

Psychologische Analysen hirnpathologischer Fälle.

Herausgegeben von
Adhémar Gelb und Kurt Goldstein.

XII.

Natürliche Bewegungstendenzen der rechten und der linken Hand und
ihr Einfluß auf das Zeichnen und den Erkennungsvorgang.

(Auf Grund von Untersuchungen am „Seelenblinden“ Sch. . . .)

Von

Niilo Mäki (Turku-Finnland).

Mit 20 Abbildungen im Text.

I. Das Problem.

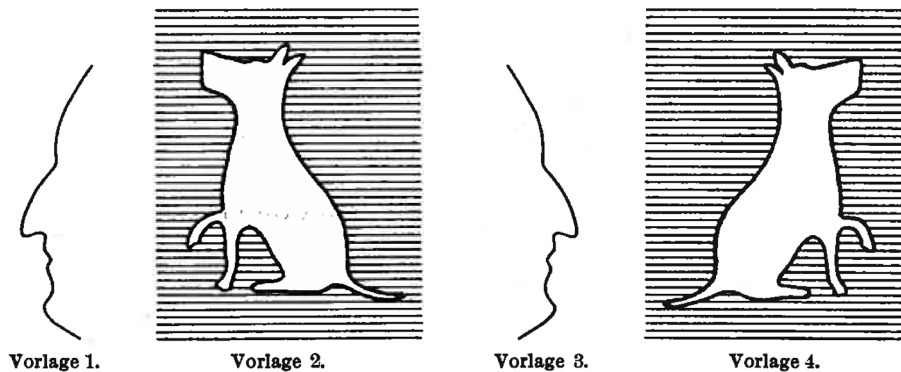
Im folgenden soll über Untersuchungen berichtet werden, die wir mit dem aus den ausführlichen Arbeiten von *Gelb* und *Goldstein*¹ und *Benary*² bekannten „agnostischen“ Patienten Sch. ausgeführt haben. Die spezielle Aufgabe unserer Versuche war, einige noch problematisch erscheinende Eigentümlichkeiten des „nachfahrenden Erkennens“, das beim Falle Sch. eine charakteristische und theoretisch höchst bedeutungsvolle Rolle spielt, zu klären. Vor allem lag es uns daran, die Unterschiede in der Eigenart und Bedeutung des rechts- und linkshändigen Nachfahrens (unter Berücksichtigung auch der entsprechenden Kopfbewegungen) festzustellen, und zwar sowohl in bezug auf die Natur und das Zustandekommen der motorischen Bewegungsgestaltung als solcher wie auch in bezug auf ihre Auslegung durch den Patienten.

In ihrer ersten, den Fall Sch. betreffenden Arbeit haben *Gelb* und *Goldstein* die allgemeine Natur und Erscheinungsweise dieser zum „Erkennen“ notwendigen Kopf- und Handbewegungen so eingehend behandelt, daß wir es für überflüssig halten dürfen, an dieser Stelle eine nähere Beschreibung der betreffenden Tatsachen nochmals zu

¹ *Gelb* und *Goldstein*, Psychologische Analysen hirnpathologischer Fälle. I. Bd. Leipzig 1920. Daraus: Zur Psychologie des optischen Wahrnehmungs- und Erkennungsvorganges (zuerst erschienen in *Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie* 41. 1918). Über den Einfluß des vollständigen Verlustes des optischen Vorstellungsvermögens auf das taktile Erkennen (zuerst in *Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg.* 83. 1919).

² *Benary*, Studien zur Untersuchung der Intelligenz bei einem Fall von Seelenblindheit. *Psychol. Forsch.* 2. 1922 (*Psychol. Anal. hirnpathol. Fälle*, herausgegeben von *Gelb* und *Goldstein*).

geben¹. Für das Verständnis unserer Darlegungen sei nur folgende Grundtatsache hervorgehoben: der Kranke ist nur mit Hilfe nachfahrender Kopfbewegungen imstande, die Bedeutung eines Buchstabens, eines einfachen geometrischen Gebildes oder einer einfachen Umrißfigur anzugeben. Die Kopfbewegungen pflegt der Kranke mit Bewegungen der rechten oder linken Hand zu begleiten, aber nur, wenn das zum Verständnis des Gebotenen unbedingt erforderlich ist. Sonst begnügt er sich mit Kopfbewegungen, die ja ohnehin immer notwendig sind. Die Bedeutung des rechts- bzw. linkshändigen Nachfahrens für das „Erkennen“ trat bei den bisherigen Untersuchungen nur mehr gelegentlich zu Tage, z. B. beim „Lesen“ von Spiegelschrift. Ein tieferer Einblick in diese Bedeutung war zu erhoffen, wenn man den Patienten ausdrücklich aufforderte, beim „nachfahrenden Er-



kennen“ verschiedener Figuren außer dem Kopf die rechte bzw. linke Hand mitzubeneutzen. Dabei konnte man in der Tat sofort überraschende Befunde gewinnen, von denen wir einige zur Einführung in die zu behandelnden Probleme besprechen wollen.

Bot man z. B. dem Patienten das Gesichtsprofil (Vorlage 1), so bedeutete das für ihn „Gesicht“, wenn er die nachfahrenden Kopfbewegungen mit der *rechten* Hand begleitete, und es bedeutete „Zickzacklinie“, wenn er die Kopfbewegungen mit der *linken* Hand mitmachte.

Vorlage 2 hatte für den Patienten wiederum zwei Bedeutungen, je nachdem er die rechte oder die linke Hand benutzte. Für die rechte war sie „ein sitzendes Tier“, für die linke ein bedeutungsloses Gebilde.

¹ *Gelb-Goldstein*, Psychol. Anal. hirnpathol. Fälle. I, S. 18ff. u. 78ff. — *Benary*, a. a. O. S. 211 ff., auch S. 224 ff. — *Gelb*, Die psychologische Bedeutung pathologischer Störungen der Raumwahrnehmung. Bericht über den IX. Kongreß für experimentelle Psychologie. Jena 1926. S. 67ff. — Was die *Poppelreutersche* Entgegnung gegen die von *Gelb* und *Goldstein* gegebene Deutung betrifft (*Poppelreuter*, Psychologie und Pathologie der optischen Wahrnehmung. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 83. 1923), sei auf die letztgenannte Arbeit von *Gelb* hingewiesen.

Veijo Virsu



NIILO MÄKI INSTITUUTTI

20 vuotta oppimisvaikeustutkimusta

Niilo Mäki ja potilas Sch

*Niilo Mäen kirjoitusten luettelo on julkaistu Internetissä osoitteessa <http://www.nmi.fi/niilomaki/bibliografia.html>. Luettelosta puuttui hänen raporttinsa tutkimuksesta, jonka hän oli tehnyt tutkijavierailullaan Frankfurtissa Adhemár Gelbin ja Kurt Goldsteinin johtamassa aivovaurioiden tutkimuskeskuksessa (Mäki, 1927, *Psychologische Forschung*, Vol. 10). Suomeksi käytetystä biologisen psykologian oppikirjastaan tunnettu James Kalat on pitänyt kirjoitusta vielä vuonna 1978 niin mielenkiintoisena, että hän on kääntänyt sen saksasta englanniksi. Se julkaistiin noin 50 vuoden päästä kirjoittamisesta (Mäki, 1978, *Journal of Biological Psychology*, Vol. 20). Kerron tässä kirjoituksessa, mistä tutkimuksessa oli kysymys, miksi se kahtena eri aikana oli mielenkiintoinen ja miten se liittyy nykykäsitteisiin.*

Asiasanat: potilas Sch, visuaalinen agnosia, lateraalisuus

Mäki kuvailee kirjoituksessaan ensimmäisessä maailmansodassa vammautuneen potilaan Sch (kirjoitusasuna on joskus myös *Schn*) visuaalisen agnosian näköoireita. Vammoja oli useita ja ne johtuivat aivojen taka- ja sivuosiin osuneista miinansirpa-leista. Tätä Goldsteinin ja Gelbin potilasta on pidetty ensimmäisenä hyvin määritel-

tynä apperseptiivisen visuaalisen agnosian esimerkkitapauksena, joskin kiistanalaisesti (Marotta & Behrmann, 2004). Potilaalla Sch oli agnosian lisäksi monia muita oireita, kuten mm. laajat tarkan näön alueen eli fovean ulkopuoliset sokeat alueet ja pikkuaivovaurioita.

Potilaalla Sch oli ilmeinen visuaalinen agnosia: hän näki, mutta ei tunnistanut näkemäänsä eikä pystynyt kuvailemaan sitä pelkästään näönvaraisesti. Hän pystyi kuitenkin jäljentämään näkemänsä ääri- viivat joko sormien tai pään liikkeillä. Kinesteettisen (ruumiinosien liikkeisiin perustuvan) jäljentämisen jälkeen hän usein pystyi nimeämään ainakin kohteen luokan ja sanomaan, oliko kyseessä esimerkiksi eläin, lintu vai ihmisen profiili. Mahdollinen selitys agnosialle on, että visuaaliset havaintoa välittävät aivojen osat olivat menettäneet yhteensä aivojen käsitteellisiin osiin, mutta kinesteettisten osien yhteys oli säilynyt ja se oli niin tarkka kuin ylipäänsä on mahdollista.

Potilaan tutkiminen ja diagnosointi olisi nykyisillä aivojen kuvantamistekniikoilla tietenkin oleellisesti tarkempaa kuin yli 80 vuotta sitten. Erilaisin testeillä olisi mahdollista määrittää tarkasti potilaan toimintakyky ja kuvantamisella hänen aivotuotojensa sijainti ja aktiivisuus. Potilastietoja voitaisiin myös verrata lukuisiin

aiemmin tutkittuihin tapauksiin. Diagnostiikalta vaadittaisiin nykyisin julkaisuissa tarkkuutta, jota ei tuohon aikaan odotettu. Esimerkiksi Behrmann ja Nishimura (2010) erottelevat nyt kaksi erilaista apperseptiivisen agnosian alamuotoa ja kahdeksan erilaista assosiatiiivisen agnosian alamuotoa eli yhteensä 10 eri visuaalisen agnosian muotoa.

Apperseptiivisessä visuaalisessa agnosiasissa on kysymys siitä, että potilaan perusnäkökyky (mm. näöntarkkuus) ja kognitiiviset kyvyt ovat jokseenkin normaalit, mutta hän ei saa normaalia näköhavaintoa eikä myöskään pysty kopioimaan tai tunnistamaan näkemäänsä. Assosiatiiivisesta visuaalisesta agnosiasta on kysymys silloin, kun potilas havaitsee kohteen ja pystyy kopioimaan sen, mutta ei tunne näkemiensä esineiden funktiota eikä muista, kuinka ne liittyvät toisiin esineisiin (prosopagnosia eli vaikeus tunnistaa ihmisiä on yksi selvä assosiatiiivisen agnosian muoto).

On väitetty, että potilas Sch olisi näytellyt joitakin oireita ja toimintoja, jotta ne olisivat vastanneet tutkijoiden odotuksia (katsaus Marotta & Behrmann, 2004). Väitettiin esimerkiksi, että potilaan Sch päänliikkeet eivät sopineet siihen oletukseen, että hän seuraisi esineiden ääriiviivoja katseellaan. Luultavasti hän ei seurannutkaan, vaan poimi eri kohtia näkökenttensä näkevälle alueelle – potilaallahan ilmoitettiin olevan laajoja sokeita kohtia, joiden luonnetta ei tarkemmin kerrottu. Toisaalta tarkka kohteiden liikeseuranta oli tullut potilaalle vähemmän tärkeäksi kuntoutumisen edistyessä. Lisäksi muilla agnosia-potilailla on ilmennyt vastaavanlaista tukeutumista liikkeisiin.

MIKSI MÄEN TUTKIMUS OLI MIELENKIINTOINEN VUONNA 1927?

Tutkimuksen oma erillinen uutinen ilmentymisajankohtana oli, että kinesteettisen ja visuaalisen havainnon välillä on tiivisyhteys. Silloin uskottiin yleisesti, että yhteyttä ei ole: aistien ajateltiin olevan erillisiä ja yhteydessä vasta aivojen kognitiivisella tasolla. Vielä vuosikymmenien päästä Mäen tulosten tapaisia tietoja saatettiin pitää mahdollisena (Marotta & Behrmann, 2004). Aistien yhteys löydettiin Frankfurtin klinikassa vain siksi, että sitä huomattiin hakea. Sikääläisessä laboratorioissa kinestesien ja näköhavainnon toisiaan tukevaa vuorovaikutusta pidettiin tärkeänä tutkimuksen kohteena, eikä sitä tutkivia suinkaan pidetty tietämättöminä.

Jo 1800-luvun alkupuolelta, Johannes Müllerin spesifisen aistinenergian laista lähtien oli ajateltu, että kukin aisti välittää vain sille tyypillisiä aistimuksia. Eri aistien toiminnot käsitettiin erillisiksi ja toisistaan riippumattomiksi. Anglosaksisessa maailmassa tämä oli yleinen ajattelutapa aina 1990-luvun alkuun saakka, ainakin kun puhuttiin hierarkkisesta aistisignaalien kulkemisesta. Eri aistipiirien yhteys kyllä hyväksyttiin, mutta eri aisteista tulevien signaalien katsottiin yhdistyvän samoihin aivopaikkoihin vasta myöhäisellä assosiatiiivisellä tasolla (esim. Lewis & Van Essen, 2000). 1990-luvun lopussa uskottiin, että aistipiirit saattoivat yhdistyä jo varsin varhain, mutta sen katsottiin tapahtuvan paluukytkeiden varassa (Clavagnier, Falchier & Kennedy, 2004). Samaa aikaa alkoi jo kuitenkin tulla luotettavaa tietoa siitä, että aistipiirit ovat vuorovaikutuksessa keskenään jo ensimmäisillä aivokuoren alueilla (katsauksia Foxe & Schroeder, 2005; Schroeder & Foxe, 2004). Samoihin aikoihin kerääntyi myös ihmiskokeista suuri määrä psykofyysisten kokeiden tuloksia, jotka

osoittivat eri aistien vaikuttavan toisten aistien välittämään tietoon (laaja katsaus Calvert, Spence & Stein, 2004).

Hahmopsykologiassa hyväksyttiin kuitenkin holistinen ja aistipiirien rinnakkaisen toiminnan hyväksyvä ajattelutapa jo 1920-luvulla; *Psychologische Forschung* oli erityisesti tämän koulukunnan äänitorvi (Boring, 1942, 252). Goldstein ja Gelb olivat ajattelutavan tunnettuja edustajia neuropsykologiassa, eikä heitä sen paremmin kuin heidän oppilastaan Niilo Mäkeäkään sitonut ennakkoluulo, etteivätkö aistit voisi vaikuttaa toisiinsa jo varhaisimmankin prosessoinnin tasolla.

Kiehtova hahmoteoreettinen ajatus oli se, että apperseptiivisen visuaalisen agnosian potilaat eivät pystyisi normaaliin tapaan yhdistelemään ja kytkemään kokonaisuudeksi niitä lukuisia yksittäisiä piirteitä, joista tunnistettava objekti (Gestalt) koostuu. Nykyaikaisin termein kysymys on siitä, että näkökohteen eri aivopaikoissa rinnakkaisesti käsitellyt osat eivät siirry jatkokäsittelyyn synkronisesti eikä niistä sen vuoksi synny kokonaiskäsitystä (Singer, 1999 ja 2009). Visuaaliseen apperseptiiviseen agnosiaan johtavat syyt ovat tyypillisesti diffuuseja – vaurioita on useassa kohtaa – joten juuri signaalien johdannon synkronisaatio on altis häiriintymään. Synkronian parantuminen harjoituksen myötä hebbiläisellä periaatteella “fire together, wire together” voi ollakin aivojen hermoverkkojen kuntoutumisen perusasia (Hebb, 1949; Virsu, 1991).

Goldsteinin kuntoutuksen lähtökohdiana olivat hänen tutkimustuloksensa, joiden mukaan aivovamman saaneet ihmiset oppivat korvaamaan aivojensa tuhoutuneita tai heikentyneitä osia muilla osilla (esimerkiksi vaurioituneen aistin toimintoja opetellaan suorittamaan säilyneiden aistien avulla). Tämä kompensatiokäsitys olikin pitkään kuntoutuksen perusta. Vasta 1980-

luvulla tuli varmaksi, että aikuisenkin aivot muotoutuvat ja synapsit kehittyvät siten, että vaurioitunut hermoverkko on harjoituksella kuntoutettavissa – se kuntoutuu arkielämässä spontaanistikin. Näin ollen varsinaisen aivovaurion kuntouttamisen mahdollisuus kannattaa selvittää ensin, ennen kuin kuntoutuksessa turvaudutaan kompensatioon, uusiin strategioihin ja apuvälineisiin (Virsu, 1991).

Voitaisiinkin todeta, että suomalaiselle neuropsykologialle sen uranuurtajan Niilo Mäen hahmopsykologinen tausta oli hyväksi. Tänä päivänä hänen ennakkoluuloton käsityksensä aistien yhteisvaikutuksesta on tullut yleisesti hyväksytyksi tosiasiaksi. Mäen artikkelissa ilmenevä tutkimusote oli vuosikymmeniä aikaansa edellä. Samoin poikkeuksellista oli hänen kuntoutusoptimisminsa aikana, jolloin vallitsi yleinen kuntoutuspessimismi: vain lasten aivojen uskottiin muotoutuvan. Kuntoutusoptimismi sai Mäen oppilaat etsimään niitä toimintoja ja strategioita, joiden varassa kuntoutumista voitiin saada aikaan.

MIKSI MÄEN TUTKIMUS OLI MIELENKIINTOINEN MYÖS VUONNA 1978?

Vuoden 1927 tutkimuksessaan Mäki keskittyi pääasiallisesti selvittämään vasemmalla ja oikealla kädellä tapahtuvaa rajaviivojen seuranta ja sen vaikutusta erilaisilla viivapiirroksilla piirtämiseen ja tunnistamiseen. Potilaan tuloksia hän vertaili normaaliväestöön, jolla olikin raportoitu olevan vastaavia piirteitä. Koska vasemman ja oikean käden signaalit projisoituvat sensomotorisesti vastakkaisiin aivopuoliskoihin, niillä erikseen suoritettujen tehtävien vertailut olivat tärkeitä lateralisaation (aivopuolisuuden) ja sen vaikutusten tutkimisessa 1970-luvulla. Silloin ei ollut käy-

tettävissä sellaisia yksityiskohtaisia aivokuvantamismenetelmiä kuin nyt, joten lateralisaatiota ja sen vaikutuksia tutkittiin toiminnallisien menetelmin.

Mäen raportin kääntäjä Kalat piti erityisen tärkeänä ja vielä vuonna 1978 ajankohtaisena sitä tietoa, että potilaan Sch kyky hahmottaa ja tunnistaa kukin ääriiviipierros mielekkääksi kuvaksi riippui siitä, kummalla kädellä hän seurasi ääriviivaa (kuvaa piirrettiin ilmaan ja tunnistaminen tapahtui kinesteettisesti). Hänen piti esimerkiksi seurata *oikealle* katsovien ihmiskasvojen avointa profilia *vasemmalla* kädellä, jotta pystyi tunnistamaan kuvan. Jos hän seurasi ääriviivaa oikealla kädellään, ääriviiva jäi tunnistamatta ja potilas kuvasi piirroksen pelkäksi siksakviivaksi. Vastaavasti vasemmalle katsova profiili tunnistettiin profiiliksi vain, jos sitä seurattiin oikealla kädellä. Istuvan koiran ääriviivakuva hahmottui eläimeksi, jos koiran kuono osoitti oikealle ja potilas seurasi piirroksen ääriviivaa vasemmalla kädellään.

Kääntäjä Kalat tulkitse tuloksen niin, että vasen ja oikea aivopuolisko erottavat kuvion ja taustan eri tavoin. Se oli rohkea johtopäätös vuonna 1978. Koko *oikean käden* puoleinen vasen aivopuolisko näyttäisi pitävän viivan oikeaa puolta kuviona ja vasenta puolta taustana – ja oikea aivopuolisko toimii toisinpäin.

Vastaavan selityksen voi esittää konkreettisemmin siten, että tiedon tunnistettavan kuvan (kasvojen tai eläimen) ulkomuodosta *täytyi tulla sekä kinesteettisesti että näköaistin kautta samaan aivopuoliskoon*. Näin tapahtuu näköaistissa näköaivokuorilla vain silloin, kun katse suunnataan koko kohteeseen eikä sen reunaan tai ulkopuolelle (Virsu, 1990). Näköaistissa kummankin silmän oikean näkökenttäpuoliskon (eikä koko silmän näkömaailman) signaalit projisoituvat aivoissa vasemman

aivopuoliskon varhaisiin näköaivokuoriin (Virsu, 1991, 64–69), mutta toisen käden koko maailma projisoituu vastakkaiseen aivopuoliskoon. Ilmeisesti potilaan Sch tapauksessa riitti, että kuva tuli edustetuksi kokonaan jommassakummassa aivopuoliskossa. Silloin kuva oli tunnistettavissa ja kielellisesti kuvattavissa.

Mäen muissa tutkimuksissa todetut suuntapreferenssit eivät ole yhtä selkeitä, joskin samanlaisia kätsiys- ja suuntataipumuksia esiintyy koko väestössä. Mäki valittelee, että tuolloin puuttui tietoa siitä, mikä vaikutus opituilla kirjoitussuunnilla on siihen, kumman toimintasuunnan ihminen missäkin toiminnassa valitsee (esim. saksankielisiä voidaan verrata israelinkielisiin eri-ikäisinä, jotta nähdään, miten erilaisiin kirjoitussuuntiin tottuminen vaikuttaa muihin suuntavalintoihin). Myöhemmissä tutkimuksissa on todettu seuraavia asioita: kulttuurissa opittu kirjoitussuunta vaikuttaa selvästi suuntapreferensseihin (esim. De Agostini & Chocron, 2002; Dobel, Diesendruck & Bólte, 2007), kätsiys ei välttämättä vaikuta aivopuoliskojen yksittäisten osien lateralisaatioon (Gonzales, Ganel & Goodale, 2006), jokin aivojen osa voi olla voimakkaasti lateraloitunut; se on yksilöllinen piirre ja riippuu osin myös sukupuolesta (Bourne, 2008; Willems, Peelen & Hagoort, in press), ja vielä, lateralisaatio riippuu perinnöllisyyden lisäksi myös mm. sosiaalisista tekijöistä (Schaafsma, Riedstra, Pfannkuche, Bouma & Groothuis, 2009). Kaiken kaikkiaan lateralisaatio on osoittautunut paljon monimutkaisemmaksi vyyhdeksi kuin 1970-luvulla osattiin arvata.

Kirjoittajatiedot:

Veijo Virsu on Helsingin yliopiston psykologian laitoksen neuropsykologian professori emeritus.

LÄHTEET

- Behrmann, M. & Nishimura, M. (2010). Agnosias. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1, 203–213.
- Boring, E.G. (1942). *Sensation and perception in the history of experimental psychology*. Appleton-Century-Crofts, Inc: New York.
- Bourne, V.J. (2008). Examining the relationship between degree of handedness and degree of cerebral lateralization for processing facial emotion. *Neuropsychologia*, 47, 587–590.
- Calvert, G.A., Spence, C. & Stein, B.E. (Eds.) (2004). *The handbook of multisensory processes*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Clavagnier, S., Falchier, A. & Kennedy, H. (2004). Long-distance feedback projections to area V1: Implications for multisensory integration, spatial awareness, and visual consciousness. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 4, 117–126.
- De Agostini, M. & Chocron, S. (2002). The influence of handedness on profile and line drawing directionality in children, young, and older normal adults. *Brain and Cognition*, 48, 333–336.
- Dobel, C., Diesendruck, G. & Bölte, J. (2007). How Writing System and Age Influence Spatial Representations of Actions: A Developmental, Cross-Linguistic Study. *Psychological Science*, 18, 487–491.
- Foxe, J.J. & Schroeder, C.J. (2005). The case for feedforward multisensory convergence during early cortical processing. *NeuroReport*, 16, 419–423.
- Gonzales, C.L.R., Ganel, T. & Goodale, M.A. (2006). Hemispheric Specialization for the Visual Control of Action Is Independent of Handedness. *Journal of Neurophysiology*, 95, 3496–3501.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior. A neuropsychological theory*. New York: Wiley & Sons, Inc.
- Lewis, J.W. & Van Essen, D.C. (2000). Corticocortical connections of visual, sensorimotor, and multimodal processing areas in the parietal lobe of the macaque monkey. *The Journal of Comparative Neurology*, 428, 112–137.
- Marotta, J.J. & Behrmann, M. (2004). Patient Schn: has Goldstein and Gelb's case withstood the test of time? *Neuropsychologia*, 42, 633–638.
- Mäki, N. (1927). *Psychologische Analysen hirnpathologischer Fälle*. XII. Natürliche Bewegungstendenzen der rechten und der linken Hand und ihr Einfluß auf das Zeichnen und den Erkennungsvorgang. *Psychologische Forschung*, 10, 1–19. <http://www.nmi.fi/doc/psychologischeforschung.pdf>
- Mäki, N. (1978). Psychological analyses of brain damage cases. XII. Natural movement tendencies of the right and left hands and their influence on drawing and the recognition process. *Journal of Biological Psychology*, 20, 11–21. <http://www.nmi.fi/doc/journalofbiologicalpsychologyartikkeli.pdf>
- Schaafsma, S.M., Riedstra, B.J., Pfannkuche, K.A. Bouma, A. & Groothuis, T.G.G. (2009). Epigenesis of behavioural lateralization in humans and other animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 915–927.
- Schroeder, C.E. & Foxe, J.J. (2004). Multisensory convergence in early cortical processing. Teoksessa G.A. Calvert, C. Spence & B.E. Stein (Eds.), *The handbook of multisensory processes* (295–309). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Singer, W. (1999). Neuronal synchrony: A versatile code for the definition of relations? *Neuron*, 24, 49–65.
- Singer, W. (2009). The brain, a complex self-organizing system. *European Review*, 17, 321–329.
- Virsu, V. (1990). *Edustukset*. Tiede 2000, 10(7), 70–71.
- Virsu, V. (1991). *Aivojen muotoutuvuus ja kuntoutuminen*. Kuntoutussäätiö: Helsinki.
- Willems, R.M., Peelen, M.V. & Hagoort, P. (2010). Cerebral lateralization of face-selective and body-selective visual areas depends on handedness. *Cerebral Cortex*, in press.