

**Sanojen ja sijaintien erillinen ja yhdistetty muistaminen:
Tutkimus verkko-oppimiseen liittyvistä kognitiivisista prosesseista**

Psykologian Pro gradu -tutkielma (45 s)
Ohjaaja: Virpi Kalakoski
Psykologian laitos
Helmikuu 2005
Petra Laura Maria Nyman

Verkko-oppimisen tutkimus ja
kognitiivinen arviointi –projekti

Esipuhe

Tämä Pro gradu –tutkielma on toteutettu osana Verkko-oppimisen tutkimus ja kognitiivinen arviointi –projektia. Projekti kuuluu Helsingin yliopiston Verkko-opetuksen laadun arviointi –hankkeeseen ja sen tavoitteena on tutkia verkko-oppimisen taustalla olevia kognitiivisia prosesseja. Tutkimuksessa käytetään luotettavaksi havaittuja kokeellisen kognitiivisen psykologian menetelmiä verkko-oppimisympäristöihin liittyvien ilmiöiden tutkimiseen.

Haluan kiittää Helsingin yliopiston Psykologian laitoksen Työmuistiseminaarin jäseniä, jotka ovat ystävällisesti kommentoineet tutkimustani sen eri vaiheissa. Erityiset kiitokset työni ohjaajalle Virpi Kalakoskelle suuret kiitokset kärsivällisyydestä ja hyvistä kommentteista. Työtoveriani Kaisa Kanervaa haluan kiittää rakentavista kommentteista työhön liittyen sekä hyvistä tieteellisistä sessioista. Myös koehenkilöt ja kokeen rakennuksessa auttaneet henkilöt, joita ilman tätä tutkimusta ei olisi voitu toteuttaa, ansaitsevat suuret kiitokset. Lopuksi vielä kiitokset loistaville huoltojoukoille!

Petra Nyman
Helsingissä 2.2.2005

Tiedekunta - Fakultet – Faculty Käyttäytymistieteellinen tiedekunta		Laitos - Institution – Department Psykologian laitos	
Tekijä - Författare – Author Petra Laura Maria Nyman			
Työn nimi - Arbetets titel Sanojen ja sijaintien erillinen ja yhdistetty muistaminen: Tutkimus verkko-oppimiseen liittyvistä kognitiivisista prosesseista.			
Title Separate and combined serial recall of words and locations: Research on cognitive processes during multimedia learning.			
Oppiaine - Läroämne – Subject Psykologia - Psychology			
Työn laji - Arbetets art - Level Pro Gradu –tutkielma		Aika - Datum - Month and year Helmikuu, 2005.	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages 46
Tiivistelmä - Referat - Abstract Joidenkin työmuistimallien mukaan kielellinen ja spatiaalinen materiaali prosessoidaan toisistaan riippumattomasti työmuistin eri alavarastoissa. Verkko-oppimisen aikana nämä kaksi prosessia toimivat usein samanaikaisesti, sillä verkossa esitetty oppimateriaalissa on keskeistä teksti ja sen sijoittelu. Tässä tutkimuksessa tutkittiin sanojen ja sijaintien muistamista sekä yhdessä että erikseen. Tutkimus toteutettiin kokeellisena tutkimuksena 12 koehenkilölle. Kielellisissä tehtävissä koehenkilön tuli painaa mieleensä yhdeksän sanan listoja ja palauttaa ne esitysjärjestyksessä; sanat esitettiin joko keskeltä näyttöä tai hajautetusti näytöllä. Spatiaalinen tehtävä oli tietokoneelle sovellettu versio Corsi Blocks – tehtävästä, jossa koehenkilön tuli painaa mieleensä sarja esitettyjä sijainteja ja palauttaa ne esitysjärjestyksessä. Sijainnit esitettiin joko merkityksettömillä objekteilla tai sanoilla. Yhdistetyssä tehtävässä koehenkilölle esitettiin yhdeksän sanaa yhdeksässä eri sijainnissa ja koehenkilön tuli palauttaa mielestään sekä sanat että niiden sijainnit. Tutkimuksessa havaittiin, että sanoja muistetaan yhtä paljon keskitetysti ja hajautetusti esitettynä ja silloin, kun samanaikaisesti tulee suorittaa myös spatiaalista tehtävää, eli muistaa sijainnit, joissa sanat oli esitetty. Sen sijaan spatiaalinen suoriutuminen heikkeni kielellisen ja spatiaalisen tehtävän yhdistämisestä. Tulokset viittaavat siihen, että kielellistä ja spatiaalista materiaalia prosessoidaan työmuistissa erikseen. Lisäksi spatiaalisen materiaalin ylläpitäminen häiriintyy kielellistä materiaalia herkemmin. Tuloksia voidaan soveltaa tietoverkossa navigoimiseen liittyviin kysymyksiin. Tietoverkossa eksyminen on todellinen ongelma erityisesti monimutkaisissa verkko-oppimisympäristöissä. Tämä tutkimus osoittaa, että kielellisen materiaalin prosessointi on melko vakaata huolimatta muista tehtävistä, joiden eteen käyttäjä tietoverkossa joutuu. Sen sijaan spatiaalisen alavaraston toiminta on häiriöherkkää, ja tämä ihmisen kognitiivisen järjestelmän ominaisuus olisi hyvä ottaa huomioon verkko-oppimisympäristöjen suunnittelussa.			
Avainsanat - Nyckelord Työmuisti, verkko-oppiminen, sarjallinen palauttaminen, kaksoistehtävä, Corsi Block –tehtävä, kielellinen, spatiaalinen.			
Keywords Working memory, multimedia, serial recall, dual-task, Corsi Blocks Task, verbal, spatial.			
Säilytyspaikka - Förvaringsställe - Where deposited Käyttäytymistieteellisen tiedekunnan kirjasto			
Muita tietoja - Övriga uppgifter - Additional information On osa verkko-oppimisen tutkimus ja kognitiivinen arviointi –projektin tutkimuksia.			

Tiedekunta - Fakultet – Faculty Faculty of Behavioural Sciences		Laitos - Institution – Department Department of Psychology	
Tekijä - Författare – Author Petra Laura Maria Nyman			
Työn nimi - Arbetets titel Sanojen ja sijaintien erillinen ja yhdistetty muistaminen: Verkko-oppimiseen liittyvien kognitiivisten prosessien tutkimus.			
Title Separate and combined serial recall of words and locations: Working memory constraints in a multimedia context			
Oppiaine - Läroämne – Subject Psychology			
Työn laji - Arbetets art - Level Master's thesis		Aika - Datum - Month and year February, 2005.	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages 45
Tiivistelmä - Referat – Abstract According to some models of working memory, verbal and spatial material is processed in separate systems. However, there are task environments, such as multimedia, which typically contains both verbal and spatial material. An interesting question is how these two separate systems co-operate during the use of multimedia. In this experiment, recall of words and locations was studied. Twelve participants were presented with five different conditions, of which two were verbal, two were spatial and one was a combined task. The verbal tasks were serial recall of nine words. The words were either presented in the center of the screen or in different spatial locations. The spatial task was a computerized version of the Corsi Blocks Task, in which serial recall of nine spatial locations was required. The locations were marked with a string of the letter “X”, or with a word. In the combined task participants had to recall a series of nine words and their spatial locations in the correct order. The results showed that words were recalled equally well whether presented in the center of the screen, or in different spatial locations or whether recall of their spatial locations was required. On the contrary, recall of the spatial locations was impaired if verbal material had to be recalled simultaneously. These results imply that verbal and spatial materials are processed separately and the maintenance of spatial material is more sensitive to disruption than the maintenance of verbal material. The research method and the results can be applied when navigation in web-based environments is studied. In complex web-based environments, too heavy a load on the user's working memory may cause spatial confusion, which leads to the problem of getting lost in the web-based environment.			
Avainsanat - Nyckelord Työmuisti, verkko-oppiminen, sarjallinen palauttaminen, kaksoistehtävä, Corsi Block –tehtävä, kielellinen, spatiaalinen.			
Keywords Working memory, multimedia, serial recall, dual-task, Corsi Blocks Task, verbal, spatial.			
Säilytyspaikka - Förvaringsställe - Where deposited The Library of Behavioural Sciences			
Muita tietoja - Övriga uppgifter - Additional information The research was conducted in the Research and Evaluation of Cognitive Processes in a Multimedia Context –research project.			

Sisällysluettelo

1. Johdanto	2
1.1. Tiedon ylläpito työmuistissa	3
1.1.1. Kielellisen materiaalin prosessointi työmuistissa	5
1.1.2. Visuospatiaalisen materiaalin prosessointi työmuistissa	6
1.1.3. Kielellisen ja spatiaalisen tiedon yhdistäminen	8
1.2. Sarjasijainnin vaikutus muistamiseen	11
1.2.1. Kielellinen sarjasijaintikäyrä	13
1.2.2. Spatiaalinen sarjasijaintikäyrä	14
1.3. Työmuistin merkitys verkko-oppimisen kannalta	15
1.4. Tutkimusongelmat ja hypoteesit	17
2. Menetelmät	19
2.1. Koehenkilöt	19
2.2. Laitteet ja ärsykkeet	19
2.3. Koetilanteet	20
2.4. Kokeen kulku	22
2.5. Aineiston tarkastelu ja tilastolliset menetelmät	23
3. Tulokset	24
3.1. Sanojen ja sijaintien muistaminen	24
3.2. Sarjasijainnin vaikutus muistamiseen	26
4. Tulosten tarkastelua	28
4.1. Sanojen muistaminen	28
4.2. Sijaintien muistaminen	29
4.3. Sanojen ja sijaintien yhdistämisen vaikutus muistamiseen	30
4.4. Sarjasijainnin vaikutus muistamiseen	31
4.5. Tutkimuksen rajoitukset	34
4.6. Verkko-oppimisen kognitiivisen tutkimuksen tulevaisuuden mahdollisuudet	35
Lähdeluettelo	36

1. JOHDANTO

Verkko-oppimisalustojen käyttö opetuksen apuna on viime aikoina lisääntynyt voimakkaasti ja näin ollen myös verkko-oppimisen tutkimus. Tietoverkko mahdollistaa erilaisten materiaalien, kuten tekstin, kuvan, äänen ja animaatioiden monipuolisen käytön opetuksen apuna ja vaatii lisäksi käyttäjältä navigointia linkistä tai dokumentista toiseen erilaisten valikkorakenteiden avulla. Tämä tehtävä, joka nykyihmiselle tuntuu olevan jomelkein itsestään selvä, vaatii kuitenkin ihmisen tiedonkäsittelyjärjestelmältä suhteellisen paljon. Koska verkko-opetuksen käyttö on lisääntynyt huimaa vauhtia, on mielekästä tutkia, miten ihminen pystyy hyödyntämään verkossa käytettäviä tiedonesittämistapoja. Tässä tutkimuksessa pyritään kognitiivisen psykologian menetelmiä käyttäen selvittämään joitakin verkko-oppimisen taustalla olevia kognitiivisia prosesseja.

Verkko-oppimisen tutkiminen kognitiivisesta näkökulmasta on suhteellisen uusi tutkimusalue. Ihmisen kykyä käsitellä tietokoneen avulla esitettyä materiaalia on tutkittu vasta 1990-luvulta lähtien. Lähestymistapoja on kaksi, tiedon esittämiseen liittyviä lainalaisuuksia tutkiva lähestymistapa sekä verkko-oppimiseen liittyviä kognitiivisia prosesseja tutkiva lähestymistapa (Tardieu & Gyselinck, 2003).

Verkko-oppimisen aikana käyttäjä kohtaa kaksi perustehtävää: tietoverkossa navigoimisen eli liikkumisen linkkien avulla tekstidokumentista toiseen sekä sisällön oppimisen. Näiden prosessien samanaikainen suorittaminen vaatii kognitiiviselta systeemiltä sekä kielellisen että spatiaalisen materiaalin lyhytkestoista samanaikaista ylläpitoa. Tämän voidaan katsoa olevan työmuistin tehtävä (Garden, Cornoldi & Logie, 2002). Lisäksi tietoverkossa navigoiminen kuormittaa ihmisen tiedonkäsittelyjärjestelmää ajallisesti peräkkäisillä eli sarjallisesti esitetyillä näkymillä.

Työmuistin toimintaa verkko-oppimisen aikana on selvitelty muutamassa tutkimuksessa, jossa viitekehyksenä on käytetty myöhemmin esiteltävää Baddeleyn ja Hitchin (1974) työmuistimallia (Gyselinck, Cornoldi, Dubois, De Beni & Ehrlich, 2002; Gyselinck, Ehrlich, Cornoldi, De Beni & Dubois, 2000). Tietoverkossa oleva materiaali koostuu sekä kielellisestä materiaalista että visuaalisista kuvista. Lisäksi jokaisella näkymällä on oma

spatiaalinen ulkoasunsa, joka koostuu erilaisista objekteista eri sijainneissa. Lisäksi verkkosivut linkittyvät toisiinsa muodostaen hierarkkisia kokonaisuuksia ja rakenteita.

Tässä tutkimuksessa keskitytään kielellisen ja spatiaalisen materiaalin muistamiseen. Tarkoituksena on kognitiivisen kokeellisen psykologian menetelmin selvittää sana- ja sijaintisarjojen muistamista sekä sanojen ja sijaintien samanaikaista prosessoimista. Erityisesti ollaan kiinnostuneita siitä, aiheuttaako sanojen ja sijaintien samanaikainen mieleen painaminen heikkenemistä jommankumman materiaalityypin muistamisessa. Tämä on tärkeä kysymys verkko-oppimisen taustalla olevien kognitiivisten prosessien tutkimisessa, jonka yhtenä tavoitteena on löytää tiedonkäsittelyyn liittyviä lainalaisuuksia, joita verkko-oppimisympäristöjen suunnittelijat voisivat hyödyntää.

Tässä tutkimuksessa keskitytään lyhytkestoiseen tiedon ylläpitämiseen, joskin verkko-oppimisen voidaan katsoa liittyvän pitkäkestoisempaan muistamiseen, eli säilömuistin toimintaan. Rajaus on tässä tehty siitä syystä, että työmuistin toiminnan suorituskyvyn oletetaan olevan keskeisessä asemassa uuden materiaalin oppimisessa ja käsittelemisessä (ks. Saariluoma, 1990).

Tässä tutkimuksessa käytetään tiedon lyhytkestoisesta ylläpidosta vastaavasta muistin osasta nimitystä työmuisti. On kuitenkin huomioitava, että silloin työmuistikäsitettä käytetään laajemmassa mielessä kuin tutkimusalueen kirjallisuudessa yleensä. Joidenkin tutkijoiden mielestä materiaalin ylläpitoa mittaavat tehtävät ovat lyhytkestoisen muistin tehtäviä, kun taas tehtävät, joissa samanaikaisesti prosessoidaan ja ylläpidetään materiaalia, ovat työmuistitehtäviä (ks. Kane, Hambrick, Tuholski, Wilhelm, Payne & Engle, 2004). Baddeleyn (2000a, 2000b) mukaan lyhytkestoinen muisti on käsite, jolla tarkoitetaan materiaalin hetkellistä ylläpitämistä, työmuistin viitatessa kokonaisuuteen joka koostuu erilaisista osista, joilla on erilaiset toiminnalliset roolit. Käsitteet ovat kuitenkin osittain päällekkäisiä, kuten ovat lyhytkestoisen muistin ja työmuistin tutkimuksetkin.

1.1. Tiedon ylläpito työmuistissa

Työmuistilla tarkoitetaan muistijärjestelmää, jossa hetkellisesti ylläpidetään ja prosessoidaan informaatiota (Baddeley, 1992). Baddeley ja Hitch (1974) jakoivat alkuperäisessä mallissaan työmuistin kolmeen osaan: keskusyksikköön ja kahteen

alavarastoon, jotka ovat fonologinen silmukka ja visuospatiaalinen lehtiö. Baddeley (1986) kehitti edelleen työmuistimallia, ja määritteli eri alavarastojen toiminnat seuraavasti: keskusyksikkö vastaa toiminnan yleisestä koordinaatiosta, fonologinen silmukka ylläpitää kielellistä materiaalia ja visuospatiaalinen lehtiö kuvallista sekä spatiaalista materiaalia.

Työmuistin kaksi alavarastoa ovat mallin mukaan toisistaan riippumattomat ja kummallakin alavarastolla on oma rajallinen kapasiteettinsa. Oletusta alavarastojen riippumattomuudesta tukevat myös neuropsykologiset tutkimukset, joissa on havaittu spesifejä ongelmia eri alavarastoissa potilaan aivovaurion sijainnista riippuen (ks. Gathercole, 1994). Myös aivokuvantamismenetelmien avulla on osoitettu kielellisen ja visuospatiaalisen materiaalin aktivoivan eri aivoalueita, joka tukee oletusta alavarastojen riippumattomuudesta (Smith & Jonides, 1997).

Alavarastojen riippumattomuutta ja niiden erillistä kapasiteettia on tutkittu pääasiallisesti kaksoistehtävien avulla. Kaksoistehtävällä tarkoitetaan tilannetta, jossa koehenkilö suorittaa päätehtävän lisäksi toista samanaikaista tehtävää. Mikäli toinen tehtävä heikentää suoriutumista päätehtävässä, oletetaan kyseisten tehtävien hyödyntävän samaa työmuistin alavarastoa. Tutkimuksissa on havaittu kielellisen materiaalin ylläpitoa häiritsevän muun muassa artikulatorinen häirintätehtävä, jossa koehenkilön tehtävänä on toistaa ääneen jotain merkityksetöntä tavua kuten ”ba - ba - ba”:ta. Sen sijaan visuospatiaalinen tehtävä ei häiritse kielellisen materiaalin ylläpitoa (Farmer, Berman & Fletcher, 1986). Tämän lisäksi on osoitettu artikulatorisen häirintätehtävän häiritsevän sanojen muistamista, mutta ei sanojen sijaintien muistamista, joka on luonteeltaan visuospatiaalinen tehtävä (Loisy & Roulin, 2003).

Sama pätee myös toisin päin, eli visuospatiaalisia tehtäviä häiritsevät toiset visuospatiaaliset tehtävät, esimerkki tällaisesta on spatiaalinen naputustehtävä, jossa koehenkilön tulee jatkuvasti näppäillä tiettyä kuviota, kuten neliötä toisella kädellään (Morris, 1987). Sen sijaan kielelliset häirintätehtävät eivät vaikuta suoriutumiseen visuospatiaalisissa tehtävissä (Smyth & Pendleton, 1990).

Keskusyksikön tehtäväksi on määritelty alavarastojen toiminnan koordinoiminen kaksoistehtävissä, mieleen palauttamisen strateginen suunnittelu ja toteutus, valikoiva tarkkaavaisuus sekä koordinaatio pitkäkestoisen muistin ja alavarastojen välillä (Baddeley,

1996; ks. myös Gathercole, 1994; Loisy & Roulin, 2003). Keskusyksikön tehtäväksi on myöhemmin määritelty myös työmuistissa olevan materiaalin virkistäminen (eng. update) (Morris & Jones, 1990) sekä häiritsevän materiaalin estäminen ja tarkkaavaisuuden vaihtaminen (Miyake & Friedman, 2000). Keskusyksikkö on alkuperäisen työmuistimallin vähiten tutkittu työmuistin osa. Sen vastuulle on säilytetty laaja kirjo tehtäviä, joiden taustamekanismeja ei vielä kovin hyvin tunneta.

Baddeleyn työmuistimallia (1986) on kritisoitu siitä, ettei se ota kantaa siihen, miten eri alavarastoissa ja säilömuistissa oleva materiaali yhdistyy yhdeksi muistiedustukseksi eikä siihen, mikä osa työmuistista vastaa järjestyksen muistamisesta. Kritiikkiin vastatakseen Baddeley lisäsi vuonna 2000 työmuistimalliin episodisen puskurin (Baddeley, 2000a). Sen oletetaan ylläpitävän multimodaalisia muistiedustuksia ja olevan tiiviissä vuorovaikutuksessa episodisen säilömuistin kanssa. Teorian mukaan keskusyksikkö kontrolloi episodisen puskurin sekä työmuistin alavarastojen toimintaa. Episodinen puskuri on toistaiseksi lähinnä teoreettinen käsite vailla laajempaa empiiristä tutkimusta.

1.1.1. Kielellisen materiaalin prosessointi työmuistissa

Baddeleyn (1986) työmuistimallin osa-alueista fonologisen silmukan ominaisuuksia on tutkittu eniten. Fonologinen silmukka vastaa kielellisen materiaalin ylläpidosta rajatun ajan. Se jakautuu edelleen fonologiseen varastoon ja kertaamisprosessiin (Salamé & Baddeley, 1982). Lyhytkestoinen fonologinen varasto ylläpitää kielellisestä materiaalista muodostunutta fonologista muistijälkeä, joka häviää noin kahden sekunnin jälkeen, ellei sitä ylläpidetä kertaamalla (Baddeley & Hitch, 1994). Kertaamisprosessin avulla fonologisessa varastossa oleva fonologinen muistijälki aktivoidaan uudelleen, jottei se häviäisi fonologisesta varastosta. Kertaamisprosessin on todettu häiriintyvän artikulatorisesta häirintätehtävästä (ks. Gathercole, 1994).

Kertaamisprosessin on ajateltu vaikuttavan siihen, että lyhyempiä sanoja on helpompi muistaa kuin pidempiä, eli sananpituusvaikutukseen (Longoni, Richardson & Aiello, 1993). Tämän on oletettu johtuvan muun muassa siitä, että lyhyempien sanojen mielensisäinen kertailu kestää vähemmän aikaa kuin pidempien sanojen kertailu (ks. Mueller, Seymour, Kieras & Meyer, 2003). Myös muita tulkintoja sananpituusvaikutuksen syistä on tuotu

esiin. Esimerkiksi Cowan (1992) on esittänyt, että ilmiö johtuukin siitä, että palauttamisvaiheessa pidempien sanojen muodostaminen ja tuottaminen kestää pidempään, jolloin fonologisten muistiedustusten häviäminen on todennäköisempää. Service (1998) on tutkimuksissaan osoittanut, että sanojen fonologinen monimutkaisuus vaikuttaa sananpituusvaikutukseen. Sananpituusvaikutuksesta ei ole toistaiseksi olemassa yhtä käsitystä, mutta useat tutkijat olettavat, että se voi olla seurausta sekä sanan pituudesta että sanan monimutkaisuudesta (ks. Cowan, Nugent, Elliot & Geer, 2000; Service 2000; Cowan, Nugent & Elliot, 2000).

Fonologista varastoa tutkittaessa on havaittu, että fonologisesti samankaltaisia ärsykeitä on vaikeampi muistaa kuin selkeästi toisistaan poikkeavia ärsykeitä (Baddeley, 1966; ks. Fournet, Juphard, Monnier & Roulin, 2003). Tämän samankaltaisuusvaikutuksen on esitetty johtuvan muun muassa siitä, että samankaltaisia fonologisia muistijälkiä on vaikeampi rekonstruoida, kun ne ovat osittain hävinneet fonologisesta varastosta (Nairne, 1990).

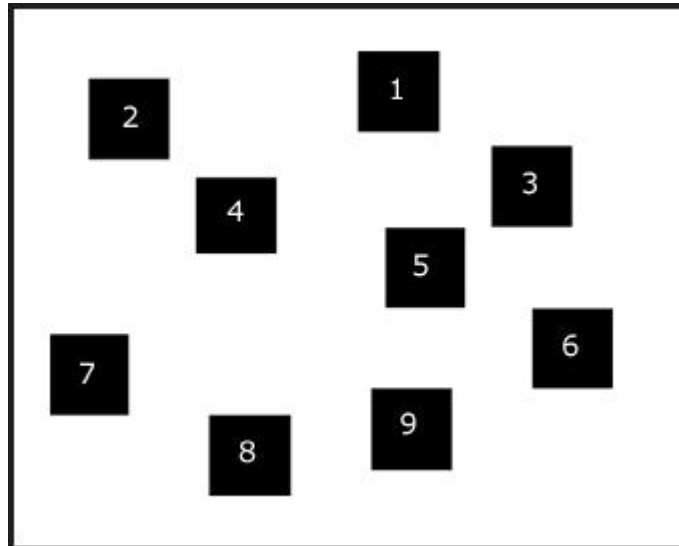
Fonologisessa varastossa voidaan ylläpitää myös kirjoitettua tekstiä ja muuta visuaalista materiaalia, mikäli se muunnetaan kielelliseen muotoon nimeämisen avulla. Nimettyä objektia voidaan sen jälkeen ylläpitää kertaamisprosessin avulla (Baddeley & Hitch, 1994; Gathercole, 1994).

1.1.2. Visuospatiaalisen materiaalin prosessointi työmuistissa

Visuospatiaalista työmuistia on viime aikoina ruvettu tutkimaan yhä enemmän. Tutkimusmenetelmien moninaisuus sekä erilaisten taustaoletusten laaja kirjo ovat vaikeuttaneet yhtenäisen tutkimustradition syntymistä (ks. Vecchi, Monticelli & Cornoldi, 1995). Visuospatiaalisen työmuistin nähdään vastaavan visuaalisten kuvioden sekä spatiaalisten sijaintien ja suhteiden ylläpidosta (ks. Logie, 1995; Avons, 1998; McConnell & Quinn, 2000; Pickering, Gathercole, Hall & Lloyd, 2001). Kyseinen erottelu ei kuitenkaan ole itsestäänselvyys ja termejä käytetään usein ristiriitaisesti. Pyrkimyksenä on ollut luoda yhtenäinen käsitteistö, jossa visuaalisella materiaalilla tarkoitetaan staattisia kuvioita ja visuaalisen materiaalin ominaisuuksia kuten muotoa, väriä ja kirkkautta (Logie, 1995). Työmuistin visuaalista osaa on tutkittu muun muassa visuaalisten kuvioden

muistamisen avulla (Avons, 1998). Spatiaalinen materiaali on tietoa yksikön sijainnista, tietoa kahden yksikön välisestä etäisyydestä tai tietoa spatiaalisesta liikkeestä (Logie, 1995). Spatiaalinen materiaali voi olla myös kuulonvaraista, eikä näin ollen rajoitu visuaaliseen esittämiseen (Parmentier & Jones, 2000). Myös sokeat käyttävät työmuistin spatiaalista osa-aluetta (Vecchi ym., 1995).

Työmuistin spatiaalista osaa on tutkittu usein Corsi Blocks –tehtävällä (Milner, 1971; ks. esim. Smyth, Pearson & Pendleton, 1988), jota käytetään myös tässä tutkimuksessa. Corsi Blocks –tehtävässä koehenkilölle esitetään peräkkäin sarja spatiaalisia sijainteja koskettamalla pöytälaudalla olevia kuutioita tietyssä järjestyksessä. Tämän jälkeen koehenkilön tulee koskettaa kuutioita samassa järjestyksessä. Standardisoidussa tehtävässä spatiaaliset sijainnit ovat sijoiteltu niin, että niiden nimeäminen olisi mahdollisimman vaikeaa. Sijainnit pysyvät siis samana tutkimuksen ajan, mutta niiden esitysjärjestys vaihtelee (kuvio 1). Tehtävä vastaa kielellistä työmuistia mittaavaa numeromuistisilta –tehtävää (Smyth & Scholey, 1994a; Berch, Krikorian & Huha, 1998; Vandierendonck, Kemps, Fastame & Szmalec, 2004).



Kuvio 1. Corsi Blocks –tehtävän ulkoasu ja sijainnit.

Tutkimusten tulokset viittaavat siihen, että Corsi Blocks –tehtävän aikana käytetään visuospatiaalista työmuistia muttei fonologista silmukkaa (Smyth & Scholey, 1994a; Vandierendonck ym., 2004). Kaksoistehtävien avulla on havaittu, että yhtäaikainen spatiaalinen tehtävä häiritsee Corsi Blocks –tehtävän suorittamista, kun taas artikulatorinen

häirintätehtävä ei häiritse sen suorittamista (Vandierendonck ym., 2004). Tästä johtuen voidaan olettaa, ettei tehtävän suorittamisessa käytetä kielellistä strategiaa, koska tehtävässä ei käytetä fonologisen silmukan kertaamisprosessia avuksi, joka häiriintyisi artikulatorisesta häirintätehtävästä. Tehtävän vaikeutuessa ja muistikuormituksen lisääntyessä tehtävän oletetaan vaativan myös keskussyksikön resursseja (Vandierendonck ym., 2004).

Ongelmallista Corsi Blocks –tehtävän hyödyntämisessä on ollut sen metodologisen standardoinnin puute, eikä sitä ole siitä syystä käytetty yhteneväisesti aikaisemmissa tutkimuksissa (Berch ym., 1998). Tässä tutkimuksessa on käytetty äskettäin standardisoitua tehtävää, jossa tehtävän alustan koko ja kuutioiden sijainnit on tarkasti määritelty (Kessels, van Zandvoort, Postma, Kappelle & de Haan, 2000).

Visuospatiaalisen työmuistin on todettu olevan häiriöherkkä. Jos spatiaalinen tarkkaavaisuus kohdistetaan muuhun kuin mieleen painettavaan ja mielestä palautettavaan spatiaaliseen materiaaliin, häiriintyy sen muistaminen (Awh, Jonides & Reuter-Lorenz, 1998; Smyth & Scholey, 1994a; Smyth, 1996). Klauer ja Stegmaier (1997) ovat esittäneet, ettei kyseessä olisikaan spatiaaliseen tarkkaavaisuuteen liittyvä ilmiö, vaan että tutkimusten tulokset johtuisivatkin toisen samanaikaisen tehtävän aiheuttamasta yleisen kuormituksen lisääntymisestä. Omissa tutkimuksissaan he huomasivat, että jos visuospatiaalisen tehtävän kanssa joudutaan samanaikaisesti suorittamaan jotakin päätöksentekoa vaativaa tehtävää, heikentyy suoriutuminen visuospatiaalisessa tehtävässä. Päätöksentekoa ja siihen vaadittavaa tarkkaavaisuutta pidetään yhtenä Baddeleyn työmuistimallin keskussyksikön funktioista (Baddeley, 1996).

1.1.3. Kielellisen ja spatiaalisen tiedon yhdistäminen

Tähänastiset tutkimukset ovat useimmiten keskittyneet tutkimaan kielellisen ja spatiaalisen alavaraston ominaisuuksia erikseen. Tutkimuksia, joissa alavarastojen ominaisuuksia olisi vertailtu toisiinsa, tai joissa olisi tutkittu niiden samanaikaista toimintaa, on vain muutamia. Esimerkiksi visuaalisen työmuistin roolia on tutkittu kielellisen materiaalin prosessoinnissa esittämällä kielellistä materiaalia visuaalisesti tekstinä (Logie, Della Salla, Wynn & Baddeley, 2000). Tutkimuksessa vertailtiin muun muassa samankaltaisilta näytävien

sanojen (kuten englanninkieliset ”New” ja ”Few”) muistamista erinäköisiltä näyttävien sanojen muistamiseen, jotka olivat kuitenkin fonologisesti samankaltaisia (kuten englanninkieliset ”Blue” ja ”Too”). Tutkijat havaitsivat, että visuaalinen samankaltaisuus vaikeuttaa sanojen muistamista (Logie ym., 2000). Tulos viittaa siihen, että esitettäessä kielellistä materiaalia visuaalisesti käytetään mieleen painamisen aikana myös visuaalista koodaamistapaa. Tähän liittyen kielellinen sarjallisen palauttamisen tehtävä, jota pidetään pelkästään kielellisenä tehtävänä, saattaa sisältää myös visuaalisen komponentin. Tämä tutkimustulos herättää kysymyksen siitä, painetaanko erityyppiset materiaalit mieleen monessa eri muodossa. Lisäksi visuaalisen ja kielellisen materiaalin integraatio yhdeksi muistiedustukseksi työmuistissa on uusi kiinnostava tutkimusaihe, jota ei ole juurikaan tutkittu.

Myös tekstinymmärtämistä, jossa materiaalina on ollut spatiaalisia suhteita kuvaavia tekstejä, on tutkittu. On havaittu, että visuospatiaalinen kaksoistehtävä häiritsi spatiaalisten tekstien muistamista (Pazzaglia & Cornoldi, 1999). Tämän perusteella voidaan olettaa visuospatiaalisen alavaraston osallistuvan spatiaalisia suhteita kuvaavien tekstien prosessointiin. Tutkijat olettavat, että tekstissä kuvatusta spatiaalisista suhteista muodostetaan mielensisäinen malli, jota ylläpidetään visuospatiaalisessa työmuistissa. Todennäköisesti kielellinen ja spatiaalinen alavarasto toimivat jatkuvasti samanaikaisesti, tätä ei kuitenkaan vielä ole tarkemmin tutkittu.

Kahden alavaraston toiminnan koordinaatio on Baddeleyn (1996) mukaan keskusyksikön vastuulla. Keskusyksikön on havaittu olevan tiiviimmässä yhteydessä visuospatiaaliseen alavarastoon (Fisk & Sharp, 2003; Morris, 1987) kuin fonologiseen silmukkaan (Miyake, Friedman, Rettinger, Shah & Hegarty, 2001). Keskusyksikköä on kuormitettu tehtävällä, jossa tulee tuottaa kirjaimia satunnaisessa järjestyksessä (Baddeley, 1996). Jos tehtävä ylittää keskusyksikön suorituskyvyn, alavarastojen suoriutuminen häiriintyy (Vandierendonck, De Vooght & Van der Goten, 1998).

Perinteisesti tehtävillä, joissa on samanaikaisesti kuormitettu kielellistä ja visuospatiaalista alavarastoa, on selvitetty keskusyksikön toimintaa (Duff, 2000; Loisy & Roulin, 2003). Tehtävät ovat olleet samankaltaiset kuin tässä tutkimuksessa käytetty tehtävä, eli koehenkilön on painanut mieleensä sarjan sanoja sekä niiden sijainnit matriisissa. Tutkimuksissa on saatu ristiriitaisia tuloksia yhdistämisen seurauksista

muistisuoriutumislle. Yhdessä tutkimuksessa muistisuoriutuminen ei heikentynyt kummassakaan materiaalityypissä (Duff, 2000), mutta toisessa tutkimuksessa kummankin materiaalityypin muistaminen heikentyi yhdistämisen seurauksena (Loisy & Roulin, 2003). Tutkimukset erosivat toisistaan ennustettavuuden suhteen. Tutkimuksessa, jossa muistisuoriutuminen ei heikentynyt kielellisessä eikä spatiaalisessa tehtävässä, koehenkilö tiesi tehtävän aikana, että häneltä odotettiin sekä sanojen että niiden sijaintien muistamista (Duff, 2000). Sen sijaan toisessa tutkimuksessa koehenkilö ei tiennyt tehtävän esittämisen aikana, pitikö hänen palauttaa sanat tai sijainnit tai kummatkin (Loisy & Roulin, 2003). Tuloksen voidaan ajatella heijastavan sitä, että koehenkilön kyetessä ennakoimaan tehtävän vaatimuksia pystyi hän luomaan strategioita, joita käyttää apuna tehtävän suorittamisessa. Tämä vaikutti siihen että suoriutuminen pysyi ennallaan. Mutta kun koehenkilö ei kyennyt ennakoimaan tehtävän vaatimusta, hän ei pystynyt luomaan strategiaa, joka olisi edesauttanut tehtävän suorittamisessa.

Loisy ja Roulin (2003) käyttivät pääasiallisen tehtävän lisäksi erilaisia häirintätehtäviä ja havaitsivat, että kielellinen häirintätehtävä heikentää sanojen muistamista, kun taas spatiaalinen häirintätehtävän vaikeuttaa sanojen sijaintien muistamista. Tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella keskussyksikön toimintaa eikä suoriutumisen heikentyminen tehtävien samanaikaisen suorittamisen johdosta ollut tutkimuksen keskeinen kysymys. Näin ollen tutkimuksissa ei ole tarkasteltu tehtävien samanaikaisen suorittamisen vaikutusta työmuistin eri alavarastojen toimintaan. Tähän kysymykseen haettiin tässä tutkimuksessa vastausta.

Kaikki tutkijat eivät suinkaan allekirjoita väitettä kielellisen ja visuospatiaalisen materiaalin erillisistä alavarastoista. Erityisesti Jones työtovereineen (Jones, Farrand, Stuart & Morris, 1995) on esittänyt, että kielelliset ja spatiaaliset tehtävät jakavat yhteisen harjoittelumekanismiin eivätkä ole täysin erillisiä järjestelmiä. Heidän mukaansa tehtävät, joissa tilanne jollain tapaa vaihtelee, häiritsevät muistisuoritusta enemmän kuin tehtävät, joissa toistetaan häirinnän aikana samaa kaavaa. Esimerkiksi artikulatorinen häirintä, jossa sanotaan ääneen kirjainsarja ”a b c d” häiritsee enemmän kuin häirintä, jossa toistetaan samaa tavua. He osoittivat, että vaihteleva kielellinen tehtävä häiritsee spatiaalista tehtävää ja vaihteleva spatiaalinen tehtävä häiritsee sekä kielellistä että spatiaalista tehtävää. Tästä he päättelivät, että jos häirintätehtävä on vaihteleva, täytyy siinä ylläpitää jonkinlaista järjestystietoa. Jos toisessa samanaikaisesti suoritettussa tehtävässä tulee myös ylläpitää

jonkinlaista järjestystietoa, vaikeutuu tehtävien samanaikainen suorittaminen (Jones ym., 1995). Toisin sanoen he olettavat eri materiaalien ylläpitämisen käyttävän yhteisiä resursseja, jotka vastaavat järjestystiedon ylläpitämisestä.

Myös Cowan (1988, 2000) olettaa, ettei kielelliselle ja visuospatiaaliselle materiaalille ole omia riippumattomia ja oman kapasiteetin omaavia alavarastoja. Hän esittää, että on olemassa yksi kapasiteettirajoitteinen varasto, joka on tarkkaavaisuuden keskiö. Cowanin (2000) mukaan tarkkaavaisuuden keskiö pystyy käsittelemään noin neljää yksikköä tietoa samanaikaisesti. Neljä yksikköä kuulostaa melko vähäiseltä, mutta koska ihminen kykenee muodostamaan suurempia kokonaisuuksia, mieltämysyksiköitä, eri materiaaleja yhdistämällä, voi tarkkaavaisuuden keskiössä olla yhtäaikaaisesti melko paljon materiaalia. Mieltämysyksiköitä muodostetaan Cowanin (2000) mukaan joko liittämällä tieto säilömuistissa olevaan tietoon tai luomalla uudesta tiedosta kokonaisuuksia. Muodostamisen aikana mieltämysyksikköön liittyvien osien tulee olla yhtäaikaaisesti aktivoituneina tarkkaavaisuuden keskiössä (Cowan, 2000). Sarjallisen palauttamisen tilanteessa, tarkkaavaisuuden keskiön kapasiteettirajoitus vaikuttaa sekä mieleen painamiseen että mielestä palauttamiseen. Mieleen painamisen aikana muodostetaan mieltämysyksiköitä helpottamaan muistamista ja mieleen palauttamisen aikana palautettava materiaali on tarkkaavaisuuden keskiössä (Cowan, 2000). Cowanin teorian (1988, 2000) mukaan ihmisen työmuisti on aktivoitunut osa säilömuistia. Esimerkiksi sanalistaoppimisen tehtävässä sanojen merkitykset aktivoivat vastaavia merkityksiä säilömuistissa.

1.2. Sarjasijainnin vaikutus muistamiseen

Lyhytkestoista muistia on usein tutkittu sarjallisen palauttamisen tehtävällä, jossa koehenkilö painaa mieleensä ärsykkeiden esitysjärjestyksen ja palauttaa ne oikeassa järjestyksessä. Yleisesti sarjan ensimmäiset ja viimeiset ärsykkeet muistetaan paremmin kuin keskiosan ärsykkeet. Näitä sarjasijainnin muistamiseen liittyviä prosesseja on pyritty sekä mallintamaan matemaattisesti (mm. Brown, Preece & Hulme, 2000; Burgess & Hitch, 1999; Henson, 1998; Lewandowsky & Murdock, 1989; Murdock, 1995; Page & Norris, 1998) että tutkimaan kokeellisesti (mm. Jones ym., 1995; Oberauer, 2003). Alun perin sarjasijaintien eli ärsykkeiden esitysjärjestyksen vaikutusta muistamiseen tutkittiin lähinnä kielellisen materiaalin avulla. Viime aikoina sitä on tutkittu myös visuaalisesti (Avons,

1998) ja spatiaalisesti (Smyth & Scholey, 1996; Jones ym., 1995) esitetyn materiaalin avulla. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kielellistä ja spatiaalista sarjallista palauttamista.

Sarjallisen muistamisen tutkimuksessa tarkastellaan oikein palautettujen ärsykkeiden prosentuaalista osuutta, joka muodostaa sarjasijaintikäyrän. Sarjasijaintikäyrän U-muoto syntyy siitä että alkupään ärsykkeet muistetaan usein hyvin (alkuvaikutus) kuten myös loppupään ärsykkeet (äskeisyysvaikutus) (ks. esim. Neath, 1993). Alkuvaikutusta on perinteisesti selitetty sillä, että alkupään ärsykkeet ovat siirtyneet säilömuistiin.

Äskeisyysvaikutuksen on oletettu johtuvan siitä, että ärsykkeet palautetaan helpommin, koska ne ovat vielä tuoreena työmuistissa ilman, että uudet ärsykkeet häiritsevät niitä (ks. Atkinson & Shiffrin, 1968; ks. Neath, 1993; Cowan, Sauls, Elliot & Moreno, 2002).

Käsitys alku- ja äskeisyysvaikutusten takana olevista prosesseista on muuttunut tutkimustiedon karttuessa, mutta yhtä mieltä useimmat tutkijat ovat siitä, että niiden taustalla vaikuttavat eri prosessit. Oletusta tukevat myös neuropsykologiset tapaustutkimukset, joissa on havaittu eri aivoalueiden vaurioiden johtavan valikoivasti joko alku- tai äskeisyysvaikutuksen heikkenemiseen (Rouder & Gomez, 2001).

Sarjasijaintikäyrän muotoon vaikuttavat monet eri tekijät mieleen painamisen, mielessä pitämisen ja mielestä palauttamisen aikana. Kunkin prosessin takana on oma erillinen mekanisminsa, joka tarkoittaa sitä, että kukin prosessi häiriintyy eri tekijöistä (Cowan ym., 2002; Oberauer, 2003). Yhtenä ongelmana sarjallisen palauttamisen kokeellisessa tutkimuksessa on ollut se, että tehtävät ja koeasetelmat ovat usein olleet sellaisia, ettei niiden pohjalta ole voitu erotella sarjasijaintikäyrän muotoon vaikuttavia erillisiä prosesseja (Cowan ym., 2002; Oberauer, 2003).

Jotkut tutkijoista ovat sitä mieltä, että sarjasijaintikäyrän muotoon vaikuttaa se, että mieleen painamisen aikana seuraavaksi tuleva ärsyke häiritsee edeltävän ärsykkeen mielessä pitämistä. Tätä kutsutaan retroaktiiviseksi häirinnäksi (eng. retroactive interference).

Mieleen painamisen aikana tapahtuva retroaktiivinen häirintä vaikuttaa äskeisyysvaikutuksen syntymiseen, sillä viimeisenä esitetyt ärsykkeet ovat vapaat seuraavien ärsykkeiden häiritsevältä vaikutukselta eli retroaktiiviselta häirinnältä (Burgess & Hitch, 1999; Nairne, 1990; Oberauer, 2003), jolloin niiden palauttaminen on helpompaa.

Myös mielestä palauttamisen aikana on ajateltu esiintyvän retroaktiivista häirintää. Silloin kyse on siitä, että hetkeä aikaisemmin palautettu ärsyke häiritsee seuraavan ärsykkeen palauttamista (Cowan ym., 2002; Oberauer, 2003). Joidenkin tutkijoiden mukaan mielestä palauttamisen aikana torjutaan aktiivisesti pois aikaisemmin annettuja vastauksia (eng. response suppression) (Lewandowsky & Murdock, 1989), mikä johtaa siihen, että mielestä palauttamisen edetessä listan loppua kohden, todennäköisyys on jäljelle jäävien palauttamisesta suurempi. Tämän on oletettu olevan yksi tekijä, joka vaikuttaa äskeisyysvaikutukseen (Page & Norris, 1998).

On myös esitetty, että tarkkaavaisuudella on vaikutusta mieleen painamisen aikana, jolloin ensimmäiseksi mieleen painettavat ärsykkeet saavat enemmän tarkkaavaisuutta osakseen tarkkaavaisuuden vähentyessä listan loppua kohden siirryttäessä (Lewandowsky & Murdock, 1989). Kyseistä mieleen painamiseen ja tarkkaavaisuuteen liittyvää ilmiötä (eng. primacy gradient) on pidetty yhtenä alkuvaikutuksen syistä.

Vaikka sarjasijaintikäyriä on tutkittu paljon, ei tutkimuksissa ole vertailtu kielellisen, visuaalisen ja spatiaalisen materiaalin sarjasijaintikäyriä toisiinsa. Muutamissa tutkimuksissa on saatu viitteitä siitä, että kielellinen ja spatiaalinen sarjasijaintikäyrä ovat samanmuotoiset, kun tehtävien vaatimustaso on sama. Sarjasijaintikäyrissä on sekä alku- että äskeisyysvaikutus (Jones ym., 1995; Smyth & Scholey, 1996; ks. myös Avons, 1998; Lewandowsky & Murdock, 1989). Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kielellisen ja spatiaalisen materiaalin sarjasijaintikäyriä. Lisäksi tarkastellaan, miten kielellisen ja spatiaalisen tehtävän yhdistäminen vaikuttaa kumpaankin sarjasijaintikäyrään. Kysymys on tärkeä myös verkko-oppimisen kannalta, sillä tietoverkossa navigoimisen voidaan olettaa sisältävän sekä kielellisiä että spatiaalisia kuormitustekijöitä. Mikäli kielellinen ja spatiaalinen materiaalin sarjasijaintikäyrät reagoivat eri lailla tehtävien samanaikaisesta suorittamisesta, voi tällä olla vaikutusta verkko-oppimisympäristöjen käytännön suunnitteluun.

1.2.1. Kielellinen sarjasijaintikäyrä

Suurin osa sarjallisen palauttamisen tutkimuksesta on tehty kielellisellä materiaalilla, joko foneemeilla tai sanoilla. On havaittu muun muassa alkuvaikutuksen olevan suurempi ja äskeisyysvaikutuksen pienempi, kun tulee palauttaa sekä ärsykkeiden sisältö että niiden

esitysjärjestys, kuin jos tulee palauttaa ainoastaan ärsykkeiden esitysjärjestys (ks. Bjork & Healy, 1974). Myös mieleen palauttamisen tapa vaikuttaa kielelliseen sarjasijaintikäyrään. Jos koehenkilö palauttaa ärsykkeet alusta loppuun on alkuvaikutus suurempi, kuin jos koehenkilö palauttaa ärsykkeet haluamassaan järjestyksessä (ks. Beaman & Morton, 2000).

Varhaisissa tutkimuksissa on havaittu, että visuaalisesti ja kuulonvaraisesti esitetyn kielellisen materiaalin sarjasijaintikäyrät poikkeavat toisistaan. Kuulonvaraisesti esitetyn listan pari viimeistä ärsykettä muistetaan usein paremmin kuin visuaalisesti esitetyn listan viimeiset ärsykkeet (ks. Battachi, Pelamatti & Umiltà, 1990). Tätä kutsutaan modaliteettivaikutukseksi. Ilmiötä on selitetty muun muassa kuulo- ja näköaistien erilaisuudella. Kuuloaistin kannalta ajallinen järjestys on olennainen, koska kiellemme muodostuu ajallisesti peräkkäisistä äänneistä. Näköaistin piirissä taas spatiaalinen sijoittuneisuus on olennainen. Katsoessamme ympäristöämme eri objektien sijainnit ovat merkittävämpi vihje kuin se ajallinen järjestys, joissa näitä objekteja olemme katsoneet (Battacchi ym., 1990; Frankish, 1985). Usein tutkimuksissa on kuitenkin verrattu kuulonvaraisesti ja näönvaraisesti esitetyn kielellisen materiaalin muistamista tilanteissa, joissa kuulonvaraisesti esitetyt ärsykkeet on kuultu yhdestä sijainnista kuten myös visuaalisesti esitetyt ärsykkeet. Tämä johtaa siihen, että kuulonvaraisesti esitettyjen ärsykkeiden muistaminen on helpompaa, koska ne esitetään ajallisesti peräkkäin, mikä on aistin kannalta olennainen vihje. Visuaalisesti esitettyjen ärsykkeiden kannalta tätä näölle ominaista spatiaalista hajautuneisuutta ei ole, jolloin myöhemmin tuleva ärsyke ikään kuin peittää edellisen ärsykkeen visuaalisen jäljen, joka johtaa huonompaan suoriutumiseen muistitehtävässä.

1.2.2. Spatiaalinen sarjasijaintikäyrä

Spatiaalisen materiaalin sarjallisen palauttamisen tutkimus on lisääntynyt viime aikoina (Jones ym., 1995; Smyth & Scholey, 1996). Asetelmissa on usein hyödynnetty aikaisemmin mainittua Corsi Blocks –tehtävää (esim. Smyth & Scholey, 1994a; Smyth & Scholey, 1992). Myös spatiaalisen materiaalin sarjallisessa palauttamisessa on havaittu sekä alku- että äskeisyysvaikutus (Jones ym., 1995; Smyth & Scholey, 1996).

Varhaisissa tutkimuksissa visuospatiaalisen materiaalin sarjallisesta palauttamisesta äskeisyysvaikutus muodostui ainoastaan sarjan viimeiseksi esitetystä ärsykkeestä eikä

alkuvaikutusta esiintynyt lainkaan (esim. Broadbent & Broadbent, 1981). Kyseisissä tutkimuksissa käytettiin tunnistustehtäviä, joissa tehtävänä oli tunnistaa oikea ärsyke eikä ärsykkeiden esitysjärjestystä tarvinnut pitää mielessä (Farrand, Parmentier & Jones, 2001). Nykytutkimuksissa, joissa on käytetty sarjallisen palauttamisen menetelmää, on alku- ja äskeisyysvaikutuksen todettu vaikuttavan muutamaa ensimmäiseksi esitettyyn ja pariin viimeiseksi esitettyyn ärsykkeeseen (Jones ym., 1995; Smyth & Scholey, 1996; ks. myös Farrand ym., 2001).

Äskeisyysvaikutuksen on havaittu olevan voimakkaampi sijaintien ollessa esillä palauttamisen aikana, kun tehtävänä on palauttaa ainoastaan ärsykkeiden esitysjärjestys. Jos sijainnit eivät ole näkyvillä palauttamisen aikana, vaan tehtävänä on esitysjärjestyksen lisäksi palauttaa myös sijainnit, äskeisyysvaikutus on heikompi (Battachi ym., 1990; Farrand ym., 2001). Äskeisyysvaikutuksen voimakkuudella tarkoitetaan sitä, kuinka monta prosenttia viimeisissä sarjasijainneissa esitettyjä ärsykeitä muistaa.

Spatiaalista sarjasijaintikäyrää on verrattu kielelliseen sarjasijaintikäyrään ja pohdittu esimerkiksi sitä, voidaanko spatiaalisissa tehtävissä pitää sijainnin absoluuttista muistamista sisällön muistamisena vastaavasti kuin kielellisissä tehtävissä pidetään kielellisen sisällön muistamista (Farrand ym., 2001). Lähemmissä tutkimuksissa on havaittu, että kun tehtävänä on palauttaa ainoastaan esitysjärjestys eikä itse sisältöä tai sijaintia, spatiaalinen sarjasijaintikäyrä on samanmuotoinen kuin kielellinen sarjasijaintikäyrä (Farrand ym., 2001). Mutta kun tehtävänä on pitää mielessä sekä sisältö että järjestys, spatiaalinen sarjasijaintikäyrä poikkeaa kielellisestä. Spatiaalisessa sarjasijaintikäyrässä esiintyy tällöin heikompi äskeisyysvaikutus kuin kielellisessä sarjasijaintikäyrässä, mutta käyrän kulmakerroin pysyy samana (Farrand ym., 2001).

1.3. Työmuistin merkitys verkko-oppimisen kannalta

Useimmat tutkijat ovat yhtä mieltä siitä, että työmuistilla on merkitystä korkeamman tason prosessointitehtävissä kuten tekstinymmärtämisessä tai oppimisessa. Näin ollen työmuistin rooli on keskeinen myös verkko-oppimisessa, jossa oppijan täytyy lukea ja ymmärtää tekstiä sekä prosessoida samanaikaisesti esitettyä kuvitusta sekä navigoida verkko-oppimisympäristössä. Verkko-oppimisen tutkimuksen taustateorianä on usein käytetty Baddeleyn työmuistimallia (Baddeley, 1986). Tutkimuksissa on keskitytty selvittämään

sitä, mitkä osat työmuistia kuormittavat verkko-oppimisen aikana, ja minkälainen materiaali kuormittaa kutakin työmuistin alavarastoa (Gyselinck ym., 2000; Gyselinck ym., 2002; Kruley, Sciana & Glenberg, 1994). Suurimmassa osassa tutkimuksia on käytetty aikaisemmin kuvailtua kaksoiskuormitustehtävää.

Verkko-oppimisen kognitiivisten prosessien tutkimuksissa on havaittu, että fonologista silmukkaa kuormittava artikulatorinen häirintätehtävä häiritsee tietoverkossa esitetyn tekstin prosessoimista ja ymmärtämistä (Gyselinck ym., 2002). Samassa tutkimuksessa havaittiin, että artikulatorinen häirintätehtävä ei häiritse oppimista opittavan materiaalin koostuessa pelkistä kuvituksista.

Verkko-oppimisen ja visuospatiaalisen työmuistin suhdetta on tutkittu kuormittamalla visuospatiaalista työmuistia verkko-oppimisen aikana kahden tyyppisillä tehtävillä, visuaalisilla ja spatiaalisilla (Gyselinck ym., 2000; Gyselinck ym., 2002). Tutkimuksissa havaittiin, etteivät visuospatiaalista työmuistia kuormittavat tehtävät häirinnee tekstistä ymmärtämistä. Mutta kun tekstiin lisättiin kuvitusta, spatiaalinen häirintätehtävä häiritsee oppimista, kun taas visuaalinen häirintätehtävä ei vaikuttanut oppimiseen (Gyselinck ym., 2000; Gyselinck ym., 2002). Tämän spatiaalisen häirintävaikutuksen taustalla oletettiin olevan se, että tutkimuksissa käytetyssä kuvituksessa kuvailtiin visuaalisesti erilaisten asioiden välisiä suhteita, ja esitettiin kuvia ajallisesti peräkkäin, minkä ajateltiin kuormittavan nimenomaan visuospatiaalisen työmuistin spatiaalista osaa. Tutkimuksissa on siis osoitettu että työmuistin visuospatiaalinen alavarasto osallistuu kuvitusten prosessointiin (Kruley ym., 1994), mutta visuospatiaalisen työmuistin roolista verkon avulla esitetyn materiaalin prosessoinnissa ei vielä ole täyttä selvyyttä.

Navigoidessa verkossa liikkuu käyttäjä linkkejä klikkaamalla näkymästä seuraavaan. Tämän ajallisen näkymästä toiseen liikkumisen voisi olettaa kuormittavan visuospatiaalista työmuistia, jos käyttäjän oletetaan muodostavan näkymän rakenteesta jonkinlaista kokonaisuutta tai mentaalista karttaa. Näkymästä toiseen liikkumisen tai navigoimisen kuormittavuutta ja visuospatiaalisen työmuistin roolia tehtävässä ei ole tutkittu. Tutkimuksissa on kuitenkin saatu viitteitä siitä, että jos sama materiaali esitetään eri kokoisilla näytöillä vaikuttaa se oppimiseen. Pientä näyttöä käytettäessä joudutaan materiaali esittämään useammalla peräkkäisellä pienemmällä näytöllä kuin jos käytetään isompaa näyttöä. On havaittu, että oppiminen vaatii enemmän aikaa, jos käytössä on

pienempi näyttö (de Bruijn, de Mul & van Oostendorp, 1992). Kognitiivisesta näkökulmasta katsottuna voitaisiin ajatella, että näytöltä toiseen siirtyminen vaatii sarjallista muistamista sen suhteen mitä näytössä esitettiin aikaisemmin.

Verkko-oppimisen aikana käytettyjen kognitiivisten prosessien tutkimus on vielä alkutekijöissään eikä tutkimuksissa toistaiseksi ole tutkittu muita ilmiöitä kuin työmuistin alavarastojen osallistumista erilaisten materiaalien prosessointiin. Koska verkko-oppimisympäristössä oleva materiaali koostuu useimmiten työmuistin fonologista silmukkaa kuormittavasta kielellisestä materiaalista sekä visuospatiaalista työmuistia kuormittavista kuvituksista, työmuistin kahden alavaraston täytyy toimia samanaikaisesti. Myös aiemmin kuvattu näyttöjen peräkkäisen esittämisen voidaan olettaa kuormittavan ihmisen työmuistia (de Bruijn ym., 1992). Sarjalliseen muistamiseen ja siihen liittyvään sarjasijaintikäyrään, joka on yksi tutkituimmista aiheista kognitiivisessä tutkimuksessa, ei ole verkko-oppimisen kognitiivisten prosessien tutkimuksessa kiinnitetty lainkaan huomiota. Tässä tutkimuksessa haettiin siis vastausta ensinnäkin sille, miten kahden materiaalityypin samanaikainen prosessoiminen aiheuttaa suoriutumislle ja mitä sarjasijaintikäyrälle tapahtuu samanaikaisen prosessoinnin seurauksena. Tuloksien perusteella voidaan saada tietoa siitä, mitä eri materiaalityyppien sarjasijaintikäyriin liittyviä ominaisuuksia tulisi ottaa huomioon verkko-oppimisympäristöjen suunnittelussa.

1.4. Tutkimusongelmat ja hypoteesit

Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli tutkia kielellisen ja spatiaalisen (Corsi Blocks Task) sarjallisen palauttamisen tehtävien samanaikaista suorittamista. Lisäksi tarkasteltiin, onko jompikumpi näistä kahdesta tehtävätyypistä häiriöherkempi niiden yhdistämisen aikana.

Kielellisen sarjallisen palauttamisen tehtäviä oli kaksi, joissa kummassakin esitettiin sanat visuaalisesti näytöltä. Toisessa tehtävässä sanat esitettiin peräkkäin samassa kohdassa keskellä näyttöä ja toisessa hajautetusti näytöllä. Oletettiin, ettei tehtävien välillä olisi eroa, koska spatiaalinen hajautuneisuus ei ole kielellisen tehtävän kannalta olennainen vihje (Battachi ym., 1990).

Spatiaalisen sarjallisen palauttamisen tehtäviä oli myös kaksi. Toisessa sijainnit esitettiin merkityksettömällä kirjainjonolla "xxxxx" ja toisessa sijainnit esitettiin sanan avulla.

Oletettiin, ettei palauttamisen kannalta ole merkityksellistä, onko sijainti esitetty merkityksettömällä kirjainjonolla vai sanalla. Spatiaalista tehtävää, joka oli mukaeltu Corsi Blocks –tehtävästä, muokattiin niin, että tehtävän yhdeksästä sijainnista vain yksi sijainti oli esillä kerrallaan. Tämä tehtiin, jotta koehenkilöt eivät pystyisi ulkoisten vihjeiden avulla kertaamaan tai nimeämään ärsykeitä tehtävän suorittamisen aikana (ks. Jones ym., 1995; Morris, 1987).

Yhdistetyssä tehtävässä koehenkilön tuli pitää mielessään sekä sanat että sijainnit. Oletettiin, että jos yhdistetyssä tehtävässä suoriutuminen perustuu työmuistin erillisten alavarastojen toiminnalle, suoriutuminen ei kummassakaan tehtävässä heikkene seurauksena niiden yhdistämisestä. Mikäli kahden tehtävän samanaikainen suorittaminen ylittää keskusyksikön tai muun yhteisen prosessointiosan suorituskyvyn, suoriutuminen heikkenee yhdistetyssä tehtävässä. Tutkimuksissa, joissa on samanaikaisesti suoritettu sekä kielellistä että spatiaalista tehtävää, ovat tuottaneet ristiriitaisia tuloksia (Duff, 2000; Loisy & Roulin, 2003). Ristiriitaiset tulokset ovat johtuneet osittain tehtävien ennakoitavuuden vaikutuksesta, joka on voinut vaikuttaa koehenkilöiden toimintaan tehtävien suorittamisen aikana. Tässä tutkimuksessa koehenkilöt tiesivät yhdistetyn tehtävän vaativan sekä sanojen että sijaintien muistamista, jolloin aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu suorituksen pysyvän ennallaan (Duff, 2000). Aikaisempien tutkimusten perusteella on kuitenkin havaittu spatiaalisten tehtävien olevan erityisen häiriöherkkiä, ja visuospatiaalisen työmuistin olevan tiiviimmässä yhteistyössä keskusyksikön kanssa, jolloin voidaan olettaa spatiaalisen tehtävän häiriintyvän herkemmin kuin kielellinen näiden samanaikaisen suorittamisen seurauksena (Awh ym., 1998; Gathercole, 1994; Miyake ym., 2001).

Kaikissa tehtävissä tarkasteltiin oikein palautettujen ärsykkeiden prosentuaalista osuutta eli sarjasijaintikäyrää. Oletettiin, että kielellisissä tilanteissa havaitaan U:n muotoinen sarjasijaintikäyrä, jossa on suuri alkuvaikutus ja pienempi äskeisyysvaikutus, koska tämän tutkimuksen tehtävä vaatii sekä sanojen että niiden esitysjärjestys muistamista (ks. Bjork & Healy, 1974).

Spatiaalisissa tilanteissa koehenkilön tehtävänä on pitää mielessään ainoastaan sijaintien esitysjärjestys. Aikaisempien tutkimusten perusteella oletettiin, että sarjasijaintikäyrässä on sekä alku- että äskeisyysvaikutus (ks. Farrand ym., 2001). Spatiaalisen sarjasijaintikäyrän oletetaan kuitenkin eroavan kielellisestä sarjasijaintikäyrästä niin, että siinä on

voimakkaampi äskeisyysvaikutus kuin kielellisissä tehtävissä. Oletus johtuu aikaisemmista tuloksista, joissa on havaittu vastaavanlainen sarjasijaintikäyrä, kun tehtävä vaatii ainoastaan ärsykkeiden esitysjärjestyksen ylläpitämistä eikä sisällön palauttamista (Farrand ym., 2001).

Yhdistetyssä tehtävässä koehenkilön tulee pitää mielessään sekä kielellinen sisältö että spatiaalisten sijaintien esitysjärjestys, joka on siis yhdenmukainen kielellisen esitysjärjestyksen kanssa. Oletettiin, että kielellisessä sarjasijaintikäyrässä on samanlainen eli voimakas alkuvaikutus kuin muissa kielellisissä tilanteissa. Lisäksi oletetaan, että spatiaalisessa sarjasijaintikäyrässä esiintyy enemmän alkuvaikutusta kuin muissa spatiaalisissa tehtävissä, koska tehtävässä pitää palauttaa sekä esitysjärjestys että sisältö (joka tosin on kielellinen) (Battachi ym., 1990; Farrand ym., 2001).

2. MENETELMÄT

2.1. Koehenkilöt

Kokeeseen osallistui 12 koehenkilöä, joista puolet oli miehiä ja puolet naisia. Koehenkilöistä suurin osa oli Helsingin yliopiston perus- tai jatko-opiskelijoita ja loput ammattikorkeakouluopiskelijoita. Koehenkilöt olivat iältään 19-37 –vuotiaita ja jokaisella oli normaali tai normaaliksi korjattu näkö.

2.2. Laitteet ja ärsykkeet

Koe toteutettiin PC-tietokoneella jossa oli 17 tuuman kokoinen näyttö. Ärsykkeet esitettiin Presentation .76 –ohjelman avulla. Kielellisissä tehtävissä koehenkilöt vastasivat suullisesti. Spatiaalisissa tehtävissä käytettiin vastauslomaketta, jossa oli esitetty tehtävässä käytetyt yhdeksän sijaintia 3.00 * 1.76 senttimetrin kokoisina ruutuina. Vastauslomake oli kooltaan ja mittasuhteeltaan analoginen ärsykkeiden esitysnäkymän kanssa.

Kielellinen mieleen painettava materiaali koostui 576 sanasta, jotka oli jaettu satunnaisesti 64 yhdeksän sanan listaan. Sanat olivat konkreetteja substantiiveja, jotka oli valittu suomenkielen taajuussanastosta (Saukkonen, Haipus, Niemikorpi & Sulkala, 1979).

Sananpituusvaikutus oli otettu huomioon valitsemalla 5-6 –kirjaimisia sanoja, joissa foneemien lukumäärä vaihteli satunnaisesti neljän ja kuuden välillä. Kutakin sanaa käytettiin ainoastaan kerran.

Spatiaalinen tehtävä oli standardisoitu Corsi Blocks –tehtävä (Kessels ym., 2000). Corsi Blocks -tehtävä koostuu yhdeksästä kuutiosta, jotka on sijoiteltu niin, että niiden nimeäminen olisi mahdollisimman hankalaa (kuvio 1 sivulla 8). Perustehtävässä koehenkilölle esitetään peräkkäin sarja sijainteja esimerkiksi koskettamalla laudalla tai monitorin avulla esitettyjä kuutioita jossain tietyssä järjestyksessä. Hänen tehtävänä on tämän jälkeen koskettaa samoja kuutioita samassa järjestyksessä. Tehtävä vastaa kielellistä työmuistia mittaavaa sanamuistisilta–tehtävää (Smyth & Scholey, 1994a; Berch ym., 1998; Vandierendonck ym., 2004).

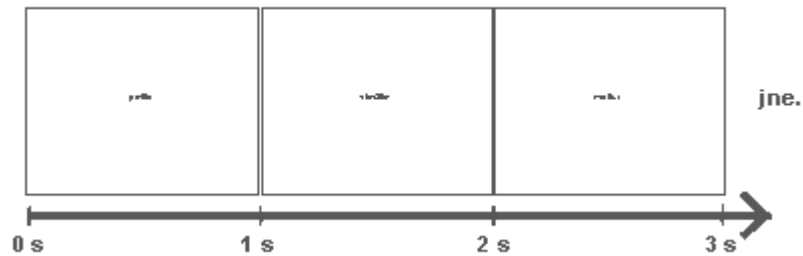
Tässä tutkimuksessa Corsi Blocks –tehtävä oli muokattu tietokoneella esitettäväksi niin, että näytön keskelle oli rajattu 25.5 * 20.5 senttimetrin kokoinen vaalea alue. Alueelle oli määritelty Corsi Blocks –tehtävässä määriteltyjen koordinaattien mukaiset yhdeksän sijaintia, joissa ärsykkeet esitettiin (Kessels ym., 2000). Tässä tutkimuksessa käytettiin jokaista sijaintia kerran yhdessä listassa. Tässä suhteessa tehtävä eroaa tavanomaisesta Corsi Blocks –tehtävästä, jossa listojen pituudet vaihtelevat. Tehtävä eroaa tavanomaisesta Corsi Blocks –tehtävästä myös siinä, että ärsykkeiden esittämisen aikana esillä oli ainoastaan yksi sijainti kerrallaan, muut sijainnit oli piilotettu, jotta estettäisiin esitysjärjestyksen kertaaminen tehtävän aikana. Sijaintien esitysjärjestys satunnaistettiin jokaiselle koehenkilölle erikseen.

2.3. Koetilanteet

Koe koostui viidestä tilanteesta. Kielellisiä tilanteita oli kaksi (keskitetty ja hajautettu sanatehtävä) ja spatiaalisia tilanteita kaksi (sijaintitehtävä ja sijaintitehtävä sanoilla). Näiden tehtävien lisäksi oli yksi tehtävä, joka oli yhdistelmä kielellisestä ja spatiaalisesta tehtävästä.

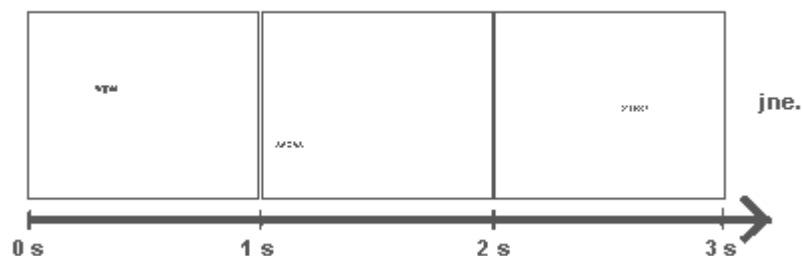
Keskitetyssä sanatehtävässä (kuvio 2) samaan paikkaan näytön keskelle ilmestyi yksi sana kerrallaan sekunnin välein. Koehenkilön tehtävänä oli painaa mieleensä sanat

esitysjärjestyksessä. Kun kaikki yhdeksän sanaa oli esitetty, ruutu muuttui mustaksi ja koehenkilön tuli palauttaa sanat suullisesti esitysjärjestyksessä.



Kuvio 2. Keskitetty sanatehtävä havainnollistettuna aikajanalla.

Hajautetussa sanatehtävässä (kuvio 3) mieleen painettavat sanat ilmestyivät sekunnin välein yksi kerrallaan eri sijainteihin näytölle. Koehenkilön tehtävänä oli painaa mieleensä sanat esitysjärjestyksessä. Kukin yhdeksästä sanasta sijoittui johonkin yhdeksästä Corsi Blocks –tehtävän määritellystä sijainnista. Sijaintien esitysjärjestys oli satunnaistettu. Esittämisen jälkeen ruutu muuttui mustaksi jolloin koehenkilön tuli palauttaa sanat suullisesti esitysjärjestyksessä.



Kuvio 3. Aikajana tehtävistä, joissa sanat tai objektit esitettiin eri sijainneissa (hajautettu sanatehtävä, sijaintitehtävä, sijaintitehtävä sanoilla ja yhdistetty tehtävä).

Sijaintitehtävässä (kuvio 3) näytölle ilmestyi sekunnin välein yksi viiden x-kirjaimen muodostama kirjainjono johonkin yhdeksästä Corsi Blocks –tehtävän sijainnista. Koehenkilön tehtävänä oli painaa mieleen sijaintien esitysjärjestys. Sijainteja esitettiin yhteensä yhdeksän, jonka jälkeen ruutu muuttui mustaksi. Tällöin koehenkilölle annettiin

palautelomake, johon hänen tuli merkitä sijaintien esitysjärjestys numeroilla yhdestä yhdeksään.

Sijaintitehtävä sanoilla –tehtävässä (kuvio 3) näytölle ilmestyi sekunnin välein yksi sana johonkin yhdeksästä sijainnista. Koehenkilön tehtävänä oli painaa mieleensä sijaintien esitysjärjestys. Yhdeksän sijainnin esittämisen jälkeen näyttö muuttui mustaksi. Tällöin koehenkilölle annettiin palautelomake, johon hänen tuli palauttaa sijaintien esitysjärjestys numeroilla yhdestä yhdeksään.

Yhdistetty tehtävä oli esitykseltään samanlainen kuin hajautettu sanatehtävä sekä sijaintitehtävä (kuvio 3), eli näytöllä esitettiin yhdeksän sanaa yhdeksässä eri sijainnissa. Nyt koehenkilön tehtävänä oli painaa mieleensä sekä sanat että sijainnit esitysjärjestyksessä. Tehtävän esittämisen jälkeen näyttö muuttui mustaksi. Tällöin koehenkilölle annettiin palautelomake johon hän tuli palauttaa sijaintien esitysjärjestys numeroilla yhdestä yhdeksään. Sanat tuli samanaikaisesti palauttaa suullisesti.

2.4. Kokeen kulku

Kaikki koehenkilöt testattiin erikseen rauhallisessa huoneessa. Koehenkilöt istuivat noin 50 senttimetrin etäisyydellä näytöstä. Kokeen alussa koehenkilöiltä kerättiin taustatiedot haastatellen. Lisäksi koehenkilöille kerrottiin, että kokeessa tutkitaan sanojen ja sijaintien muistamista ja että koe koostuu viidestä eri tilanteesta, joissa on kussakin erilainen tehtävä. Tilanteiden esittämisjärjestys satunnaistettiin koehenkilöiden välillä, kuitenkin niin, että kielellinen ja spatiaalinen tehtävä vuorottelivat ja yhdistetty tehtävä esitettiin aina viimeisenä.

Ennen kutakin tehtävää koehenkilölle kerrottiin tehtävänanto. Tämän jälkeen tehtävää harjoiteltiin kerran. Kussakin tehtävässä varsinainen koe koostui viidestätoista listasta. Kielellisissä tilanteissa koehenkilöt palauttivat sanat suullisesti, spatiaalisissa tilanteissa koehenkilö sai eteensä aina uuden tyhjän vastauslomakkeen, johon hänen tuli palauttaa sijaintien esitysjärjestys. Yhdistetyssä tilanteessa koehenkilö palautti sanat suullisesti, ja merkitsi samanaikaisesti vastauslomakkeeseen ärsykkeiden sijaintien esitysjärjestyksen. Kokeen aikana koehenkilöille kerrottiin tasaisin väliajoin, kuinka monta listaa heillä oli vielä kyseistä tehtävää jäljellä. Koehenkilöt etenivät seuraavaan listaan painamalla

tietokoneen enter -nappulaa. Lisäksi he saivat halutessaan pitää taukoa tilanteiden välillä. Lopuksi koehenkilöt täyttivät loppukyselykaavakkeen. Koe kesti taukoineen noin tunnin.

2.5. Aineiston tarkastelu ja tilastolliset menetelmät

Kielellisissä tehtävissä tulokset pisteitettiin kahdella tavalla. Ensimmäkin jokaisesta oikeasta sanasta sai pisteen riippumatta siitä, palautettiinko sana oikeassa sarjasijainnissa. Toisella pisteitystavalla arvioitiin oikeaksi ainoastaan sanat, jotka oli muistettu oikeassa sarjasijainnissa. Spatiaalisissa tehtävissä oikeaksi pisteitettiin lomakkeeseen merkitty oikea sijainnin esitysjärjestys.

Yhdistettyä tehtävää tarkasteltiin sen suhteen, muistetaanko sanoja ja sijainteja paremmin erikseen vai yhdistetysti. Yhdistetyssä tehtävässä käytettiin kolmea pisteitystapaa: ensimmäkin pisteitettiin kaikki oikeat sanat (sanojen muistaminen) huolimatta siitä, palautettiinko ne oikeassa sarjasijainnissa. Toiseksi pisteitettiin kaikki oikeaksi merkityt sijainnit (sijaintien muistaminen) huolimatta siitä, oliko sijainnin yhteydessä palautettu oikea sana. Kolmanneksi pisteitettiin oikeaksi vain sanat, jotka oli mainittu oikeassa sijainnissa (sanojen ja sijaintien yhtäaikainen muistaminen).

Tehtävien välisiä korrelaatioita tarkasteltaessa huomattiin, että kielellisistä tehtävistä sanatehtävä ja hajautettu sanatehtävä korreloivat keskenään positiivisesti ($r = .80$), $p < .002$. Kumpikaan kielellisistä tehtävistä ei korreloinut minkään spatiaalisen tehtävän kanssa, eikä myöskään yhdistetyn tehtävän sanojen tai sijaintien palauttamisen kanssa. Spatiaalisista tehtävistä positiivisesti korreloivat keskenään sijaintitehtävä (xxx-tehtävä) ja sijaintitehtävä sanoilla ($r = .73$), $p < .02$. Kumpikaan spatiaalisista tehtävistä ei korreloinut minkään kielellisen tehtävän kanssa, eikä myöskään yhdistetyn tehtävän sijaintien tai sanojen palauttamisen kanssa. Kiinnostavaa on, etteivät yhdistetyssä tehtävässä erikseen pisteitetyt sanojen ja sijaintien muistamiset korreloineet keskenään.

Aineistoa tarkasteltiin sen suhteen, oppivatko koehenkilöt tehtävät kokeen suorittamisen aikana. Havaittiin, etteivät koehenkilöt näyttäneet oppivan tehtävää kokeen aikana eikä suoriutuminen parantunut loppua kohti. Aineisto oli normaalisti jakautunut ja tehtävien välisiä eroja tarkasteltiin yksisuuntaisella toistomittausvarianssianalyysillä. Niistä saatuja merkitseviä tuloksia tarkasteltiin edelleen Bonferroni korjattujen t-testien avulla.

3. TULOKSET

Tutkimuksessa tarkasteltiin sanojen ja sijaintien muistamista eri tilanteissa. Kielellisiä tehtäviä oli kaksi: keskitetty ja hajautettu sanatehtävä. Myös spatiaalisia tehtäviä oli kaksi: sijaintitehtävä (xxx-tehtävä) ja sijainnit sanoilla –tehtävä. Lisäksi tutkimuksessa oli yhdistetty tehtävä, jossa piti palauttaa sekä sana että sen sijainti. Ensin tuloksissa tarkastellaan kielellisten tehtävien välillä olevia eroja ja sijaintitehtävien välillä olevia eroja. Tämän jälkeen tarkastellaan sarjasijainnin vaikutusta muistamiseen.

3.1. Sanojen ja sijaintien muistaminen

Kielellisten tehtävien tulokset on esitetty alla kahdella pisteitystavalla. Taulukossa 1 on esitetty oikein muistettujen sanojen määrä riippumatta sarjasijainnista, taulukossa 2 on esitetty oikeassa sarjasijainnissa palautettujen sanojen määrä.

Taulukko 1.

Oikein palautettujen sanojen keskiarvot ja hajonnat riippumatta sarjasijainnista kolmessa koetilanteessa.

Koetilanne	Keskiarvo	Keskihajonta
Keskitetty sanatehtävä	7.40	1.63
Hajautettu sanatehtävä	7.56	1.19
Yhdistetty tehtävä – sanat	6.97	.84

n = 12

Taulukko 2.

Oikeassa sarjasijainnissa palautettujen sanojen keskiarvot ja hajonnat kolmessa koetilanteessa.

Koetilanne	Keskiarvo	Keskihajonta
Keskitetty sanatehtävä	5.57	2.39
Hajautettu sanatehtävä	5.57	2.13
Yhdistetty tehtävä – sanat	5.86	.93

n = 12

Koetilanteen vaikutusta sanojen sekä sanojen ja sarjasijainnin muistamiseen testattiin yksisuuntaisella toistomittausvarianssianalyysillä. Tulokset osoittivat, ettei koetilanteella ollut vaikutusta muistettujen sanojen määrään kummallakaan pisteitystavalla eli pelkkien sanojen muistamisessa $F_{(2,22)} = 1.13$ (taulukko 1) eikä oikeassa sarjasijainnissa muistettujen sanojen muistamisessa $F_{(2,22)} = .14$ (taulukko 2).

Tarkasteltaessa muistettujen sanojen keskiarvoja ja hajontoja huomataan, että hajonnat olivat melko suuret sekä keskitetyssä että hajautetussa sanatehtävässä, mutta yhdistetyssä tehtävässä hajonta pieneni merkittävästi.

Oikein muistettujen sijaintien keskiarvot ja hajonnat ovat nähtävissä taulukossa 3.

Taulukko 3.

Oikein muistettujen sijaintien keskiarvot ja hajonnat kolmessa koetilanteessa.

Koetilanne	Keskiarvo	Keskihajonta
Sijaintitehtävä (xxx-tehtävä)	4.08	.90
Sijaintitehtävä sanoilla	3.84	.97
Yhdistetty tehtävä - sijainnit	2.95	.74
n = 12		

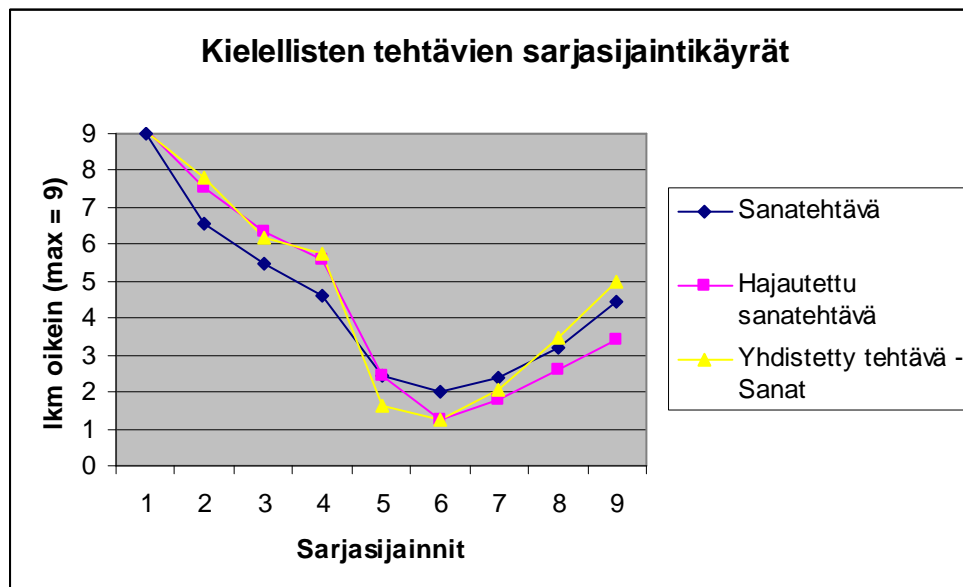
Koetilanteen vaikutusta sijainnin muistamiseen testattiin yksisuuntaisella toistomittausvarianssianalyysillä, jossa havaittiin, että koetilanne vaikutti sijaintien muistamiseen $F_{(2,22)} = 9.66$, $p < .001$. Koetilanteiden välisiä eroja tarkasteltiin edelleen kolmella Bonferroni-korjatulla parittaisilla t-testeillä (tilastollisesti merkitsevät erot $p < .17$), joissa havaittiin että sijaintitehtävässä muistettiin sijainnit paremmin kuin yhdistetyssä tehtävässä $t(11) = 3.48$. Myös sijaintitehtävä sanoilla –tilanteessa muistettiin enemmän sijainteja kuin yhdistetyssä tehtävässä $t(11) = 3.24$. Sijaintitehtävän ja sijaintitehtävä sanoilla –tilanteiden välillä ei ollut merkitsevää eroa $t(11) = 1.23$.

Yhdistetyn tehtävän keskiarvoja tarkasteltiin erikseen sen suhteen, montako sanaa ja montako sijaintia muistettiin erikseen. Tämän lisäksi tarkasteltiin sitä, kuinka monta sanaa ja sijaintia muistettiin samanaikaisesti, jolloin oikeaksi pisteitettiin ainoastaan sanat, jotka oli mainittu oikeassa esitysjärjestyksessä ja oikeassa sijainnissa. Yhdistetyssä tehtävässä

muistettiin pelkkiä sanoja huomattavasti enemmän kuin pelkkiä sijainteja (sanojen ka = 5.86 vs. sijaintien ka = 2.95). Sanoja oikeassa sijainnissa (samanaikainen muistaminen) muistettiin vähemmän kuin muistettuja pelkkiä sanoja tai sijainteja (ka = 2.19).

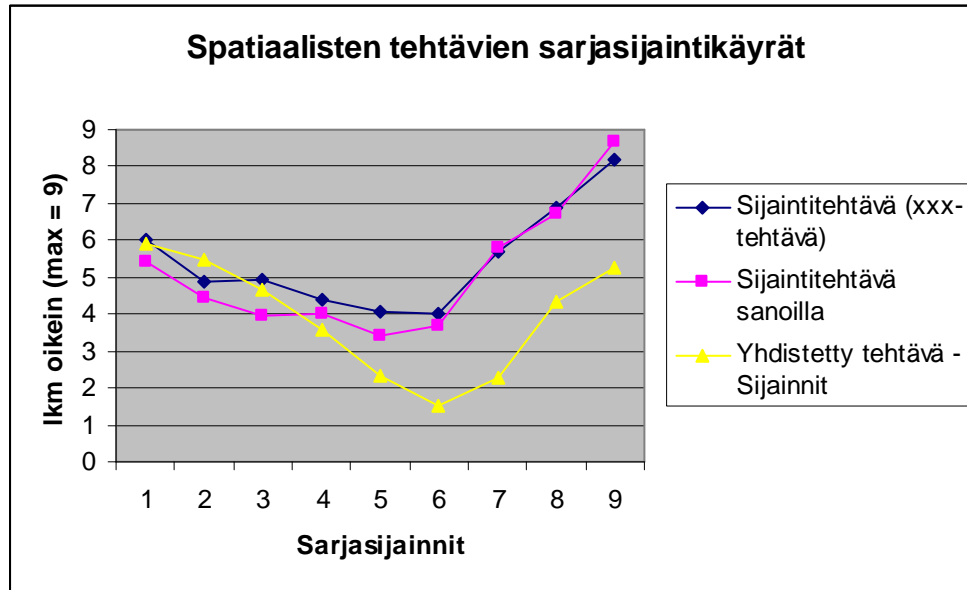
3.2. Sarjasijainnin vaikutus muistamiseen

Sarjasijainnin ja koetilanteen vaikutusta sanojen muistamiseen testattiin kaksisuuntaisella toistomittausvarianssianalyysilla. Havaittiin, ettei koetilanne vaikuttanut sanojen muistamiseen $F_{(2,35)} = .14$, mutta sarjasijainti vaikutti $F_{(2,35)} = 9.24$, $p < .001$. Koetilanteen ja sarjasijainnin yhdysvaikutus ei ollut merkitsevä $F_{(16,176)} = 5.33$ (kuvio 5). Koetilanteiden välillä ei ollut merkitseviä eroja sarjan alun muistamisessa (sarjasijainti 1) eikä sarjan lopun muistamisessa (sarjasijainti 9).



Kuvio 4. Oikein muistettujen sanojen määrä yhdeksässä sarjasijainnissa ja kolmessa koetilanteessa.

Tarkasteltaessa koetilanteen ja sarjasijainnin vaikutusta sijaintien muistamiseen havaittiin, että tilanteiden välillä oli merkitseviä eroja $F_{(2,22)} = 9.67$, $p < .001$. Lisäksi sarjasijainnilla oli merkitsevä vaikutus muistamiseen $F_{(8,88)} = 5.41$, $p < .001$ sekä koetilanteen ja sarjasijainnin interaktio oli merkitsevä $F_{(16,176)} = 3.47$, $p < .001$ (kuvio 5). Koetilanteiden välillä ei ollut eroja sarjan alun muistamisessa (sarjasijainti 1), mutta tehtävät erosivat merkitsevästi toisistaan sarjan lopun muistamisen suhteen (sarjasijainti 9) $F_{(2,22)} = 12.90$, $p < .001$.



Kuvio 5. Oikein muistettujen sijaintien määrä yhdeksässä sarjasijainnissa ja kolmessa koetilanteessa.

Spatiaalisten tehtävien sarjasijaintikäyrien eroja lähdettiin tarkastelemaan lähemmin kontrastien avulla. Huomattiin, että tehtävien välillä oli merkitsevä lineaarinen trendi $F_{(1,11)} = 12.07$, $p < .005$. Sekä spatiaalisten tehtävien sarjasijainneilla oli merkitsevä kvadraattinen trendi $F_{(1,11)} = 30.62$, $p < .001$. Graafisessa tarkastelussa huomattiin, että sijaintitehtävän ja sijainnit sanoilla –tehtävän sarjasijaintikäyrät olivat samankaltaiset, mutta yhdistetyn tehtävän sarjasijaintikäyrä poikkesi kahdesta muusta tehtävästä sarjan loppupäässä (kuvio 5). Sarjasijaintikäyrät jaettiin kahteen osaan lähempää tarkastelua varten, jossa sarjasijainnit 1-5 muodostivat alkuosan ja 6-9 loppuosan. Verrattiin kontrastien avulla kahden ensimmäisen sarjasijaintikäyrää yhdistetyn tehtävän sarjasijaintikäyrään ja huomattiin, ettei niiden välillä ollut merkitseviä eroja sarjasijaintikäyrän alku- tai loppuosan eli kulmakertoimen suhteen.

Loppupään sarjasijaintien (sarjasijainnit 6-9) kohdalla oli yksisuuntaisen toistomittausvarianssianalyysin mukaan merkitsevä ero koetilanteiden välillä ($F_{(3,33)} = 14.50$, $p < .001$) siten, että yhdistetyssä tilanteessa muistettiin sarjan loppuosassa vähemmän sijainteja kuin muissa tilanteissa, mutta sarjasijaintikäyrien kulmakertoimet eivät poikenneet toisistaan.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia sanojen ja sijaintien samanaikaisen prosessoinnin vaikutusta muistisuoritukseen. Erityisesti oltiin kiinnostuneita siitä, heikkeneekö kielellinen tai spatiaalinen muistisuoritus yhdistetyssä tehtävässä. Tätä tutkittiin tarkemmin tarkastelemalla koetilanteen ja sarjasijainnin vaikutusta sanojen ja sijaintien muistamiseen. Kysymys on kiinnostava ja uusi verkko-oppimisen tutkimuksessa, jossa tähän asti on tarkasteltu lähinnä ihmisen työmuistin kykyä käsitellä tekstiä ja kuvitusta samanaikaisesti. Tässä tutkimuksessa haluttiin pureutua lähemmin siihen, aiheuttaako kielellisen ja spatiaalisen materiaalin samanaikainen käsitteleminen enemmän haittaa jommankumman materiaalityypin käsittelylle. Lisäksi tarkastelun kohteeksi otettiin sarjallinen palauttaminen, joka on merkittävä tekijä ihmisen muistin toiminnassa, mutta jota ei verkko-oppimisen tutkimuksessa ole vielä huomioitu.

4.1. Sanojen muistaminen

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että kielellisen materiaalin sarjalliseen palauttamiseen ei vaikuta se, esitetäänkö sanat keskitetystä tai hajautetusti eikä se, yhdistetäänkö tehtävä sijaintien muistamiseen. Se, ettei sanojen muistaminen heikentynyt yhdistetyn tehtävän aikana, kertoo siitä, ettei kielellinen prosessointi häiriinny, vaikka tehtävänä on pitää samanaikaisesti mielessä myös spatiaalista materiaalia. Tulos on merkittävä siitä syystä, että sen perusteella voidaan olettaa kielellisen materiaalin prosessoimisen olevan tehokasta verkko-oppimisen aikana, vaikka samanaikaisesti jouduttaisiin suorittamaan tehtäviä, jotka kuormittavat työmuistin visuospatiaalista alavarastoa.

Tässä tutkimuksessa sanoja muistettiin keskimäärin lähemmäs kuusi kappaletta. Tämä luku ylittää Cowanin (2000) arvion lyhytkestoisen muistin kapasiteetista. Yksi mahdollinen syy on, että tässä tutkimuksessa käytettiin muistettavana materiaalina sanoja eikä foneemeja, kuten useissa aikaisemmissa tutkimuksissa. Aidot sanat ovat todennäköisesti aktivoineet säilömuistissa olevia semanttisia muistiedustuksia, jotka ovat edesauttaneet mieleen painamista ja mielestä palauttamista (ks. Haarman & Usher, 2001; Hulme, Maughan & Brown, 1991). Tämä tarkoittaa sitä, etteivät tässä tutkimuksessa käytetyt kielelliset tehtävät mittaa puhdasta kielellisen materiaalin lyhytkestoista ylläpitoa. Toinen mahdollinen syy sanojen muistamisen korkeaan keskiarvoon voi olla se, että koehenkilöt ovat kysyneet

yhdistämään sanoja suuremmiksi mieltämysyksiköiksi niiden esittämisen aikana (vrt. Cowan, 2000).

Koehenkilöiden välillä on suuria eroja sanojen muistamisessa. Nämä erot saattavat liittyä siihen, miten tehokkaasti koehenkilöt pystyvät käyttämään muististrategioita apunaan. Koska jokaisessa tehtävässä esitettiin uudet sanat, on mahdollista että sanoista pystyttiin muodostamaan mielikuvia tai tarinoita, joita käytettiin muistamisen apuna (ks. Cowan, 2000). Yhdistetyssä tehtävässä koehenkilöiden väliset erot pienenevät, mikä viittaa siihen, että tehtävä oli vaikeampi suorittaa ja eri strategioiden käyttämisen mahdollisuudet olivat siinä pienemmät.

4.2. Sijaintien muistaminen

Sijaintien muistamisessa oletus siitä, että sillä ei ole merkitystä, esitetäänkö sijainnit sanoilla vai merkityksettömillä kirjainjonolla, osoittautui oikeaksi. Kuitenkin yhdistetyssä tehtävässä sijainteja muistettiin huomattavasti huonommin erityisesti listan loppupäässä. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että kun kielellistä ja spatiaalista tehtävää suoritetaan samanaikaisesti, sijaintien muistaminen heikkenee. Tulos tukee aikaisempia tutkimustuloksia siitä, että visuospatiaalisen materiaalin ylläpitäminen on erityisen häiriöherkkää (Awh ym., 1998; Smyth & Scholey, 1994a; Smyth, 1996).

Tutkimuksessa käytetyssä tehtävässä esitettiin yhdeksän sijainnin pituinen lista, joka ylittää selkeästi työmuistin keskimääräisen kapasiteetin (Cowan, 2000). Sijainteja muistettiin keskimäärin noin neljä kappaletta, joka onkin Cowanin (2000) oletus tarkkaavaisuuden keskiön kapasiteetista. Sijaintien muistaminen eroaa sanojen muistamisesta siinä, ettei sijaintien muistamisessa voida käyttää hyväksi säilömuistissa olevia tietoja yhtä helposti kuin kielellisessä tehtävässä. Tästä syystä muistamista parantavien strategioiden käyttö on todennäköisesti ollut hankalampaa spatiaalisessa tehtävässä kuin kielellisessä. Tämän voisi olettaa johtaneen siihen, että sijainteja muistettiin keskimääräisesti juuri työmuistin kapasiteetin verran. Koehenkilöiden suoriutuminen sijaintien muistamisessa oli selkeästi yhdenmukaisempaa kuin kielellisissä tehtävissä. Myös tämän voidaan olettaa heijastavan sitä, ettei spatiaalisten tehtävien aikana kyetä muodostamaan muististrategiaa, joka helpottaisi tehtävän suorittamista.

Spatiaalisten tehtävien keskiarvot olivat kuitenkin tässä tutkimuksessa parhaimmillaankin selkeästi heikkommat kuin Corsi Blocks –tehtävän normitetut tulokset (ka = 4.08 vs. normitettu ka = 6.2) (Berch ym., 1998). Tämä johtuu todennäköisesti siitä, etteivät tehtävän yhdeksän sijaintia olleet jatkuvasti esillä tehtävän esittämisen aikana, vaan sijainnit olivat esillä ainoastaan yksi kerrallaan. Tämän seurauksena koehenkilöillä ei ollut mahdollisuutta harjoitella tehtävää sen esittämisen aikana.

Aikaisempien tutkimustulosten perusteella on oletettu, että listan pituuden kasvaessa Corsi Blocks –tehtävässä keskusyksikkö osallistuu tehtävän suorittamiseen (Vandierendonck ym., 2004). Lisäksi visuospatiaalisen työmuistin on todettu olevan läheisesti yhteydessä keskusyksikön toimintaan (Fisk & Sharp, 2003; Miyake ym., 2001). Tämän tutkimuksen tuloksiin saattoi vaikuttaa myös se, että yhdistetyssä tehtävässä keskusyksikön resurssit eivät riittäneet sekä koordinoimaan kielellisen ja spatiaalisen materiaalin muistamista että toimimaan visuospatiaalisen työmuistin tukena, mikä johti suoriutumisen heikkenemiseen spatiaalisessa tehtävässä.

4.3. Sanojen ja sijaintien yhdistämisen vaikutus muistamiseen

Sanojen ja sijaintien samanaikainen prosessointi on tämän tutkimuksen kiinnostavin kysymys. Aikaisemmissa tutkimuksissa on esitetty ristiriitaisia tuloksia sanojen ja sijaintien samanaikaisesta muistamisesta. Tutkimuksessa, jossa koehenkilöt kykenivät ennustamaan tehtävän vaatimuksia, havaittiin, etteivät sanojen tai sijaintien muistaminen heikentyneet tehtävien yhdistämisen aikana (Duff, 2000). Tutkimuksessa, jossa koehenkilöt eivät kyenneet ennustamaan tehtävän vaatimusta, havaittiin, että sekä sanojen että sijaintien muistaminen heikkeni yhdistämisen seurauksena (Loisy & Roulin, 2003). Tässä tutkimuksessa koehenkilöt tiesivät yhdistetyn tehtävän vaativan sekä sanojen että niiden sijaintien samanaikaista muistamista eikä sanojen muistaminen siitä huolimatta heikentynyt, mutta sijaintien muistaminen heikkeni. Tulos on ristiriidassa kummankin aikaisemman tutkimuksen kanssa, sillä tässä tutkimuksessa heikentyi valikoivasti ainoastaan sijaintien muistaminen.

Sijaintien muistamisen häiriöherkkyys yhdistetyssä tehtävässä saattaa liittyä useisiin tekijöihin. Yksi mahdollisuus on, että koehenkilöt tekivät strategisen valinnan yhdistetyn tehtävän aikana ja keskittyivät sanojen muistamiseen sijaintien muistamisen

kustannuksella. Toinen mahdollisuus on, että koehenkilöt käyttivät pelkkien sijaintien muistamisessa kielellistä strategiaa, mutta yhdistetyssä tehtävässä näin ei ollut mahdollista tehdä, joten sijaintien muistaminen heikkeni. Kielellisen strategian käyttö sijaintitehtävissä on kuitenkin ristiriidassa aikaisempien tutkimustulosten kanssa, joissa on todettu, ettei Corsi Blocks –tehtävässä käytetä apuna kielellistä koodaamista (Smyth & Scholey, 1994a; Vandierendonck ym., 2004). Kolmas mahdollisuus on, että spatiaalinen tehtävä on tehtävänä ollut vaikeampi, joten sen suoriutuminen on heikentynyt kielellistä suoriutumista herkemmin samanaikaisen prosessoinnin aiheuttamasta kuormituksesta.

Koska yhdistetyssä tehtävässä muistettiin paremmin pelkkiä sanoja tai pelkkiä sijainteja kuin näitä samanaikaisesti (muistettu sana oikeassa esitysjärjestyksessä ja sijainnissa), se viittaisi siihen, että sanojen ja sijaintien muistaminen tapahtuu työmuistissa erikseen. Mikäli koehenkilöt olisivat tehtävää suorittaessaan yhdistäneet sanat sijainteihin ja muodostaneet näistä yhteisen muistiedustuksen, suoriutumisen olisi kielellisessä ja spatiaalisessa tehtävässä pitänyt olla samankaltaista. Tuloksen voidaan näin ollen todeta olevan ristiriidassa Baddeleyn (2000a) esittämän episodisen puskurin toiminnan kanssa. Episodisen puskurin oletetaan yhdistävän eri aistien kautta työmuistiin saapuvaa materiaalia. Koska spatiaalinen ja kielellinen tehtävä reagoivat niiden yhdistämiseen eri tavoilla, voidaan todeta että tässä tutkimuksessa koehenkilöt eivät selvästikään yhdistäneet sanoja niitä vastaaviin sijainteihin yhdistetyssä tehtävässä, vaan suorittivat näitä kahta tehtävää erikseen. Tähän mennessä episodisen puskurin taustalla olevia mekanismeja ei ole tutkittu. Eri materiaalien yhdistämisen taustalla olevat mekanismit ovat kiinnostava tutkimuskysymys.

4.4. Sarjasijainnin vaikutus muistamiseen

Sarjasijainti vaikutti sekä sanojen että sijaintien muistamiseen niin, että kummassakin tehtävässä listan alku- ja loppuosa muistettiin keskimmäisiä ärsykkeitä paremmin. Kaikissa kielellisissä tehtävissä sarjasijaintikäyrä oli lähes identtinen. Sarjasijaintikäyrissä oli havaittavissa selvä alkuvaikutus (100% ensimmäisistä sanoista muistettiin oikein) ja lievempi äskeisyysvaikutus (n. 50% viimeisestä ärsykkeestä muistettiin oikein). Sarjasijaintikäyrän muoto vastasi aiempien tutkimusten kielellisiä sarjasijaintikäyriä (ks. Bjork & Healy, 1974; Henson, Norris, Page & Baddeley, 1996), joissa äskeisyysvaikutus on ollut lievempi kuin alkuvaikutus, tehtävän vaatiessa sekä sanan että sen

esitysjärjestyksen muistamista (Battachi ym., 1990), kuten tämänkin tutkimuksen tehtävä vaati.

Myös spatiaalisen sarjasijaintikäyrän muoto vastasi aikaisempien tutkimusten tuloksia (Smyth & Scholey, 1996; Jones ym., 1995). Alkuvaikutus esiintyi spatiaalisissa tehtävissä pienempänä kuin kielellisissä tehtävissä ja äskeisyysvaikutus taas vahvempana kuin kielellisissä tehtävissä. Spatiaalisissa tehtävissä äskeisyysvaikutus oli voimakas ja muodostui muutamasta viimeiseksi esitetystä ärsykkeestä. Tässä tutkimuksessa havaittiin kuitenkin suurempi äskeisyysvaikutus spatiaalisen materiaalin palauttamisessa kuin aikaisemmissa tutkimuksissa (Farrand ym., 2001; Jones ym., 1995; Smyth & Scholey, 1996).

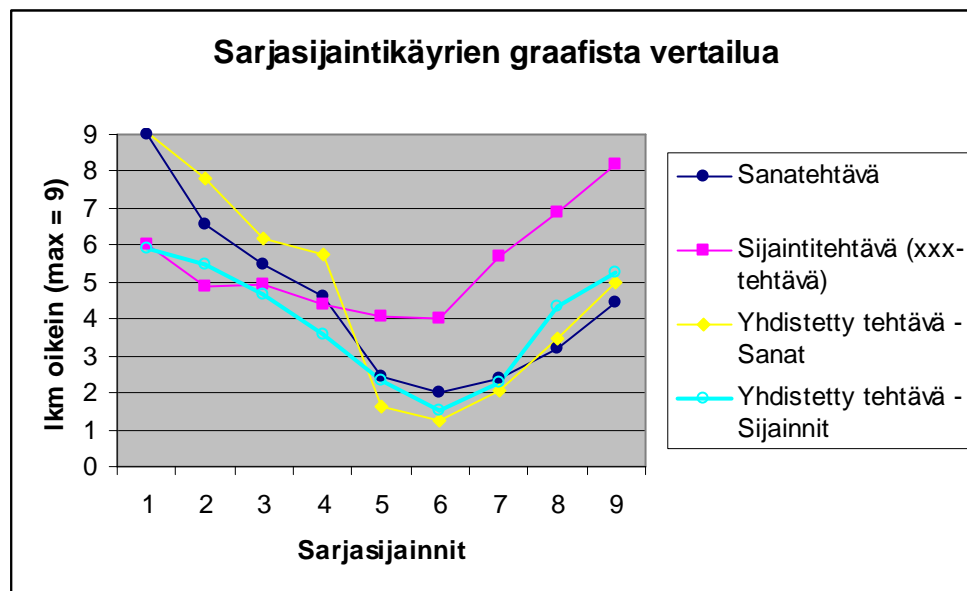
Tulos saattaa johtua koeasetelman ongelmista, sillä spatiaalisissa tehtävissä sijaintien palauttaminen tapahtui merkitsemällä sijaintien esitysjärjestys numeroilla vastauslomakkeeseen. On mahdollista, että koehenkilöt merkitsivät lomakkeelle loppupään sijainnit ensin. Tällöin viimeisten ärsykkeiden palauttaminen ei häiriintynyt aikaisemmin palautetuista. Tämän retroaktiivisen häirinnän puutteen on aikaisemminkin havaittu parantavan loppupään muistamista (Cowan ym., 2002; Beaman & Morton, 2000).

Toinen mahdollinen syy äskeisyysvaikutukseen sijaintien muistamisessa on se, että jos palauttaminen aloitetaan listan alusta, on loppupään palauttaminen helpompaa, sillä mahdollisten palautettavien sijaintien lukumäärä pienenee palauttamisen edetessä (ks. Cowan ym., 2002; Oberauer, 2003). Tässä kokeessa jokaista yhdeksää sijaintia käytettiin ainoastaan kerran kussakin listassa, mikä merkitsee sitä, että kaikki sijainnit käytettiin jokaisessa listassa. Näin ollen todennäköisyys, että loppupään sijainnit merkitään oikein, lisääntyi palautuksen edetessä.

Spatiaalisten tehtävien sarjasijaintikäyrää tarkasteltaessa huomataan, että yhdistetyn tehtävän vaikutus näkyy sijaintien loppupään selvänä heikentymisenä, eli loppupään ärsykkeet muistetaan huomattavasti heikommin yhdistetyssä tehtävässä kuin muissa spatiaalisissa tehtävissä. Tulos vastaa Farrandin ja hänen työtovereidensa (2001) tutkimusten tuloksia. He tutkivat spatiaalisen materiaalin palauttamista ja havaitsivat, että äskeisyysvaikutus pienenee, jos tehtävä vaatii sekä sisällön että järjestyksen muistamista. Tämä tutkimus poikkeaa kyseisestä tutkimuksesta siinä, että yhdistetyssä tehtävässä käytettiin kielellistä

materiaalia. Voidaan kuitenkin ajatella, että yhdistetyssä tehtävässä sanat vastaavat tehtävän sisältöä ja sijaintien muistaminen järjestystä. Loppupään ärsykkeiden muistamisen häiriöherkkyys on havaittu myös muunlaisen visuaalisen materiaalin palauttamisessa (Cowan ym., 2002).

Toisaalta loppupään ärsykkeiden heikompi muistaminen yhdistetyssä tehtävässä saattaa olla seurausta myös siitä, että koehenkilöt ovat pitäneet kielellistä tehtävää ensisijaisena. Tämä väite saa tukea siitä, että tarkasteltaessa kielellisiä ja spatiaalisia sarjasijaintikäyriä huomataan, että yhdistetyssä tehtävässä sijaintien muistaminen sarjasijainneilla 5-9 on yhtenevä kielellisten tehtävien sarjasijaintikäyrän kanssa eikä spatiaalisten tehtävien sarjasijaintikäyrän kanssa (kuvio 6: Yhdistetty tehtävä - Sijainnit).



Kuvio 6. Sarjasijaintikäyrien graafista vertailua.

Toinen mahdollinen syy loppupään sijaintien muistamisen heikkenemiselle yhdistetyssä tilanteessa voi olla se, etteivät koehenkilöt kyenneet yhdistetyssä tehtävässä käyttämään samaa strategiaa kuin muissa sijaintitehtävissä. Toisin sanoen sijaintien palauttamisen aloittaminen merkkamalla viimeisinä esitetyt sijainnit lomakkeeseen ensin oli mahdotonta yhdistetyssä tehtävässä, jossa sanojen palauttaminen aloitettiin yleensä aina listan alusta. Näin ollen palauttamisen tilanteessa sanojen palauttaminen on saattanut nousta ensisijaiseksi, ja sijaintien muistaminen jäädä toissijaiseksi. Se, ettei voida tarkkaan tietää, mitä koehenkilöt ovat tehneet tehtävien aikana, eli minkälaisia strategioita he ovat

käyttäneet tehtävän aikana, tekee tulosten tulkinnan vaikeammaksi (ks. Beaman & Morton, 2000).

4.5. Tutkimuksen rajoitukset

Tässä tutkimuksessa keskityttiin lyhytkestoiseen tiedon ylläpitämiseen, vaikka verkkooppiminen liittyykin useimmiten säilömuistin toimintaan. Tämä rajaus tekee tulosten sovellettavuuden vaikeammaksi, mutta antaa toisaalta viitteitä siitä, mitä verkkooppimiseen vaikuttavia kognitiivisia lainalaisuuksia voidaan löytää työmuistiin liittyen. Työmuistin asettamat rajoitukset vaikuttavat myös oppimistapahtumaan laajemmin.

Tässä tutkimuksessa käytettyä tehtävää on aikaisemmin käytetty tutkimuksissa, joissa on perehdytty keskusyksikön toimintaan. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan suoraan testattu tai kontrolloitu keskusyksikön vaikutusta tuloksiin, vaan fokus oli alavarastojen toiminnassa. Tästä johtuen tämän tutkimuksen tulosten perusteella ei voida tehdä teoreettisia oletuksia keskusyksikön toiminnasta. Keskusyksikön voidaan kuitenkin aikaisempien tutkimusten perusteella ajatella vaikuttavan esimerkiksi visuospatiaalisen työmuistin toimintaan (mm. Fisk & Sharp, 2003), jolloin keskusyksikön vaikutusta sanojen ja sijaintien yhdistämisen aikana olisi mielekästä tutkia.

Toinen tässä tutkimuksessa jo aikaisemmin esiin nostettu ongelma on se, että koehenkilöiden oli mahdollista käyttää apunaan erilaisia muististrategioita erityisesti kielellisen tehtävän suorittamisen aikana. Koska jokainen sanalista muodostui uusista sanoista, jokaisesta listasta oli mahdollista muodostaa ainutlaatuinen merkitykseen perustuva episodi tai tarina, joka mahdollisti sanojen liittämisen toisiinsa ja suuremmaksi kokonaisuudeksi. Jos tehtävässä olisi käytetty jokaisessa listassa samoja sanoja, olisi järjestyksen muistamista mitattu. Tässä tutkimuksessa kielellisissä tilanteissa muistettiin sekä sisältö että esitysjärjestys. Tämä vaikeuttaa tehtävän vertaamista spatiaaliseen tehtävään, jossa sisältöä ei samassa mielessä tarvinnut pitää mielessä, vaan muistamisen kohteena oli ainoastaan sijaintien esitysjärjestys. Tulevissa tutkimuksissa olisi mielenkiintoista tutkia vielä tarkemmin sanojen järjestyksen ja sijaintien järjestyksen muistamista luomalla tehtävät, jotka olisivat mahdollisimman samankaltaiset vaatimuksiltaan.

Lisäksi Corsi Blocks –tehtävään liittyy epävarmuustekijöitä sen suhteen, mitä ominaisuuksia se mittaa. Tehtävän on ajateltu vaativan kohteiden suhteellisten sijaintien ja niiden esitysjärjestyksen mieleen painamista ja mielestä palauttamista (Smyth & Scholey, 1994b), joten tehtävä mittaa samanaikaisesti sekä sijaintien muistamista että sarjallista muistamista (Fisher, 2000). Tätä on pidetty tehtävän yhtenä ongelmana, koska tästä seuraa, ettei Corsi Blocks –tehtävän avulla pystytä erikseen tutkimaan sijaintien muistamista ja järjestyksen muistamista (Jones ym., 1995). Toisaalta on myös ehdotettu Corsi Blocks –tehtävän vaativan reittitiedon ylläpitämistä (Pazzaglia & Cornoldi, 1999; Smirni, Villadrita & Zappala, 1983), mutta tätä ei ole lähemmin tutkittu.

Sarjasijaintikäyriä tutkittiin tässä tutkimuksessa osittain siksi, että haluttiin tietää, miten kielellisen ja spatiaalisen tehtävän yhdistäminen vaikuttaa sarjasijaintikäyriin.

Tutkimuksessa ensisijaisena tarkoituksena ei ollut tutkia sarjasijaintikäyriä, joten koeasetelmassa ei otettu huomioon sarjasijaintikäyrän muodostumiseen vaikuttavia erillisiä prosesseja. Näin ollen tästä tutkimuksesta saaduista tuloksista ei voida tehdä oletuksia sarjasijaintikäyrään vaikuttavista prosesseista. Tulevaisuudessa olisikin mielenkiintoista tutkia näitä prosesseja tarkemmin luomalla koeasetelma, jonka avulla voitaisiin verrata kielellistä ja spatiaalista sarjasijaintikäyriä ja erotella näiden taustalla olevia mekanismeja.

4.6. Verkko-oppimisen kognitiivisen tutkimuksen tulevaisuuden mahdollisuudet

Verkko-oppimiseen liittyviä kognitiivisia prosesseja on tutkittu 1990-luvulta lähtien. Toistaiseksi verkko-oppimisen aikana käytettyjen kognitiivisten prosessien tutkimus on ollut melko suppeaa keskittyen lähinnä Baddeleyn (1986) työmuistimalliin perustuvaan tutkimuskysymyksiin eikä kognitiivisen muistitutkimuksen avulla saatua tietoa ole vielä juurikaan hyödynnetty verkko-oppimisen tutkimuksessa. Tällä tutkimuksella haluttiin lisätä tietoa sen suhteen, mitkä kognitiiviset lainalaisuudet voivat vaikuttaa verkko-oppimiseen. Havaittiin, että spatiaalinen työmuisti on erityisen herkkä häirinnälle kuormittavan tehtävän aikana kielellisen tehtävän prosessoinnin ollessa suhteellisen vakaata. Tämä on tärkeä seikka verkko-oppimiseen liittyen, sillä sen perusteella voidaan olettaa kielellisen prosessoinnin säilyvän suhteellisen hyvänä, vaikka oppijaa kuormitettaisiin muilla samanaikaisilla tehtävillä kuten navigoimisella tekstidokumentista toiseen.

Tulevaisuudessa kiinnostavia tutkimusaiheita verkko-oppimisen kognitiivisten prosessien tutkimuksessa olisi tässä tutkimuksessa aikaisemmin mainittu navigoiminen. Minkälaisia rasitteita verkossa navigoiminen asettaa visuospatiaaliselle työmuistille? Kuormittaako näkymien peräkkäinen esittäminen visuospatiaalista työmuistia? Tähän voisi soveltaa kognitiivisen muistitutkimuksen tuottamaa tietoa reittitiedon ylläpitämisestä (esim. Smirni ym., 1983; Pazzaglia & Cornoldi, 1999) soveltaa lähemmin verkko-oppimisen tutkimukseen. Tässä tutkimuksessa käytettiin erittäin redusoitua asetelmaa sarjallisen palauttamisen tutkimiseen. Tulevaisuudessa voisi pyrkiä luomaan ekologisesti validimpia tutkimusasetelmia, joilla voisi tutkia sarjallisen palauttamisen vaikutusta verkko-oppimisen aikana. Onhan saatu viitteitä siitä, että sarjasijaintikäyrä ilmenee myös säilömuistiin liittyvissä tehtävissä (Baddeley, 1999).

Tämän tutkimuksen tärkein anti on siinä, että se osoittaa kokeellisessa muistitutkimuksessa kehitettyjen luotettavien menetelmien sovellettavuuden uusiin tutkimuskohteisiin. Tulevaisuudessa näitä menetelmiä voidaan pyrkiä soveltamaan yhä ekologisesti validimpiin tutkimusaiheisiin.

LÄHDELUETTELO

Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968) Human memory: A proposed system and its control processes. Teoksessa K. W. Spence & J. T. Spence (Toim.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 2). New York: Academic Press.

Avons, S. E. (1998). Serial report and item recognition of novel visual patterns. *British Journal of Psychology*, 89, 285-308.

Awh, E., Jonides, J. & Reuter-Lorenz, P. A. (1998). Rehearsal in spatial working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 780-790.

Baddeley, A. D. (1966). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 18, 362-365.

- Baddeley, A. D. (1986) Working memory. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 49, 5-28.
- Baddeley, A. D. (1999) Essentials of Human Memory. Cornwall: TJ International Ltd.
- Baddeley, A. D. (2000a). The episodic buffer: A new component of working memory. *Trends in Cognitive Psychology*, 4, 417-423.
- Baddeley, A. D. (2000b). The magic number and the episodic buffer. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 117-118.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). Working memory. Teoksessa G. Bower (Toim.), The psychology of learning and motivation (vol. VIII). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8, 485-493.
- Battacchi, M. W., Pelamatti, G. M. & Umiltà, C. (1990). Is there a modality effect? Evidence for visual recency and suffix effects. *Memory & Cognition*, 18, 651-658.
- Beaman, C. P. & Morton, J. (2000). The separate but related origins of the recency and the modality effect in free recall. *Cognition*, 77, 59-65.
- Berch, D. B., Krikorian, R. & Huha, E. M. (1998). The Corsi block-tapping task: Methodological and theoretical considerations. *Brain and Cognition*, 38, 317-338.
- Bjork, E. L. & Healy, A. F. (1974). Short-term order and item retention. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 13, 80-97.

- Broadbent, D. E. & Broadbent, M. H. P. (1981). Recency effects in visual memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 33, 1-15.
- Brown, G. D. A., Preece, T. & Hulme, C. (2000). Oscillator-based memory for serial order. *Psychological Review*, 107, 127-181.
- Burgess, N. & Hitch, G. J. (1999). Memory for serial order: A network model of the phonological loop and its timing. *Psychological Review*, 106, 551-581.
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychological Bulletin*, 104, 163-191.
- Cowan, N. (1992). Verbal memory span and the timing of spoken recall. *Journal of Memory and Language*, 31, 668-684.
- Cowan, N. (2000). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87-185.
- Cowan, N., Nugent, L. D., Elliot, E. M. & Geer, T. (2000). Is there a temporal basis of the word length effect? A response to Service (1998). *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 53, 647-660.
- Cowan, N., Nugent, L. D. & Elliot, E. M. (2000). Memory-search and rehearsal processes and the word length effect in immediate recall: A synthesis in reply to Service. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 53, 666-670.
- Cowan, N., Saults, J. S., Elliott, E. M. & Moreno, M. V. (2002). Deconfounding serial recall. *Journal of Memory and Language*, 46, 153-177.
- de Bruijn, D., de Mul, S. & van Oostendorp, H. (1992). The influence of screen size and text layout on the study of text. *Behaviour & Information Technology*, 11, 71-78.

- Duff, S. C. (2000). What's working in working memory: A role for the central executive. *Scandinavian Journal of Psychology, 41*, 9-16.
- Farmer, E. W., Berman, J. V. & Fletcher, Y. (1986). Evidence for a visuo-spatial scratch-pad in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 38*, 675-688.
- Farrand, P., Parmentier, F. B. R. & Jones, D. M. (2001). Temporal-spatial memory: Retrieval of spatial information does not reduce recency. *Acta Psychologica, 106*, 285-301.
- Fisher, M. H. (2000). Probing spatial working memory with the Corsi blocks task. *Brain and Cognition, 45*, 143-154.
- Fisk, J. E. & Sharp, C. A. (2003). The role of the executive system in visuo-spatial memory functioning. *Brain and Cognition, 52*, 364-381.
- Fournet, N., Juphard, A., Monnier, C. & Roulin, J-L. (2003). Phonological similarity in free and serial recall: The effect of increasing retention intervals. *International Journal of Psychology, 38*, 384-389.
- Frankish, C. (1985). Modality-specific grouping effects in short-term memory. *Journal of Memory & Language, 24*, 200-209.
- Garden, S., Cornoldi, C. & Logie, R. H. (2002). Visuo-spatial working memory in navigation. *Applied Cognitive Psychology, 16*, 35-50.
- Gathercole, S. E. (1994). Neuropsychology and working memory: A review. *Neuropsychology, 8*, 494-505.
- Gyselinck, V., Cornoldi, C., Dubois, V., De Beni, R. & Ehrlich, M-F. (2002). Visuospatial memory and phonological loop in learning from multimedia. *Applied Cognitive Psychology, 16*, 665-685.

Gyselinck, V., Ehrlich, M-F., Cornoldi, C., De Beni, R. & Dubois, V. (2000). Visuospatial working memory in learning from multimedia systems. *Journal of Computer Assisted Learning, 16*, 166-176.

Haarmann, H. & Usher, M. (2001). Maintenance of semantic information in capacity-limited item short-term memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 8*, 568-578.

Henson, R. N. A (1998). Short-term memory for serial order: The Start-End Model. *Cognitive Psychology, 36*, 73-137.

Henson, R. N. A., Norris, D. G., Page, M. P. A. & Baddeley, A. D. (1996). Unchained memory: Error patterns rule out chaining models of immediate serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 49*, 80-115.

Hulme, C., Maughan, S. & Brown, G. D. A. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words: Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language, 30*, 685-701.

Jones, D., Farrand, P., Stuart, G. & Morris, N. (1995). Functional equivalence of verbal and spatial information in serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 21*, 1008-1018.

Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W. & Engle, R. (2004). The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*, 189-217.

Kessels, R. P. C., van Zandvoort, M. J. E., Postma, A., Kappelle, L. J. & de Haan, E. H. F. (2000). The Corsi block-tapping task: Standardization and normative data. *Applied Neuropsychology, 7*, 252-258.

Klauer, K. C. & Stegmaier, R. (1997). Interference in immediate spatial memory: Shifts of spatial attention or central-executive involvement? *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 50*, 79-99.

Kruey, P., Sciamia, S. C. & Glenberg, A. M. (1994). On-line processing of textual illustrations on the visuospatial sketchpad: Evidence from dual-task studies. *Memory & Cognition*, 22, 261-272.

Lewandowsky, S. & Murdock, B. B. (1989). Memory for serial order. *Psychological Review*, 96, 25-57.

Logie, R. H. (1995) Visuo-spatial working memory. Hove, Iso-Britannia: Erlbaum.

Logie, R. H., Della Salla, S., Wynn, V. & Baddeley, A. D. (2000). Visual similarity effects in immediate verbal serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 53, 626-646.

Loisy, C. & Roulin, J-L. (2003). Multiple short-term storage: A task to evaluate the coordination function of the central executive. *International Journal of Psychology*, 38, 1-10.

Longoni, A. M., Richardson, A. T. E. & Aiello, A. (1993). Articulatory rehearsal and phonological storage in working memory. *Memory & Cognition*, 21, 11-21.

McConnell, J. & Quinn, J. G. (2000). Interference in visual working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 53, 53-67.

Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*, 27, 272-277.

Miyake, A. & Friedman, N. P. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex 'frontal lobe' tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.

Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P. & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 621-640.

Morris, N. (1987). Exploring the visuo-spatial scratch pad. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 39, 409-430.

Morris, N. & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, 81, 111-121.

Mueller, S. T., Seymour, T. L., Kieras, D. E. & Meyer, D. E. (2003). Theoretical implications of articulatory duration, phonological similarity, and phonological complexity in verbal working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 1353-1380.

Murdock, B. B. (1995). Developing TODAM: Three models for serial-order information. *Memory & Cognition*, 23, 631-645.

Nairne, J. S. (1990). A feature model of immediate memory. *Memory & Cognition*, 18, 251-269.

Neath, I. (1993). Contextual and distinctive processes and the serial position function. *Journal of Memory and Language*, 32, 820-840.

Oberauer, K. (2003). Understanding serial position curves in short-term recognition and recall. *Journal of Memory and Language*, 49, 469-483.

Page, M. P. A. & Norris, D. (1998). The primacy model: A new model of immediate serial recall. *Psychological Review*, 105, 761-781.

Parmentier, F. B. R. & Jones, D. (2000). Functional characteristics of auditory temporal-spatial short-term memory: Evidence from serial order errors. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 222-238.

Pazzaglia, F. & Cornoldi, C. (1999). The role of distinct components of visuo-spatial working memory in the processing of texts. *Memory*, 7, 19-41.

- Pickering, S. J., Gathercole, S. E., Hall, M. & Lloyd, S. A. (2001). Development of memory for pattern and path: Further evidence for the fractionation of visuo-spatial memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 54, 397-420.
- Rouder, J. N. & Gomez, P. (2001). Modelling serial position curves with temporal distinctiveness. *Memory*, 9, 301-311.
- Saariluoma, P. (1990) Taitavan ajattelun psykologia. 3. Painos. Kustannusosakeyhtiö Otavan Painolaitokset: Keuruu.
- Salamé, P. & Baddeley, A. D. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 21, 150-164.
- Saukkonen, P., Haipus, M., Niemikorpi, A. & Sulkala, H. (1979) Suomen kielen taajuussananasto. Porvoo – Helsinki – Juva: Verner Söderström Osakeyhtiö.
- Service, E. (1998). The effect of word length on immediate serial recall depends on phonological complexity, not articulatory duration. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 51, 283-304.
- Service, E. (2000). Phonological complexity and word duration in immediate recall: Different paradigms answer different questions. A comment on Cowan, Nugent, Elliot and Geer. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 53, 661-665.
- Smirni, P., Villadrita, C., & Zappala, G. (1983). Influence of different paths on spatial memory performance in the block-tapping test. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 5, 355-359.
- Smith, E. E. & Jonides, J. (1997). Working memory: A view from neuroimaging. *Cognitive Psychology*, 33, 5-42.

Smyth, M. M. (1996). Interference with rehearsal in spatial working memory in the absence of eye movements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 49, 940-949.

Smyth, M. M., Pearson, N. A. & Pendleton, L. R. (1988). Movements and working memory: Patterns and positions in space. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 40, 497-514.

Smyth, M. M. & Pendleton, L. R. (1990). Space and movement in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 42, 291-304.

Smyth, M. M. & Scholey, K. A. (1992). Determining spatial span: The role of movement time and articulation rate. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 45, 479-501.

Smyth, M. M. & Scholey, K. A. (1994a). Interference in immediate spatial memory. *Memory & Cognition*, 22, 1-13.

Smyth, M. M. & Scholey, K. A. (1994b). Characteristics of spatial memory span: Is there an analogy to the word length effect, based on movement time? *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 47, 91-117.

Smyth, M. M. & Scholey, K. A. (1996). Serial order in spatial immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 49, 159-177.

Tardieu, H. & Gyselinck, V. (2003). Working Memory constraints in the integration and comprehension of information in a multimedia context. Teoksessa H. van Oostendorp (Toim.), *Cognition in a digital world*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Vandierendonck, A., De Vooght, G. & Van der Goten, K. (1998). Does random time interval generation interfere with working memory executive functions? *European Journal of Cognitive Psychology*, 10, 413-442.

Vandierendonck, A., Kemps, E., Fastame, M. C. & Szmalec, A. (2004). Working memory components of the Corsi blocks task. *British Journal of Psychology*, 95, 57-79.

Vecchi, T., Monticelli, M. L. & Cornoldi, C. (1995). Visuo-spatial working memory: Structure and variables affecting a capacity measure. *Neuropsychologia*, 33, 1549-1564.