

#### Publication IV

Mikko Berg. 2008. Katseenliikkeet ja harha terävästi nähdystä näkökentästä. (Eye movements and the delusion of high acuity visual field.) *Psykologia*, volume 43, number 3/2008, pages 193-204.

© 2008 Finnish Psychological Society

Reprinted by permission of Finnish Psychological Society.

Mikko Berg

## Katseenliikkeet ja harha terävästi nähdystä näkökentästä

Arkikokemus näkemisestä luo käsityksen laajasta terävästi nähdystä näkökentästä. Kuitenkin esimerkiksi lukiessa vain pieni osa tekstiä nähdään kerrallaan terävänä ja katseen tarkannäön alue (fovea) tulee kohdistaa erikseen yksittäisiin sanoihin. Subjektii- vinen illuusio laajasta havaintokentästä tulee esiin myös muutossokeusilmiössä, joka saa yleensä ihmiset yllättymään havaintokykijensä rajallisuudesta. Toisaalta kokeellisen psykologian tutkimus tuo esiin myös ihmisen hyvin nopean kyvyn tehdä karkeita arvioita näkymästään ääreisnäön avulla ja muodostaa korkean tason kuvauksia ja luokituksia näkemästään jo noin sadassa millisekunnissa. Tässä artikkelissa esitellään tutkimuksia, joissa on pohdittu mihin mekanismeihin terävästi nähdyn laajan näkökentän kokemus perustuu. Välitöntä tarkkaa näköä ja epätäydellisiä aistimuksia täydentäviä mekanismeja ovat epätarkemman ääreisnäön käyttö, lähes välitön tiedonhaku silmänliikkeillä, yleistiedon käyttö kappaleiden tunnistamiseen, nopea käsitteellinen muisti ja kumuloitunut visuaalinen muistaminen. Viime vuosina tehdyt tulokset ovat painottaneet muistin merkitystä muutosten havaitsemisessa välittömän valikoivan tarkkaavaisuuden sijaan ja paikkatiedon tallentumista retinotooppiseen koordinaatistoon.

Toisin kuin ihmiset usein luulevat, heiltä jää huomaamatta hyvinkin merkittäviä asioita. Ihmisen huomio kiinnittyy lähes automaattisesti näkökentässä tapahtuviin nopeisiin muutoksiin, mutta jos jokin muu tekijä häiritsee huomion siirtymistä, yksinkertaiset ja tarvittaessa helposti tunnistettavat asiat saattavat jäädä havaitsematta. Huomiot- tajaaminen voi selittyä tarkkaamattomuudella tai yksinkertaisesti näköerottelukyvyn puutteella. Tarkkaamattomuudesta johtuvia ilmiöitä ovat epähuomiosokeus ja muutossokeus.

Epähuomiosokeudesta (engl. inattentional blindness, Mack & Rock, 1998) on kyse esimerkiksi silloin, kun ihminen suorittaa vaativaa tehtävää, eikä kykene havainnoimaan yksinkertaisenkaan kappaleen läsnäoloa. Esimerkiksi jopa sateenvarjoa pitelevä nainen (Neisser, 1979) tai rintaansa rummuttava gorillapukuinen hahmo (Simons & Chabris, 1999), jäivät suurelta enemmistöltä huomaamatta koripallopelellin keskellä, jos huomio oli kiinnittynyt syöttöjen määrään. Muutossokeuden (engl. change blindness, Simons & Rensink, 2005) tapauksessa käy samoin, vaikkei huomio ole kiinnittynyt mihinkään tiettyyn tehtävään. Muutossokeustapauksissa katsojalta saattaa jäädä huomaamatta suurikin kuvassa tapahtuva muutos. Pahimmassa tapauksessa koko kuva pystytään muuttamaan toiseksi asteittain, eikä mikään yksittäisistä muutoksista ole tiedostettavissa. On oletettu, että ääreisnäössä nopeasti muuttuvien tai liikkuvien esineiden täytyy ohjata huomio muutokseen, jotta se havaittaisiin (Rensink, O'Regan & Clark, 1997). Huomion siirtyminen saattaa kuitenkin estyä nopean koko näkökentän laajuisen väläyksen, silmänräpäytyksen, silmänliikkeen tai toisen muuttuvan kappaleen tähden.

Voidaan ajatella, että erottelukyky pitää sisällään hyvin monentasoisia aivojen hermostollisia esityksiä, *representaatioita*, ja niiden vuorovaikutuksia,

jolloin tarkkaamattomuus on korkean tason erityistapaus puutteellisesta erottelukyvystä. Tarvittavan representaation olemassaolo ja sen havainnon aikainen muuttuminen ympäristöä vastaavaksi ovat havainnolle välttämätöntä. Erottelukyvyn puutetta on se, ettei verkkokalvolla ole riittävästi aistinsoluja tai ettei havaitsija pysty muuttamaan representatiota ympäristön vaatimalla nopeudella.

Valikoiva tarkkaavaisuus käsittää siis sekä havaittavan katseen kohdentumisen että hermostollisen havaintojärjestelmän tiedonkäsittelykyvyn kohdentumisen (engl. covert attention). Perinteisesti tarkkaamattomuuden selityksissä ylikorostuu jälkimmäinen. On ajateltu, että katseella kohdetaan etsivä henkilö korostaa järjestyksessä eri alueiden havaintokykyä ja löydettyään mahdollisen kohteen siirtää katseensa siihen (Treisman & Gelade, 1980). Hermostollinen kohdentumisen käsite on kuitenkin kiistelty ja selityksenä huomommin määritelty kuin katseen kohdentuminen, silmänliikkeiden avulla kumuloituvaa muisti ja ääreisnäkö. Findlay (2004) väittää jopa, ettei mainittua hermostollista kohdentumista tapahdu silmänliikkeistä riippumattomana, ja että nopea rinnakkainen kohteen haku perustuu ääreisnäöllä havaittaviin mataliin paikkataajuuksiin.

Tarkannäön alueen (fovea) pienuudesta johtuen silmänliikkeiden mittaaminen antaa hyödyllistä tietoa siitä, mistä näkökentän osasta nähdään tarkasti yksityiskohtia ja värejä. Silmänliikkeitä luokitellaan yleisesti perustuen niiden nopeuteen ja tahdonalaisuuteen. Nopeita siirtymiä kutsutaan sakkadeiksi. Tutkimustraditioon kuuluu luokitella erikseen hitaammat siirtymät *joustavaksi kappaleen seuraamiseksi* ja koko näkökentän laajuiset muutokset *optokineettiseksi refleksiksi*, vaikka niistä muodostuu jatkumo käyttäytymisen tasolla. Lisäksi katsetta kohdistetaan kääntämällä päätä. Selvimmin tämä näkyy *vestibulaari-okulaari-refleksin* muodossa, kun pään kääntyminen huomioidaan liikuttamalla silmiä vastakkaiseen suuntaan hyödyntäen tasapainoelimen silmukoissa tapahtuneita aistimuksia. Päänliikkeiden kompensatio silmänliikkeillä on riippuvainen siitä, mihin katse on suunnattu. Etäällä olevaa esinettä katsottaessa tarvittava muutos on pienempi. Kompensatiomekanismit liittyvät yleisempään näköjärjestelmän ominaisuuteen, joka on kehittynyt lähes vain ja ainoastaan havaitsemaan silmänliikkeistä seuraavaa muutosta: jos verkko-

kalvolle vakautettu kuva – esimerkiksi piilolinssissä – ei muutu, häipyvät siitä syntyneet havainnot hyvin nopeasti. Tehokas hermostollinen representaatio ei esitä ympäristön muuttumattomia piirteitä, mikä pätee myös illuusion rikkaasta ja terävästä näköhavainnosta (Simons ja Silverman, 2004). Tietoa hankitaan siis vain tarpeen mukaan.

Tarpeellisen näköinformaation keräämiseen käytetään yleensä sakkadeita, vaikka niiden yli kumuloitunut informaatio on yllättävän vähäistä ja tarkkaavaisuuteen liittyvät määrälliset rajoitukset (niin sanottu kapasiteetti) estävät hyvin monen kappaleen (yli 4) sijaintitiedon ylläpitämisen (Irwin, 1996). Kuinka sakkadia edeltävä ja jälkeinen havainto yhdistetään, ei tässä käsitellä tarkemmin. Sakkadien suuntaamisen tärkeyttä havainnoinnille korostaa se, että sakkadien kohteiden läheltä muistetaan enemmän yksityiskohtia. Sakkadien kohdentuminen on myös ylivoimaisesti tärkein tarkkaavaisuutta säätelevä mekanismi. Kuitenkin myös ääreisnäkö vaikuttaa havaintokokemukseen. Ääreisnäön foveaalista näköä heikompi yksityiskohtien erottelukyky herättää kysymyksen siitä, minkälaisia havaintoja sen avulla voi välittömästi tehdä ja minkälaisen kappaleiden tunnistuskyvyn se mahdollistaa.

Terävännäönharhalla tarkoitetaan kykenemättömyyttä tunnistaa tosiasiallista tiedonlähdettä, joka on monen konstruktivisen kognitiivisen toiminnon tulos, eikä verkkokalvolla muodostettu valoinformaatiosta, syntyy havaintoilluusio. Myös yleistiedon on havaittu nopeuttavan näköön perustuvaa tunnistamista. Ääritapauksessa tunnistaminen tapahtuu kokonaan yleistiedon pohjalta, esimerkiksi kun Antonin syndroomasta kärsivä potilas on sokeutunut ensimmäisen näköaivokuoren (V1) tuhouduttua ja kieltää sokeutensa. Yleistiedon vaikutuksen kannalta mielenkiintoista on, ettei henkilö erota tiedonlähdettä, jota hän käyttää tulkintaansa, ja että syntyneet havaintoharhat ovat aiempien kokemusten pohjalta uskottavia ja tyypillisiä (esim. Goldenberg, Müllbacher & Nowak, 1995).

On esitetty, että näköhavaintoa täydennetään vain tarpeen mukaan, ja tätä käsitystä tukevat silmänliiketutkimukset arkipäiväisten toimintojen suorittamisesta. Ihmiset saattavat kokea näkökykynsä tarkaksi joko siksi, että he muistavat kaiken aiemmista katseen kohdentumista, tai siksi että he

eivät muista tarkkaa tietoa kovinkaan kauan, mutta eivät arvioi tarkkuutta kuin alueella, johon ollaan juuri kohdennettu. Nopean sarjallisen esityksen kokeilla pyritään arvioimaan tätä havainnon pysyvyyttä, eli muistia. Esimerkiksi Horowitz ja Wolfe (1998) väittivät nopean visuaalisen haun (esitysai-ka 111 ms) kokeittensa pohjalta, ettei havaitsija pidemmällä aikavälillä opi mitään ympäristöstään etsiessään kohdettaan.

Oppimista ja tiedon kerääntymistä useamman sakkadisen silmänliikkeen ajalta tutkitaan tarkastelemalla myös kuvittelua, eli sitä kuinka paljon terävän havainnon sarjamuotoisuus vaikuttaa myöhempään paikkatiedon kuvitteluun. Käsitellyissä kokeissa pyrittiin selvittämään, onko yhden fiksaation aikana havaittu tarkka näkö tieto hyödynnettävissä myöhemmin toisista fiksaatiosta riippumatta. Yksityiskohtien hyödyntäminen voi olla joko muodostetusta kokonaiskuvasta tai aihe yhteydestä riippuvainen.

### Ääreisnäön vaikutus havaintokykyyn

Johdannossa kuvatut esimerkit epähuomio- ja muutossokeudesta viittaavat siihen, etteivät ihmiset kykene havaitsemaan yksityiskohtaista näköinformaatiota koko näkökentän laajuudelta. Ihminen ei kameran tavoin tallenna muuntumattomana terävää kuvaa, vaan näkee terävästi noin reilun yhden näkökulma-asteen laajuisen alueen. Kun etäisyys näkökentän keskeltä (eksentrisyys) kasvaa, havainnon tarkkuus heikkenee eksponentiaalisesti ja jo neljää näkökulma-astetta (parafovea, Williams & Moody, 2004) etäämmällä näöntarkkuus on huomattavasti heikentynyt. Näön tarkkuutta eri näkökentän alueilla on arvioitu eksentrisyyden ja kontrastierottelukynnyksen suhdetta kuvaavan niin sanotun *aivokuoren suurennuskertoimen M* (engl. cortical magnification factor) avulla (Virsu ja Rovamo, 1979). Myöhemmät näköaivokuoren toiminnalliset magneettikuvaukset ovat tukeneet oletettua yhteyttä suuremman aivokuoren alueen ja erottelukyvyn välillä (Duncan ja Boynton, 2003). Tarkannäön alueen parempaa erottelukykyä selitetään verkkokalvon tappisolujen suuremmalla tiheydellä, gangliosolujen korostuneella näytteistyksellä tappisolusta ja tiedonkäsittelyyn osallistuvien talamuksen ja aivokuoren solujen suuremmalla määrällä.

Parinsadan millisekunnin sisällä silmien avaamisesta ihminen ei ehdi liikuttaa silmiään ja kohdentamaan tarkannäön aluettaan tulkinnan kannalta mielenkiintoisiin kohtiin, ja tällöin huomio kiinnittyy ääreisnäköön. Tästä näköhavainnon tilasta käytetään englanninkielisessä kirjallisuudessa nimeä *gist*, joka tässä suomennetaan *karkeanäköksi*. Rensink (2000) väittää, että karkeanäköä käytetään terävän laajan näkökentän harhan muodostamisessa eli niin sanotussa virtuaalisessa representaatiossa. Kun tutkitaan toimintaa, ihmisten havaitaan nimittäin vain kykenevän riittävän nopeasti kohdentamaan vuorotellen katsettaan eri kappaleisiin. Rensinkin kuvaileman mekanismin lisäksi on esitetty muita, aiempien kokemusten hyödyntämiseen liittyviä tapoja korvata puuttuva näöntarkkuutta: Toisinaan havaitsija muistaa tarkkoja yksityiskohtia aiemmilta kohdennetuilta alueilta. Toisinaan havaitsija hyödyntää yleistietoa ympäristöstään.

Rensinkin teoria oli ensimmäisiä yrityksiä selittää terävyyden harhaa vaikka monet muut ovatkin esittäneet saman ajatuksen (esim. Simons & Silverman, 2004). Rensinkin mallin mukaan terävyyden harha syntyy siitä, että tarvittava tieto on hyvin nopeasti saatavilla. Karkeanäkö pysyy vakiona katseen liikkussa ja havainnon ollessa sumea ennen katseen kohdistamista. Teorian mukaan karkeanäön *esillepanotieto* (engl. layout) keskittyy sijaintiin ja kappaleiden väliseen asetteluun ”näkömaskeudessa”. On myös mahdollista, että katseen ei tarvitse liikkua, jos alueen havainnointia parannetaan kohdistamalla siihen tarkkaavaisuus tehostuneiden aivotointojen muodossa. Simonsin ja Silvermanin mukaan kokemus terävästi nähdystä näkökentästä perustuu oletukselle ympäristön pysyvyydestä ja tärkeiden tapahtumien kyvyllä ohjata havaitsijan tarkkaavaisuutta ja tietoisuutta. Jos jälkimmäinen oletus ei päde, eli tapahtumat eivät ohjaa tarkkaavaisuutta ja tietoisuutta, niitä ei tiedosteta.

Näkö tutkimuksessa ajatusta terävyyden harhasta edeltää vähemmän uskalias väite: näkömän havaitsemiseen käytetyn ajan kasvaessa edetään kokonaisuudesta yksityiskohtiin. Navon (1977) täsmentää, että yksityiskohtia havaitaan vain, jos sisällön tulkinta sitä vaatii. Harha terävyydestä voisi syntyä, kun tulkinta on aistimustiedon lisäksi käsitteellisten sisältöjen ohjaamaa. Väitettä tukevat havainnot, joiden mukaan koehenkilöt väittivät nä-

kevänsä silmät, vaikka ne olikin poistettu kasvokuvasta (Kinchla & Wolfe, 1979).

Navon (1977) esitti kokeissaan koehenkilöille kirjaimia (kokonaisuus), jotka koostuivat toisista pienemmistä kirjaimista (yksityiskohdat). Koehenkilöt pystyivät tarvittaessa kiinnittämään tarkkaavaisuutensa joko kokonaisuuksiin tai yksityiskohtiin, mutta kokonaisuuksia tulkittiin nopeammin ja vain ristiriidat kokonaisuuksissa hidastivat yksityiskohtien tulkintaa, ei päinvastoin. Samankaltainen havainto syntyi Navonin Stroop-tehtävässä (Stroop, 1935). Ristiriitaiset H- ja S-kirjaimista muodostuvat kokonaijahmot häiritsivät ”ach” ja ”es” äänteiden kuuloerottelua, mutta vastaavat pienemmät ristiriitaiset kirjaimet eivät. Kinchla ja Wolfe (1979) osoittivat samaa koeasetelmaa käyttäen eron kokonaisuusien ja yksityiskohtien välillä rajoittuvan 6°–9° ärsykekokoon. Navonin suurin käyttämä ärsyke koko oli 5.5°.

Jotta edellä esitettyä karkeanäön kuvausta voidaan tarkentaa, täytyy tietää millaisia hermostollisia representaatioita karkeanäkö hyödyntää. Biederman (1972) osoitti, että kappaleiden tilalliset suhteet vaikuttavat kappaleen tunnistukseen karkeanäön avulla. Näin jopa silloin, kun koehenkilö ennalta tiesi tarkalleen mihin kappale ilmestyisi. Biedermanin kokeissa näkymä jaettiin kuuteen osaan, jotka sekoitettiin (ks. kuva). Osa, jossa tunnistettava kohta oli, jätettiin kuitenkin koskemattomaksi eli vanhalle paikalleen. Vaikka näkymä ei ollut suuri (3.5° x 5°), sekoitus häytti tunnistusta 300, 500 ja 700 ms:n esitysajoilla. (Koehenkilöllä oli siis aikaa tehdä pari sakkadista silmänliikettä.) Vuotta myöhemmissä kokeissa Biederman (1973) on osoittanut sekoittamalla myös, että karkeanäkö vaikuttaa kappaleen löytämiseen suurestakin näkymästä (19°) visuaalisen haun tehtävässä. Sekoitus oli erityisen haitallista, jos kohde puuttui, ja sen läsnäolo olisi ollut näkymän puolesta todennäköistä, mutta myös kohteen läsnä ollessa se jäi useammin löytämättä. Kokeet tulkittiin todisteeksi kokonaisuvaltaisen näkymäskeeman olemassaolosta.

Keskeiseksi kokeelliseksi kriteeriksi karkeanäköä käsiteltäessä on muodostunut se, paraneeko suoritus kun esitysaikaa pidennetään silmänliikkeet mahdollistavaksi. Biedermanin ensimmäisten kokeiden esitysajat olivat niin pitkiä, että koehenkilöillä oli aikaa tehdä pari sakkadia. Silmänliikkeiden vaikutusta on kuitenkin tutkittu myös (Biederman, Ra-

binowitz & Stacy, 1974) kontrolloimalla esitysaikaa (20, 50, 100 tai 300 ms). Jopa 100 ms esitysajoilla saatiin samankaltaisia vaikutuksia, eikä esitysaajan pidentäminen 300 ms:iin parantanut suoritusta sekoitetussa tapauksessa. Menetelmä oli hieman muunneltu Biedermanin alkuperäisistä kokeista: tehtävässä piti liittää kuva sanalliseen kuvaukseen. Jos menetelmä muutettiin tunnistamiseen neljästä vaihtoehdosta, suoritus parani.

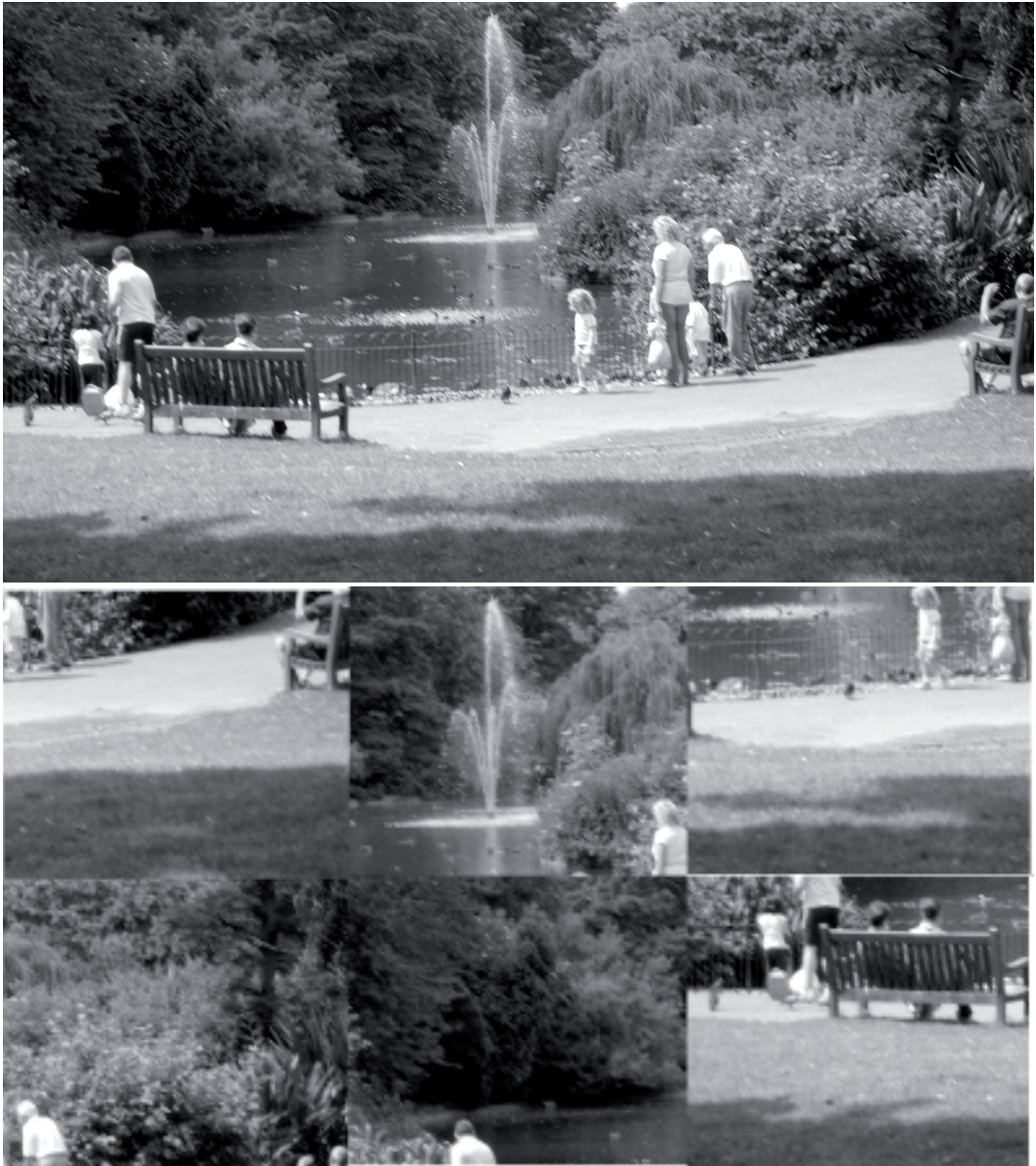
Kokonaisuudessaan Biedermanin kokeiden tulokset osoittavat, että ääreisnäkö vaikuttaa tarkkaa näkemistä vaativaan hahmontunnistukseen. Lyhyt esitysaika varmentaa niin sen, ettei koehenkilö kykene tekemään silmänliikkeitä näkymää havaitessa, kuin sen ettei vaikutus rajaudu vain tarkentavien silmänliikkeiden ohjaukseen. Luonnollisissa kuvissa taustan vaikutus välittyy havaitsijan kykynä muodostaa merkityksiä ja arvioida kappaleiden esiintymistodennäköisyyksiä. Seuraavassa luvussa käsitellään tutkimusta, joka liittyy yleistiedon tähän merkitysten arviointiin.

### **Yleistiedon ja yleistämisen vaikutus**

Biedermanin kokeiden mukaan ympäristönsä kanssa johdonmukaisia kappaleita tai henkilöitä (esim. pappi kirkossa) tunnistetaan nopeammin kuin epäjohdonmukaisia. Johdonmukaisuuteen vaikuttavat erillään käsitellyt suuret (10°–15°) taustaksi muodostuvat ominaisuudet ja erilaisten kappaleiden (1°–3°) diagnostisuus ja niiden suhteet (Boyce, Pollatsek ja Rayner, 1989). Fysiologiset erot näköjärjestelmän erikokoisten magno- ja parvo-solukavien välillä tukevat kokeellisia havaintoja erillisistä järjestelmistä. Kappaleiden diagnostisuudella viitataan siihen onko se välttämätön tunnistukselle ja liittykö se semanttisen sisällön tai skeeman välityksellä etsittyyn tai tunnistettavaan kappaleeseen. Davenport ja Potter (2004) osoittivat johdonmukaisen taustan nostavan kappaleiden tunnistustodennäköisyyttä 68 prosentista 82 prosenttiin paljon silmänliikkeitä nopeammilla esitysajoilla (80 ms). Kokeet kumosivat aiemmat viivapiirustusten pohjalta tehdyt johtopäätökset, joissa kappaleiden tunnistus oletettiin riippumattomaksi merkityksenmuodostamisesta. Muun ympäristön vaikutus ei rajoitu skeeman johdonmukaisuuteen.

Biederman (1982) listaa viisi suhdetekijää, jotka vaikuttavat kappaleen hahmon tunnistamiseen:





Kuva. Yllä on esitettyä kaksi Biedermanin (1972) kokeita vastaavaa ärsykettä. Koehenkilön tehtävänä olisi ollut vastata onko kuvassa suihkulähde. Alemmassa kuvasta muiden kuin suihkulähdettä esittävän kuudenneksen paikat on sekoitettu. Biederman ei kokeissaan ole ottanut huomioon ruutujen välille syntyvää paikkataajuuksien epäjatkuvuuskohtaa. Todennäköisesti tämä ero ei kuitenkaan yksin selitä saatuja tuloksia.

- 1) läpinäkyvien kappaleiden päällekkäisyys,
- 2) pinnan tuki,
- 3) todennäköisyys esiintyä aiheyhteydessä,
- 4) sijainti näkymässä
- 5) tuttu koko.

Hänen mukaansa ”viaton ohikulkija” -ilmiö todistaa, etteivät nämä selity näkymäskeeman muuntumisella. Viaton ohikulkija on kappale, jonka tunnistus ei häiriinny muissa kappaleissa tehdyistä vastaavista muutoksista.

Chong ja Treisman (2003) pyrkivät osoittamaan, että karkeanäön avulla muodostetut näköhavainto-representaatiot käyttävät hyväksi tietoa nähtyjen joukkojen jäsenten ominaisuuksien keskiarvoista tutkimalla paraneeko suoritus kun esitysaikaa pidennetään silmänliikkeet mahdollistavaksi. Heidän kokeissaan huomattavan korkea kyky arvioida ympyräjoukon säteen keskiarvoa ei olennaisesti noussut (kynnysero vain 2 %) lisättäessä esitysaikaa 50 millisekunnista kahteen sekuntiin. Kontrollioivissa kokeissa yksittäisten ympyröiden vertailukyky sen sijaan nousi (ero viisi prosenttia). Keskiarvon erottelukyky oli lähes riippumaton yksittäisten ympyröiden kokojen jakaumista, kuitenkin niin, että kahta samaa jakaumaa oli helpompi verrata toisiinsa kuin kahta erilaista.

Chongin ja Treismanin kokeet pohjautuvat Arielyn (2001) samankaltaisiin kokeisiin 500 ms esitysaajoilla. Ariely liittii omat havaintonsa visuaalisen haun kokeisiin (Duncan & Humphreys, 1989), joissa suoritusnopeus liittyy kykyyn ryhmitellä kappaleita niiden ominaisuuksien hajontojen pohjalta. Samoin myös Chong ja Treisman liittivät keskiarvot ja tilastolliset arviot erottelun kautta hajautettuun tarkkaavaisuuteen eivätkä kohdentuneeseen tarkkaavaisuuteen. Näköhavainnon representaatiot vaikuttavat käsittelevän yksinkertaisista piirteistäkin ensisijaisesti tilastollisia ominaisuuksia, ei itse havaintoa yksittäisten kappaleiden ominaisuuksista. Tämä on selkeä esimerkki hyvin nopeasta havainnon konstruktivisuudesta. Katsottaessa puun lukuisia lehtiä havaitsemme siis yksittäisten lehtien piirteiden sijaan jonkinlaisen yleistyksen.

Se, että keskiarvosta syntyy parempi representaatio, voidaan tulkita täsmällisemmin määrittelyksi ilmentymäksi paljon vanhemmasta Roschin (1978) *prototyypiteoriasta*. Prototyypiteoria väittää, että havaintoa ei verratta suoraan yksittäisiin tyypillisiin tai epätyypillisiin muistoihin, vaan niitä kokoavaan ja yleistävään representaatioon tyypillisistä piirteistä. Myös Roschin aiemmat havainnot korostivat tyypillisyyden merkitystä havaitsemiselle (Rosch, Simpson & Miller, 1976). Chong ja Treisman spekuloivat, että keskiarvoihin perustuvasta representaatioista voisi olla apua poikkeavuuksien tunnistamisessa ja kappaleiden ja tekstuurien erottelussa. Karkeanäön näkökulmasta nämä tehtävät ovat keskeisessä asemassa, kun ihminen arvioi mihin hänen tulisi seuraavaksi siirtää katseensa.

## Nopean muistamisen vaikutus

Jo käsitellyissä tutkimuksissa havaintoon vaikuttivat merkittävyys suhteessa sekä aiempaan tietoon ympäristöstä että tilastollisiin ominaisuuksiin. Seuraavaksi käsitellyt muistitutkimukset yleistävät tulkitun merkityksen roolia. Potter (1976) osoitti, että kuvia pystytään ymmärtämään nopeammin kuin niitä pystytään varsinaisesti tunnistamaan. Nopeassa sarjamoitiosessa esityksessä yhden kuvan katseluun jäi aikaa vain 113 ms, mutta yli 60 % tapauksista koehenkilöt pystyivät silti päättämään vastasiko kuva annettua sanallista kuvausta. Myöhemmät muistikokeet (Potter, 1993) kuitenkin osoittivat, että koehenkilöt eivät myöhemmin pystyneet tunnistamaan olivatko he nähneet kuvaa vaiko eivät. Sarjassa seuraava kuva häiritsee edellisen kuvan käsitteelliseen muistiin tallentumista jopa 1000 ms ajan. Potterin mukaan käsitteellinen häirintä vaatii tarkkaavaisuutta toisin kuin havaintohäirintä. Kokeissa havaittiin, että pysyvämpään muistijälkeen vaadittiin jopa 400 ms häiriötön aika. Myöhempiä kokeitaan Potter (1993) tulkitse niin, että näin nopeissa esityksissä havaitsijan on mahdollista myös itse muodostaa omia käsiterakennelmia (esim. eväsretki), eikä ainoastaan luokitella annettuihin kategorioihin. Tätä kykyä testattiin merkityksen pohjalta tehdyillä valinnoilla sanavaihtoehdoista, jotka esitettiin vasta muististapalautusvaiheessa. Myös Biederman (1982) kokeissa kappaleiden väliset semanttiset merkitykset olivat havaittavissa niin nopeasti, että vaikuttivat kappaleiden tunnistamiseen.

Vaikka ikoninen muisti kestää jopa 300 ms (Irwin, 1996), tarvitaan muistiin tallennukseen siis 400 ms (Potter, 1976). Sarjamoitiosesti havaitut kuvat vaikuttavat toisiinsa lähinnä ensimmäisen sekunnin aikana tapahtuvana muistiin painamisen keskeytyksenä. Usean kuvan muistaminen häiritsee vain hyvin yleisen suorituskyvyn tasolla, eikä kuva-kohtaisesti (Potter, 2002).

Kuvaa seuraava keskeyttävä väläytys saattaa estää myös muutoksen havaitsemisen. Rensink, O'Regan ja Clark (1997) käyttivät väläytyskoeasetelmaa osoittamaan, että vaikka muuttunutta ja alkuperäistä kuvaa esitettäisiin vuoron perään 240 ms, estää 80 ms kestävä tyhjän kuvan väläytys usein muutoksen havaitsemisen (koehenkilöt siis tiesivät, että muutos tulee tapahtumaan). Tämän lisäksi on

tärkeää huomata, että muutossokeus säilyy, vaikka kuvien esitysaikaa kasvatetaan niin paljon, että silmänliikkeet ovat mahdollisia. Toisissa kokeissa, ilman väläystä, kadonnut kappale huomattiin ääreisnäössä 85 % tapauksista (Parker, 1978).

Myös kappaleen tärkeys havaitsijalle vaikuttaa kykyyn havaita siinä ilmeneviä muutoksia. Myös tämä viittaa tarkkaavaisuuteen havaintokykyä selittävänä tekijänä. Muutossokeus mittaa siis välittömän muistin yksityiskohtaisuutta. Potterin muistikokeet taas osoittavat, että jos lyhyeksi ajaksi aktivoitunut havaintoinformaatio ei liity muodostettuun skeemaan tai merkitysrakenteeseen, se unohdetaan nopeasti.

### **Katseen suuntaaminen arkisissa tilanteissa**

Merkitysrakenne ohjaa myös sitä, kuinka uutta tietoa pyritään hankkimaan. Silmänliikkeiden tutkiminen paljastaa ensisijaisesti sen, mistä havaitsija haluaa lisää tietoa. Jos tämä tulkitaan käänteisesti, voidaan arvioida sitä mitä havaitsija jo tietää. Yleensä katse ei suuntaudukaan itsestään selviin kohteisiin, vaan yllättäviin kohteisiin. Riippuu tehtävästä tarvitaanko tarkkaa näköä ja katseensuuntaamista kappaleen tunnistamiseen. Sakkadeita käytetään tarkkojen näköhavaintojen keräämiseen, sillä sakkadien kohteiden läheltä muistetaan enemmän yksityiskohtia. Tietoa hankitaan kuitenkin vain tarpeen mukaan.

Silmänliikkeillä on osuus terävännäönharhaan vaadittavan tiedon ylläpitämisessä. Eräissä kokeissa näkökentän rajaaminen dynaamisesti 10°:een laajuuteen (kontingenssi-menetelmällä, jossa rajaus liikkuu katseen mukana) ei heikentänyt tarkkapiirteisen kuvan havaitsemista (Land, 2004). Tällöin ääreisnäön 10° ulkopuoliset havainnot eivät missään määrin synnyttäneet harhaa tarkasta näkökentästä. Luonnollista ja ekologisesti validia näkemistä tutkittaessa on kiinnostava tietää mihin ihmiset kohdistavat tarkkaa näköään.

Jo 60-luvulla havaittiin katseen kohdistamisen olevan alisteista havaitsijan tavoitteille (Yarbus, 1967). Tavallisissa kotitöissä (esim. teen keittäminen) katse kohdistetaan sakkadisesti lähes vain ja ainoastaan kappaleisiin, yksi kerrallaan (Hayhoe ym., 2003; Land, 2004). Ensin koko keho kohdistetaan esineeseen, seuraavaksi siirtyy katse ja viimeisenä liikkuvat kädet. Vaikuttaa siltä, että

tarkkaa näkökykyä hyödynnetään käsillä toimimisessa, muttei yleisemmässä koko ruumiin oikein kohdentamisessa. Jos katse pakotetaan yhteen pisteeseen koko toiminnan ajaksi, tehtävään käytetty aika kasvaa kolminkertaiseksi. Vain 5 % ajasta katsottiin tehtävään kuulumattomia kappaleita. Toimija hyödyntää kykyä ennakoita myös katseen kohdistamisessa. Autoilijan katse ennakoii ratin kääntämisen seurauksia (Land, 2004). Kuitenkin vain kokemattomat autoilijat käyttävät tarkkaa näköään auton pitämiseksi kaistallaan. Myös pöytätenniksessä palloa vastaan ottavan katse edeltää 200 millisekunnilla pöydästä pomppaamista.

Katseen ollessa lähes paikallaan puhutaan fiksaatiosta. Landin (2004) mukaan fiksaation tarkoitus on paikallistaa, osallistua käden kohdentamiseen tai tarkastaa jokin ehto (hänen tutkimuksissaan kättä kohdennettaessa ei kuitenkaan katsottu itse kättä). Lukiessa fiksaatio kestää vain keskimäärin 225 ms. Peittymiskokeista on päätelty, että tästäkin ajasta vain ensimmäiset 50–70 ms käytetään visuaalisen informaation vastaanottamiseen (Land, 2004). Lukiessaan havainnoitsija valmistautuu katseen siirtoon valtaosan aikaa. Luonnollisten kuvien tapauksessa fiksaatio kestää keskimäärin 330 ms, mutta tämä vaihtelee eri ihmisten välillä (Henderson, 2003). Arkisissa tehtävissä, kuten voileivän valmistuksessa, fiksaation kesto vaihtelee yhdenkin ihmisen tapauksessa jopa välillä 100–1500 ms. (Hayhoe et al. 2003). Pitkät fiksaatiot liittyivät käden liikkeiden ohjaamiseen ja lyhyimmät ovat osa ennalta suunniteltua sarjaa. Tässä korostuu näkemisen prosessiluonne, kuten aiemmin kuvatussa Rensinkin (2000) virtuaalisen representaation tapauksessa. Seuraavaksi tarkastellaan katseen kohdistusta visuaalisten mielikuvien aikana, ja sitä onko tämä prosessiluonne tyypillistä vain näköinformaation ”pöiminnalle”, muttei sen hermostollisille representaatioille.

### **Silmänliikkeet kuvittelussa ja kumuloitunut visuaalinen muistaminen**

Ensimmäiset viitteet silmänliikkeiden osuudesta kuvitteluun ovat 60-luvulta. Haber ja Haber (1964) tutkivat 8–12-vuotiaiden lapsien eideettistä muistia, joka vastaa karkeasti arkikielen valokuvamuistia. Tämän ikäluokan lapsista, muttei juuri vanhemmista, noin kahdeksalla prosentilla havaittiin



seuraavia laadullisia eroja ikätovereihinsa. Heidän muistinsa (i) ei perustunut jälkikuviin, koska se kes-ti useita kymmeniä sekunteja (silmäliikkeet sadois-sa millisekunneissa) ja (ii) sisälsi positiivisia värejä. He muistivat (iii) paljon pieniä yksityiskohtia ja (iv) kokivat kuvat eloisina ja itsensä ulkopuolisina. Sanallisten kuvauksien lisäksi eideettinen muisti tunnistettiin yksityiskohdan sijaintia (v) vastaa-vista silmänliikkeistä. Hebb (1968) oli tiettävästi ensimmäinen, joka tulkitsi näitä tuloksia niin, että silmänliikkeillä on muistia järjestävä tehtävä.

Tulkinta oli aikaansa edellä ja pääsi arvoonsa vasta mittauslaitteiden kehityttyä viimeisen kym-menen vuoden aikana tehdyissä tutkimuksissa, joita käsitellään seuraavaksi. Vasta Brandt ja Stark (1997) pystyivät kontrolloidusti näyttämään kuvi-tellun sisällön ja silmänliikkeiden välisen yhteyden. Olennaista heidän kokeidensa onnistumiselle oli ärsykkeiden ja tehtävän laatu. Tehtävänä kokeissa oli muistaa missä pieni määrä mustia pisteitä si-jaitsi shakkilaudan kaltaisessa ruudukossa. Kaikki tehtävän merkityssisältö oli siis eksplisiittisesti nähtävissä olevassa paikkarakenteessa. Koehenki-löiden silmänliikkeet havainto- ja kuvitteluhetkellä muistuttivat vahvasti toisiaan, tosin niin, että kuvi-teltaessa fiksaatioiden kesto piteni noin 20 ms, joka vastaavasti lyhensi katsepolun pituutta. *Toimintojen tarkkailu -hypoteesi* (engl. process monitoring) selit-tää keston muistikuvan muodostuksen vaikeudel-la. Samankaltaisuus todettiin *jono-muunnos* (engl. string-editing) analyysin avulla. Siinä jokaista katsottua sijaintia symboloidaan paikkaa vastaa-valla merkillä ja merkkijonojen samankaltaisuutta verrataan. Mikäli eri sijaintien merkitys muuttuu havainnon ja kuvittelun hetkeen välillä, ei ole var-maa toistuuko havainto. Aihetta ei tiettävästi ole vielä tutkittu.

Laeng ja Teodorescu (2002, ks. myös Mast & Kosslyn, 2002) käyttivät Brandtin ja Starkin koe-asetelmaa ja todistivat silmänliikkeiden kausaalisen luonteen muistikuvan muodostuksessa; sijainnit tallennettiin koordinaattijärjestelmässä, joka on suhteessa katseeseen. Brandtin ja Starkin koet-ta oli mahdollista tulkita niin, että silmänliikkeet ovat vain kuvittelusta seurannut toissijainen ilmiö, *epifenomeeni*. Jos koehenkilöt eivät saaneet liikut-taa silmiään painaessaan sijainteja mieleen, eivät he tehneet niin myöskään kuvitellessaan. Tässä hu-mattakoon, että tarkkaavaisuutta voidaan liikuttaa

katseen ollessa paikallaan (engl. covert attention). Jos taas silmiä oli mahdollista liikuttaa havaintohet-kellä muttei kuviteltaessa, muistisuoritus heikkeni. Laeng ja Teodorescu vahvistivat tuloksen myös toi-sella koeasetelmalla, jossa koehenkilön piti vastata muistikuvansa perusteella kysymykseen trooppisen kalan visuaalisista yksityiskohdista. Kalat oli sijoit-tettu johonkin neljästä kulmasta. He päättelivät tu-loksista, että muistikuva luodaan käyttäen hyväksi paikkaindeksiä motorisessa koordinaattijärjestel-mässä, eli osien järjestys tallennetaan näin. Havait-seminen ei ole vain kuvauksien tallentamista, vaan lisäksi opitaan kuinka suunnata tarkkaavaisuutta ja kuinka tutkia tai selailla kappaleita. Fiksoitujen ja ei-fiksoitujen asioiden muistamista tutkittaessa on havaittu, että katse vaikuttaa kuvallisten yksityis-kohtien muistamiseen, muttei yleisempään karke-anäön tasolla tapahtuvaan näkymien muistamiseen (Chapman, 2005).

Viime vuosina on ilmestynyt uusi tulkinta muu-tossokeuskokeille. Hendersonin ja Castelhanon (2005) mukaan muutossokeus on seurausta kat-seen siirtämisestä eikä tarkkaavaisuudesta. Koe-asetelmassaan he kontrolloivat silmänliikkeiden vai-kutuksia, peittämällä yhden näkymän kappaleista vasta kun sitä oli katsottu ja kun katse oli siirtynyt tietylle alueelle. Tällöin muutoshavaintojen määrä kasvoi yli sattumanvaraisuuden. Ero Rensinkin ym. (1995) tuloksiin syntyi siitä, että koehenkilöt var-masti katsoivat myöhemmin muuttuvaa kohdetta. Monet koehenkilöt havaitsivat muutoksen myös myöhemmin katsottuaan muutoskohtaan, joka toi-mi näin muistivihjeenä. Henderson ja Castelhano väittävätkin, että muutossokeus johtuu usein muis-tihaun ongelmista, jotka ovat riippuvaisia sen het-kisestä katseen sijainnista. Vaikuttaa siis siltä, että ainakin osa visuaalisesta muistista on tallennettu liikkeitä vastaavaan koordinaatistoon. Jos kyseessä olisi maailman koordinaatistoa vastaava sijainti, ei kuviteltaessa silmänliikkeitä tarvittaisi ja tarkkaa-vasuuden siirtyä olisi riittävä.

## Yhteenveto

Tässä kirjoitelmassa käsiteltiin kognitiivista toi-mintaa, joka saa aikaan näköhavainnon muodos-tumisen. Navonin (1977) kokeet antavat viitteitä siitä, että ääreisnäköä hyödynnetään ensin karkei-

den kokonaisuuksien hahmottamisessa ja yksityiskohtia tarkastellaan vasta sitten. Navonin mukaan olennaiset kohteet paikallistetaan ennen niiden tunnistamista. Ensimmäiseksi käsitellyissä tutkimuksissa pyrittiin selvittämään minkälaista tietoa havaitsija saa yhden fiksaation aikana. Kokeellisessa psykologiassa silmänliikkeiden vaikutusta on rajoitettu lyhyellä esitysajalla. Biedermanin ym. (1972,1973,1974) kokeet ovat osoittaneet ääreisnäön havaintojen tärkeyden kappaleiden tunnistuksessa. Kokeidensa tuloksia hän tulkitsee niin, että kappaleiden tunnistus on vahvasti riippuvaista yleisemmästä näkymäskeemasta ja eri kappaleiden välisistä tilallisista suhteista. Havaitsija muodostaa siis ensin karkean näkymätason kuvauksen, jota hyödynnetään tarkemman havainnon muodostamisessa. Tulkittaessa sekunnin murto-osissa kappaleen ja muun taustan välistä suhdetta hyödynnetään aikaisempaa yleistietoa. Esimerkiksi pappi on helpompi tunnistaa kirkossa ainoastaan kokemuksen pohjalta. Samanaikaisesti myös muodostetaan uutta yleistävää tietoa. Ariely (2001), ja tutkijat Chong ja Treisman (2003) ovat tutkimuksissaan osoittaneet, että kokoa arvioidessa muodostetaan keskiarvoja nopeasti ja jopa luotettavammin kuin arvioitaessa ominaisuutta miltään yksittäiseltä yksilöltä. Nopeissa havainnoissa siis muodostetaan ensisijaisesti tilastollisia arvioita joukoista eikä niiden yksilöistä, niin että karkea havainto edeltää yksityiskohtia. Biedermanin ym. (1982) ja Potterin ym. (1976, 1993, 2002) kokeissa havaittavien kappaleiden merkityssuhteet olivat puolestaan nopeasti havaittavissa ja vaikuttivat tunnistukseen. Tarkka näkeminen on siis vahvasti sidoksissa kykyyn ymmärtää yksityiskohtien merkityksiä.

Yleistyksien lisäksi nopeaa havaitsemista voidaan hyödyntää käsitteellistämässä. Potterin kokeet osoittivat, että hyvin nopeilla esitysajoilla näkymiä pystytään käsitteellistämään esimerkiksi eväsretkeksi vaikka kuitenkaan hetken päästä ei pystytä nähtyä kuvaa tunnistamaan. Tunnistamista varten tarvitaan häiriötöntä aikaa kuvan muistiin tallentamiseen. Samaa selitystä on käytetty myös muutossokeuteen. Tämän tulkinnan mukaan nopea väläys saattaa estää muistiin painumisen. Muutossokeuden tapauksessa on kyse välittömän muistin yksityiskohtaisuudesta ja Potterin kokeista siitä, että havainto täytyy liittää merkitysrakenteisiin tai se unohdetaan nopeasti.

Muutossokeutta tutkinut Rensink väittää, että ilmiö todistaa tarkan näköhavainnon puuttumisen. Hänen mukaansa harha tarkkuudesta syntyy kun tieto on saatavilla kokemuksen kannalta välittömästi vain liikuttamalla silmiä. Vertauskuvana hän käyttää Internet-sivuja, jotka ovat saavutettavissa hyperteksti-linkin välityksellä, eikä niin että tieto olisi jo tallennettuna oman tietokoneen muistiin. Silmänliikkeiden tutkimus onkin osoittanut, että arkisissa toiminnoissa katse usein suunnataan välittömästi käsillä oleviin kohteisiin. Jos katse täytyy pitää paikallaan, motorinen suoritus hidastuu usein moninkertaiseksi, vaikka karkea näkö tieto olisikin saatavilla. Aikaisempaa tietoa käytetään ennakoimaan tulevia tarpeita katseen kohdistukselle. Tarkempi kokeellinen tutkimus on osoittanut, että silmänliikkeiden yli kumuloituu yllättävän vähän tietoa, eikä havaintotiedon lisääntyminen useinkaan tapahdu yhdessä katseesta riippumattomassa muistirepresentaatioissa. Se kuinka tietoa yhdistellään fiksaatioiden välillä on vielä aktiivisen tutkimuksen kohde.

Myös visuaalisten mielikuvien tutkimus on antanut tukea ajatukselle, jonka mukaan näköhavaintoa ei tallenneta yhteen katseriippumattomaan muistirepresentaatioon. 60-luvun koululaisten eideettisen muistin tutkimus antoi viitteitä siitä, että hyvä muistisuoritus edellyttää havaintoa vastaavien silmänliikkeiden tekemistä. Menetelmällisesti silmänliiketutkimus vahvisti tuloksen vasta kymmenen vuotta sitten. Sittemmin on pystytty vielä osoittamaan, että silmänliikkeet ovat kausaalisessa yhteydessä kuvittelun laatuun. Jos silmänliikkeet kuviteltaessa estetään, häiriintyy suoritus. Tilallinen muisti vaikuttaisi olevan representoituna aivoissa suhteessa katseen sijaintiin, joka vastaa havaintohetkeä. Samankaltaista tulkintaa on käytetty selittämään muutossokeus-ilmiö. Hendersonin ja Castelhanon mukaan muutossokeus johtuu usein muistihaun ongelmista ja suoritus paranee jos varmistetaan, että havaitsija varmasti oli aiemmin kohdistanut katseensa myöhemmin muuttuvaan kohtaan ja katsonut kohtaan muutoksen jälkeen.

### **Pohdintaa**

Tässä kirjoitelmassa on arvioitu sitä millaista informaatiota on käytettävissä näköhavainnon muodostuessa yhden fiksaation aikana ja pidemmällä

aikavälillä. Kirjoitelmassa on annettu tukea väitteelle, jonka mukaan kaikkea näkö tietoa ei poimita välittömästi, vaan havaintoon vaikuttaa kokemusperäinen konstruktivisuus. Konstruktiio perustuu ympäristön säännön mukaisuuksien hyödyntämiseen yleistietona, lyhyellä aikavälillä kumuloi-tuviin muistikuviin ja epätarkkaan ääreisnäköön. Tutkijoilla ei ole suoraa pääsyä representaatioihin joita tietoa kumuloidessa käytetään, vaan sitä on tässä tutkittu sen mahdollistaman käyttäytymisen avulla. Havainnot muutossokeudesta eivät itses-sään todista ettei havaitsijalla ole yksityiskohtaista tarkkaa representaatiota näkökentästään. Todentumattomat mahdollisuudet eivät tosin kuulu empiirisen tutkimuksen piiriin. Siksi tässä kirjoitelmassa on tutkittu positiivisia tapauksia, mahdollisuuksia erityisolosuhteissa (esimerkiksi nopea esitys aika) ja taipumuksia arkitilanteissa.

Muutossokeuden tapauksessa on myös mahdollista, ettei havaitsija vain yksinkertaisesti vertaa eri ajanhetkillä syntyneitä representaatioita keskenään (Simons & Silverman, 2004). Hendersonin ja Castelhanon selitys on tästä mahdollisuudesta tämentynyt silmänliikkeet huomioiva prosessimalli. Tarkkaamattomuudesta johtuva sokeus voi selittyä myös kykenemättömyydellä tiedostaa havaittua kappaleen ilmestymistä. Esimerkiksi pakon edessä koehenkilöt usein kykenevät valitsemaan vaihtoehdoista tämän kappaleen useammin (36 %) kuin ne joille kappaletta ei ollut näytetty (4 %) (engl. priming experiments, Mack & Rock, 1998). Oikeiden valintojen osuus on suuri, koska kokeessa kappaleen tiedostaneet valitsivat oikean vaihtoehdon vain noin puolessa tapauksista.

Muutossokeuden merkitystä arkitoiminnalle (ekologinen validiteetti) vähentävät väitteet siitä, että katsetta käytetään usein välittömästi tarvittavan tiedon saamiseksi. Erityisesti toiminnan aikana katse kiinnitetään kohteeseen vain niin kauan kuin tarkkaa näköinformaatiota pyritään saavuttamaan ja fiksaatioiden välitön tarkoitus on muista riippumaton (Hayhoe ym., 2003). Hayhoe työtovereineen onkin tulkinnut nämä havainnot tueksi sensorimotoriselle teorialle, jonka mukaan näkymä toimii ulkoisena muistina. Toiminnan aikana havaitsemisella on erityinen tarkoitus, mutta muutoksien havaintokykyyn vaikuttaa myös visuaalisen ominaisuuden silmiinpistävyyks: koko (paikkafrekvenssi), reunojen tiheys, paikallisten kontrastierot

ja vierekkäisten kuvapisteen välinen korrelaatio (Henderson, 2003). Kun näkymä on merkityksellinen, silmiinpistävyyden merkitys vähenee. Miellissä oleva asia vaikuttaa vahvasti siihen mihin havaitsija katsoo (Yarbus, 1967). Tämä edellyttää katseen siirtoa edeltävää karkeaa paikkatietoa mielenkiinnon alueista (Navon, 1977). Myös toimintaa valmisteltiin usein nopeilla näkymää haravoivilla katseilla (Hayhoe ym., 2003). Vaikuttaisi siltä, että luonnollisissa olosuhteissa karkeanäköä täydenne-tään ja kappaleiden identiteettiä varmistellaan myös tarkannäön avulla.

Horowitz ja Wolfe (1998) ovat esittäneet liioitellun väitteen, että tietoa ei kumuloidu ollenkaan fiksaatiosta toiseen. Heidän visuaalisen haun kokeissaan koehenkilöt eivät oppineet hyödyntämään muuttumattomia kappaleita. Peterson ym. (2001) kuitenkin muistuttavat, että vaikka näiden kokeiden koehenkilöiden suoritus ei parantunut suhteessa hakumatriisiin kokoon yhtään enempiä, oli suoritus kuitenkin nopeampaa jos muutoksia ei tehty. Horowitzin ja Wolfen väittämä amnesia selittyy todennäköisesti esitysajoilla, jotka olivat lyhyempiä kuin sakkadin tekemiseen vaadittava aika. Peterson ym. lisäsivät aikaa ja pakottivat haun sarjamuotoiseksi (useita silmänliikkeitä). Koehenkilöiden havaittiin vieläkin palaavan jo tarkasteltuihin kappaleisiin, mutta harvemmin kuin tapauksessa jossa kappaleita muutettiin. Myös Chunin (2000) teoria kontekstuaalisista vihjeistä tukee näkemystä kumuloitumisesta. Hänen kokeissaan päätöksenteko jo aiemmin nähdyllä luonnollisilla kuvilla oli helpompaa kuin täysin uusilla.

Havaintofilosofisessa näkökirjallisuudessa on kaksi tapaa selittää havaitsemisen tarkoitusta. Ensimmäinen väittää, että havaintojärjestelmä pyrkii esittämään maailman yksityiskohtia mahdollisimman totuudenmukaisessa muodossa (erityisesti Marr, 1982). Toinen keskittyy havaitsemisen osallisuuteen ympäristössä toimimiseen (erityisesti Gibson, 1972; 1977, nytemmin Noë & Thompson, 2002). Jälkimmäinen on nykykirjallisuudessa suosittu ja sitä edustaa esimerkiksi sensorimotorinen teoria (O'Regan & Noë, 2001). Sensorimotorinen teoria painottaa toiminnan ja ympäristön vuorovaikutuksessa syntyneiden säännönmukaisuuksien (engl. sensorimotor contingencies) havaitsemista. Myös Neisserin (1976) havaintokehä pyrkii vuorovaikutteisempaan havaintoteoriaan. Siinä tietoa

poimitaan, verrataan odotuksiin ja vertailun perusteella ohjataan katsetta. Jos alueelta poimittu tieto vastaa odotuksia, ei tarkentavaa fiksaatiota tarvita kyseiselle alueelle. Kokeissa on havaittu katseen kohdistuvan muuttuneisiin kappaleisiin keskimäärin enemmän kuin yhden fiksaation aiemmin, kuin tapauksissa joissa samaan kappaleeseen ei kohdistunut muutosta (Parker, 1978). Tämä osoittaa ääreisnäön vaikuttavan näköinformaation myöhempään kumuloitumiseen.

## Viitteet

- Adolphs, R., Gosselin, F., Buchanan, T., Tranel, D., Schyns, P. & Damasio, A. (2005). A mechanism for impaired fear recognition after amygdala damage. *Nature*, 433(1), 68–72.
- Ariely, D. (2001). Seeing sets: Representation by statistical properties. *Psychological Science*, 12(2), 157–162.
- Biederman, I. (1972). Perceiving real-world scenes. *Science*, 177, 77–80.
- Biederman, I., Rabinowitz, J. & Stacy, W. (1974). On the information extracted from a glance at a scene. *Journal of Experimental Psychology*, 103(3), 597–600.
- Biederman, I. (1982). Scene perception: Detecting and judging objects undergoing relational violations. *Cognitive Psychology*, 14(2), 143–177.
- Biederman, I., Glass, A. & Stacy, W. (1973). Searching for objects in real-world scenes. *Journal of Experimental Psychology*, 97(1), 22–27.
- Boyce, S., Pollatsek, A. & Rayner, K. (1989). Effect of background information on object identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15(3), 556–566.
- Brandt, S. & Stark, L. (1997). Spontaneous eye movements during visual imagery reflect the content of the visual scene. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(1), 27–38.
- Chapman, P. (2005). Remembering what we've seen: Predicting recollective experience from eye movements when viewing everyday scenes. Teoksessa G. Underwood (toim.), *Cognitive Processes in Eye Guidance*. (s. 237–258). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Chong, S. & Treisman, A. (2003). Representation of statistical properties. *Vision Research*, 43, 393–404.
- Chun, M. (2000). Contextual cueing of visual attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(5), 170–178.
- Davenport, J. & Potter, M. (2004). Scene consistency in object and background perception. *Psychological Science*, 15(8), 559–564.
- De Graef, P. (2005). Semantic effects on object selection in real-world scene perception. Teoksessa G. Underwood (toim.), *Cognitive Processes in Eye Guidance*. (ss. 189–211). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Duncan, J. & Humphreys, G. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96(3), 433–458.
- Duncan, R. & Boynton, G. (2003). Cortical magnification within human primary visual cortex correlates with acuity thresholds. *Neuron*, 38, 659–671.
- Findlay, J. (2004). Eye Scanning and Visual Search. Teoksessa J. M. Henderson & F. Ferreira (toim.), *The interface of language, vision and action: Eye movements and visual world*. (s. 135–159). New York: Psychology Press.
- Gibson, J. (1972). A theory of direct visual perception. Teoksessa J. R. Royce & W. W. Rozeboom (toim.), *The Psychology of Knowing*. (s. 215–240). New York: Gordon & Breach.
- Gibson, J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Goldenberg, G., Müllbacher, W. & Nowak, A. (1995). Imagery without perception — A case study of anosognosia for cortical blindness. *Neuropsychologia*, 33(11), 1373–1382.
- Haber, R. N. & Haber, R. B. (1964). Eidetic imagery: I. Frequency. *Perceptual and Motor Skills*, 19, 131–138.
- Hayhoe, M., Shrivastava, A., Mruczek, R. & Pelz, J. (2003). Visual memory and motor planning in a natural task. *Journal of Vision*, 49–63.
- Hebb, D. (1968). Concerning imagery. *Psychological Review*, 75(6), 466–477.
- Henderson, J. (2003). Human gaze control during real-world scene perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 498–504.
- Henderson, J. & Castelano, M. (2005). Eye movements and visual memory of scenes. Teoksessa G. Underwood (toim.), *Cognitive Processes in Eye Guidance*. (s. 213–235). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Horowitz, T. & Wolfe, J. (1998). Visual search has no memory. *Nature*, 394, 575–577.
- Irwin, D. (1996). Integrating information across saccadic eye movements. *Current Directions in Psychological Science*, 5(3), 94–100.
- Kinchla, R. & Wolfe, J. (1979). The order of visual processing: “Top-down”, “bottom-up”, or “middle-out”. *Perception & Psychophysics*, 25(3), 225–231.
- Laeng, B. & Teodorescu, D.-S. (2002). Eye scanpath during visual mental imagery reenact those of perception of the same visual scene. *Cognitive Science*, 26, 207–231.
- Land, M. (2004). Eye movements in daily life. Teoksessa L. M. Chalupa & J. S. Werner (toim.), *The Visual Neurosciences*. (s. 1357–1368). Cambridge, MA: MIT Press.
- Mack, A. & Rock, I. (1998). *Inattentional Blindness*. Cambridge: MIT Press.
- Marr, D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. W.H. Freeman & Co, N.Y.
- Mast, F. & Kosslyn, S. (2002). Eye movements during visual mental imagery. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(7), 27–272.
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive psychology*, 9, 353–383.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and Reality*. San Francisco: WH Freeman.
- Neisser, U. (1979). The control of information pickup in selective looking. Teoksessa A. D. Pick (toim.), *Perception and its development. A tribute to Eleanor J. Gibson*. (s. 201–219). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.



- Noë, A. & Thompson, E. (2002). *Vision and mind: Selected readings in the philosophy of perception*. Cambridge: MIT Press.
- O'Regan, K. & Noë, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 939–1031.
- Parker, R. (1978). Picture processing during recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4(2), 284–293.
- Petersen, S., Kramer, A., Wang, R., Irwin, D. & McCarley, J. (2001). Visual search has memory. *Psychological Science*, 287–292.
- Potter, M. (1976). Short-Term Conceptual Memory for Pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2(5), 509–522.
- Potter, M. (1993). Very short-term conceptual memory. *Memory & Cognition*, 21, 156–161.
- Potter, M., Straub, A., Rado, J., & O'Connor, D. (2002). Recognition memory for briefly presented pictures: The time course of rapid forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(5), 1163–1175.
- Rensink, R. (2000). The dynamic representation of scenes. *Visual Cognition*, 7, 17–42.
- Rensink, R., O'Regan, K., & Clark, J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological Science*, 8(5), 368–373.
- Rodieck, R. (1998). *The first steps in seeing*. Massachusetts: Sinauer Associates Inc.
- Rosch, E. (1978). Principles of Categorization. Teoksessa E. Rosch & B. Lloyd (Toim.), *Cognition and Categorization*. NJ: Lawrence Erlbaum.
- Rosch, E., Simpson, C., & Miller, R. (1976). Structural bases of typicality effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 491–502.
- Simons, D. & Chabris, C. (1999). Gorillas in our midst: sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception*, 28, 1059–1074.
- Simons, D. & Rensink, R. (2005). Change blindness: past, present, and future. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(1), 16–20.
- Simons, D. & Silverman, M. Neural and behavioral measures of change detection. Teoksessa L. M. Chalupa & J. S. Werner (toim.), *The Visual Neurosciences*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Steinman, R. (2004). Gaze Control under Natural Conditions. Teoksessa L. M. Chalupa & J. S. Werner (toim.), *The Visual Neurosciences*. (ss. 1339–1356). Cambridge, MA: MIT Press.
- Stroop, J. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643–662.
- Treisman, A. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97–136.
- Williams, R. & Moody, S. (2004). Development and genetic control of cell number in the retina. Teoksessa L. M. Chalupa & J. S. Werner (toim.), *The Visual Neurosciences*. (ss. 63–76). Cambridge, MA: MIT Press.
- Virsu, V. & Rovamo, J. (1979). Visual resolution, contrast sensitivity, and cortical magnification factor. *Experimental Brain Research*, 37, 475–494.
- Yarbus, A. (1967). *Eye movements and vision*. New York: Plenum Press.