaa.

Silmän erottumista videokuvasta on mahdollista parantaa infrapuna –tekniikalla (IROG, Infrared Oculography). Tämän tekniikan etuna on se, että ihminen ei pysty havaitsemaan infrapunavaloa, jolloin valon osuminen silmään ei aiheuta häikäistymistä (Duchowski, 2003). Infrapunavalo heijastuu sarveiskalvon pinnasta, jolloin se näkyy videokameran kuvassa kirkkaana pisteenä. Kuvassa 17 näkyy infrapunavaloheijaste kirkkaana pieneä pisteenä pupillin alapuolella.



Kuva 17: Infrapunaheijastus verkkokalvolta kirkas pupilli tekniikassa (Duchowski, 2003).

Infrapunavalo heijastuu takaisin muistakin silmän osista. Näitä heijastuksia kutsutaan Purkinje –heijastuksiksi. Purkinje –heijastuksia on neljä erilaista, joista ensimmäinen heijastuu sarveiskalvon ulkopinnasta ja toinen sen sisäpinnalta. Kolmas heijastus tulee linssin ulkopinnalta ja neljäs sen takapinnasta. Kuvassa 18 on esitetty Purkinje –heijastukset silmän eri rakenteista.



Kuva 18: Purkinje –heijastukset (Glenstrup & Engell-Nielsen, 1995).

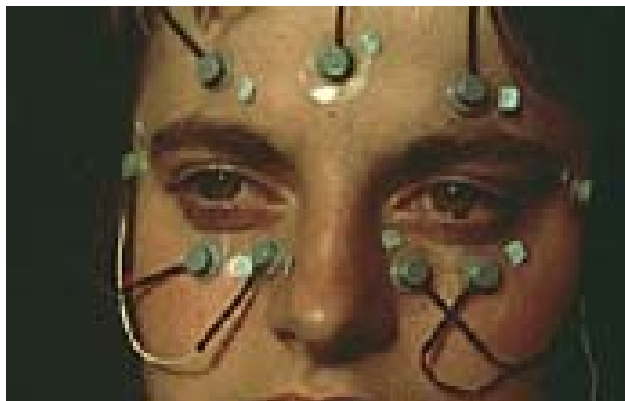
Purkinje -heijastuksia käytetään hyväksi kahdessa eri tekniikassa, tumma pupilli- ja kirkas pupilli -tekniikoissa. Kirkas pupilli (bright pupil) -tekniikassa Purkinje -heijastuksien lisäksi videokuvassa näkyy verkkokalvoheijaste. Tämä näkyy videokuvassa pupillin kirkkaana loistamisena. Verkkokalvoheijaste saadaan aikaiseksi sijoittamalla infrapunavalon lähde tarpeeksi lähelle silmää kuvaavaa videokameraa. Tumma pupilli (dark pupil) tekniikassa ei verkkokalvoheijastetta näy. Tässä tekniikassa infrapunälähde sijoitetaan riittävän kauaksi videokamerasta, jolloin videokuvassa näkyy vain Purkinje -heijasteet. Useissa VOG-sovelluksissa käytetään molempia tekniikoita.

Videopohjaiset silmänliikkeitä seuraavat laitteet voidaan jakaa kahteen luokkaa, päähän kiinnitettäviin (head mounted) ja etäseuraimiin (remote tracker). Etäseuraimet voidaan jakaa vielä pöytään kiinnitettäviin (table mounted) ja integroituihin (integrated). Etäseurainten hyvänä ominaisuutena on niiden käyttömukavuus käyttäjän kannalta, verrattuna päähän kiinnitettäviin seuraimiin. Etäseuraimet sallivat tavallisesti käyttäjän pään liikkumisen noin 30 cm suuruisen kuution alueella laitetta käytettäessä (Jacob & Karn, 2003). Ongelmana useimmissa etäseuraimissa on henkilön liikkuminen liikkumisvaran ulkopuolelle, jolloin laite ei pysty seuraamaan silmän liikkeitä, sekä ei toivotut lisäheijastukset. Lisäheijastuksia voi tulla esimerkiksi sarveiskalvon pinnasta, silmäluomen rajapinnasta tai silmälasien sangasta.

Päähän kiinnitettävien laitteiden hyvänä puolena on, että ne sallivat paljon suuremman liikkumismahdollisuuden kuin etäseuraimet. Laitteet mahdollistavat käyttäjän liikkumisen ja kävelemisen. Näiden laitteiden haittapuolena on, että ne voivat aiheuttaa käyttäjälle epämukavuutta päässä olevien laitteen osien takia.

#### 4.4 Elektrodimittauksen perustuva tekniikka

Elektrodimittauksen perustuvassa tekniikassa mitataan silmän ympärille kiinnitetyillä elektrodeilla silmämunan aikaansaamia *potentiaaalteroja* eli jännitemuutoksia. Kuten kuvassa 19 on esimerkiksi esitetty. Mitattujen potentiaaalterojen avulla lasketaan silmän asento suhteessa päähän. Kun tähän tietoon yhdistetään vielä tieto pään asennosta, niin pystytään laskemaan katseen paikka (Duchowski, 2003). Tämän tekniikan etuja on se, että sitä on mahdollista käyttää huonossakin valaistuksessa, jopa pimeässä. Tekniikan huonona puolena ovat päähän kiinnitettävät elektrodit, jotka voivat häiritä laitteen käyttäjää. Seuraavassa luvussa esittelen joitakin apuvälinejärjestelmiä, joissa on hyödynnetty tässä luvussa esitettyjä tekniikoita.



Kuva 19: Esimerkki silmänliikkeiden mittauksesta elektrodimittauksen perustuvalla tekniikalla MetroVisionilla (Duchowski, 2003)

## 5 Silmänliikkeitä tunnistavat apuvälinejärjestelmät

Silmänliikkeitä hyödyntäviä apuvälinejärjestelmiä on kehitetty erilaisia. Näistä esitelen seuraavaksi neljä erilaista. Kolme ensimmäistä ERICA, Eyegaze sekä VisionKey hyödyntävät infrapunavalon heijastumista silmästä. Viimeinen järjestelmä, EagleEyes pohjautuu silmänliikkeiden mittaamiseen elektrodeilla.

### 5.1 ERICA -järjestelmä

Eye-gaze Response Interface Computer Aid eli ERICA on järjestelmä, joka on kehitetty korvaamaan hiiren toiminnot. Järjestelmään kuuluu tietokone sekä järjestelmälle kehitetty näyttö, johon on integroitu kamera. Kuvassa 20 on esitetty järjestelmän näyttö. ERICA -järjestelmä toimii myös tietokoneessa, johon on liitetty ulkoinen kamera ja asennettu ERICA -sovellus. ERICA:n avulla käyttäjä pystyy hallitsemaan tietokonetta, jossa on Windows- tai Macintosh -käyttöjärjestelmä (Erica augmentative communication aid, 2007).



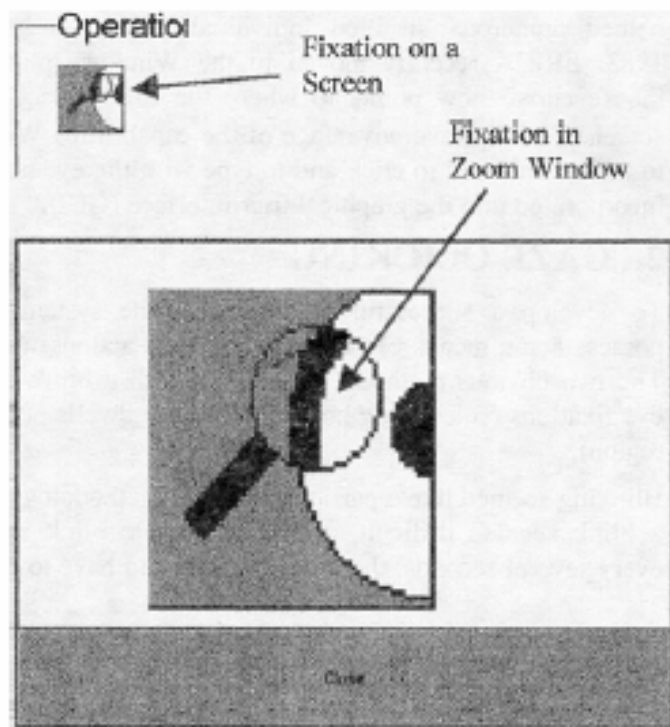
Kuva 20: ERICA –järjestelmän näyttö (Forbes Rehab Services, 2007).

Hiiren toimintojen suorittamiseen ERICA:ssa käytetään viipymisaikaa (dwell time). Viipymisajalla tarkoitetaan jatkuvan fiksaation kestoaikaa tiettyyn kohteeseen

(Majaranta & Rähkä, 2002). Järjestelmä seuraa käyttäjän silmän liikkeitä ja liikuttaa tämän mukaan hiirikohdistinta näyttöruudulla.

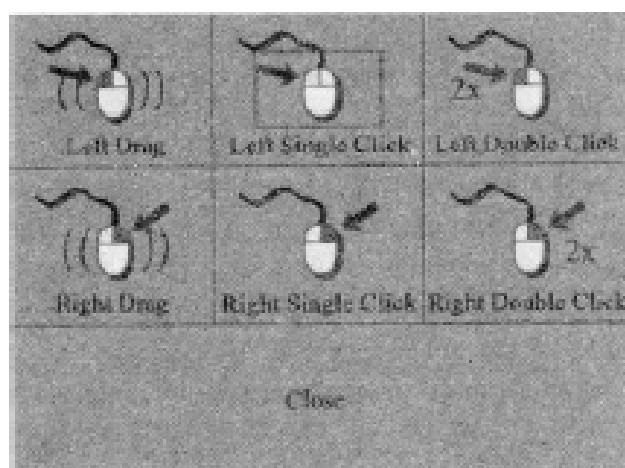
Käyttäjän halutessa suorittaa jonkin hiiren toiminnoista, hän pitää hiirikohdistimen paikallaan järjestelmään ennalta määritellyn ajan (Lankford, 2000). Kun aika on kulunut, näytölle ilmestyy punainen suorakulmio, jonka keskipiste on hiirikohdistimen kohdalla. Tämän jälkeen suorakulmio alkaa kutistua. Siirtämällä hiirikohdistinta näyttöruudulla, käyttäjä pystyy keskeyttämään kutistumisen ja näin aiotun hiiritoiminnon. Suorakulmion kutistuessa loppuun järjestelmä toteuttaa suurennustoiminnon (zooming feature), joka lisää tarkkuutta hiirikohdistimen käyttöön. Näyttöruudun keskikohdan lähelle ilmestyy ikkuna, jossa on ennalta määritellyn kokoinen alue näyttöruudusta suurennettuna hiirikohdistimen ympäriltä.

Suurennusikkunan (zoom window), kuten kuvassa 21, alareunassa on sulkemisnappi. Käyttäjä voi sulkea ikkunan kohdistamalla katseensa nappiin viipymisajan verran. Suurennusikkunassa käyttäjä kohdistaa katseensa siihen kohtaan, johon haluaa suorittaa jonkin hiiren toiminnoista.



Kuva 21: Suurennusikkuna (Lankford, 2000).

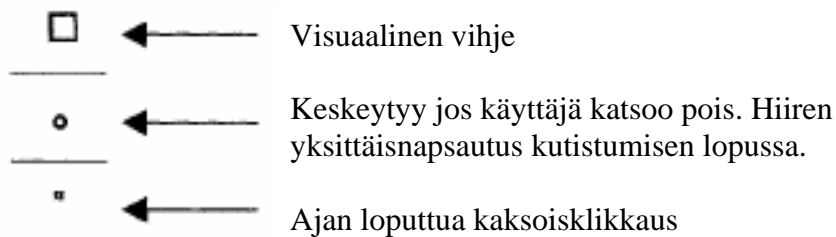
Katseen kohdistuskohtaan ilmestyy punainen suorakulmio, joka alkaa kutistua. Käyttäjän pitäessä katseensa samassa kohtaa suorakulmion kutistuminen loppuu ja näytölle ilmestyy ikkuna. Ikkunassa on kuusi nappia, jotka kuvaavat hiiren eri toimintoja. Kuvassa 22 on esitetty ERICAN hiiritoimintojen ikkuna. Nämä toiminnot on vasemman hiiren painikkeen yksittäis- ja kaksoisnapautus sekä raahaus. Samat toiminnot ovat myös oikean hiiren painikkeelle. Käyttäjä valitsee haluamansa hiiren toiminnon kohdistamalla katseensa haluttuun nappiin. Punainen suorakulmion ilmestyminen nappiin ilmoittaa napin valinnasta. Napin toiminto suoritetaan, kun suorakulmio on kutistunut loppuun asti. Raahaustoiminto saadaan loppumaan kun käyttäjä valitsee jonkin muun hiiren toimintonäppäimen, jonka jälkeen valittu toiminto suoritetaan. Hiiren raahaustoiminto on mahdollista lopettaa myös valitsemalla uudelleen raahaustoimintonappi.



Kuva 22: Hiiritoiminnot (Lankford, 2000).

Hiiren toiminto on mahdollista määrittellä järjestelmässä myös niin, että hiiren toimintoikkuna ohitetaan. Tällöin suurennusikkunassa tapahtuvan katseen kohdistamisen jälkeen ei avata toimintoikkunaa, vaan suoritetaan suoraan järjestelmään esimääriteltä hiirenklikkaus. Tämänlaista määrittelyä käytetään esimerkiksi, kun käyttäjä tietää että hän ei tarvitse kuin hiiren vasemman napin yksittäistä klikkausta. Tällä määrittelyllä saadaan joustavuutta järjestelmän käyttöön.

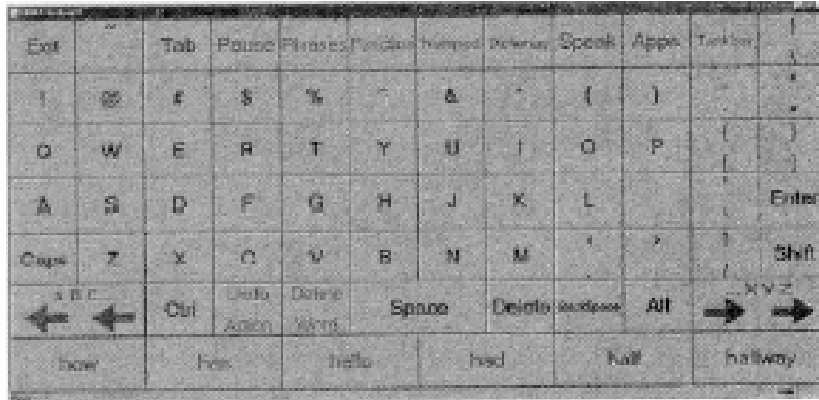
On myös mahdollista käyttää viipymisaikaa määrittämään erilaisia hiiren toimintoja, kuten esimerkiksi yksittäis- ja kaksoisnapautuksen. Viipymisaikaa käytettäessä suurennusikkunaan ilmestyy punainen suorakulmio kun katse on kohdistettuna tiettyyn kohtaan. Puolesta välin kutistumistaan suorakulmion väri muuttuu siniseksi. Käyttäjällä on tässä vaiheessa mahdollisuus peruuttaa hiiren klikkaus. Suorakulmion kutistuessa loppuun asti ja järjestelmä suorittaa yksittäishiiren klikkauksen. Jos käyttäjä pitää katseensa edelleen paikallaan ennalta määritellyn ajan suorakulmio muuttuu vihreäksi ja järjestelmä suorittaa hiiren kaksoisklikkauksen. Kuvassa 23 on esitetty suorakulmion eri kutistumisvaiheet.



Kuva 23: Kutistumisvaiheet (Lankford, 2000).

Edellä kuvatut toimintojen fixaatioaikaa on ERICA -järjestelmässä mahdollista määrittää sopivaksi eri käyttäjien taitotasolle, samoin kuin suurennusikkunan kokoa. ERICA -järjestelmälle suunniteltuja sovelluksia on esimerkiksi kuvassa 24 oleva Visual Keyboard -näyttönäppäimistö. Visual Keyboard toimii muiden, kuten esimerkiksi taulukko-, tekstinkäsittely- sekä sähköpostisovellusten kanssa.



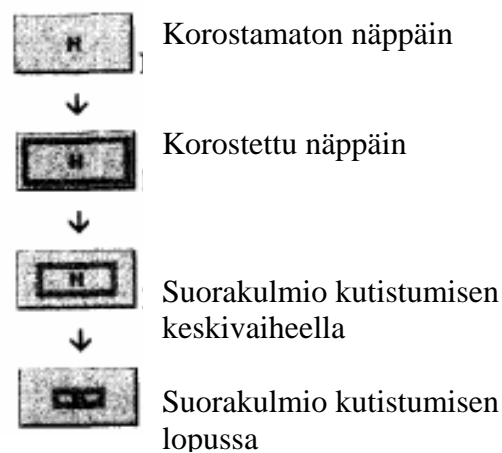


Kuva 24: Visual Keyboard (Lankford,2000)

Näyttönäppäimistön alareunassa näkyy sovellukseen kuuluvan sanakirjan ehdottamia sanoja, sitä mukaa kun käyttäjä kirjoittaa. Sanat ovat järjestetty aakkosjärjestykseen ja niiden käyttötiheyden mukaan. Käytetyimmät sana ovat listan ylimpänä ja ne erottuva muista sanoista kirkkaan värisenä. Näyttönäppäimistössä on kolmen tyyppiä näppäimiä, kirjain-, sana- sekä komentonäppäimiä. Kirjainnäppäimet edustavat fyysisen näppäimistön kirjainnäppäimiä. Sananäppäimillä pystyy tuottamaan yhdellä kertaa esimerkiksi useita peräkkäisiä sanoja. Komentonäppäinten avulla on mahdollista antaa erilaisia toimintokäskejä kuten esimerkiksi käynnistää tietty sovellus.

Näppäimistöön sisältyvän sanakirjan toimintoihin kuuluu esimerkiksi sananhaku hiirellä klikatusta sanasta. Sanakirja sisältää sanojen lisäksi kokonaisia fraaseja sekä aakkosnumeerisia merkkejä. Sanakirjan ominaisuuksiin kuuluu, esimerkiksi toistuvasti kirjoitettujen sanojen tallettaminen sanakirjaan sekä sisällön muuntuvuus eri sovellukset kanssa toimiessa. Esimerkiksi, kun käyttäjä käyttää tekstinkäsittelyohjelmaa, näppäimistö on kirjainnäppäimistö ja sanakirja sisältää kielisanastoa. Näyttönäppäimistön ominaisuuksiin kuuluu esimerkiksi kieliopin tarkistustoiminto. Tarkistustoiminto poistaa automaattisesti minkä tahansa merkin, jos se rikkoo jotakin yleistä kieliopillista sääntöä kuten esimerkiksi pilkku keskellä sanaa. Näppäimistössä on erilaisia toimintoja, kuten esimerkiksi näppäimistön asetusten tallennus sekä ulkoasun muunneltavuus. Näppäimistön erilaiset asetukset on mahdollista tallettaa niin, että ne otetaan automaattisesti käyttöön tietyn sovelluksen kanssa. Ulkoasua on mahdollista muuttaa käyttäjälle sopivaksi, kuten esimerkiksi poistaa tai lisätä näppäimiä sekä muuttaa näppäinten viipymisaikaa.

Näppäimistöissä käytetään samaa kutistuvan suorakulmion merkkäus -tekniikkaa kuin mitä aikaisemmin esittelin tässä kohdassa. Kuvassa 25 on esitetty esimerkki miten merkintätapa toimii Visual Keyboard- näyttönäppäimistöllä. Näppäimistöön kuuluu lisäksi Digital Equipment Corporationin tekemä DecTalk –sovellus, joka tuottaa tekstistä puhetta. Sovelluksessa on valittavana yhdeksän erilaista puheääntä, lapsenäänestä vanhan miehen ääneen tai nuoren naisen äänestä vanhan naisen ääneen.



Kuva 25: Suorakulmion kutistuminen näppäimessä (Lankford, 2000).

Näppäimistön ominaisuuksiin kuuluu myös fraasitaulu. Taulu helpottaa toistuvien lauseiden ilmaisemista kuten, esimerkiksi pyyntö television äänen voimakkuuden suurentamiseksi. Taulun yksittäinen näppäin tuottaa tietyn lauseen, jonka järjestelmä muuntaa puheeksi.

## 5.2 Eyegaze –järjestelmä

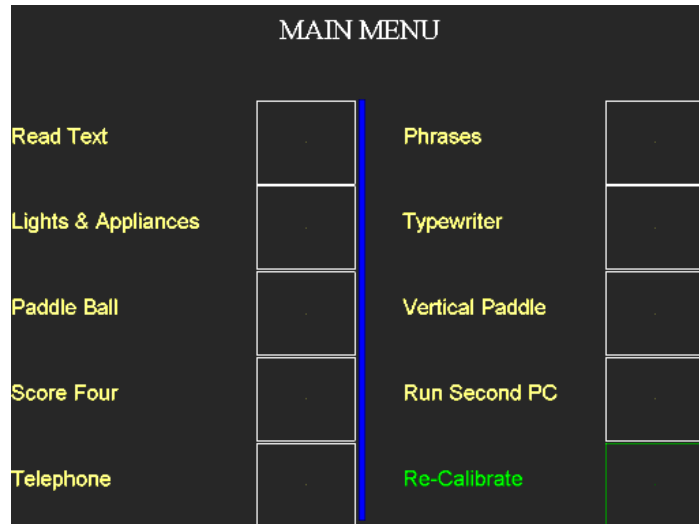
Eyegaze -järjestelmä on katseohjattava suoravalinta kommunikointi- ja ohjausjärjestelmä. Kuvassa 26 on esitetty Eyegaze järjestelmä, johon kuuluu kameralla varustettu näyttö sekä tietokone. Järjestelmän avulla käyttäjä pystyy hallitsemaan esimerkiksi perustietokonetta, ympäristöään sekä kommunikoimaan.

Järjestelmä jäljittää käyttäjä silmänliikkeitä ja osoittaa näyttöruudulla punaisella kursorilla käyttäjän katseen paikan. Näyttöruudulla esitettyjä avaimia (key) valitsemalla pystyy käyttäjä ohjaamaan järjestelmää. Näiden neliön muotoisen avainten aktivoituessaan, ne välähtävät värilliseksi tai jos avain on kolmiulotteinen, se muuttuu painetun napin näköiseksi. Näyttönäppäimissä on saatavana myös äänipalaute avaimen painalluksesta. Järjestelmän sekä siihen kehitettyjen sovelluksien ominaisuuksia on mahdollista määritellä. Näitä on esimerkiksi avainten viipymisajan sekä tahattomien kaksoisnapsausten estämiseksi avainten painamisen viiveajan määrittäminen.



Kuva 26: Eyegaze –järjestelmä (LC Technologies inc., 2007).

Järjestelmä käynnistyessä sen näytölle tulee kuvassa 27 oleva päävalikko (Main Menu). Päävalikossa esitetään ne sovellukset, joita järjestelmän käyttäjän on mahdollista käyttää. Käyttäjä valitsee listasta haluamansa sovelluksen, valitsemalla sen vieressä olevan avaimen (Cleveland, 1994).



Kuva 27: Eyegaze järjestelmän päävalikko (Cleveland, 1994)

Järjestelmälle on kehitetty sovelluksia erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten esimerkiksi kirjoittamiseen ja synteettisen puheen tuottamiseen, ympäristön- ja tietokoneen hallintaan sekä viihdykkeeksi. Viihdesovelluksia on kehitetty esimerkiksi piirtosovellus EyeDraw (Hornof & Cavender, 2005), Paddle games sekä Score Four.

Kirjoittamiseen on kehitetty Keyboard program -näytönäppäimistö. Kirjoitettu teksti ilmestyy näppäimistön yläpuolella olevaan näyttöruutuun. Teksti on mahdollista tulostaa tulostimelle, puhesyntetisaattorille tai tallentamaan tiedostoon.

Kommunikoinnin apuvälineiksi on lisäksi kehitetty kaksi sovellusta, Phrases program ja Speaking Dynamically Pro. Speaking Dynamically Pro on ikonipohjainen kommunikointi sovellus, joka on kehitetty erityisesti lasten ja nuorten aikuisten käyttöön. Phrases program -sovellukseen on mahdollista tallentaa 126 viestiä. Viesti tulostuu synteettisenä puheena, kun käyttäjä valitsee sitä edustavan avaimen.

Järjestelmään kehitetty Read Text program -sovelluksella on mahdollista lukea elektronisessa muodossa olevaa aineistoa kuten esimerkiksi kirjoja. Tietokonetta on mahdollista ohjata Computer Access Program -soveluksen avulla. Eyegaze -järjestelmä toimii näppäimistönä ja hiirenä toiselle tietokoneelle. Järjestelmän näppäimistöllä kirjoitettu teksti ilmestyy samanaikaisesti Eyegaze järjestelmän näytölle sekä sillä ohjattavan tietokoneen näytöllä aktiivisena olevaan sovellukseen. Valojen ja muiden

kodinlaitteiden hallintaan on kehitetty Lights and Appliances program -sovellus (LC Technologies, 2007).

### 5.3 VisonKey –järjestelmä

VisionKey on järjestelmä, johon kuuluu vakiomalliset silmälasikehykset, joihin on kiinnitetty pienois-LCD-näyttölaite ja silmänliikekamera. Näyttölaite jäljittää katseen paikan ja välittää tiedon järjestelmään kuuluvalle tietokoneohjausyksikölle (Control Unit). Näyttölaite on mahdollista sijoittaa vasemman tai oikean silmän eteen kuten kuvan 28 käyttäjällä.



Kuva 28: Kannettavaan tietokoneeseen kytketty VisionKey –järjestelmä (H.K. EyeCan Ltd., 2007).

Järjestelmässä on lisäominaisuutena puhesyntetisaattori, jolla käyttäjä pystyy tuottamaan kirjoittamansa tekstin puheeksi. VisionKey on mahdollista liittää tietokoneeseen, jolloin tietokonetta on mahdollista ohjata järjestelmän näytönäppäimistöltä. Järjestelmä pystyy käyttämään tietokoneeseen asennettua puhesyntetisaattoria, jolloin ei erillistä laitetta tarvita puheen tuottamiseen. Järjestelmässä on myös ympäristön kontrolli -yksikkö (H.K. EyeCan Ltd., 2007).

Järjestelmää ohjataan VisionKey:n näyttölaitteen näytöllä näkyvän ruudukkomuotoisen näyttönäppäimistön avulla. Yksittäinen ruutunäppäimistön ruutu sisältää neljä merkkiä, kuten kuvassa 29 olevassa näppäimistössä.

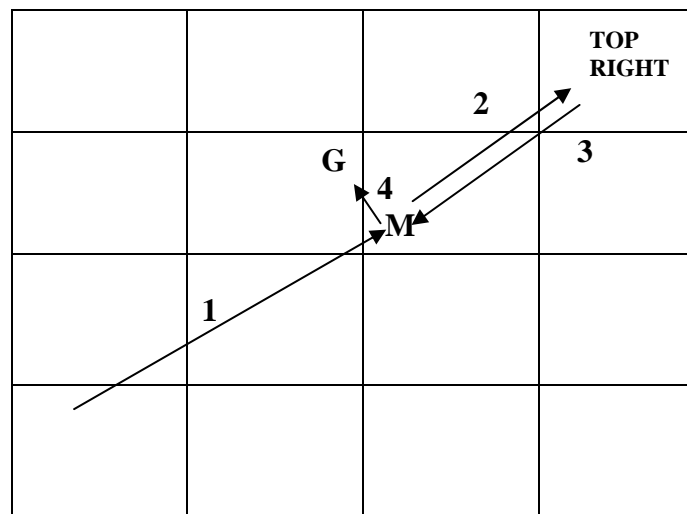
`	1	2	3	4	5	6
[	A	B	C	D	E	7
]	F	G	H	I	J	8
;	K	L	M	N	O	9
→	P	Q	R	S	T	0
,	U	V	W	X	Y	-
\	Z	,		.	/	=

Kuva 29: Basic ABC- ruudukko (Kahn & al., 1999).

Näyttönäppäimistöjä on valittavissa kolme erilaista. Word -näppäimistö, joka on lausenäppäimistö, kuvassa 28 oleva Basic ABC -näppäimistö, jossa on aakkosmerkit sekä isot kirjaimet sekä Advanced ABC -näppäimistö, jossa on isot- ja pienaakkosmerkit sekä tietokonehallintaan tarpeelliset merkit, kuten esimerkiksi F1 sekä Insert (H.K. EyeCan Ltd., 2007). Advanced ABC -näppäimistön avulla käyttäjä pystyy ohjaamaan hiiren kohdistinta kaikissa niissä sovelluksissa, joissa hiiren ohjaus on mahdollista toteuttaa näppäimistön nuolinäppäimillä (Kahn & al., 1999). VisionKey:n mallista riippuen merkin valinta tapahtuu erilaisilla menetelmillä. Mallissa VisionKey 5+ on valittavana suoravalinta- ja skannausmenetelmä. Malleissa VisionKey 6V ja 6H on mahdollista valita vertikaalinen tai horisontaalinen skannausmenetelmä.

Järjestelmän näyttö on “lepo ja aikomus” tilassa siihen asti kunnes käyttäjä aktivoi sen. Tässä tilassa käyttäjä pystyy katsomaan näyttöä ilman että näyttö reagoisi fik-

saatioihin. Suoran valinnan menetelmässä käyttäjä kohdistaa katseensa ensin ruudun kulmaan kuten kuvassa 30 ja tämän jälkeen ruudun keskelle aktivoidakseen näppäimistön (1). Tämän jälkeen käyttäjä osoittaa järjestelmälle merkin sijoittumispaikan yksittäisessä ruudussa. Käyttäjä kohdistaa katseensa ruudun siihen kulmaan, jossa merkki sijaitsee yksittäisessä ruudussa. Kuten esimerkiksi, jos haluttu merkki on G ja se sijaitsee ruudun oikeassa yläkulmassa, käyttäjä kohdistaa katseensa ruudun oikeaan yläkulmaan (2). Ruudun oikean yläkulman ruutu korostuu vihreällä (H.K. EyeCan Ltd., 2007). Käyttäjä kohdistaa katseensa takaisin ruudun keskelle (3), jonka jälkeen käyttäjä kohdistaa katseensa ruutuun, jossa G kirjain sijaitsee (4). Ruutu korostuu ja tietyn ajan kuluttua järjestelmä ilmoittaa äänimerkillä merkin valinnasta. Ruudun vihreä korostus toimii kohdistimena. Tätä kohdistinta käyttäjä pystyy siirtelemään ruudukolla haluamaansa ruutuun, kunnes löytää oikean kohdan (Majaranta & Rähä, 2002).



Kuva 30: Merkin aktivointi mekanismi Majarantaa ja Rähää (2002) mukailten.

Järjestelmässä on erilaisia ominaisuuksia, kuten esimerkiksi yhdeksän eri valinnan nopeutta, äänimerkin päälle ja pois -tila, näyttölaitteen valaistuksen päälle ja pois -valmiustilan asetus sekä asetusten tallennus.

## 5.4 EagleEyes –järjestelmä

EagleEyes on järjestelmä, joka on kehitetty korvaamaan joitakin hiiren toimintoja. Järjestelmään kuuluu viisi päähän kiinnitettävää elektrodiä, jotka ovat kytketty EagleEyes Box:iin. Tämän laite on ulkoinen tietokoneeseen liitettävä lisälaitte, joka muuntaa elektrodien välittämän analogisen tiedon digitaalisiksi arvoiksi. Nämä arvot se välittää tietokoneelle, joka muuntaa ne hiirikohdistimen koordinaateiksi (Boston College and The Opportunity Foundation of America, 2005).

Päähän kiinnitettävät elektrodit asetetaan tarkasti määriteltyihin paikkoihin. Kuvassa 31 on henkilö, jonka päähän on kiinnitetty kaikki viisi elektrodiä. Oikean silmän ympärille kiinnitetään kolme elektrodiä, joista yksi asetetaan yhden senttimetrin päähän silmän kulmakarvan yläpuolelle ja toinen kaksi senttimetriä silmän alapuolelle. Kolmas asetetaan silmän ulkokulmasta kahden senttimetrin päähän. Vasemman silmän ulkokulmaan asettaa samoin yksi elektrodi. Viides elektrodi asetetaan joko otsaan tai korvaan (Gips & Olivieri, 1996).



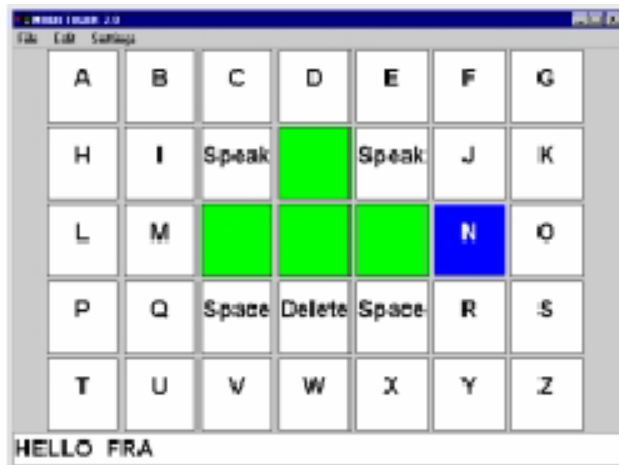
Kuva 31: Elektronit kiinnitettynä käyttäjän päähän (Gips & Olivieri, 1996).



EagleEyes järjestelmän avulla käyttäjä pystyy liikuttamaan näyttöruudulla näkyvää hiirikohdistinta sekä suorittamaan yksittäisen hiiren napsautuksen. Viipymisaikaa käytetään hiiren yhden napsautus toiminnon tuottamiseen. Muita hiiren toimintoja, kuten esimerkiksi kaksoishiiren napsautus sekä hiiren raahaustoimintoa ei järjestelmä mahdollista. Hiirikohdistimen liikuttaminen on mahdollista kahdella eri tavalla. Käyttäjä liikuttaa joko silmiään tai päätään. Järjestelmä ei seuraa mihin käyttäjä katsoo, vaan mittaa silmien asentoa suhteessa päähän ja liikuttaa tämän mukaan hiirikohdistinta (Boston College and The Opportunity Foundation of America, 2005). Esimerkiksi, kun käyttäjä liikuttaa silmiään vasemmalle, hiirikohdistin liikkuu näyttöruudulla vasemmalle.

Järjestelmän ominaisuuksia on mahdollista määrittellä jokaiselle käyttäjälle sopivaksi. Järjestelmässä on mahdollista määrittää esimerkiksi matka, jonka hiirikohdistin liikkuu suhteessa silmän liikkeeseen. Lisäksi hiiren klikkaustoiminnon viipymisaikaan on mahdollista muuttaa sekä tarvittaessa klikkaustoiminto pystytään määrittämään pois päältä. Tahattomia hiirenklikkauksia pystytään vähentämään esimerkiksi määrittelemällä näyttöruutuun alue, jossa järjestelmä ei reagoi hiiren klikkaukseen. Kuten esimerkiksi vain näyttöruudun oikea yläneljännes on mahdollista määrittellä alueeksi, jossa järjestelmä reagoi hiiren klikkaukseen. Järjestelmässä on myös mahdollisuus tallettaa ominaisuuksien erilaiset asetukset, esimerkiksi tiettyjä ohjelmia varten (Boston College and The Opportunity Foundation of America, 2005).

Kaupallisia sovelluksia, jotka toimivat järjestelmän kanssa on esimerkiksi Arthur's Reading Games, Elmo's Preschool, English Master: Spelling sekä Disney's Winnie the Pooh Kindergarten (McLaughlin, 2000). Järjestelmälle on kehitetty myös muita sovelluksia. Eräs näistä on kirjoittamiseen ja kommunikointiin tehty kuvassa 32 oleva näyttönäppäimistö MidasTouch.



Kuva 32: MidasTouch –näyttönäppäimistö (Boston College and The Opportunity Foundation of America, 2005).

Sovelluksessa on otettu huomioon Midasin kosketuksen (Midas Touch Problem) aiheuttama ongelma kohdistimen liikuttelussa. Midasin kosketuksen ongelmana on se, että kaikkialle jonne katsookin, jokin käsky aktivoituu. Toisin sanoen ei voi katsoa mihinkään aktivoimatta käskyä (Jacob & al. ,2003). Näyttönäppäimistön keskellä on neljä vihreää ruutua sekä ruudukon reunoilla harmaat alueet, joissa kohdistin ei aktivoi aluetta. Käyttäjä pystyy käyttämään näitä alueita esimerkiksi kohdistimen siirtämiseen sekä kirjoittamisessa taukojen pitämiseen. Muita järjestelmälle kehitettyjä sovelluksia on esimerkiksi EaglePaint, Othello sekä Speech Staggered (Boston College and The Opportunity Foundation of America, 2005).

## 6 Yhteenveto

Vammaisuuden määritelmä ei ole aina selkeästi rajattavissa. Vammaisuuden aste vaihtelee suuresti ja näin myös vaihtelee henkilön apuvälineiden tarve. Apuvälineitä on kehitetty auttamaan vammaista selviytymään jokapäiväisessä elämässä mahdollisimman itsenäisesti.

Näkövammaisten perinteisten apuvälineiden tarkoituksena on mahdollistaa vammaisen henkilön liikkuminen ja toimiminen fyysisessä ympäristössä sekä tiedon saanti näkeville suunnitellusta ympäristöstä. Tietokoneapuvälineet tarjoavat vaihtoehtoisia apuvälineitä näkövammaiselle, kuten esimerkiksi suurennussovelluksia, tietokoneeseen liitettävien lukulaitteita, puhesyntetisaattoreita, ruudunlukusovelluksia ja pistenäyttöjä. Kuulovammaisille tietotekniikka on tuonut perinteisten etäkommunikaatioapuvälineiden rinnalle uusia mahdollisuuksia, kuten esimerkiksi sähköpostin ja Internetin kautta.

Puhevammaisille on kehitetty perinteisiä apuvälineitä esimerkiksi puheäänen vahvistamiseen sekä kommunikointiin ilman puhetta. Kommunikointiin ilman puhetta on kehitetty esimerkiksi erilaisia kommunikointitauluja ja –kansioita, joita käytetään suoralla valinnalla tai askeltamalla. Askellusta käytetään myös kommunikointisovelluksissa. Kommunikointisovelluksia on kirjoittamiseen, graafisiin merkkeihin sekä kuviin pohjautuvia. Apuvälineiden lisäksi on puhevammaisille kehitetty erilaisia sovelluksia puheen tuottamisen ja puhetaitojen harjoitteluun.

Liikuntavammaisille perinteisten apuvälineiden tarkoitus on mahdollistaa itsenäinen liikkuminen ja erilaisten asioiden tekeminen. Vaikeuksia saattaa tuottaa myös perustietokoneen käyttö, jonka vuoksi on kehitetty erilaisia lisälaitteita tietokoneeseen. Näitä lisälaitteita ovat esimerkiksi erikoisnäppäimistöt, kosketuslevyt sekä ruutunäppäimistöt. Ruutunäppäimistöä pystytään käyttämään erilaisilla ohjaimilla, joita ovat esimerkiksi pallohiiret, ohjaussauvat sekä kytkimet.

Kognitiivisesti vammaisille tietokone toimii esimerkiksi apuvälineenä lukemisessa ja kirjoittamisessa. Lukemis- ja kirjoittamisvalmiuksia tukevien sovelluksien avulla on

mahdollista esimerkiksi harjoittelemaan äänteitä, kirjoittamaan sanoja sekä ymmärtämään lauseita. Sovelluksia on kehitetty myös monenlaisten muiden asioiden, kuten esimerkiksi käsitteiden, syy-seurausten, visuaalisen- sekä auditiivisen hahmottamiseen harjoitteluun.

Erityinen tietokoneen tuoma apuvälineiden joukko on silmänliikkeitä hyödyntävät apuvälinejärjestelmät. Näistä ERICA, Eyegaze ja VisionKey –järjestelmät hyödyntävät videokuvan analysointiin perustuvaa tekniikkaa. Toisenlaista tekniikkaa hyödyntävä järjestelmä on EagleEyes, jossa silmänliikkeitä mitataan elektromittaukseen perustuvalla tekniikalla. Näiden apuvälinejärjestelmien avulla käyttäjä pystyy hallitsemaan tietokonetta, ympäristöään sekä kommunikoimaan muiden ihmisten kanssa.

Tietotekniikka on tuonut kehittyessään myös vammaisille uudenlaisia apuvälineitä. Näitä apuvälineitä on yhä helpompi saada heidän käyttöönsä, mutta tarvetta on yhä paremmille laitteille ja sovelluksille.

## Viitteet

Andersson, G. B. J., Cocchiarella, L. (toim.), (1990) *AMA: Guides to the evaluation of permanent impairment* (3<sup>rd</sup> ed.), Milwaukee.

Arlainstituutti (2006) *Arlainstituutti-Arlainstitutet-Arla Institute*. WWW-sivusto, <http://www.arlainst.fi> (29.11.2006).

Boston College and The Opportunity Foundation of America (2005) <http://www.bc.edu/schools/csom/eagleeyes/meta-elements/pdf/userwin05.pdf> (12.06.2007).

Celialib (2006) *Celia –näkövammaisten kirjasto*. WWW-sivusto, <http://www.celialib.fi/index.html> (10.8.2006).

Cleveland, N. (1994) *Eyegaze Human-Computer Interface for People with Disabilities. First Automation Technology and Human Performance Conference*, Washington.

Comp-Aid Oy (2006) *Compa-Aid Oy -verkkokauppa*. WWW-sivusto, [https://www.compaid.fi/product\\_info.php?cPath=23\\_33&products\\_id=34](https://www.compaid.fi/product_info.php?cPath=23_33&products_id=34) (5.10.2006)

Duchowski, A. T. (2003) *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. Springer-Verlag, London.

Erica augmentative communication aid (2007) *SpecialNeeds Computer Solution*. WWW-sivusto, <http://www.eyeresponse.ca/e-systems.htm> (18.6.2007).

Eräkanto, S. (2003) *Kuulla*, (toim.) Salminen A.-L., *Apuvälinekirja*. Kehitysvammaliitto, Helsinki.

Forbes Rehab Services (2007) *Symbol Based: Forbes Rehab Services*. WWW-sivusto, [www.frs-solutions.com/index.php/cPath/20\\_26?osCsid=23aa75fc265f58ca68621f2aee61acbc](http://www.frs-solutions.com/index.php/cPath/20_26?osCsid=23aa75fc265f58ca68621f2aee61acbc) (29.6.2007).

Freedom Scientific (2006) *Freedom Scientific – Low Vision, Blindness and Learning Disability Adaptive and Assistive Softw*. WWW-sivusto, <http://www.freedomscientific.com/index.html> (12.9.2006).

Gips, J. Olivieri, P. (1996) *EagleEyes: An Eye Control System for Persons with Disabilities*. Technology and Persons with Disabilities.

Glenstrup, A. J., Engell-Nielsen, T. (1995) *Eye Controlled Media: Present and Future State*. <http://www.diku.dk/~panic/eyegaze/article.html> (11.7.2007).

- H.K. EyeCan Ltd. (2007) *HK EyeCan – VisionKey System*. WWW-sivusto, <http://www.eyecan.ca/pages/visionkeysystem.htm> (30.6.2007).
- Holmberg, K. (2003) Tietotekniikka monipuolisena mahdollisuutena, (toim.) Salminen A.-L., *Apuvälinekirja*. Kehitysvammaliitto, Helsinki.
- Hooleon Corporation (2006) *Now you have a clear choice for individuals with low vision*. WWW-sivusto, <http://www.hooleon.com/index.htm> (14.8.2006).
- Hornof, A., Cavender, A. (2005) EyeDraw: Enabling Children with Severe Motor Impairments to Draw with Their Eyes. ACM CHI 2005. *Human Factors in Computing Systems*, April 2-7, 161-170.
- Jacko, J.A., Vitense, H.S., Scott, I.U. (2003) Perceptual impairments and computing technologies, (toim.) Jaco, J. A., Sears, A., *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*. Lawrence Erlbaum Associates, London, 504-522.
- Jacob, R.J.K., Karn, K.S. (2003) Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises. (toim.) Hyönä, j., Radach, R., Deubel, H. *The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*. Elsevier, North-Holland.
- Kahn, D.A., Heynen, J., Snuggs, G.L. (1999). Eye-Controlled Computing: The VisionKey Experience. CSUN'99. *Technology And Persons With Disabilities*. Los Angeles.
- Kaiser, A. P., Alpert, C. L., Warren, S. E. (1988) Language and communication disorders, (toim.) Van Hassek, V. B., *Handbook of developmental and physical disabilities*. Pergamon Press, New York, 395-422.
- Lankford, C. (2000) Effective Eye-Gaze Input Into Windows. *ACM Eye Tracking Research & Applications Symposium*, 23-27.
- LC Technologies, inc. (2007) *The Eyegaze Communication System*. WWW-sivusto, <http://www.eyegaze.com/2Products/Disability/Disabilitymain.htm> (29.6.2007).
- Majaranta,, P., Rähkä, K. (2002) Twenty Years of Eye Typing Systems and Design Issues, ACM ETRA2002 *Eye Tracking Research and Applications*, New Orleans LA, 15-22.
- McLaughlin, K. (2000) [www.bc.edu/schools/csom/eagleeyes/meta-elements/pdf/thirdparty.pdf](http://www.bc.edu/schools/csom/eagleeyes/meta-elements/pdf/thirdparty.pdf), <http://www.bc.edu/schools/csom/eagleeyes/meta-elements/pdf/thirdparty.pdf> (12.06.2007).
- Newell, A. F., Carmichael, A., Gregor, P., Alm, N. (2003) Information technology for cognitive support, (toim.) Jaco, J. A., Sears, A., *The Human-Computer*

*Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*. Lawrence Erlbaum Associates, London, 464-481.

Nordqvist, B. (2003) Nähdä, (toim.) Salminen A.-L., *Apuvälinekirja*. Kehitysvammaliitto, Helsinki.

Näkövammaisten Keskusliitto ry (2006) *Näkövammaisten keskusliitto ry*. WWW-sivusto, <http://www.nkl.fi/index.htm> (1.9.2006).

Paloneva, M.-S. (1994) *Tietokone monivammaiselle? Soveltuvuus- ja hankintatietoa monivammaisille henkilöille sopivista ATK-apuvälineistä*. STAKES, Jyväskylä.

Papunet (2006) *Papunet –sivusto puhevammaisuudesta ja selkokielestä*. WWW-sivusto, <http://www.papunet.net> (10.9.2006).

Roisko, E., Ohtonen, M. (2003) *Kommunikoida*, (toim.) Salminen A.-L., *Apuvälinekirja*. Kehitysvammaliitto, Helsinki.

Sears, A., Young, M. (2003) Physical disabilities and computing technologies: an Analysis of impairments, (toim.) Jaco, J. A., Sears, A., *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*. Lawrence Erlbaum Associates, London, 482-503.

Tagarno (2006) *Tagarno*. WWW-sivusto, <http://www.tagarno.com> (16.8.2006).

Tetzchner, S., Martinsen, H. (2000) *Johdatus puhetta tukevaan ja korvaavaan kommunikointiin*. Kehitysvammaliitto ry, Helsinki.

Verhe, I. (1996) *Selkeä ympäristö. Näkövammaisille soveltuvan toimintaympäristön suunnittelu*. Näkövammaisten keskusliitto: Rakennusalan kustantajat, Helsinki.