

Selittääkö tarkkaavaisuuden ohjauskyky myös kielellistä lahjakkuutta?

Randall Englen ja hänen työryhmänsä työmuistimallin ja tarkkaavaisuuden ohjaushypoteesin mukaan tarkkaavaisuuden ohjauskyky on aihealueesta ja tehtävästä riippumaton, yleinen voimavara. Jos näin on, niin mikä sitten selittää erilaisia lahjakkuuden lajeja, kuten muun muassa kielellistä lahjakkuutta?

Tämän esseen tarkoituksena on tarkastella kielellistä lahjakkuutta ennen kaikkea yhden sen ilmenemismuodon, kuullun ja luetun ymmärtämisen näkökulmasta. Esseessä tarkastellaan ensin Englen käsitystä tarkkaavaisuuden ohjauskyvystä yksilöllisten kognitiivisten erojen selittäjänä. Sen jälkeen käydään läpi luetun ja kuullun ymmärtämiseen liittyvää tutkimusta sen eri tasoilla: fonologinen, semanttinen ja syntaktinen. Tämän jälkeen tarkastellaan mentaalisten tai rakenteellisten mallien ja nk. tilanmallin muodostusta sekä tarkkaavaisuuden ohjauksen roolia siinä. Lopuksi yhteenvedossa pohditaan, miten Englen tarkkaavaisuuden ohjaushypoteesi voisi selittää yksilöllisiä eroja luetun ja kuullun ymmärtämisessä, uuden (kielen) oppimisessa ja sitä kautta kielellistä lahjakkuutta yleensä.

1. Työmuistin olemuksesta

Aina siitä lähtien, kun työmuisti käsitteenä ensimmäisen kerran lanseerattiin maailmalle 1960-luvun loppupuolella, sitä on määritelty usealla, toisistaan hieman poikkeavalla tavalla. Myös työmuistin mallit ovat olleet vastaavasti hyvin erilaisia. Karkeasti voitane erottaa neljä periaatteiltaan hyvin erilaista toiminnallista mallia: Baddeleyn ja Hitchin (1974, Baddeley, 2000) neliosainen varastomalli, Nairnen (1988) piirrevertailumalli, Ericssonin ja Kintschin pitkäkestoisen työmuistin malli (1995) ja Cowanin sisäkkäisten prosessien malli (1999). Näistä Cowanin mallia voitane nimittää aktivaatiomalliksi, koska sen mukaan lyhytkestoisen muistin (työmuistin) ajatellaan olevan säilömuistin aktivoitunut osa, johon tarkkaavaisuus kohdistuu. Vastaavaan aktivaatioajatukseen perustuu myös Randall Englen ja hänen työryhmänsä suosima malli, joka korostaa tarkkaavaisuuden ohjauskykyä työmuistitoiminnoissa.

Engle määrittelee työmuistin useista eri komponenteista koostuvaksi järjestelmäksi, jonka tehtävänä on aktiivisesti ylläpitää informaatiota jatkuvan prosessoinnin ja/tai häiriötekijöiden aikana (Conway ym., 2005, s. 770). Tällainen aktiivinen ylläpito vaatii tehtävästä riippuvaisia säilytys-, ryhmittely-, yhdistämis- ja toistoprosesseja sekä yleisluonteisia, tehtävästä riippumattomia, tarkkaavaisuuden ohjaustoimintoja. Säilytysprosessit kuvaavat lyhytkestoisen muistin toimintaa, jota voidaan mitata yksinkertaisilla muistijännetehtävillä, kuten numerojanne tai sanajanne (*digit span*, *word span*), joissa eri pituisten luetteloiden ärsykeitä painetaan mieleen ja palautetaan yleensä esitysjärjestyksessä. Tällaisen yksinkertaisen muistijänteen oletetaan heijastavan yksilöiden välisiä eroja artikulatorisessa koodauksessa. Näin siis lyhytkestoisessa muistissa pidettäisiin väli-

aikaisesti yllä koodauksen pintatasoista informaatiota, jolloin se on myös välittömästi tietoisuuden tavoitettavissa (Engle, 2002, Engle ym., 1992).

Kompleksit työmuistitehtävät eroavat edellisistä nimenomaan siinä, että ne vaativat säilytysprosessien lisäksi tarkkaavaisuuden ohjauskykyä, jonka avulla muistiedustusta (representaatiota) pidetään hyvin aktivoituneena ja suojataan häiriötekijöiltä ja interferenssiltä. Tällaiset muistiedustukset voivat olla toiminnan suunnittelua, tavoitetiloja tai tehtävään liittyviä, olennaisia ärsykeitä tai vihjeitä, jotka voidaan helposti palauttaa mieleen säilömuistista. Näiden lisäksi monissa tilanteissa saattaa aktivoitua myös paljon tehtävään liittymätöntä informaatiota, joka kilpailee tarkkaavaisuudesta ja joka pitää ehkäistä (inhiboida), jos tehtävä aiotaan suorittaa hyvin (Kane ja Engle, 2002).

Useissa tutkimuksissa onkin havaittu, että komplekseissa työmuistitehtävissä hyvin selviävät henkilöt eroavat heikommin selviävistä nimenomaan kyvyssään ehkäistä tehtävään liittymättömän informaation aktivoitumista (Kane ja Engle, 2000; Engle, Kane ym., 1999; Conway ja Engle, 1994). Tällaisia komplekseja työmuistitehtäviä voivat olla esimerkiksi lukemisjänne, laskutehtäväjänne ja laskemisjänne (*reading span, operation span, counting span*), jotka koostuvat kahdesta erilaisesta mutta samanaikaisesta tehtävästä. Koehenkilön tulee esimerkiksi lukea ääneen lause ja tarkistaa sen mielekkyys sekä painaa sen jälkeen muistiinsa lauseen perässä oleva irrallinen sana tai kirjain. Usean tällaisen prosessointia ja säilyttämistä vaativan vaiheen jälkeen koehenkilöä pyydetään palauttamaan muististaan kaikki esitetyt irralliset sanat tai kirjaimet oikeassa järjestyksessä sekä vastaamaan lauseita koskeviin kysymyksiin. Oikein palautettujen sanojen määrästä muodostuu työmuistikapasiteetti (*working-memory capacity*), jonka perusteella koehenkilöt voidaan jakaa hyvin suoriutuneiden ja huonosti suoriutuneiden tilastollisiin kvartiileihin (Conway ym., 2005). Jatkossa käytän näistä kvartiileista nimityksiä hyvä- ja huonomuistiset, vaikkei nimitys jälkimmäisten osalta olekaan kovin mairitteleva.

Engle käyttää nimistystä primaarimuisti (Unsworth ja Engle, 2007, 2006b) niistä ärsykeistä, jotka kulloinkin ovat aktivoituneet. Engle kuitenkin korostaa, että primaarimuistin kapasiteetti ei ole kiinteä, vaan joustava, tehtävästä riippuvainen. Joskus voi olla jopa edullista pitää aktiivisena pienempää määrää ärsykeitä kuin mihin henkilö pystyisi. Jos aktiivisena olevien ärsykkeiden määrä riittää palautukseen, suoritustaso on lähes täydellinen. Jos taas ärsykeitä on enemmän, ja uudet ärsykkeet eivät enää mahdu primaarimuistiin tai osa ärsykeistä on jo hävinnyt sieltä, ne joudutaan palauttamaan sekundäärimuistista (säilömuistista). Samoin käy, jos tarkkaavaisuus on kääntynyt toisaalle, jolloin kaikki ärsykkeet ovat palautettavissa vain sekundäärimuistista. Tällöin ajalliset, kontekstiin tai luokkaan liittyvät yms. vihjeet rajaavat hakua haluttuun sarjaan. Säilömuistista palautettaessa myös erilaiset häiriöt voivat häiritä palautusta, joten on edullista säilyttää tarkkaavaisuuden kohteena niin monta yksikköä kuin mahdollista.

Englen mukaan myöskään komplekseilla tehtävillä mitattu työmuistikapasiteetti ei ole puskurimainen varasto, johon mahtuu vain tietty määrä yksiköitä, vaan pikemminkin hyvämuistisista huonomuistisiin ulottuva jatkumo. Hyvämuistisilla on ehkä enemmän tarkkaavaisuusresursseja tai he osaavat säädellä tarkkaavaisuuttaan paremmin (Feldman Barrett ym., 2004). Tai sama asia hieman toisin ilmaistuna: yksilölliset erot johtuvat joko kyvystä ylläpitää representaatioita primaarimuistissa tai kyvystä käyttää aktivoituneita vihjeitä representaatioi-

den hakuun sekundäärimuistista (Unsworth ja Engle, 2007). Jatkossa käytän nimityksiä työmuisti (primaarimuisti) ja säilömuisti (sekundäärimuisti), koska ne lienevät suomalaiselle lukijalle helpommin käsitettävissä.

Työmuistin tehtävistä Englen työryhmä mainitsee seuraavat (Feldman Barrett ym., 2004):

- ärsykkeen seurauksena aktivoituneiden, primaarimuistissa olevien yksiköiden aktivaation vahvistamistaminen sekä sekundäärimuistissa olevien, ärsykkeeseen liittyvien representaatioiden aktivointi
- ärsykkeen seurauksena aktivoituneiden tarpeettomien yksiköiden aktivaatiotason laskeminen ja tarpeettoman, häiritsevän informaation pitäminen tarkkaavaisuuden ulkopuolella
- erilaisten prosessointistrategioiden valinta ja ylläpito
- uuden informaation oppimiseen liittyvien prosessien ylläpito koodauksen ja mieleenpainamisen aikana
- erilaisten arkielämän kognitiivisten tehtävien suorittaminen esimerkkeinä luetun ja kuullun ymmärtäminen, ongelmanratkaisu, päättely ja ohjeiden noudattaminen.

Näissä tehtävissä on havaittu myös eniten eroja yksilöiden välillä, mistä tarkemmin seuraavassa.

2. Yksilölliset erot komplekseissa työmuistitehtävissä

Yksilöiden väliset erot näkyvät esimerkiksi kyvyssä säädellä tarkkaavaisuusresurssejaan eri prosessien kesken. Tällaiset erot voivat näkyä esimerkiksi suoritusstrategioissa. Kun usean eri sarjan ärsykekirjaimet tai lauseet on opeteltu etukäteen hyvin, ja jos tunnistettava kohdekirjain tai -sana on esiintynyt kahdessa eri sarjassa, molemmat sarjat voivat aktivoitua helposti (nk. viuhkavaikutus - *fan effect*). Hyvämuistiset näyttävät pystyvän inhiboimaan tällaisen aktivaation heti alkuunsa. Sen sijaan huonomuistiset ilmeisesti joutuvat käymään läpi molemmat sarjat peräkkäin, ennen kuin voivat tunnistaa, kummasta sarjasta oli kyse, mikä näkyy reaktioajoissa (Engle, 1996; Conway ja Engle, 1994). Sama näkyy myös siinä, että hyvämuistiset pystyvät ehkäisemään aikaisempien sanaluetteloiden aiheuttamaa interferenssiä jo uuden luettelon mieleenpainamisvaiheessa, kun taas huonomuistiset näyttävät pystyvän siihen vasta palautusvaiheessa, jos silloinkaan (Kane ja Engle, 2000).

Huonomuistiset näyttäisivät siis nojautuvan enemmän automaattisiin toimintoihin, kun taas hyvämuistiset keskittyvät tehtävään tehokkaammin ja pystyvät jopa jakamaan tarkkaavaisuuttaan paremmin usean tehtävän kesken. Tämä on havaittavissa vaikkapa siinä, että kun muistettavien sanojen määrä työmuistitehtävässä kasvoi, hyvämuistiset uhrasivat enemmän aikaa jopa prosessointitehtävän tekemiseen, vaikka se ei ollutkaan oleellinen itse muistitehtävän kannalta (Engle ym., 1992). Tarkkaavaisuuden jakamiskyvystä todistavat myös Kanen ja Englen (2000) kokeet, joissa tehtävänä oli painaa muistiin ja palauttaa 10 sanan luetteloita ja naputtaa samalla sormilla vaativaa kuviota. Naputustehtävän aikana huonomuististen suoritustaso oli hyvämuistisia alhaisempi jo ensimmäisen muistettavan luettelon kohdalla verrattuna siihen, että heidän ei tarvinnut jakaa tarkkaavaisuuttaan naputuksen ja muistitehtävän kesken. Sen sijaan hyvämuististen suoritustaso laski merkittävästi vasta toisen ja kolmannen luettelon kohdalla edellisten luetteloiden aiheuttaman interferenssin vuoksi, mutta he pystyivät silti palauttamaan myös kolmannesta luettelosta yhtä paljon ärsykejä naputustehtävän aikana kuin huonomuistiset ilman naputustehtävää.

Isompi työmuistikapasiteetti näyttäisi liittyvän myös uuden tiedon omaksumiseen, jossa uudet tietoyksiköt on integroitava säilömuistissa oleviin muistiedustuksiin. Feldman Barrett ym. (2005) mainitsevat assosiaatioihin

perustuvan ja sääntöperustaisen oppimisen (*rule-based learning*). Vaikuttaa siltä, että hyvämuistiset olisivat taitavampia käyttämään sääntöperustaista oppimista, päättelyä sekä aikaisempaa aihekohtaista tietämystään.

Kiinnostavaa on, että kyky ohjata tarkkaavaisuutta tehtävän vaatimalla tavalla näkyy myös muunlaisissa tehtävissä kuin komplekseissa työmuistitehtävissä. Englen mukaan (2002) hyvämuistiset suoriutuvat huonomuistisia paremmin myös esimerkiksi antisakkaditehtävissä, Stroopin värien erottelutehtävässä ja dikoottisen kuuntelun tehtävissä. Antisakkaditehtävissä koehenkilön tulee vastustaa katseen kääntymistä uuteen ärsyккеeseen. Stroopin tehtävässä ärsyккеinä käytetään joko mustilla tai värillisillä kirjaimilla kirjoitettuja värien nimiä, jolloin visuaalinen viesti (kirjainten väri) ja semanttinen viesti (sanan merkitys) voivat vastata toisiaan tai olla ristiriidassa keskenään. Hyvä- ja huonomuististen suoritukset eivät eronneet toisistaan, jos sanojen kuvaama väri ja kirjainten väri eivät koskaan vastanneet toisiaan tai vastasivat toisiaan puolessa tapauksista. Hyvämuistiset olivat parempia vasta, kun värin nimitys ja kirjainten väri vastasivat toisiaan 75 %:ssa tapauksista, jolloin koehenkilö joutui vain harvoin vastustamaan automatisoitunutta sääntöä, että väri ja nimi ovat samat. Dikoottisen kuuntelun tehtävässä koehenkilön eri korviin syötetään erilaista puhevirtaa ja tehtävänä on tarkkailla vain toista. Tarkkaavaisuuden suurta merkitystä osoittaa se, että jos siihen korvaan, jota ei pitänyt tarkkailla, syötettiin puheen sekaan koehenkilön oma nimi, vain 20 % hyvämuistisista kuuli nimensä, kun taas huonomuistisista sen kuuli peräti 65 % (Conway ym., 2001).

Engle on siis työryhmänsä kanssa varsin pitävästi osoittanut, että yksilöiden välillä on eroja työmuistikapasiteetissa ja että ne johtuvat kyvystä ohjata tarkkaavaisuutta tehtävän vaatimalla tavalla sekä ehkäistä sisäisiä ja ulkoisia häiriötekijöitä (ainut poikkeus on Oberauerin ym., 2004, kokeet, jotka eivät vahvistaneet ehkäisyhypoteesia). Englen mukaan tällainen ohjauskyky on tehtävästä ja aihealueesta riippumaton (*domain independent*), mitä edellä mainitut koetulokset näyttävät puoltavan. Koska kuitenkin myös erilaisia lahjakkuuden lajeja (kielellinen, matemaattinen, musikaalinen), on olemassa, herää kysymys, mistä tällaiset lahjakkuudet johtuvat. Jos ne eivät johdu työmuistikapasiteetin eroista eivätkä ilmeisesti myöskään lyhytkestoisen muistin kapasiteettieroista (pelkkä tilapäinen säilytystaito), niin mikä niitä silloin voisi selittää? Jatkossa keskitytään tarkastelemaan kielellistä lahjakkuutta ja sen yksilöllisiä eroja sellaisina, kuin ne voisivat ilmetä luetun ja kuullun ymmärtämistaidoissa.

3.1 Luetun ja kuullun ymmärtäminen: äänneistä sanoiksi

Englen mukaan lyhytkestoinen muisti koodaa ennen kaikkea ärsyккеiden pintatasoisia artikulatorisia eli äänntämykseen liittyviä piirteitä. Gathercole ja Baddeley (1993) ovat tarkastelleet fonologisten eli äänneisiin liittyvien piirteiden merkitystä spontaanin puheen suunnittelussa ja tuottamisessa ja havainneet, että niitä tarvitaan vain riittävästi ja sanapainoa korostavissa tehtävissä, siis verraten harvoin.

Mutta heidän mukaansa fonologisia piirteitä ei välttämättä tarvita myöskään yksittäisten sanojen tulkinnassa. Se näyttää nimittäin olevan mahdollista myös visuaalisesti ilman, että sanoja toistetaan ääneti fonologisesti, sillä tehtävissä, joissa pitää lukea sanoja samalla, kun toistaa ääneen jotain sanaa tai tavua, tällainen toisto ei häirinnyt sanojen semanttista ymmärtämistä. Ja dikoottisen kuuntelun kokeessa puhe, johon ei kiinnitetä huo-

miota, häiritsee kuullun puheen ymmärtämistä vain, jos se sisältää kielellistä ainesta, ts. merkityksellisiä sanoja tai sanoitettua musiikkia. Ns. valkoinen kohina tai epäsanat eivät häiritse sanojen tulkintaa. Näin ollen fonologisten piirteiden osuus myös sanojen tulkinnassa, etenkin luettaessa, on varsin vähäinen.

Myös Tehanin ja Humphreys'n kokeet (1995) vahvistavat fonologisen piirteiden merkityksen riimitettyjen sanojen muistamisessa silloin, kun kyse on ärsykkeiden palauttamisesta välittömästi mieleenpainamisen jälkeen. Heidän mukaansa fonologisen koodin tehtävä on ennen kaikkea tukea muita koodaustapoja silloin, kun aikaisemmat ärsykkeet aiheuttavat interferenssiä tuoreimpien ärsykkeiden palautuksessa.

3.2 Luetun ja kuullun ymmärtäminen: semanttinen tulkinta ja syntaktinen analyysi

Sanojen ymmärtäminen (semanttinen tulkinta) ja kieliopillinen (syntaktinen) analyysi ovat prosesseja, joiden järjestyksestä ja merkityksestä tutkijat ovat olleet välillä hyvinkin erimielisiä (Gathercole ja Baddeley, 1993). Holmes (1987) havaitsi, että sujuvat lukijat hyödyntävät lauseen verbin luonteenomaisinta merkitystä tulkinnassaan välittömästi lukiessaan lauseen jatkoa ja muodostavat sen perusteella alustavan rakennehypoteesin. Sen sijaan heikot lukijat käyttävät verbin syntaksivihjeitä pikemminkin ennakoivasti ja nojaavat ehkä enemmän semanttiseen tulkintaan. Gennarin ja Poeppelin (2003) tutkimustulokset vahvistavat tätä tulkintaa. Heidän mukaansa tapahtumaverbien (esim. kadota) merkitys prosessoidaan laajalti ja se tapahtuu jo verbin leksikaalisen ymmärtämisen vaiheessa eikä vasta kontekstia integroitaessa. Verbiin liittyvien henkilöiden lisäksi prosessoidaan myös itse tapahtuman rakennetta, mikä näkyy reaktioajoissa verrattuna staattisiin verbeihin (esim. olla). Tällainen tapahtuman rakenteiden prosessointi toimii näiden tutkijoiden mukaan syntaktisen analyysin ja semanttisen tulkinnan välipintana.

Samantapaisia tuloksia on saanut myös d'Arcai (1987), joka olettaa, että lukijat ovat yksilöllisesti herkkiä sanojen syntaktiselle rakenteelle. Kokeidensa perusteella hän uskoo, että syntaktisen rakenteen analyysissä tehdään välittömästi täydellinen laskenta ja että se tapahtuu automaattisesti. Analyysia ei kuitenkaan välttämättä täysin hyödynnetä, joskin se on tärkeä pragmaattisesti epätodennäköisten vaihtoehtojen tulkinnassa. MacDonaldin ym. (1992) tutkimusten mukaan taas hyvämuistiset pitävät ristiriitatilanteissa yllä molempia monimerkityksisiä tulkintoja usean sanan lukemisajan verran, kun taas huonomuistiset joutuvat luopumaan toisesta aikaisemmin ja säilyttämään vain todennäköisemmän. Myös Gernsbacher ja Robertson (1999) vahvistavat molempien merkitysten säilyttämisen, kontekstista riippuen.

Ehkä kaikkein kiinnostavin havainto semanttisen ja syntaktisen tiedon prosessoinnista tulee kuitenkin neuropsykologisen tutkimuksen puolelta. Aivojen sähköisistä vasteista kuuloaivokuoren negatiivisen N400-vasteen, joka ilmenee noin 400 ms:n kuluttua ärsykkeen esittämisestä, on todettu ilmenevän merkitykseltään virheellisten lauseiden yhteydessä, ja positiivisen, 600 ms ärsykkeen esittämisen jälkeen ilmenevän, P600-vasteen kieliopillisesti virheellisten ilmaisujen yhteydessä. Osterhout ym. (2006) havaitsivat tutkimuksissaan, että vieraan kielen oppijoilla N400-vasteen ilmeneminen on suorassa lineaarisessa suhteessa kielen opiskelun määrään. Jo 14 tunnin kielenopiskelun jälkeen N400-vaste näkyi sellaisen tunnistamistehtävän aikana, jossa koehenkilöiden piti erotella vieraan kielen sanoja epäsanoista, ja 140 tunnin opiskelun jälkeen vaste oli syntyperäisten kie-

lenpuhujien tasolla, vaikka koehenkilöt eivät edes tässä vaiheessa suoriutuneet tietoisesta erottelutehtävästä kovin hyvin.

Kieliopiltaan virheellisen ilmaisun havaitsemiskokeissa (Osterhout ym., 2006) koehenkilöt jaettiin seuranta-jakson loppuvaiheessa kahteen ryhmään tietoisien kielioppirakenteita testaavan kokeen perusteella. Nopeilla oppijoilla näkyi ensin N400-vaste jo kuukauden opiskelun jälkeen, mutta 4 kuukauden kuluttua N400-vaste (joka siis normaalisti osoittaa semanttista prosessointia) oli kadonnut ja tilalle oli tullut P600-vaste, joka vahvistui syntyperäisten henkilöiden vasteen tasolle 8 kuukaudessa. Tutkijat päättelevät, että uudesta kielestä opitaan ensin sanaryhmiä, joissa esimerkiksi verbi taipuu subjektin mukaan, kunnes vähitellen opitaan varsinainen kieliopillinen sääntö.

Tutkimus näyttäisi siis osoittavan, että sanojen semanttinen tulkinta ja syntaktinen analyysi kulkevat käsi kädessä ja molemmat tehdään välittömästi sanan havaitsemisen jälkeen. Lisäksi toiminnalliset verbit prosessoidaan merkitykseltään ja kontekstiltaan laajalti heti alkuvaiheessa. Yksilölliset erot ilmenevät syntaksivihjeiden hyödyntämisnopeudessa sekä useiden merkitysten säilyttämisaikajassa.

3.2 Luetun ja kuullun ymmärtäminen: lauseista virkkeiksi

Isham (1994, 2002) on varsin kiinnostavalla tavalla tutkinut kuullun tekstin muistamista silloin, kun siirrytään lause- tai virkerajan yli. Näiden tutkimusten mukaan kuulijat muodostavat sanoista lauseen kokoisia yksiköitä ja sen jälkeen virkkeen kokoisia yksiköitä. Tämä näkyy parhaiten siinä, että sananmukainen muististapalautus heikentyi huomattavasti enemmän virkkeen rajalla kuin lauseen rajalla.

Toinen kiinnostava tutkimus kuullun ymmärtämisestä löytyy Wingfieldiltä ja Butterworthiltä (1984). He antoivat muistitehtävässään koehenkilöidensä itse määrätä, kuinka pitkiä jaksoja nauhalle luetuista aikakauslehtiteksteistä nämä halusivat kerrallaan kuunnella. Yleisimmin kuuntelu keskeytettiin aina virkkeiden lopussa (n. 54 %) tai sellaisten päälauseiden lopussa, joita saattoi kontekstin perusteella luulla virkkeiden lopuksi. Mutta keskeytyksiä oli myös syntaktisten rakenteiden jälkeen ja jopa sellaisten substantiivien jälkeen (11%), joiden koko rakennetta määreineen ei oltu edes kuunneltu loppuun.

Wingfieldin ja Butterworthin (1984) toisessa kokeessa teksti luettiin myös luettelomaisella tyylillä sana kerrallaan. Tällöin pysäytyksiä tehtiin huomattavasti enemmän, ja virkkeen ja lauseen lopussa pysäytyksiä oli kaikista pysäytyksistä vain 15 % ja 11 %. Valtaosa pysäytyksistä tehtiin sen sijaan syntaktisten rakenneosien jälkeen. Tästä voidaan päätellä, että luettelomainen teksti koettiin irrallisiksi sanoiksi eikä siitä pystytty muodostamaan yhtenäistä rakennetta, joka normaalisti ennusti kuunnellun jakson pituutta.

Lause- ja virkerajojen merkityksestä on tutkimuksia myös luetun ymmärtämisen puolelta. Gathercole ja Baddeley (1993) viittaavat tutkimukseen, jonka mukaan hyvämuistiset koehenkilöt lukivat kauemmin etenkin monimerkityksisiä sanoja kuin huonomuistiset. Tämä sinänsä näyttäisi osaltaan kertovan samaa kuin Englen tutkimukset: hyvämuistiset panostavat vaikeisiin tehtäviin alusta alkaen. Mutta Gathercolen ja Baddeleyn mukaan huonomuistiset olivat erityisen heikkoja tulkitsemaan upotettuja lauseita nopeasti, samoin kuin sellaisia

pronomineja, jotka viittasivat virkerajan yli. Vastaava vaikutus on havaittu heidän mukaansa myös niillä, jotka ymmärtävät tekstiä huonosti. Näillä henkilöillä oli erityisiä vaikeuksia tekstin tulkinnassa silloin, kun ristiriidan selitys oli usean lauseen päässä.

Myös Deutsch (1984) havaitsi saman ilmiön ikääntyneiden ihmisten luetun tekstin muistamisessa. Heille kuuka-, mitä- ja miksi-kysymykset tuottivat vaikeuksia etenkin silloin, kun niihin liittyvät yksityiskohdat sijaitsivat tekstissä kaukana toisistaan. Ikääntyneillä ihmisillä näyttäisi siis olevan vaikeuksia muodostaa tekstistä yhtenäistä rakennetta. Myös Engle (1996) mainitsee ikääntyneillä tehdyistä tutkimuksista ja selittää eräitä, nuoriin verrattuna, heikkoja tuloksia nimenomaan tarkkaavaisuuden ohjauskyvyn heikentymisellä. On kuitenkin huomattava, että useissa aikaisemmissa ikääntyneitä ja nuoria vertaavissa tutkimuksissa ei ole huomioitu vuorokaudenaikaa, jolloin kukin henkilö on virkeimmillään. May ym. (2005) ovat havainneet, että kun yksilölliset vuorokausirytmierot otetaan kokeissa huomioon, ikääntyneiden ja nuorten väliset erot muistitehtävissä pienenevät ja tunnistustehtävissä tasoittuvat lähes kokonaan. Tässä vaiheessa on siis vielä epäselvää, johtuvatko virkeänä tehtyjen muistitehtävien paremmat tulokset nimenomaan paremmasta tarkkaavaisuudesta vai jostain muusta tekijästä.

3.4 Luetun ja kuullun ymmärtäminen: yhtenäisen rakenteen muodostaminen

Tutkimus näyttäisi siis osoittavan, että yhtenäisen rakenteen muodostamisella on suuri merkitys tekstin ymmärtämisessä. Jo pelkän verbin semanttisen rakenteen ymmärtäminen saattaa johtaa kokonaisen tapahtuman rakenteen prosessointiin (Gennari ja Poeppel, 2003) ja viittaussuhteiden ymmärtäminen silloin, kun rakenne ulottuu usean sanan päähän tai peräti virkerajan yli tuottaa etenkin heikommille lukijoille tai kuulijoille vaikeuksia. Yhtenäisen rakenteen muodostamistavoitteesta todistavat myös Cliftonin ja Ferreiran (1987) reaktioaikakokeet, joiden mukaan sellaiset pronomien viittaukset, jotka liittyvät topiikkiin (käsiteltävään aiheeseen) luetaan nopeasti. Myös diskurssin (keskustelun) keskuskohtiin liittyvät viittaukset ovat tärkeitä.

Tällaisesta yhtenäisen rakenteen varhaisesta muodostamisesta kertoo myös uudempi tutkimus. Singer (2006) on havainnut, että lukijat tarkistavat koko ajan lauseen yhteensopivuutta edeltävään tekstiin ja maailmantietoon ja esimerkiksi asiayhteyden sopimaton kielto sana huomataan nopeasti. Keskustelussa taas puhuja ja kuuliija voivat yhdessä neuvotella mahdollisista virheistä ja väärintulkinnosta. Mutta päättelyn ja tarkistamisen määrä voi vaihdella tilanteen mukaan. Joskus lukeminen voi olla pinnallista, jolloin päättelyä ei juuri tarvita, toisinaan taas merkityksen ymmärtäminen vaatii päättelyä ja tarkistamista, mutta silloinkaan prosessien ei tarvitse välttämättä olla tietoisia.

Myös Murray ja Engle (2005) ovat päätyneet siihen, että tietoa päivitetään koko lukemisen ajan. Kokeissaan he vertasivat muistiin perustuvaa prosessointia ja tässä ja nyt -mallia. Edellisen mukaan lukijalla on vaikeuksia silloin, kun uusi tieto virkkeen loppuosassa on ristiriidassa alkuperäisen, muistissa säilytetyn tiedon kanssa, mutta sopii selittämään äskettäin ilmaistua, alkuperäisen kanssa ristiriitaista tietoa. Tutkijat totesivat, että koherentti, tarinaan sopiva lause luetaan kaikkein nopeimmin, kun taas tarinaan sopimaton lause luetaan hi-

taasti. Luetun ymmärtäminen tapahtuu siis koko ajan ”tässä ja nyt”. Muistiin perustuvaa menetelmää käytetään todennäköisesti automaattisesti, tiedostamatta, mutta ristiriitatilanteissa päivitys on tietoista.

Vaikka edellä mainituissa tutkimuksissa ei mainita varsinaisesti mainitakaan tilannemallia, yhtenäisen rakenteen tavoittelu antaa ymmärtää, että jotain sen tapaista lukiessa ja kuunnellessa muodostetaan. Valemuistoja koskevien tutkimusten perusteella eräät tutkijat, esimerkiksi Brainerd (2005) ja Reyna (2005) ovat päätyneet olettamaan, että ihminen muodostaa kahdenlaisia muistijälkiä: juonta koskevia ja kielellisiä (*gist vs. verbatim traces*). Muistijäljet muodostuvat erikseen ja ne myös häviävät eri tahdissa: kielelliset muistijäljet katoavat nopeammin, jolloin juonta koskevat muistijäljet saattavat säilyttää myös virheellistä muistitietoa, koska tiedon totuudellisuutta tarkistetaan nimenomaan kielellisten muistijälkien avulla. Juonta koskevat muistijäljet voisivat myös kertoa tilannemallin muodostamisesta, josta enemmän seuraavassa.

4. Tilannemalleista

Cantor ja Engle esittivät ensimmäisen kerran jo vuonna 1993, että hyvämuistiset henkilöt muodostavat muistettavasta aineksesta yhden ja yhtenäisen mentaalisen mallin. Tähän he päätyivät sen tuloksena, että huonomuististen viuhkavaikutus oli suurempi kuin hyvämuististen täysin riippumatta siitä, liittyivätkö muistettavat lauseet toisiinsa vai eivät. Huonompimuistiset eivät siis yhdistäneet lauseita opetteluvaiheessa toisiinsa tai yhdistivät ne useaksi eri yksiköksi. Sen sijaan hyvämuististen viuhkavaikutus oli negatiivinen, ts. heidän tunnistusvaiheen reaktionopeutensa oli suurempi silloin, kun aikaisemmin opetellut lauseet liittyivät toisiinsa, vaikka sama ärsyke (sana) olisikin esiintynyt useassa sarjassa (lauseessa).

Radvanskyn ja Copelandin tutkimukset (2006) vahvistavat Cantorin ja Englen tilannemallia koskevat päätelmät työmuistin osalta. Heidän mukaansa työmuistijänne liittyy henkilön kykyyn integroida informaatiota työmuistissa, mutta vain muististapalautuksen, ei oppimisvaiheen aikana. Kun henkilö pystyy pitämään työmuistissaan useita toisiinsa liittyviä tiedon palasia ja kun hänen aikaisempi tietämyksensä tilanteiden ja tapahtumien rakenteesta antaa hänelle mahdollisuuden yhdistää nämä asiat yhtenäiseksi tilannemalliksi, hän saattaa tehdä niin. Tällöin jäljelle jää vähemmän häiritseviä tekijöitä, jotka vaikeuttaisivat kyseisen asian muististapalautusta. Palautuksen aikana henkilö joutuu myös säätelemään kilpailevien muistijälkien vaikutusta, ts. valitsemaan aiheeseen liittyvistä, aktivoituneista tilannemalleista sopivimman.

Radvanskyn ja Copelandin tutkimusten mukaan inhibitoriset mekanismit näyttäisivät säätelevän työmuistin sisältöä (ajatusten virtaa) palautuksen aikana, mutta ei pitkäkestoisien muistijäljen aktivoitumista. Heidän mukaansa kyseessä on kaksi erilaista inhibitiomekanismia. Työmuistissa säädellään ulkopuolisten, häiritsevien ärsykkeiden sekaantumista ajatusten virtaan, kun taas säilömuistissa inhibitio ohjaa sitä, mikä osa aikaisemmasta tietämyksestä on tehtävän kannalta oleellista. Osa tästä tietämyksestä voi olla voimakkaasti aktivoitunut, mutta tehtävän kannalta tarpeetonta, joten se pitää poistaa luotavasta tilannemallista. Jokainen tilanne edustaa näin ollen omaa, erillistä asiaintilaansa ja sitä pitää myös säilyttää erillään muista tilannemalleista, jotta silloin, jos kohdeärsyke on sattunut aktivoimaan useita tilannemalleja, niiden sisältöjä ei palautusvaiheessa sekoitettaisi toisiinsa.

5. Pohdintaa

Edellä on tarkasteltu Englen ja hänen työryhmänsä käsityksiä siitä, miten tärkeää tarkkaavaisuuden ohjaus ja tarpeettoman tiedon ehkäiseminen erilaisissa työmuistitehtävissä on. Kyvystä ohjata tarkkaavaisuutta ylläpito- ja hakuprosessien kesken johtuvat näiden tutkijoiden mukaan työmuistin yksilölliset erot ja samat erot heijastuvat myös ylemmissä kognitiivisissa tehtävissä, kuten luetun ymmärtämistehtävissä, suoriutumiseen. Koska tarkkaavaisuuden ohjauskyky on Englen mukaan aihepiiristä ja tehtävästä riippumaton, tämän kirjoitelman päätavoitteeksi muodostui sen selvittäminen, mikä eri lahjakkuuksia, kuten kielellistä lahjakkuutta, voisi selittää. Monista kielellisen lahjakkuuden osa-alueista tarkastelun pääkohteeksi valittiin luetun ja kuullun ymmärtäminen.

Fonologisella eli äänteiden tasolla luetun ja kuullun ymmärtäminen näyttää perustuvan artikulatoriseen koodaukseen, joka Englen jaottelun mukaan koskee vain muistissa säilyttämistä ja jota mitataan yksinkertaisella muistijänteellä. Englen tutkimusten mukaan yksinkertainen muistijänne ei juuri korreloi ylempien kognitiivisten toimintojen kanssa, kuten kompleksi muistijänne, jonka avulla myös yksilölliset suorituserot voidaan selkeästi huomata (Unsworth ja Engle, 2006b). Gathercolen (2005) tutkimukset koululaisten kielellisestä kehityksestä vahvistavat tätä käsitystä. Tämän vuoksi tarkastelun kohteeksi on syytä ottaa ymmärtämisen vaativammat prosessointitehtävät, kuten semanttinen tulkinta, syntaktinen analyysi sekä rakenne- tai tilannemallien muodostaminen.

Sanojen semanttisessa tulkinnassa ja syntaksisessa analyysissä yksilölliset erot näyttäisivät ilmenevän lähinnä herkkyytenä havaita ja hyödyntää syntaktisia rakenteita nopeasti (d'Arcai, 1987; Holmes, 1987) sekä kyynä säilyttää pitempään monimerkityksellisten sanojen molempia tulkintoja (MacDonald, 1992). Viimeisen kanssa hieman ristiriitainen näkemys tulee tosin ilmi Englen arveluista (1996), että hyvämuistiset nimenomaan pystyisivät paremmin inhihoimaan häiriöitä ja siten myös monimerkityksellisten sanojen aktivoimia virheellisiä tulkintoja. Tätä puoltavat myös Mayn ym. (1999) tutkimukset, joiden mukaan nuoret koehenkilöt osaavat jo tiedostamattomalla esiprosessoinnin tasolla virheettömämmin kuin iäkkäät koehenkilöt sulkea pois tarpeettoman, häiritsevän merkityksen lauseen tulkinnasta. Gernsbacherin ja Robertsonin (1999) mukaan häiritsevän merkityksen poissulkemista tarvitaan muun muassa sanojen merkitysten haussa, pronominiin ja muiden vastaavien anaforien viittaussuhteiden ymmärtämisessä, eri tavalla painotettujen lauseenosien valinnassa, syntaksin sekä kuvaannollisten ilmaisujen, kuten metaforien, sanontojen ja sananparsien tulkinnassa. Tällainen poissulkeminen osoittaa myös heidän mukaansa yksilöllisiä eroja ainakin monimerkityksellisyyksien tulkinnassa, tosin ei välittömästi lauseen lukemisen jälkeen, vaan 850 ms:n viiveellä.

Edellisten lisäksi yksilöiden väliset erot tulevat esiin erityisesti silloin, kun luettaessa tai kuunneltaessa joudutaan tulkitsemaan esimerkiksi pronominiin viittauksia lause- tai virkerajojen yli (Gernsbacheri ja Robertson, 1999; Gathercole ja Baddeley, 1993; Deutsch, 1984). Englen mukaan (1996) tämä johtuu siitä, että huonomuistisilla on vaikeuksia muodostaa tekstistä yhtenäistä rakennetta, joka toimisi muistin apuna. Yhtenäinen rakenne (Gennari ja Poeppel, 2003; Singer 2006) vaikuttaa hyvin samankaltaiselta kuin Cantorin ja Englen mentaalinen malli (1993) ja Radvanskyn ja Copelandin (2006) tilannemalli. Tilannemallin muodostaminen

edellyttää kahdenlaisia inhibitiomekanismeja. Näistä toinen ehkäisee säilömuistissa tehtävän kannalta tarpeettoman tiedon pääsyä muodostuviin tilannemalleihin ja toinen taas työmuistissa tehtävän kannalta turhien ärsykkeiden ja väärin tilannemallien häiritsevää vaikutusta, kun tietoa palautetaan muistista.

Työmuistikapasiteetilla ja tarkkaavaisuuden ohjauskyvyllä näyttäisi siis olevan jonkin verran selitysvoimaa, kun tarkastellaan luetun tai kuullun ymmärtämistä. Hyvämuistiset pystyvät prosessoimaan sekä semanttisia että kieliopillisia merkityksiä nopeasti ja säilyttämään viittaussuhteita virkerajojen yli, mikä helpottaa ristiriitojen tulkitsemista. Tällä on erityisen suuri merkitys kuullun ymmärtämisessä silloin, kun viesti osoittautuu ristiriitaiseksi: jos viestin alkuosan tarkka muoto on jo unohtunut, on vaikea tarkistaa, miten viesti oli ristiriitainen tai virheellinen. Hyvämuistisuudella on merkitystä myös tarpeettoman, aktivoituneen informaation ehkäisyssä tilannemallia muodostettaessa.

Tuoreimmassa artikkelissaan Unsworth ja Engle (2007) painottavat yksilöllisten erojen ilmenemistä paitsi ylläpidossa myös vihjeiden hyödyntämisessä silloin, kun säilömuistista haetaan tarvittavaa tietoa. Tällaisia vihjeitä lukemisen ja kuuntelemisen yhteydessä voisivat olla esimerkiksi morfologiset syntaksivihjeet, pronomien viittaussuhteet, tai kontekstin antamat vihjeet siitä, mikä merkitys monimerkityksellisissä sanoissa tai kuvaannollisissa ilmaisuissa on oikea.

Yksilöllisillä eroilla näyttäisi olevan suuri merkitys myös uuden oppimisessa, mukaan lukien vieraan kielen oppiminen, joka on yksi kielellisen lahjakkuuden lajeista. Radvanskyn ja Copelandin (2006) mukaan hyvämuistiset oppivat huonomuistisia nopeammin ja pystyvät paremmin integroimaan uutta tietoa vanhaan tietoon. Osterhoutin ym. (2006) mukaan taas nopeat oppijat osaavat hyvin hyödyntää vieraan kielen äidinkielen kaltaisia rakenteita ja tulevat nopeasti tietoisiksi oikeiden kieliopillisten morfeemien fonologisesta ilmaisutavasta. Heidän tutkimuksestaan ei kuitenkaan käy ilmi, millä tavoin hitaammin oppivien aivojen sähköiset vasteet poikkesivat nopeasti oppivien vasteista. Näin ollen on hankalaa päätellä, mihin tekijöihin kielen oppimisessa tarkkaavaisuuden ohjauskyky voisi vaikuttaa. Jos kyse on vain tiedostamattoman pinnallisen rakenteen oppimisesta (N400-vaste), se voisi Englen mukaan olla aihekohtainen taito ja siten tarkkaavaisuuden ohjauksen ulkopuolella, joten yksilölliset erot voisivat olla vaikkapa synnynnäisiä. Jos taas tarkkaavaisuuden ohjaus vaikuttaa oppimiseen vain tietoisessa vaiheessa, jää edelleen epäselväksi, miten se aiheuttaa yksilölliset erot kielellisessä lahjakkuudessa. Yksi mahdollisuus on myös, että hyvämuistiset käyttävät enemmän sääntöperustaisia oppimisstrategioita, päättelyä ja aikaisempaa aihekohtaista tietämystään (Feldman Barrett ym., 2005), joka Ericssonin ja Kintschin (1995) mukaan on olennaisen tärkeä asiantuntijoiden muistisuorituksissa.

Kaiken kaikkiaan, niin hyvin tutkittuja kuin Englen työmuistimalli ja tarkkaavaisuuden ohjaushypoteesi ovatkin, ne eivät pysty vielä kovin hyvin selittämään kielellistä oppimista, saati sitten kielellistä tai muuta lahjakkuutta. Tuntuu, kuin mukaan pitäisi ottaa myös muita työmuistimalleja ja ne pitäisi jotenkin yhdistää, jotta ne pystyisivät tyhjentävästi selittämään korkeampia kognitiivisia toimintoja tai eri lahjakkuuden lajeja...

Lähteitä

Baddeley A. D., 2000: The episodic buffer: a new component of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423

- Baddeley A.D., Hitch G.J., 1974: Working Memory. Teoksessa G. Bower, *Recent advances in learning and motivation, Vol. VIII* (toim.), 47-90, New York: Academic Press
- Brainerd C.J., 2005: Fuzzy-Trace Theory: Memory, Teoksessa C. Izawa, N. Ohta (toim.), *Human Learning and Memory: Advances in Theory and Application, The 4th Tsukuba International Conference on Memory*, 219-238, Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum
- Cantor J., Engle R.W., 1993: Working-Memory Capacity as Long-Term memory Activation: an individual-Differences Approach, *Journal of Experimental Psychology: learning, Memory, and Cognition*, 19:5, 1101-1114
- Clifton C., Jr., Ferreira F., 1987: Discourse Structure and Anaphora: Some Experimental Results, Teoksessa M. Coltheart (toim.), *Attention and Performance XII, The Psychology of Reading*, 635-654, Lontoo: Lawrence Erlbaum
- Conway A.R.A., Cowan N., Bunting M.F., 2001: The cocktail party phenomenon revisited: The importance of working memory capacity, *Psychonomic Bulletin & Review*, 8:2, 331-335
- Conway A.R.A., Engle R.W., 1994: Working Memory and Retrieval: a Resource-Dependent Inhibition Model, *Journal of Experimental Psychology: General*, 123:4, 354-373
- Conway A.R.A., Kane M.J., Bunting M.F., Hambrick D.Z., Wilhelm O., Engle R.W., 2005: Working memory span tasks: A methodological review and user's guide, *Psychonomic Bulletin & Review*, 12:5, 763-786
- Cowan N., 1999: An Embedded-Processes Model of Working Memory, Teoksessa A.Miyake ja P.Shah (toim.), *Models of Working Memory. Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control*, 62-101, Cambridge: University Press
- Cowan N., 2001: The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity, *Behavioral and brain sciences*, 24:1, 87-114
- Deutsch W., 1984: Language control processes in development. A tutorial Review, Teoksessa H. Bouma ja D.G. Bouwhuis (toim.), *Attention and Performance X, Control of Language Processes, Proceedings of Tenth International Symposium on Attention and Performance*, 395-416, Lontoo: Lawrence Erlbaum
- Engle R.W., 1996: Working Memory and Retrieval: an Inhibition-Resource Approach, Teoksessa Richardson J.T.E., *Working Memory and Human Cognition* (toim.), 89-119, New York: Oxford University Press
- Engle R.W., 2002: Working Memory Capacity as Executive Attention, *Current Directions In Psychological Science*, 11, 19-23
- Engle R.W., Cantor J., Carullo J.J., 1992: Individual Differences in working Memory and Comprehension: A Test of Four Hypotheses, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18:5, 972-992
- Engle R.W., Kane M.J., Tuholski S.W., 1999a: Individual Differences In Working Memory Capacity And What They Tell Us About Controlled Attention, General Fluid Intelligence, And Functions of the Prefrontal Cortex, Teoksessa A.Miyake ja P.Shah (toim.), *Models of Working Memory. Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control*, 103-134, Cambridge: University Press
- Ericsson K. A., Kintsch, W., 1995: Long-term working memory, *Psychological Review*, 102:2, 211-245
- Feldman Barrett L., Tugade M.M., Engle R.W., 2004: Individual Differences in Working Memory Capacity and Dual-Process Theories of the Mind, *Psychological Bulletin*, 130:4, 553-573
- Gathercole S.E., Baddeley A.D., 1993: Working memory and language, Hove: Lawrence Erlbaum
- Gathercole S.E., Tiffany C., Briscoe J., Thorn A., 2005: Developmental consequences of poor phonological short-term memory function in childhood: a longitudinal study, *Journal of Child Psychology & Psychiatry*, 46:6, 598-611
- Gennari S., Poeppel D., 2003: Processing correlates of lexical semantic complexity, *Cognition* 89, B27-B41
- Gernsbacher M.A., Robertson R.R.W., 1999: The role of suppression in figurative language comprehension, *Journal of Pragmatics*, 31, 1619-1630
- Isham W.P., 1994: Memory for sentence form after simultaneous interpretation: Evidence both for and against deverbali-zation, Teoksessa S. Lambert ja B. Moser-Mercer (toim.) *Bridging the gap: Empirical research in simultaneous in-terpretation*, 191-211. Amsterdam: John Benjamins
- Isham W.P., 2000: Phonological interference in interpreters of spoken-languages: An issue of storage or process, Teok-sessa B.E.Dimitrova ja K.Hylytenstam (toim.), *Language processing and simultaneous interpreting*, 133-149, Am-sterdam: John Benjamins
- Kane M.J., Engle R.W., 2000: Working-Memory Capacity, Proactive Interference, and Divided Attention: Limits on Long-Term Memory Retrieval, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26:2, 336-358
- Kane M.J., Engle R.W., 2002: The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and gen-eral fluid intelligence: An individual-differences perspective, *Psychonomic Bulletin & Review*, 9:4, 637-671
- MacDonald M:C., Just M:A., Carpenter P.A., 1992: Working Memory Constraints on the Processing of Syntactic Ambi-guity, *Cognitive Psychology*, 24, 56-98
- May C.P., Hasher L., Foong N., 2005: Implicit Memory, Age, and Time of Day, Paradoxical Priming Effects, *Psycho-logical Science*, 16:2, 96-100
- May C.P., Hasher L., Zacks R.T., Multhaup K.S., 1999: Inhibition in the Processing of Garden-Path Sentences, *Psychol-ogy and Aging*, 14:2, 304-313
- Nairne J.S., 1988: A framework for interpreting recency effects in immediate serial recall, *Memory & Cognition*, 16, 343-352
- Oberauer K., Lange E., Engle R.W., 2004: Working memory capacity and resistance to interference, *Jornal of Memory and Language*, 51, 80-96

- Osterhout L., McLaughlin J., Pitkänen I., Frenck-Mestre C., Molinaro N., 2006: Novice Learners, Longitudinal Designs, and Event-Related Potentials: A Means for Exploring the Neurocognition of Second Language Processing, *Language Learning, Vol 56 (Suppl 1)*, 199-230
- Radvansky G.A., Copeland, D.E., 2006: Memory retrieval and interference: Working memory issues, *Journal of Memory and Language*, 55:1, 33-46
- Reyna V.F., 2005: Fuzzy-Trace Theory (FFT), Judgment, and Decision-Making: A Dual-Processes Approach, Teoksessa C. Izawa, N. Ohta (toim.), *Human Learning and Memory: Advances in Theory and Application, The 4th Tsukuba International Conference on Memory*, 239-256, Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum
- Tehan G., Humphreys M.S., 1995: Transient phonemic codes and immunity to proactive interference, *Memory & Cognition*, 23:2, 181-191
- Unsworth N., Engle R.W., 2006a: A temporal-contextual retrieval account of complex span: An analysis of errors, *Journal of Memory and Language*, 54, 346-362
- Unsworth N., Engle R.W., 2006b: Simple and complex memory spans and their relation to fluid abilities: Evidence from list-length effects, *Journal of Memory and Language*, 54, 68-80
- Unsworth N., Engle R.W., 2007: The Nature of Individual Differences in Working Memory Capacity: Active Maintenance in Primary Memory and Controlled Search from Secondary Memory, *Psychological Review*, 14:1, 104-132
- Wingfield A., Butterworth B., 1984: Running Memory for Sentences and Parts of Sentences: Syntactic Parsing as a Control Function in Working Memory, Teoksessa H. Bouma ja D.G. Bouwhuis (toim.), *Attention and Performance X, Control of Language Processes, Proceedings of Tenth International Symposium on Attention and Performance*, 351-363, Lontoo: Lawrence Erlbaum