

Kuviosujuvuus kaksoistehtäväinterferenssin ja työmuistikuormituksen
arviointimenetelmänä

Milla Katriina Vestvik

Pro gradu -tutkielma

Psykologian ja logopedian osasto

Lääketieteellinen tiedekunta

Joulukuu 2018

Ohjaajat: Pekka Rapeli ja
Sanna Koskinen



Tiedekunta/Osasto Lääketieteellinen tiedekunta / Psykologian ja logopedian osasto		Laitos
Tekijä Milla Katriina Vestvik		
Työn nimi Kuviosujuvuus kaksoistehtäväinterferenssin ja työmuistikuormituksen arviointimenetelmänä		
Oppiaine Psykologia		
Työn laji Pro gradu -tutkielma	Aika Joulukuu 2018	Sivumäärä 32
Tiivistelmä <p>Tarkkaavuuden jakaminen kahden osittain samoja tiedonkäsittelyn resursseja vaativan tehtävän välillä voidaan kokea haastavana niiden toisiaan häiritsevistä vaikutuksesta johtuen. Tämän niin kutsutun kaksoistehtäväinterferenssin ajatellaan syntyvän työmuistin kuormittumisesta, ja kaksoistehtäväparadigma onkin yleinen viitekehys työmuistitutkimuksessa. Tässä tutkielmassa tarkasteltiin kuviosujuvuustehtävän soveltuvuutta osaksi kaksoistehtävää. Tehtäväsuoriutumisen oletettiin heikkenevän, kun kuviosujuvuustehtävää tuli suorittaa samanaikaisesti toisen tehtävän kanssa. Tämän lisäksi tutkielmassa kartoitettiin kuvio- ja verbisujuvuustehtävien sekä prospektiivisen ajan arvioinnin yhtenevyysvaliditeettia vertailemalla näitä tehtäviä muihin kognitiivisiin arviointimenetelmiin. Oletuksena oli, että tehtävät korreloivat kohtalaisesti näiden menetelmien kanssa.</p> <p>Tutkielman otos koostui 29 vapaaehtoisesta suomenkielisestä yliopisto-opiskelijasta, jotka suorittivat kognitiivisten tehtävien sarjan. Kaksoistehtävinä toimivat kuviosujuvuus yhdessä verbisujuvuustehtävän kanssa ja kuviosujuvuus yhdessä prospektiivisen ajan arviointitehtävän kanssa. Kiinnostuksen kohteena olevien tehtävien lisäksi sarja sisälsi kielellisen sujuvuuden, prosessointinopeuden, kielellisen työmuistin, tarkkaavuuden sekä toiminnanohjauksen sujuvuuden arviointimenetelmiä.</p> <p>Kaksoistehtäväinterferenssin aiheuttama suoriutumisen heikkeneminen voitiin havaita kummasakin kaksoistehtävässä ja kussakin niiden osatehtävissä, mikä vastasi tutkielman oletuksia. Kuviosujuvuustehtävän osalta suurin häirintävaikutus voitiin havaita kuvioden piirtämistä ja verbien luettelemista yhdistelevässä kaksoistehtävässä. Tässä tehtävässä suoriutumisen heikkeneminen voitiin nähdä selkeämpänä kuvioden piirtämisessä kuin verbien luettelemisessä. Yhtenevyysvaliditeetin osalta ainoastaan verbisujuvuustehtävän havaittiin olevan yhteydessä kielelliseen sujuvuuteen, kielellisen työmuistiin ja prosessointinopeuteen. Tulosten perusteella voidaan ajatella, että kuviosujuvuustehtävä osana kaksoistehtävää on hyödyllinen työkalu kaksoistehtäväinterferenssin ja työmuistikuormituksen ilmentämisessä.</p>		
Avainsanat Kuviosujuvuus, kaksoistehtäväparadigma, interferenssi, työmuisti		
Säilytyspaikka Helsingin yliopisto – Helda / E-thesis (opinnäytteet), <i>ethesis.helsinki.fi</i>		
Muita tietoja		



Faculty Faculty of Medicine / Department of Psychology and Logopedics		Department
Author <u>Milla</u> Katriina Vestvik		
Title Figural fluency as a measure of dual-task interference and working memory load		
Subject Psychology		
Level Master's Thesis	Month and year December 2018	Number of pages 32
Abstract <p>Dividing attention between two tasks can be challenging due to interference between the concurrent tasks. This dual-task interference is proposed to stem from working memory load, and thus dual-task paradigm is a widely used framework in working memory research. The present thesis aimed to investigate the suitability of figural fluency task as part of a dual-task. It was hypothesized that performance would decline when figural fluency task was performed together with another task. In addition, the convergent validity of figural and action (verb) fluency and prospective time estimation were examined through their connections with other cognitive measures. It was hypothesized that the tasks would correlate moderately with these measures.</p> <p>The sample consisted of 29 Finnish-speaking university students who volunteered to complete a series of cognitive tasks including two dual-tasks: figural fluency with action fluency and with time estimation, separately. In addition, tasks measuring verbal fluency, processing speed, verbal working memory, attention and the fluency of executive functions were administered.</p> <p>As was hypothesized, dual-task interference could be observed in both dual-tasks and in each dual-task subtask. Dual-task decrement in figural fluency was largest when performed together with action fluency. In addition, dual-task decrement was found to be more pronounced in figural fluency than in action fluency when performed together. Action fluency was the only test directly associated with measures of verbal fluency, verbal working memory and processing speed. According to the results, figural fluency as a dual-task subtask can be seen as a useful method in demonstrating dual-task interference and working memory load.</p>		
Keywords Figural fluency, dual-task paradigm, interference, working memory		
Where deposited University of Helsinki – Helda / E-thesis (dissertations), <i>ethesis.helsinki.fi</i>		
Additional information		

Sisällys

1 Johdanto	1
1.1 Työmuisti ja kaksoistehtäväinterferenssi	1
1.2 Sujuvuustehtävät neuropsykologisina menetelminä	4
1.2.1 <i>Verbisujuvuus</i>	6
1.2.2 <i>Kuviosujuvuus</i>	7
1.2.3 <i>Sujuvuustehtävät kaksoistehtävinä</i>	8
1.3 Ajan arviointi osana kaksoistehtävää	9
1.4 Tutkimuksen tavoitteet.....	11
2 Menetelmät	14
2.1 Koehenkilöt	14
2.2 Arviointimenetelmät.....	14
2.2.1 <i>Kuvio- ja verbisujuvuustehtävät</i>	14
2.2.2 <i>Ajan arviointi</i>	15
2.2.3 <i>Kaksoistehtävät</i>	15
2.2.4 <i>Muut kognitiiviset tehtävät</i>	16
2.3 Tutkimuksen kulku.....	17
2.4 Tilastolliset menetelmät	18
3 Tulokset	21
3.1 Demografiset tekijät ja perustunnusluvut.....	21
3.2 Interferenssi kaksoistehtävissä	21
3.3 Yhtenevyysvaliditeetti.....	24
4 Pohdinta	25
4.1 Kaksoistehtäväinterferenssi.....	26
4.2 Tehtävien yhteydet muihin kognitiivisiin toimintoihin.....	28
4.3 Tutkielman rajoitukset ja suositukset jatkotutkimukselle	29
4.4 Johtopäätökset	32
Lähteet	33
Liitteet	42
Liite 1. Ikäryhmitetyt yksittäisten kuviosujuvuustehtävien persentiilit	42
Liite 2. Ikäryhmitetyt kuviosujuvuustehtävien persentiilit kaksoistehtävissä.....	44
Liite 3. Ikäryhmitetyt verbisujuvuustehtävien persentiilit	46
Liite 4. Ikäryhmitetyt aika-arvioiden persentiilit	48

1 Johdanto

Tarkkaavuudella tarkoitetaan kykyä keskittää huomiota johonkin kohteeseen, ja tarkkaavuus on ikään kuin valokeila, johon tiedonkäsittelyn resurssit kohdistetaan kullakin hetkellä. Työmuisti käsittää tiedon väliaikaisen mielessä pitämisen lyhytkestoisessa muistissa, ja työmuistissa prosessointi tapahtuu aina tarkkaavuuden valokeilassa (Baddeley, 2003; 2012). Sekä tarkkaavuuden että työmuistin resurssit ovat rajalliset (Cowan, 2010). Kahden tai useamman tehtävän samanaikainen suorittaminen arkielämässä on hyvin yleistä ja useimmissa tapauksissa se koetaan vaivattomaksi etenkin, jos tehtävät poikkeavat toisistaan (Pashler, 1994). Kahden laadullisesti erilaisen toiminnan samanaikaisuus voi kuitenkin tuottaa joskus haasteita: on esimerkiksi helpompaa käydä keskustelua ystävän kanssa kävelylenkillä hiljaisella metsäpolulla kuin auton ratissa vilkkaassa liikenteessä.

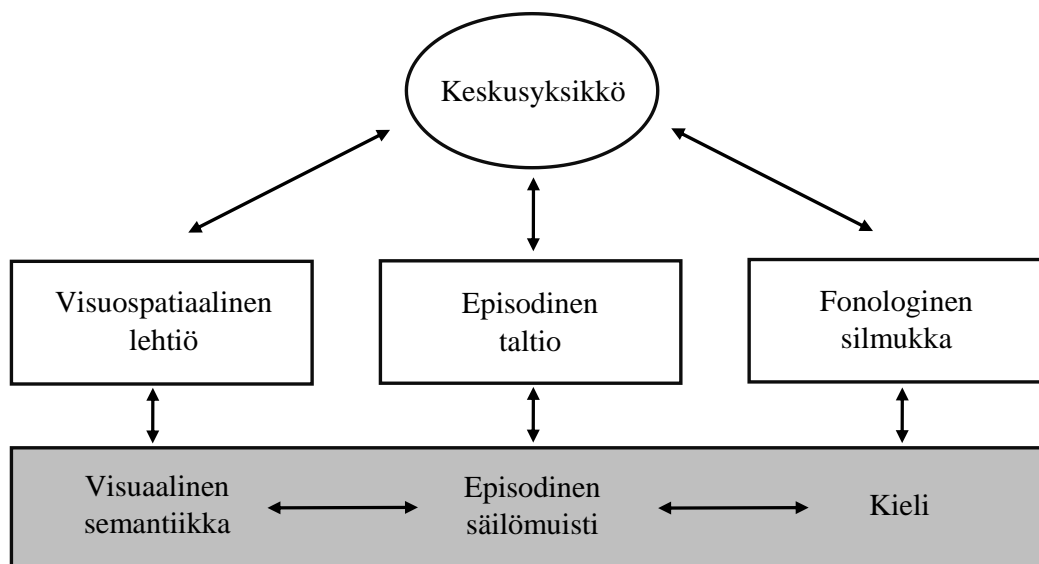
Tarkkaavuuden jakamisen vaikeuden lähtökohtana on ajateltu olevan kahden tehtävän toisiaan häiritsevä vaikutus eli kaksoistehtäväinterferenssi (engl. *dual-task interference*, Kahneman, 1973; Pashler, 1994). Ilmiötä on tutkittu kokeellisesti muun muassa kaksoistehtävillä, joissa kahden tehtävän samanaikaiseen suorittamiseen vaaditaan usein osittain päällekkäisten tiedonkäsittelyn resurssien hyödyntämistä, kuten tarkkaavuutta ja työmuistia (esim. Baddeley, Sala, Papagno & Spinnler, 1997; Han & Marois, 2013; Rende, Ramsberger & Miyake, 2002). Kaksoistehtävien haastavuuden on arveltu johtuvan etenkin työmuistin rajallisuudesta (Baddeley, 1996; Cooper, Wutke & Davelaar, 2012). Myös toiminnanohjauksen sujuvuus eli tiedonkäsittelyn osatekijöiden sujuva koordinointi on olennaista kaksoistehtäväsuoriutumisen kannalta (Cooper ym., 2012). Tarkkaavuus- ja työmuistitoiminnot liitetäänkin usein toiminnanohjauksen käsitteen alle. Toiminnanohjauksen taitoja voidaan pyrkiä mittaamaan useilla erilaisilla menetelmillä, kuten esimerkiksi sujuvuustehtävillä. Tässä tutkielmassa tavoitteena on selvittää, miten sujuvuustehtävät ja etenkin kuviosujuvuus osana kaksoistehtävää voisivat havainnollistaa työmuistin kuormitusta.

1.1 Työmuisti ja kaksoistehtäväinterferenssi

Työmuistin käsitteellä viitataan tiedon aktiiviseen väliaikaiseen mielessä pitämiseen ja käsittelyyn, ja se voidaan pitkälti nähdä yhtenä yksilön päämääräsuuntautuneen toiminnan edellytyksistä (Cowan, 2010). Kuten muutkin tiedonkäsittelyn resurssit, on työmuistin kapasiteetti rajallinen. Yhtä kaikenkattavaa ajatusta kapasiteetin suuruudesta kuitenkin ei ole, vaan se voi vaihdella tilanteesta, mieleen painamisen strategiasta tai tarkkaavaisuuden kohdentamisesta riippuen (katsaus: Cowan, 2010). Lyhytkestoisessa muistissa voidaan eri arvioiden mukaan

aktiivisesti ylläpitää noin neljää erillistä informaatiokokonaisuutta (katsaus: Cowan, 2010; Cowan ym., 2005). Nämä voivat olla erimerkiksi yksittäisiä sanoja ja lukuja tai jopa kokonaisia lauseita ja lukujonoja, kuten puhelinnumeroita.

Työmuistimalleista tutkituin on alun perin Baddeleyn ja Hitchin (1974) kehittänyt työmuistin monikomponenttimalli, jossa työmuisti koostuu useasta erikoistuneesta alajärjestelmästä (ks. kuva 1). Työmuistin monikomponenttimallia on kehitetty vuosien mittaa (ks. Baddeley, 1986, 1996, 2000), ja tällä hetkellä työmuistin nähdään mallissa rakentuvan ensisijaisesti kuulonvaraista ja kielellistä informaatiota käsittelevästä fonologisesta silmukasta, ensisijaisesti visuaalista ja avaruudellista ainesta käsittelevästä visuospatiaalisesta lehtiöstä, tietoa työmuistin alajärjestelmistä yhdistävästä ja säilömuistiin välittävästä episodisesta taltiosta sekä alajärjestelmiä koordinoivasta keskusyksiköstä.



Kuva 1. Työmuistin monikomponenttimalli. Mukailtu lähteestä Baddeley (2000). Työmuistin keskusyksikkö koordinoi alajärjestelmistä tulevaa tietoa, jota episodinen taltio välittää lähimuistista säilömuistiin. Visuospatiaalisesta lehtiöstä kulkeutuu visuaalista ja spatiaalista tietoa visuaaliseen säilömuistiin ("visuaalinen semantiikka") ja fonologisesta silmukasta kuulonvaraista tietoa kielelliseen säilömuistiin ("kieli"). Episodisessa säilömuistissa säilytetään aikaan ja paikkaan sidonnaista tapahtumätietoa.

Fonologinen silmukka ja visuospatiaalinen lehtiö voivat toimia mallin mukaan itsenäisesti toisistaan riippumatta, mutta niiden on todettu jakavan jonkin verran yhteistä prosessointikapasiteettia (Morey & Cowan, 2004). Tällaisen jaetun prosessointikapasiteetin voisi selittää työmuistin keskusyksikkö, jonka ajatellaan vastaavan fonologisen silmukan ja visuospatiaalisen lehtiön käsittelemän informaation koordinaatiosta sekä tarkkaavuuden suuntaamisesta näiden

osaprosessien välillä (Baddeley, 1996). Työmuistin keskusyksikön määritelmä onkin muotoutunut kohti yleistä toiminnanohjauksen käsitettä muistuttavaa komponenttia.

Myös muita malleja on kehitetty työmuistitoimintojen käsitteellistämiseksi. Miyake ja työtoverit (esim. Miyake ym., 2000; Miyake, Friedman, Rettinger, Shah & Hegarty, 2001) ovat tutkineet työmuistia laajasti monikomponenttimallin alajärjestelmien näkökulmasta ja korostavat toiminnanohjauksellisten piirteiden merkitystä työmuistissa. Toinen maineikas malli, Cowanin (1988) sisäkkäisten prosessien malli, korostaa nimenomaan tarkkaavuuden tärkeyttä työmuistitoiminnoissa. Mallin mukaan työmuistissa käsiteltävä aines määräytyy sen perusteella, mihin kullakin ajan hetkellä kohdistetaan tarkkaavuutta.

Työmuistin keskusyksikön toimintaa on tutkittu paljon kliinisen potilastutkimuksen näkökulmasta, sillä toiminnanohjaus ja työmuistitoiminnot häiriintyvät herkästi neurodegeneratiivisissa sairauksissa, kuten Alzheimerin (Baddeley, Baddeley, Bucks & Wilcock, 2001; Coubarde ym., 2011; Sebastian, Menor & Elosua, 2006) ja Parkinsonin taudissa (Wu & Hallett, 2008), laajoissa aivovammoissa (Anderson & Knight, 2010) sekä erityisesti otsalohkojen ja niiden neuraalisten piirien vaurioissa (katsaus: Alvarez & Emory, 2006; Andriessen, Jacobs & Vos, 2010). Työmuistin arviointimenetelminä on hyödynnetty muun muassa ärsykesarjasta mieleen palautettavien yksiköiden, kuten sanalistan sanojen, lukumäärää tai kaksoistehtäväsuoriutumista (Heathcote ym., 2015). Kaksoistehtäväparadigmassa tutkittavan tulee suorittaa kahta tehtävää samanaikaisesti. Tällöin ollaan yleensä kiinnostuneita suoriutumisen muutoksesta kaksoistehtävän osatehtävissä, joista toinen on usein ensisijaisena tarkastelun kohteena ja toinen nähdään niin sanotusti ensimmäistä häiritsevänä tehtävänä. Kaksoistehtävien ajatellaan mittavan kykyä ylläpitää informaatiota työmuistissa sekä useamman samanaikaisesti käsiteltävän informaation työstämisen rajoja (Heathcote ym., 2015; Morey & Cowan, 2004).

Kaksoistehtäväinterferenssin vaikutus voi liittyä keskushermoston ärsykkeiden vastaanottamiseen kykenemättömän eli refraktorisen ajan (engl. *psychological refractory period*; Telford, 1931) käsitteeseen. Tilanteessa, jossa ihmiselle esitetään kaksi peräkkäistä ärsykettä, reagointi jälkimmäiseen ärsykkeeseen usein hidastuu sitä mukaa, mitä lähempänä toisiaan ärsykkeet ovat ajallisesti (Maslovat ym., 2013; Pashler, 1994). Refraktorisen ajan vaikutus liittyy kiinteästi niin kutsutun ”tarkkaavuuden pullonkaulan” (engl. *attentional bottleneck*) käsitteeseen, jonka mukaan tarkkaavuuden jakamisen rajallisuudesta johtuen kahden tehtävän samanaikaisesta käsittelystä tulee tahtomatta vuorottelevaa eli sarjallista (Pashler, 1994). Sarjallinen tiedonkäsittely ei kuitenkaan aina paranna useamman tehtävän samanaikaista suorittamista (Han

& Marois, 2013), joten vaikka tehtäviä suoritettaisiin osittain vuorotellen, voi interferenssin vaikutus näkyä silti kaksoistehtävän suorituksessa.

Työmuistin monikomponenttimallin viitekehystä tarkasteltuna kaksoistehtävän haastavuutta voidaan selittää kahdella tavalla. Ensinnäkin, jos kaksoistehtävän osatehtävistä molemmat vaativat tarkkaavuuden aktiivista kohdentamista, kuormittaa niiden samanaikainen suorittaminen työmuistin keskusyksikköä (Baddeley, 1996). Toisaalta, jos kaksi samanaikaista tehtävää hyödyntävät samoja aistimodalityetistä riippuvia kognitiivisia resursseja, kuormittavat ne silloin samaa aistispesifiä työmuistikomponenttia (Cooper ym., 2012; Fougne & Marois, 2011). Esimerkiksi kaksi kielellistä tehtävää kuormittavat monikomponenttimallin mukaan fonologista silmukkaa, minkä vuoksi niiden samanaikainen suorittaminen on haastavampaa kuin yksinään (ks. esim. Rende ym., 2002). Seurauksena kummassakin tapauksessa on heikompi tulos kaksoistehtävässä verrattuna yksittäistehtäväsuoriutumiseen.

Harva tehtävä kuitenkin työllistää puhtaasti vain toista työmuistin alajärjestelmistä: visuaalista ainesta on nimittäin mahdollista käsitellä kielellisesti, ja kielellistä informaatiota voidaan työstää visuaalisin keinoin (Cowan ym., 2005; Morey, Morey, van der Reijden & Holweg, 2013). Lisäksi erityisesti visuospatiaalisen informaation ylläpitämisen työmuistissa on havaittu vaikeutuvan kaksoistehtäväinterferenssistä johtuen, joten interferenssin vaikutus ei välttämättä ole yhtä suuri visuaalisessa ja kielellisessä työmuistisuorituksessa (Morey & Mall, 2012; Morey ym., 2013). Täten esimerkiksi keskusyksikön kuormituksen erottaminen saman aistimodalityetistä riippuvan alajärjestelmän kuormituksesta kaksoistehtävätutkimuksessa on haastavaa.

1.2 Sujuvuustehtävät neuropsykologisina menetelminä

Sujuvuustehtävät ovat useita eri kognitiivisia toimintoja mittaavia kliinisen potilastutkimuksen tehtäviä, joissa tutkittavan tulee tuottaa annetun aikarajan puitteissa mahdollisimman monta vastausta tietyn kategorian sisällä. Yleisin kliinisessä käytössä Suomessa oleva sujuvuustehtävätyyppi on sanasujuvuustehtävät, joissa tutkittavan tulee luetella yleensä noin minuutin ajan sanoja (Saunamäki & Jehkonen, 2015). Foneemisella sanasujuvuudella viitataan kykyyn luetella mahdollisimman nopeasti jollakin tietyllä kirjaimella alkavia sanoja (esim. s-kirjaimella alkavat sanat), kun taas semanttisella sanasujuvuudella viitataan kykyyn luetella mahdollisimman monta johonkin semanttiseen kategoriaan kuuluvia sanoja (esim. eläimet). Useimmiten vastauksista erotellaan hyväksytyt vastaukset virhevastauksista, jotka voivat olla joko saman

vastauksen toistamista eli perseveraatioita, muistiaineksesta kumpuavia ja sen hetkiseen tehtävänantoon sopimattomia vastauksia eli intruusioita tai muita sääntörikkomuksia.

Sujuvuustehtävät kuormittavat työmuistia ja toiminnanohjausta, sillä tuottaakseen nopeasti uusia vastauksia on yksilön kyettävä ensinnäkin operoimaan lyhytkestoisessa muistissa fonologista ja semanttista tietoa sekä olemaan toistamatta jo tuotettuja vastauksia (Pekkala, 2012; Rende ym., 2002). Tällaista työmuistin alajärjestelmistä saapuvan tiedon monitorointia kontrolloi työmuistin keskusyksikkö, ja sanasujuvuustehtävien onkin tutkittu olevan erityisesti työmuistin keskusyksikön toiminnan häiriöille sensitiivisiä (esim. Baddeley, 1996). Niiden on myös havaittu mittaavan tiedonkäsittelyn nopeutta (McDowd ym., 2011; Stolwyk, Bannirchelvam, Kraan & Simpson, 2015) ja kielellistä työmuistia (Stolwyk ym., 2015; Woods ym., 2005). Lisäksi tehtävillä voidaan mitata kielellisiä perustoimintoja, kuten yleistä kielellistä kyvykkyyttä ja sanojen mieleen palauttamista (Pekkala, 2012; Stolwyk ym., 2015; Whiteside ym., 2016).

Sanasujuvuuden on havaittu heikkenevän iän myötä sekä olevan sitä parempaa, mitä koulutuneempi ihminen on (Stokholm ym., 2013; Stolwyk ym., 2015; Tallberg, Ivachova, Jones Tinghag & Östberg, 2008). Löydökset iän ja koulutustason vaikutuksista suoriutumiseen ovat yleisiä kognitiivisten arviointimenetelmien tutkimuksessa, sillä lievää heikkenemistä tapahtuu iän myötä etenkin toiminnanohjauksessa, tarkkaavuudessa ja prosessointinopeudessa (katsaus: Morra, Zade, McGlinchey & Milberg, 2013).

Sanasujuvuustehtävät ovat sensitiivisiä neurodegeneratiivisissa sairauksissa esiintyvälle kognitiivisen tason laskulle. Alzheimerin ja Parkinsonin tautiin liittyvällä kognitiivisella heikentymällä on tutkimuksissa havaittu olevan negatiivinen vaikutus sanasujuvuustehtävissä suoriutumiseen (Davis ym., 2010; Jahanshahi, Obeso, Casabona & Bringas, 2012; McDowd ym., 2011). Usein suoriutumisen heikentyminen voidaan nähdä tuotettujen vastausten määrän vähenemisenä ja virheiden lisääntymisenä. Myös aivovammojen jälkitilat vaikeuttavat sanasujuvuustehtävissä suoriutumista (Fischer-baum, Miozzo & Laiacona, 2016; Strong, Tiesma & Donders, 2011), ja tarkkarajaisemmista vaurioista erityisesti otsalohkojen vauriot heikentävät sanasujuvuutta (Baldo, Shimamura, Delis, Kramer & Kaplan, 2001; Robinson, Shallice, Bozzali & Cipolotti, 2012).

Koska yksi toiminnanohjauksen taitoihin vahvasti liitetty aivojen osa on etuotsalohkot (katsaus: Alvarez & Emory, 2006), on sanasujuvuustehtävienkin ajateltu olevan erityisesti toiminnanohjauksen taitoja mittaavia tehtäviä. Nykytiedon valossa näkemys sujuvuustehtävistä

niin kutsuttuina ”otsalohkotehtävinä” voi kuitenkin olla rajoittunut, sillä esimerkiksi etuotsalohkojen aivoaktivaation ulkoisella häirinnällä transkraniaalisen magneetti- (engl. *transcranial magnetic stimulator*, TMS) tai tasavirtastimulaation (engl. *transcranial direct current stimulation*, TDCS) avulla ei ole voitu todeta olevan vaikutusta sujuvuustehtävissä suoriutumiseen (Ghanavati, Nejati & Salehinejad, 2018; Schaller ym., 2013).

1.2.1 Verbisujuvuus

Yksi sanasujuvuustehtävätyyppi on verbisujuvuustehtävä, jossa tutkittavan tulee usein minuutin ajan luetella toimintaa kuvaavia verbejä (Piatt ym., 1999a; Piatt, Fields, Paolo & Tro, 1999b). Verbisujuvuuden on tutkittu olevan yhteydessä kognitiivisen joustavuuteen, prosessointinopeuteen ja kielelliseen työmuistiin (Piatt ym., 1999b; Woods ym., 2005), joten kognitiivisen suoriutumisen mittarina se kattaa muiden sanasujuvuustehtävien kanssa pitkälti päällekkäisiä toimintoja. Verbisujuvuus on yhteydessä muihin sanasujuvuustehtäviin ja etenkin foneemiseen sanasujuvuuteen, mutta muista sanasujuvuustehtävistä poiketen verbisujuvuustehtävän ja iän välillä ei ole havaittu negatiivista yhteyttä (Piatt ym., 1999b; Stockholm ym., 2013; Woods ym., 2005). Verbisujuvuustehtävässä tuotettujen sanojen lukumäärän on havaittu olevan ajallisesti melko stabiili: oppimisvaikutuksia ei ole havaittu hyväksytyissä vastauksissa tai virhevastauksissa ainakaan noin yhden vuoden seurannassa (Woods ym., 2005).

Verbisujuvuustehtävät ovat sensitiivisiä neurodegeneratiivisissa sairauksissa esiintyville aivojen rakenteellisille muutoksille. Niiden on todettu heijastavan etenkin otsalohkojen ja tyvitumakkeiden välisten yhteyksien vaurioitumisen vaikutuksia kognitiivisen suoriutumiseen, jota ilmenee Parkinsonin taudissa (Davis ym., 2010; McDowd ym., 2011; Piatt ym., 1999a; Signorini & Volpato, 2006). Ongelmat verbisujuvuudessa saattavat myös tavoittaa ensimmäisiä merkkejä Parkinsonin taudille tyypillisestä frontaalisten ja subkortikaalisten aivoalueiden välisten yhteyksien vaurioitumisesta (Piatt ym., 1999a; Signorini & Volpato, 2006). Verbisujuvuudessa suoriutumisen on havaittu ainakin yhdessä tutkimuksessa olevan yhteydessä myös vähentyneeseen veren virtaukseen ohimolohkoissa Alzheimerin taudin potilailla (Östberg ym., 2007), mikä voi artikkelin kirjoittajien mukaan liittyä hippokampuksen toimintaan ja aktiivisen muistista haun prosesseihin, jota tarvitaan verbien tuottamisessa.

1.2.2 Kuviosujuvuus

Toiminnanohjauksen taitojen kartoituksessa on mielekästä hyödyntää myös tehtäviä, jotka eivät vaadi kielellistä ilmaisua. Yksi tällainen ei-kielellinen sujuvuustehtävätyyppi on kuviosujuvuustehtävä, joka on kehitetty sanasujuvuustehtävien ei-kielelliseksi vastineeksi. Kuviosujuvuudella tarkoitetaan visuaalisten kuvioiden tuottamisen sujuvuutta, ja kuviosujuvuustehtävässä tutkittavan tulee piirtämällä tuottaa annetun aikarajan puitteissa mahdollisimman monta erilaista kuviota. Yksi ensimmäisistä kuviosujuvuustehtävistä on esitetty Jones-Gotmanin ja Milnerin (1977) aivovauriopotilaiden suoriutumista kartoittavassa tutkimuksessa, jossa tutkittavien tuli piirtää erilaisia kuvioita joko vapaasti tai rajattuna neljään kynänvetoon. Myöhemmin kehitettyjä kuviosujuvuuden tehtäviä ovat viiden pisteen testi (engl. *The Five-Point Test*, FPT; Regard, Strauss & Knapp, 1982), Ruffin kuviosujuvuustehtävä (engl. *Ruff Figural Fluency Test*, RFFT; Ruff, 1988) sekä D-KEFS-testistön kuviosujuvuustehtävä (engl. *Delis-Kaplan Executive Function System*; Delis, Kaplan & Kramer, 2001). Näissä tutkittavalle esitetään viiden pisteen rykelmiä, joissa kuvioita muodostetaan yhdistämällä pisteitä viivoilla.

Kuviosujuvuustehtäväsuoriutuminen on yhteydessä sanasujuvuuteen (Tucha ym., 2012), ja niinpä senkin arvioitu mittaavan etenkin prosessointinopeutta ja tiedonkäsittelyn joustavuutta (Goebel ym., 2009; Tucha ym., 2012). Kuviosujuvuustehtävissä iän ja koulutustason vaikutus hyväksytyjen kuvioiden lukumäärään on samansuuntainen kuin muissakin sujuvuustehtävissä (Fernandez ym., 2009; Goebel ym., 2009; Izaks, Joosten, Koerts, Gansevoort & Slaets, 2011; Tucha ym., 2012). Iän kasvaessa myös perseveraatiovirheet kasvavat (Fernandez ym., 2009; Goebel ym., 2009). Toisin kuin verbisujuvuustehtävässä, kuviosujuvuustehtävissä iän merkitys suoriutumiselle on siis perusteltua huomioida.

Kuviosujuvuustehtävistä FPT:n sisäisen ja arvioitsijoiden välisen yhdenmukaisuuden on arvioitu olevan hyviä (Goebel ym., 2009; Tucha ym., 2012). FPT:n ajallinen stabiliteetti kahden testikerran välillä on arvioitu vähintään tyydyttäväksi hyväksytyjen vastausten osalta (Fernandez ym., 2009; Goebel ym., 2009; Tucha ym., 2012), kun taas perseveraatiovirheiden stabiliteetin on havaittu olevan hyväksytyjä vastauksia alhaisempi (Fernandez ym., 2009). Suoriutumisessa voidaan havaita pieniä oppimisvaikutuksia kahden testikerran aikavälin vaihdellussa muutamasta viikosta muutamaaan kuukauteen, eli kuvioita tuotetaan usein hieman enemmän toisella kuin ensimmäisellä arviointikerralla (Fernandez ym., 2009; Goebel ym., 2009; Tucha ym., 2012).

Kuviosujuvuustehtävät ovat sanasujuvuustehtävien tavoin sensitiivisiä tarkkarajaisille otsalohkojen vaurioille (Robinson ym., 2012) sekä otsa-ohimolohkorappeumissa ja Parkinsonin taudissa havaittavalle kognitiiviselle heikentymälle (Possin ym., 2012; Tucha ym., 2012). Näiden vaikutus voidaan havaita joko tuotettujen kuvioiden määrän vähenemisenä tai perseveraatiovirheiden lisääntymisenä. Kuviosujuvuustehtävissä suoriutuminen siis vaatii sanasujuvuustehtävien tavoin aivojen frontaalisten piirien ja toiminnanohjauksen taitojen eheyttä. Lisäksi tehtävän visuokonstruktiivisesta luonteesta johtuen kuviosujuvuustehtävillä on kohtalainen yhteys visuaaliseen hahmottamiseen sekä visuaaliseen työ- ja lyhytkestoiseen muistiin (Robinson ym., 2012; Tucha ym., 2012).

1.2.3 *Sujuvuustehtävät kaksoistehtävinä*

Sanasujuvuustehtäviä on hyödynnetty jonkin verran kaksoistehtävätutkimuksessa (Baddeley, Emslie, Kolodny & Duncan, 1998; Costa ym., 2014; Rende ym., 2002), ja interferenssin vaikutus sanasujuvuustehtävissä suoriutumiseen voi riippua muun muassa käsiteltävän informaation aistimodaliteetista. Rende ja työtoverit (2002) havaitsivat, että lukujen ääneen luettelemisen artikulatorisen häirinnän (engl. *articulatory suppression*) tehtävänä vähentää sanojen tuottamista erityisesti foneemisen sanasujuvuuden tehtävässä. Toisin sanoen foneeminen sanasujuvuus ja lukujen ääneen luetteleminen luultavasti kuormittavat työmuistin fonologista silmukkaa. Sen sijaan visuospatiaalisen tehtävän on todettu heikentävän tuotteliaisuutta etenkin semanttisen sujuvuuden tehtävässä (Rende ym., 2002). Vaikka semanttisen sanasujuvuus kielellisenä tehtävänä oletettavasti kuormittaa fonologista silmukkaa, voi semanttinen muistista haku tapahtua myös visuaalisin keinoin. Täten se yhdessä visuospatiaalisen tehtävän kanssa voi kuormittaa myös visuospatiaalista lehtiötä (Rende ym., 2002).

Keskusyksikön kuormituksella ajatellaan usein olevan vaikutus kaksoistehtäväinterferenssin ilmenemiseen sujuvuustehtävissä. Esimerkiksi satunnaisten lukusarjojen mekaanisen tuottamisen numeronäppäimistöllä on havaittu vaikeutuvan, jos samanaikaisesti suoritetaan semanttisen sanasujuvuuden tehtävää (Baddeley, Emslie, Kolodny & Duncan, 1998). Kummassakin tehtävässä olennaista on aikaisempien vastausten inhibointi, joka liittyy kiinteästi työmuistin keskusyksikön toimintaan (Baddeley ym., 1998). Keskusyksikön ajatellaan vastaavan myös toimintamallin joustavasta muuttamisesta (engl. *set-shifting*). Niinpä myöskin samanaikaisen laskutehtävän, jossa tulee vuorotella kahden eri laskuoperaation välillä, on havaittu vaikeuttavan sanasujuvuustehtävässä suoriutumista (Rende ym., 2002).

Tutkimusta kahta erilaista sujuvuustehtävää yhdisteleivistä kaksoistehtävistä on vielä tois-
taiseksi vähän. Sisäisen toimintamallin muuttamista on kuitenkin tarkasteltu sellaisten sanasu-
juvuustehtävien avulla, joissa tutkittavan tulee vuorotella kahden kategorian sanojen välillä.
Foneemisen ja semanttisen kategorian vastausten välillä vuorottelemisen on havaittu olevan
yhden kategorian sanasujuvuustehtävää haastavampaa (Costa ym., 2014), ja parempi suoriutu-
minen tällaisessa tehtävässä on yhteydessä tehokkaampaan toiminnanohjauksen sujuvuuteen
(de Paula, de Castro Paiva & de Souza Costa, 2015).

Yksi kuvio- ja sanasujuvuustehtäviä kaksoistehtävänä hyödyntävä suomalainen tutkimus on
havainnollistanut, että foneemisen sanasujuvuustehtävän tulos heikkenee vasemman aivopuo-
liskon ja etenkin sen etuosien vaurioissa, jos tehtävää suoritetaan yhdessä kuviosujuvuustehtä-
vän kanssa (Vilkki, Levänen & Servo, 2002). Myös tuotteliaisuus kuviosujuvuustehtävässä
heikkenee kaksoistehtäväinterferenssin vaikutuksesta, mutta vaurion sijainnilla ei vaikuttaisi
olevan selkeää vaikutusta tähän (Vilkki ym., 2002). Tulokset eivät tukeneet kirjoittajien aja-
tusta tällaisten kaksoistehtävien spesifisyydestä tarkkarajaisille otsalohkovaurioille, mutta laa-
jemmissa aivojen etuosien vaurioissa vaikutukset saattaisivat olla voimakkaammat (ks.
Anderson & Knight, 2010). Nämä ja ylempänä eriteltyt tutkimustulokset antavat osviittaa su-
juvuustehtävien sopivuudesta osaksi kaksoistehtävää.

1.3 Ajan arviointi osana kaksoistehtävää

Työmuistia ja tarkkaavuutta tarvitaan myös tilanteissa, joissa tulee arvioida johonkin tapahtu-
maan kuluvaa aikaa tarkasti. Autoilijan on esimerkiksi kyettävä arvioimaan, kuinka pitkä aika
tarvitaan auton vauhdin kiihdyttämiseksi tavoitenopeuteen, jotta ruuhkaiselle moottoritielelle
voidaan liittyä sujuvasti aiheuttamatta vaaratilanteita. Ajan arvioimisen psykologisia mekanis-
meja on havainnollistettu malleilla, joista useimmat perustuvat ajatukseen niin kutsutusta si-
säisestä kellosta. Esimerkiksi skalaarisen ajan arviointiteorian (engl. *Scalar Timing Theory tai*
Scalar Expectancy Theory; Gibbon, Church & Meck, 1984) mukaan ihmisellä on olemassa
fysiologinen, sykäyksiä tuottava ajallinen tahdistin, jonka sykäyksiä laskee sisäinen laskuri.
Mallissa työmuistitoiminnot mahdollistavat käsillä olevan aika-arvion vertailun pitkäaikais-
muistissa säilöttyihin kokemuksiin ajan kulusta.

Arkielämässä aika-arviot tapahtuvat usein intuitiivisesti toisen tehtävän, kuten edellisessä esi-
merkissä autolla ajon, rinnalla. Automaattisesta luonteestaan huolimatta arviot voivat herkästi
vääristyä tarkkaavuuden ja työmuistin kuormituksen vaikutuksesta (Taatgen & Anderson,

2007). Tarkkaavuuden porttimallit (engl. *attentional-gate models*; Zakay & Block, 1996) oletavatkin, että jos tarkkaavuus on kohdistettu pois sisäisen kellon tahdistimesta, ei arvio sykäyksien lukumäärästä päivity, ja syntyvä aika-arvio on todelliseen ajan kulumiseen nähden pidempi. Lisäksi Block, Hancock ja Zakay (2010) ovat luoneet meta-analyysinsa pohjalta eksekutiivisen portin mallin, jonka mukaan ajan arviointiprosessia kontrolloisi työmuistin keskusyksikkö.

Aikajaksojen arviointi on laadultaan usein prospektiivista eli tulevan tapahtuman keston arvioimista. Kokeellisessa tutkimuksessa prospektiivisessä aika-arvion tuottamistehtävissä tutkittavan tulee kertoa, kun tietty ennalta määrätty aika (esim. 15 s) on kulunut. Tärkeä löydös tällöin on, osutaanko arviossa oikeaan vai onko kyseessä ali- tai yliarviointi kuluneesta ajasta. Arvio ajasta voi olla pidempi verrattuna ajan todelliseen kulumiseen, jolloin sisäinen kello tuottaa todellisuutta hitaampia sykäyksiä, tai lyhyempi, jolloin sisäinen kello tuottaa todellisuutta nopeampia sykäyksiä. Aika-arvioiden on havaittu olevan usein pidempiä todelliseen ajan kulumiseen verrattuna (Block & Zakay, 1997; Craik & Hay, 1999). Tämän lisäksi prospektiiviset arviot vaikuttaisivat olevan pidempiä mutta tarkempia kuin retrospektiiviset aika-arviot, joissa arvio perustuu muistikuvaan menneestä tapahtumasta ja joiden pituudessa saattaa esiintyä vaihtelua yksilöstä toiseen (meta-analyysi: Block & Zakay, 1997).

Prospektiivisen ajan arvioinnin on tutkittu korreloivan prosessointinopeuden ja työmuistin tehokkuuden kanssa siten, että mitä nopeammin yksilö suoriutuu aritmeettisista tehtävistä sekä mitä tehokkaammin hän pystyy suorittamaan useampaa tehtävää samanaikaisesti, sitä tarkempia ovat myös yksilön arviot tehtävään kuluvasta ajasta (Fink & Neubauer, 2005). Numeroiden hahmottamisen on havaittu riippuvan osittain spatiaalisista prosessoinnista siten, että suuret numerot hahmotetaan kehosta herkemmin oikealle kuin vasemmalle, kun taas pienet luvut hahmotetaan usein päinvastoin (nk. SNARC-efekti; Dehaene, Bossini & Giroux, 1993). Niinpä myös spatiaalisen ja ajan kulun hahmottamisen välillä on voitu havaita vastaavanlaisia yhtenevyyksiä (ks. esim. Conson, Cinque, Barbarulo & Trojano, 2008).

Kuten kognitiivisissa toiminnoissa yleensä, myös aika-arvioiden tarkkuuteen vaikuttaa ikä (Baudouin, Isingrini & Vanneste, 2018; Block, Zakay & Hancock, 1998). Tutkimustulosten välillä on kuitenkin eroa siinä, tuottavatko iäkkäät ihmiset tavoiteaikaa pidempiä vai lyhyempiä arvioita verrattuna nuorempiin aikuisiin. Joidenkin tutkimustulosten perusteella prospektiiviset aika-arviot olisivat iäkkäillä pidempiä kuin heitä nuoremmilla (Craik & Hay, 1999), kun taas joidenkin tutkimusten perusteella ne olisivat nuorempia lyhyempiä (Baudouin ym., 2018;

Block ym., 1998; Vanneste, Baudouin, Bouazzaoui & Taconnat, 2016). Iän myötä ilmenevät epätarkkuudet aika-arvioissa selittyvät todennäköisimmin sujuvuustehtäväsuoriutumisen tavoin kognitiivisten toimintojen muutoksilla.

Kaksoistehtävätutkimusten perusteella prospektiiviset aika-arviot vaikuttaisivat olevan tarkempia yksinään arvioituna kuin erillisen tehtävän kanssa suoritettuna (meta-analyysi: Block ym., 2010; Fink & Neubauer, 2005). Osassa ajan arviointitutkimuksia prospektiivisten arvioiden on havaittu pitenevän, jos tarkkaavaisuus on kohdistettu muualle, kuten toiseen samanaikaiseen tehtävään (Brown, Collier & Night, 2013; Craik & Hay, 1999), kun taas toisissa niiden on todettu olevan pidempiä nimenomaan silloin, kun ajan kulumiseen voidaan keskittyä täydellisesti (meta-analyysi: Block & Zakay, 1997). Tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen sujuvuuden tärkeyttä aika-arvioiden tarkkuudessa havainnollistavat tulokset tarkkaavuuden ja ylivilkkauksen häiriön (engl. *attention deficit hyperactivity disorder*, ADHD) osalta. ADHD voi aiheuttaa sen, että ajan kulumisen koetaan pidempänä kuin se todellisuudessa on, mikä usein johtaa todellisuutta lyhyempiin arvioihin (katsaus: Noreika, Falter & Rubia, 2013). Koska prospektiivisen aika-arvion onnistuminen vaatii tarkkaavuuden kohdistamista ajan kulumiseen, voisi ajan arviointia hyödyntää osana kaksoistehtävää rajoittamalla toiseen tehtävään käytettäviä kognitiivisia resursseja ja tutkimalla tästä aiheutuvaa interferenssin vaikutusta suoriutumiseen.

1.4 Tutkimuksen tavoitteet

Kaksoistehtäväparadigma on laajasti käytetty viitekehys työmuistin tehokkuuden tutkimuksessa, mutta sujuvuustehtäviä on hyödynnetty osana kaksoistehtävää vain vähän. Lisäksi, vaikka sanasujuvuustehtävien onkin havaittu olevan sensitiivisiä monentyypisille aivosairauksille ja etenkin otsalohkovaurioille (Baldo ym., 2001; Ferreira, Coelho, Rosa & Castro-caldas, 2015; McDowd ym., 2011; Robinson ym., 2012), mittaavat ne kenties enemmän prosessointinopeutta kuin toiminnanohjausta tai työmuistin kuormitusta. Sen sijaan kaksoistehtävillä voitaisiin tutkia toiminnanohjauksen ja työmuistitoimintojen häiriöitä tehokkaammin niiden kuormittavuudesta johtuen. Tämän tutkielman tavoitteena on selvittää, miten työmuistitoimintoja voitaisiin parhaiten tutkia käytännössä hyödyntämällä kuviosujuvuustehtäviä kaksoistehtävissä.

Tässä tutkielmassa kaksoistehtävässä suoriutumista tarkastellaan kahden samanaikaisen tehtävän aiheuttaman interferenssin kautta. Kuviosujuvuustehtävä on valittu tutkielmassa erityisen

kiinnostuksen kohteeksi, sillä sanasujuvuustehtävien rinnalle on tärkeää kehittää myös sujuvuustehtäviä, jotka eivät vaadi kielellistä tuottamista. Kaksoistehtäviä on tutkielmassa kahdenlaisia: kuviosujuvuus yhdessä verbisujuvuustehtävän sekä kuviosujuvuus yhdessä ajan arviointitehtävän kanssa. Kaksoistehtäviin valittujen osatehtävien yhtenevyysvaliditeettia arvioidaan tarkastelemalla niiden yhteyttä prosessointinopeuden, kielellisen työmuistin, kielellisen sujuvuuden, tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen sujuvuuden mittareihin. Tutkimuskysymykset ja -hypoteesit ovat seuraavat:

1. Kuinka paljon suoriutuminen kuviosujuvuustehtävässä heikentyy, kun samalla tuotetaan verbejä tai arvioidaan aikaa prospektiivisesti?

Hypoteesina on, että kummassakin kaksoistehtävässä kuvioiden tuottaminen vaikeutuu kaksoistehtävän interferenssin vaikutuksesta, sillä osatehtävissä tarvitaan osittain samoja rajallisia resursseja, kuten työmuistin keskusyksikköä (Baddeley, 1996; Cooper ym., 2012; Cowan ym., 2014; Vilkki ym., 2002). Interferenssin vaikutuksen oletetaan ilmenevän tuotettujen kuvioiden määrän vähenemisenä verrattuna yksittäistehtäväsuoriutumiseen (Rende ym., 2002; Vilkki ym., 2002).

2. Kuinka paljon suoriutuminen verbisujuvuustehtävässä heikentyy, kun samalla tuotetaan kuvioita?

Hypoteesina on, että verbien tuottaminen vaikeutuu kaksoistehtävän interferenssin vaikutuksesta, sillä tehtävissä tarvitaan osittain samoja rajallisia resursseja, kuten työmuistin keskusyksikköä (Baddeley, 1996; Cooper ym., 2012; Cowan ym., 2014; Vilkki ym., 2002). Interferenssin vaikutuksen oletetaan ilmenevän tuotettujen verbien määrän vähenemisenä verrattuna yksittäistehtäväsuoriutumiseen (Rende ym., 2002; Vilkki ym., 2002).

3. Kuinka paljon suoriutuminen prospektiivisessä ajan arviointitehtävässä heikentyy, kun samalla tuotetaan kuvioita?

Hypoteesina on, että aika-arvioiden tuottaminen vaikeutuu interferenssin vaikutuksesta, sillä tehtävissä tarvitaan osittain samoja rajallisia resursseja, kuten työmuistin keskusyksikköä (Baddeley, 1996; Conson ym., 2008; Cooper ym., 2012; Cowan ym., 2014). Interferenssin vaikutuksen oletetaan ilmenevän epätarkempina aika-arvioina verrattuna yksittäistehtäväsuoriutumiseen (Block ym., 2010; Fink & Neubauer, 2005).

4. Minkälaisiin kognitiivisiin toimintoihin sujuvuustehtävät ja prospektiivinen ajan arviointi ovat yhteydessä?

Hypoteesina on, että kuvioiden, verbien ja prospektiivisten aika-arvioiden tuottamisen kanssa korreloivat kohtalaisesti kielellinen työmuisti, kielellinen sujuvuus, tarkkaavuus, prosessointinopeus ja toiminnanohjauksen sujuvuus aikaisempien tutkimuslöydösten mukaisesti (Fink & Neubauer, 2005; Goebel ym., 2009; Piatt ym., 1999b; Rende ym., 2002; Tucha ym., 2012; Woods ym., 2005).

2 Menetelmät

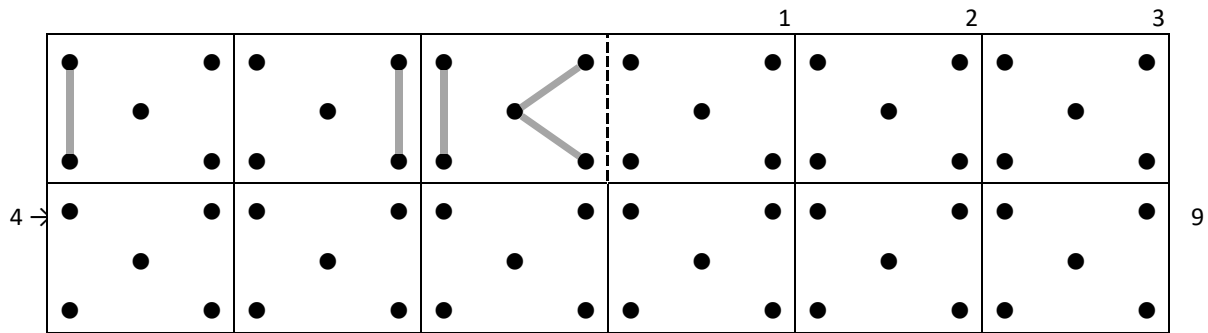
2.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöinä oli 29 vapaaehtoista suomenkielistä yliopisto-opiskelijaa, joista 22 oli naisia ja 7 miehiä. Koehenkilöiden keski-ikä oli 26.17 vuotta (keskihajonta 6.41 vuotta; vaihteluväli 19–38 vuotta). Koehenkilöistä 3 oli oman ilmoituksensa mukaan vasenkätisiä ja loput oikeakätisiä. Tutkimukseen osallistuvat henkilöt ilmoittautuivat vapaaehtoisiksi tutkimukseen vastaamalla Helsingin yliopiston opiskelijajärjestöjen sähköpostilistoille lähetettyyn kutsuun. Tutkimukseen osallistumisen poissulkukriteereinä olivat kielelliset erityisvaikeudet tai muut oppimisvaikeudet, joiden oletettiin vaikuttavan suoriutumiseen tehtävissä. Psykologian ensimmäisen vuoden pääaineopiskelijoille sekä sivuaineopiskelijoille tarjottiin mahdollisuus suorittaa psykologisten tutkimusmenetelmien johdantokurssiin sisältyvää koehenkilövelvollisuutta tutkimukseen osallistumalla. Koehenkilöt antoivat kirjallisen tietoon perustuvan suostumuksensa tutkimukseen osallistumisesta, ja koehenkilöt saivat keskeyttää tutkimuksen missä vaiheessa tahansa ilman seuraamuksia.

2.2 Arviointimenetelmät

2.2.1 *Kuvio- ja verbisujuvuustehtävät*

Sujuvuustehtävinä hyödynnettiin kuvio- ja verbisujuvuustehtäviä. Kuviosujuvuuden tehtävänanto mukaili viiden pisteen testiä (FPT; Regard ym., 1982). Kuviosujuvuustehtävässä koehenkilöille annettiin tehtävälomake, joka sisälsi kuuden kappaleen riveissä ruutuja. Jokaisessa ruudussa oli viisi pistettä samassa muodostelmassa (kuva 2). Ensimmäisen rivin kolme ensimmäistä ruutua oli varattu esimerkkikuvioille, jotka esitettiin koehenkilöille kuvioiden tuottamisen havainnollistamiseksi ennen tehtävän alkua. Rivejä oli yhdessä lomakkeessa 13 kappaletta, eli yhteensä lomake sisälsi 75 ruutua. Koehenkilön tehtävänä oli pisteitä yhdistämällä yhdellä tai useammalla viivalla muodostaa mahdollisimman monta erilaista ruutua kahdessa minuutissa. Koehenkilöitä ohjeistettiin olemaan hyödyntämättä annettuja esimerkkikuvioita tehtävässä. Kuviosujuvuustehtäviä oli yhteensä neljä: kaksi yksittäistä ja kaksi kaksoistehtävän osatehtävää. Kuviosujuvuustehtävien pisteytyksessä huomioitiin koehenkilöiden ainutlaatuiset eli hyväksytyt vastaukset, perseveraatiovirheet ja sääntörikkomukset.



Kuva 2. Kuviosujuvuustehtävän kaksi ensimmäistä riviä, joissa koehenkilöille esitetyt esimerkkikuviot on havainnollistettu harmain viivoin kolmessa ensimmäisessä ruudussa

Verbisujuvuustehtävässä koehenkilön tuli luetella kahdessa minuutissa mahdollisimman monta verbiä aloittamalla sanasta ”syödä”. Verbien tuli olla perusmuodossaan, minkä lisäksi koehenkilöitä ohjeistettiin vaihtamaan verbin etukirjainta aina siten, että kaksi peräkkäistä verbiä alkoivat eri kirjaimella. Etukirjaimen vaihtamisella pyrittiin kontrolloimaan sellaisen strategian, jossa muodostetaan samalla kirjaimella alkavien sanojen rykelmiä, vaikutukset suoriutumiseen. Verbisujuvuustehtäviä oli yhteensä kaksi: yksi yksittäinen tehtävä ja yksi kaksoistehtävän osatehtävä. Verbisujuvuustehtävien pisteytyksessä huomioitiin koehenkilöiden ainutlaatuiset eli hyväksytyt vastaukset, perseveraatio- ja etukirjainvirheet sekä sääntörikkomukset.

2.2.2 Ajan arviointi

Ajan arvioimiseen käytettiin prospektiivisen tuottamisen tehtävää, jossa koehenkilön tuli arvioida mahdollisimman tarkasti 30 sekunnin kulumisen neljä kertaa. Koehenkilöä pyydettiin ilmaisemaan sanallisesti, kun aloitushetkestä oli kulunut ensimmäinen, toinen, kolmas ja neljäs 30 sekunnin aikajakso. Ajan arviointitehtäviä oli yhteensä kaksi: yksittäisenä tehtävänä ja kaksoistehtävän osatehtävänä. Ennen yksittäistä ajan arviointitehtävää koehenkilöt saivat harjoitella ajan arvioimista arvioimalla ensin kerran ja sitten kahdesti peräkkäin 30 sekunnin kulumisen. Näistä kahdesta harjoituskerrasta koehenkilölle annettiin palaute.

2.2.3 Kaksoistehtävät

Tutkimuksen kaksoistehtävinä käytettiin kuviosujuvuustehtävää yhdessä ajan arvioinnin kanssa (kuviot–aika) sekä kuviosujuvuustehtävää yhdessä verbisujuvuustehtävän kanssa (kuviot–verbit). Kunkin osatehtävän tehtävänanto oli täysin sama kuin aiemmin, mutta tällä kertaa kahta tehtävänantoa tuli noudattaa samanaikaisesti. Koehenkilöille kerrottiin, että kumpikin

kaksoistehtävän osatehtävä on yhtä tärkeä. Kuten yksittäisissä tehtävissä, myös kaksoistehtävien kuvioden ja verbien pisteytyksessä huomioitiin koehenkilöiden ainutlaatuiset eli hyväksytyt vastaukset, perseveraatiovirheet ja sääntörikkomukset sekä verbitehtävän etukirjainvirheet. Jos koehenkilö ei ehtinyt arvioida kuviot–aika-kaksoistehtävän kaikkia neljää 30 sekunnin ajanjaksoa ennen 2 minuutin aikarajan loppumista, merkittiin puuttuvat aika-arviot puuttuviksi vastauksiksi.

2.2.4 Muut kognitiiviset tehtävät

Tehtäviäsarjaan kuuluivat yllä eriteltyjen tehtävien lisäksi foneeminen sanasujuvuustehtävä, jossa koehenkilöä pyydettiin luettelemaan mahdollisimman monta s-kirjaimella alkavaa perusmuotoista sanaa minuutin aikana (Kivisaari, Kuha & Poutiainen, 2009). Foneemisella sanasujuvuudella arvioitiin kielellistä sujuvuutta. Tämän lisäksi koehenkilöt tekivät Trail Making -tehtävän A ja B -osat (Poutiainen, Kalska, Laasonen, Närhi & Räsänen, 2010; Reitan & Wolfson, 1985) tarkkaavuuden ja prosessointinopeuden sekä toiminnanohjauksen sujuvuuden arvioimiseksi. Trail Making -tehtävissä koehenkilön tuli piirtämällä yhdistää järjestyksessä joko numeroita (A-osa) tai vuorotellen numeroita ja kirjaimia (B-osa) toisiinsa mahdollisimman nopeasti. Näissä tehtävissä huomioitiin suoritukseen käytetty aika sekunteina, ja A-osan suoritusaikaa hyödynnettiin tarkkaavuuden ja prosessointinopeuden mittarina, kun taas osion B ja A suoritusaikojen erotusta (B–A) hyödynnettiin toiminnanohjauksen sujuvuuden mittarina. Pienempi osioiden välinen erotus tulkittiin parempana toiminnanohjauksen sujuvuutena (Poutiainen ym., 2010; Reitan & Wolfson, 1985).

WAIS-IV:n (Wechsler, 2012) Merkkikoe teetettiin prosessointinopeuden ja Kirjain-numerosarjat kielellisen työmuistikapasiteetin arvioimiseksi. Merkkikokeessa koehenkilön tuli kopioida merkkejä numeroituihin ruutuihin niille ennalta määrätyn numeron kohdalle mahdollisimman nopeasti kahden minuutin ajan. Merkkikokeen oikeiden vastausten lukumäärää käytettiin prosessointinopeuden mittarina (Wechsler, 2012). Kirjain-numerosarjoissa nimensä mukaisesti koehenkilöä pyydettiin toistamaan kirjaimista ja numeroista muodostettuja sarjoja toistaen ensin numerot numerojärjestyksessä pienemmästä suurimpaan ja sitten kirjaimet aakkosjärjestyksessä. Tämän tehtävän oikein toistettujen sarjojen lukumäärää hyödynnettiin kielellisen työmuistikapasiteetin mittarina (Wechsler, 2012).

2.3 Tutkimuksen kulku

Tutkimus toteutettiin hiljaisessa ja hyvin valaistussa huoneessa pöydän ääressä siten, että tutkija ja koehenkilö istuivat vastakkain toisiinsa nähden. Koehenkilöt täyttivät aluksi kirjallisen suostumuksen kokeeseen osallistumisesta ja sen jälkeen taustatietolomakkeen. Tämän jälkeen koehenkilöt tekivät samat tehtävät sisältävän, yhteensä 45–60 minuuttia kestävästä tehtäväsarjasta. Tehtäväsarja sisälsi sekä yllä mainittuja sujuvuus- ja ajan arviointitehtäviä että muita edellä kuvattuja kognitiivisia arviointimenetelmiä. Koehenkilöille tarjottiin mahdollisuus pitää tauko tehtäväsarjan puolellavälissä.

Tehtävien esitysjärjestystä vaihdeltiin näennäisesti satunnaisessa järjestyksessä esitysjärjestyksen vaikutuksen kontrolloimiseksi kaksoistehtävissä. Kaksoistehtävien toisena osatehtävänä oli aina kuviosujuvuustehtävä. Puolet koehenkilöistä suoritti tehtäväsarjan siten, että kuviosujuvuustehtävän rinnalla oli ensin ajan arviointitehtävä ja sitten verbisujuvuustehtävä (ryhmä AV, ”aika–verbit”). Puolet koehenkilöistä suorittivat tehtäväsarjan siten, että kuviosujuvuustehtävän rinnalla oli ensin verbisujuvuustehtävä ja sitten ajan arviointitehtävä (ryhmä VA, ”verbit–aika”). Ryhmän AV (n = 15, joista 12 naisia) keski-ikä oli 26.00 vuotta ja ryhmän VA (n = 14, joista 10 naisia) keski-ikä 26.36 vuotta. Ryhmät eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi iässä tai sukupuolijakaumassa. Taulukossa 1 on esitetty tehtävien esitysjärjestykset ryhmille AV ja VA.

Taulukko 1

Tehtävien esitysjärjestys ryhmille AV (”aika–verbit”) ja VA (”verbit–aika”)

AV	VA
Trail Making A	Trail Making A
Trail Making B	Trail Making B
Aikaharjoitus 1 (30 s)	Verbit
Kuviot 1	Merkkikoe
Aikaharjoitus 2 (30 + 30 s)	Aikaharjoitus 1 (30 s)
Merkkikoe	Kuviot 1
Aika (30 + 30 + 30 + 30 s)	Aikaharjoitus 2 (30 + 30 s)
Kuviot–aika–kaksoistehtävä	Kuviot–verbit–kaksoistehtävä
Verbit	Kirjain-numerosarjat
Kuviot 2	Kuviot 2
Kirjain-numerosarjat	Aika (30 + 30 + 30 + 30 s)
Kuviot–verbit–kaksoistehtävä	Kuviot–aika–kaksoistehtävä
Foneeminen sujuvuus	Foneeminen sujuvuus

s = sekuntia

2.4 Tilastolliset menetelmät

Tilastolliset analyysit suoritettiin käyttäen IBM SPSS Statistics for Windows -ohjelman versiota 24.0. Koska kuvioiden piirtämistä ja ajan arviointia yhdistävässä kaksoistehtävässä vain osa koehenkilöistä ehti tuottamaan viimeisen tai kaksi viimeistä arvioita 2 minuutin aikarajan sisällä, esiintyi kaksoistehtävän kahdessa viimeisessä ajan arviointitihetkessä runsaasti puuttuvia arvoja. Kolmannet ja neljännet aika-arviot olivat silmämääräisesti kahta ensimmäistä lyhyempiä, joten niissä koehenkilöiden tulkittiin hätäilleen arvioitaan. Analyyseissa päätettiin hyödyntää vain kahta ensimmäistä 30 sekunnin aika-arviota, joiden keskiarvot ja -hajonnat on esitelty taulukossa 2. Nämä kaksi arvioita yhdistettiin yhdeksi keskiarvomuuttujaksi yksittäisessä ja kaksoistehtävässä erikseen. Tämän lisäksi aika-arvioiden poikkeaman itseisarvo 30 sekunnista laskettiin aika-arvioiden tarkkuuksien arvioimiseksi. Myös nämä poikkeamat yhdistettiin yhdeksi muuttujaksi keskiarvoistamalla ne yli kahden ensimmäisen arviointitihetken yksittäisessä ja kaksoistehtävässä erikseen.

Taulukko 2

Aikatehtävien 30 sekunnin arvioiden ja tavoiteaikaerojen itseisarvojen keskiarvot ja -hajonnat

Tehtävä	ka (kh)	
	1. arvio	2. arvio
Yksittäinen (s)	30.55 (3.75)	30.31 (3.34)
Erotus (s)	2.41 (2.88)	2.65 (1.99)
Kaksoistehtävä (s)	33.21 (7.42)	32.76 (7.34)
Erotus (s)	6.24 (5.04)	6.48 (4.26)

^a*n* = 24, ^b*n* = 9, *ka* = keskiarvo, *kh* = keskihajonta, *s* = sekuntia

Kaksi puuttuvaa arvoa Trail Making -tehtävän B-osassa korvattiin ennustamalla havaintoarvoja A-osan havaintoarvoilla regressioimputointia hyödyntäen. B-osan puuttuvien arvojen korvaus näin on perusteltua, sillä A- ja B-osan suoritusaikojen on havaittu korreloivan vahvasti keskenään ($r = .74$; Tombaugh, 2004). Regressioimputoinnissa kuitenkin lisättiin satunnaisvaihtelua korvattuihin havaintoihin muuttujien välisten liiallisten yhteyksien pienentämiseksi.

Kullekin kaksoistehtävän osatehtävälle muodostettiin suhteellisen muutoksen arvo kaksoistehtävän interferenssin vaikutuksen tarkastelemiseksi. Prosentuaalinen muutos yksittäisestä tehtävästä kaksoistehtäväsuoriutumiseen muodostettiin jakamalla yksittäisen tehtäväsuoriutumisen

ja kaksoistehtäväsuoriutumisen välinen erotus yksittäisellä tehtäväsuoriutumisella sekä kertomalla tämä 100:lla (ks. esim. Fougny & Marois, 2011; Vilki ym., 2002):

$$\text{Prosentuaalinen muutos} = \left(\frac{\text{yksittäisen ja kaksoistehtävän erotus}}{\text{yksittäinen tehtävä}} \right) \times 100.$$

Täten kunkin osatehtävän prosentuaalinen muutos oli sitä suurempaa, mitä suurempi ero vastauksissa yksittäisen ja kaksoistehtävän välillä oli. Interferenssin vaikutusta kumpaankin sujuvuustehtävään tarkasteltiin vähentämällä yksittäisen tehtävän hyväksytyjen vastausten lukumäärästä kaksoistehtävän vastausten lukumäärä. Koska yksittäisiä kuviosujuvuustehtäviä oli kaksi, yhdistettiin ne yhdeksi keskiarvomuuttujaksi, jota verrattiin kummankin kaksoistehtävän kuviosujuvuustehtävään. Aika-arvioiden muutos muodostettiin vähentämällä kaksoistehtävän keskimääräisistä aika-arvioista yksittäisen tehtävän aika-arviot, sillä kaksoistehtävän arviot olivat silmämääräisesti yksittäistä tehtävää pidempiä. Näin kunkin prosentuaalisen muutoksen arvo oli positiivinen. Aikatehtävien prosentuaalisen muutoksen arvioinnissa ei käytetty keskiarvoistettuja aikapoikkeamia muista tarkasteluista poiketen johtuen niiden suuresta keskihajonnasta.

Jakaumatarkasteluissa havaittiin yksittäisten kuviosujuvuustehtävien hyväksytyjen vastausten keskiarvomuuttujan jakauman olevan oikealle vino. Aika-arvioiden prosentuaalisen muutoksen jakauma oli huipukas ja siten Kolmogorov-Smirnovin ja Shapiro-Wilkin normaalisuustestien perusteella ei-normaalinen. Koska muuttuja oli kuitenkin silmämääräisesti normaalin, muuttujamuunnoksia tai ei-parametrisia testejä ei tämän muuttujan kohdalla käytetty. Keskiarvoistettujen aika-arvioiden poikkeamat 30 sekunnista yksittäisessä ja kaksoistehtävässä sekä Trail Making -tehtävän jakaumat vaihtelivat kohtalaisesta vahvasti oikealle vinoihin jakaumiin. Trail Making -tehtävän osioille sekä niiden erotukselle tehtiin logaritmuunnokset sekä aikapoikkeamille neliöjuurimuunnokset. Sujuvuustehtävien virhevastaukset (ks. taulukko 3) olivat harvinaisia ja niiden jakaumat vahvasti oikealle vinoja. Virhevastaukset päätettiin jättää analysoimatta, sillä tällaisista satunnaisesti esiintyvistä ilmiöistä tehtävät päätelmät eivät välttämättä ole luotettavia etenkin pienillä aineistoilla (Tucha ym., 2012).

Tilastollisissa analyyseissä sukupuolten välisiä eroja tehtäväsuoriutumisissa tarkasteltiin riippumattomien otosten t-testeillä. Iän yhteyttä kiinnostuksen kohteena oleviin tehtäviin tutkittiin

Taulukko 3
Sujuvuustehtävien virhevastausten keskiarvot ja -keskihajonnat

Tehtävä	ka (kh)		
	Perseveraatio	Sääntörikkomus	Etukirjainvirhe
<i>Kuviosujuvuus</i>			
Kuviot 1	0.72 (0.75)	0.21 (0.56)	–
Kuviot 2	1.03 (1.30)	0.07 (0.26)	–
Kaksoistehtävä (aika)	1.03 (1.02)	0.21 (0.68)	–
Kaksoistehtävä (verbit)	1.00 ^a (4.44)	0.31 (1.23)	–
<i>Verbisujuvuus</i>			
Yksittäinen	0.62 (0.90)	0.07 (0.26)	1.28 (1.41)
Kaksoistehtävä	0.72 (1.07)	0.24 (1.12)	1.55 (1.21)
<i>Foneeminen sujuvuus (s-kirjain)</i>	0.00 (0.00)	0.45 (0.57)	–

Ka = keskiarvo, Kh = keskihajonta, ^amediaani

Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimilla sekä yksisuuntaisella varianssianalyysillä kolmessa havainnoiltaan mahdollisimman samankokoisessa ikäryhmässä: 19–21-vuotiaat (n = 10), 22–26-vuotiaat (n = 10) sekä 27–38-vuotiaat (n = 9). Koska varianssianalyysin luotettavuudesta oltiin epävarmoja ryhmien varianssien erisuuruudesta johtuen, tutkittiin ryhmien eroja vielä vastaavilla ei-parametrisilla Kruskal-Wallis testillä.

Kaksoistehtäväinterferenssin vaikutusta suoriutumiseen kussakin kaksoistehtävien osatehtävissä tutkittiin parittaisten otosten t-testeillä. Kaksoistehtävän interferenssin vaikutuksessa ilmenevien erojen tarkastelemiseksi kunkin osatehtävän prosentuaalisen muutoksen suuruutta vertailtiin keskenään toistomittausten kovarianssivarianssianalyysillä, jossa kovariaattina toimi esitysjärjestys. Esitysjärjestys asetettiin kovariaatiksi siksi, että ennen kumpaakin kaksoistehtävää esitettyjen yksittäisten kuviosujuvuustehtävien välillä voitiin havaita oppimisvaikutus [kuviot 1 ka = 32.62, kuviot 2 ka = 37.41; $t(28) = -5.17$, $p < .001$] ja koska esitysjärjestyksen perusteella jaettujen koehenkilöryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero aika-arvioiden pituuksissa yksittäistehtävässä [ryhmä AV ka = 29.31, ryhmä VA ka = 31.71; $t(27) = -2.25$, $p = .03$] ja aika-arvioiden prosentuaalisissa muutoksissa siirryttäessä yksittäisestä tehtävästä kaksoistehtävään [ryhmä AV ka = 19.61 %, ryhmä VA ka = -0.29 %; $t(27) = 2.07$, $p < .05$]. Sujuvuustehtävien hyväksytyjen vastausten ja aikapoikkeamien yhtenevyyttä vertailukohteena olevien kognitiivisiin tehtäviin tutkittiin Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimien avulla.

3 Tulokset

3.1 Demografiset tekijät ja perustunnusluvut

Taulukossa 4 on havainnollistettu tehtävien perustunnusluvut muuttujamuunnoksineen. Sujuvuus- ja ajan arviointitehtävien persentiilit on esitetty ikäryhmittäin liitteissä 1–4. Tilastollisesti merkitseviä eroja sukupuolten välillä iässä tai sujuvuus-, aika- ja muissa kognitiivisissa tehtävissä ei havaittu. Iän ja verbisujuvuustehtävien hyväksytyjen vastausten välillä tai iän ja keskimääräisten aikapoikkeamien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä yksittäisessä tai kaksoistehtävässä. Vertailukohteena olevista kognitiivisista tehtävistä ikä oli negatiivisessa yhteydessä tilastollisesti merkitsevästi vain Merkkikokeen pistemäärään ($r = -.39$, $p = .04$).

Iän ja kuviosujuvuustehtävien hyväksytyjen vastausten välillä havaittiin kohtalaiset negatiiviset yhteydet sekä yksittäisissä (kuviot 1: $r = -.56$, $p < .01$; kuviot 2: $r = -.41$, $p = .03$) että kaksoistehtävissä (kuviot–aika: $r = -.39$, $p = .04$; kuviot–verbit: $r = -.42$, $p = .02$). Ikä ei kuitenkaan korreloinut tilastollisesti merkitsevästi kuvioitehtävän prosentuaalisten muutosten kanssa. Yksisuuntaisessa varianssianalyysissä havaittiin tilastollisesti merkitsevät iän päävaikutukset hyväksytyissä vastauksissa kuviot 1:ssä [$F(2,26) = 7.89$, $p < .01$, $\eta^2 = 0.38$] ja 2:ssa [$F(2,26) = 4.97$, $p = .02$, $\eta^2 = 0.28$] ja kuviot–verbit-kaksoistehtävässä [$F(2,26) = 3.40$, $p < .05$, $\eta^2 = 0.21$].

Bonferroni-korjatut Post Hoc -vertailut havainnollistivat, että kuviot 1 -tehtävässä vanhin ikäluokka tuotti keskimäärin 12.18 kuviota vähemmän hyväksytyjä kuvioita nuorimpaan ikäryhmään verrattuna ($p < .01$) ja keskimäärin 9.28 kuviota vähemmän keskimääräiseen ikäryhmään verrattuna ($p < .05$). Vanhimmat koehenkilöt tuottivat nuorimpaan ryhmään verrattuna keskimääräisesti 12.09 kuviota vähemmän kuviot 2 -tehtävässä ($p < .05$) ja keskimäärin 8.81 kuviota vähemmän kuviot–verbit-kaksoistehtävässä ($p < .05$). Tulokset olivat parametristen testien kanssa samansuuntaisia.

3.2 Interferenssi kaksoistehtävissä

Hyväksytyjen kuvioiden määrä laski kummassakin kaksoistehtävässä suhteessa yksittäisten kuviosujuvuustehtävien keskiarvomuuttujaan (p -arvot $< .001$). Kaksoistehtävässä verbejä tuotettiin vähemmän kuin yksittäisessä tehtävässä [$t(28) = 8.41$, $p < .001$]. Aika-arvioissa havaittiin ero tehtävien välillä siten, että poikkeamat 30 sekunnin tavoiteajasta kasvoivat siirryttäessä yksittäisestä tehtävästä kaksoistehtävään [$ka = 1.45$ vs. 2.39 ; $t(28) = -5.86$, $p < .001$]. Kun tar-

Taulukko 4

Tehtävien perustunnusluvut

Tehtävä	Ka	Kh	Min	Max
<i>Kuviosujuvuus</i>				
Kuviot 1, hyväksytyt	32.62	8.46	21	51
Kuviot 2, hyväksytyt	37.41	9.46	25	61
Kuviot 1 ja 2 yhdistettynä	35.02	8.62	24	56
Kaksoistehtävä (aika), hyväksytyt	28.79	9.46	16	54
Muutos (%)	18.34	13.79	-22.39	48.48
Kaksoistehtävä (verbit), hyväksytyt	22.00	8.09	9	41
Muutos (%)	37.58	15.14	10.45	66.04
<i>Verbisujuvuus</i>				
Yksittäinen, hyväksytyt	39.31	8.22	25	60
Kaksoistehtävä, hyväksytyt	32.31	6.69	20	48
Muutos (%)	17.24	10.11	-2.86	33.33
<i>Ajan arviointi^a (s)</i>				
Yksittäinen	30.43	3.18	23.00	39.50
Poikkeama (√)	1.45	1.23	0.00	3.08
Kaksoistehtävä	32.98	6.66	18.50	46.00
Muutos (%)	10.01	27.56	-41.27	100.00
Poikkeama (√)	2.39	0.81	1.00	4.00
<i>Muut tehtävät</i>				
Trail Making -tehtävät, suoritus aika (s)				
TM A (lg10)	1.36	0.13	1.10	1.61
TM B (lg10)	1.67	0.16	1.35	2.13
TM B-A (lg10)	1.34	0.27	0.51	2.01
Merkkikoe, oikein	83.45	16.14	50	126
Kirjain-numerosarjat, oikein	20.41	3.83	13	29
Foneeminen sanasujuvuus (s-kirjain), hyväksytyt	19.97	5.43	11	33

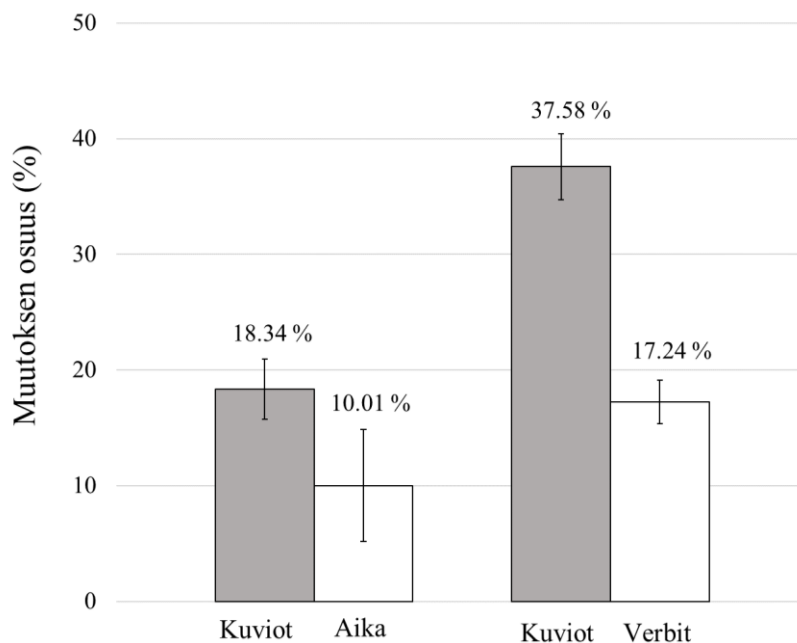
Ka = keskiarvo, Kh = keskihajonta, Min = minimi, Max = maksimi, Muutos (%) = kaksoistehtävien osatehtävien prosentuaaliset muutokset, Poikkeama (√) = neliöjuurimuunnetut aikapoikkeamat 30 sekunnista, TM A/B/B-A (lg10) = Trail Making -tehtävän logaritimuunnetut suoritusajat

^akunkin aikatehtävän aika-arviot keskiarvoistettuna yli kahden ensimmäisen arviointitietken

kasteltiin aika-arvioiden pituuksia, systemaattista muutosta pidempiin tai lyhyempiin arvioihin siirryttäessä yksittäisestä tehtävästä kaksoistehtävään ei voitu havaita. Aika-arvioiden prosentuaalinen muutos ei poikennut tilastollisesti merkitsevästi 0 %:sta, toisin kuin muissa tehtävissä, sillä muutoksen vaihteluväli oli suuri poikkeuksellisen suuri [ka = 10.01, kh = 27.56; t(28) = 1.96, p = .06].

Toistomittausten kovarianssianalyysin tulokset osoittivat, että kaksoistehtävä- ja osatehtävätyypin välinen yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä [$F(1,27) = 8.21, p < .01, \eta^2 = 0.23$]. Bonferroni-korjatut Post Hoc -vertailut paljastivat, että hyväksytyjen kuvioiden määrä aleni enemmän silloin, kun samanaikaisesti tuotettiin verbejä kuin jos samalla arvioitiin aikaa [37.58 % vs. 18.34 %; $p < .001$]. Tämän lisäksi kuviot-verbit-kaksoistehtävässä hyväksytyjen kuvioiden lukumäärä laski enemmän verrattuna verbeihin [37.58 % vs. 17.24 %, $p < .001$].

Kaksoistehtävän, osatehtävän ja esitysjärjestyksen välinen yhdysvaikutus oli myös tilastollisesti merkitsevä [$F(1,27) = 4.71, p = .04, \eta^2 = 0.15$], ja niinpä kaksoistehtävän ja osatehtävän välistä yhdysvaikutusta tutkittiin ryhmissä AV ja VA erikseen. Ainostaan ryhmässä AV voitiin havaita yllä mainittu tilastollisesti merkitsevä kaksois- ja osatehtävän välinen yhdysvaikutus. Sen sijaan ryhmässä VA vain päävaikutukset olivat tilastollisesti merkitseviä siten, että kuviot-aika-kaksoistehtävän osatehtävien prosentuaaliset muutokset olivat kuviot-verbit-kaksoistehtävää pienempiä ja hyväksytyjen kuvioiden prosentuaalinen muutos oli suurempaa kuin hyväksytyjen verbien tai aika-arvioiden muutokset (Bonferroni-korjatut p-arvot $< .05$). Tarkempi tarkastelu osoitti, että ryhmässä VA aika-arvioiden prosentuaalinen muutos oli poikkeavan pieni ($k_a = -0.29$ %) verrattuna muihin osatehtäviin ($k_a = 18.52$ – 39.40 %). Osatehtävien prosentuaaliset muutokset esitysjärjestyksen huomioiden on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Osatehtävien prosentuaalisten muutosten marginaalikeskiarvot ja keskivirheet kuviot-aika- ja kuviot-verbit-kaksoistehtävässä suhteessa yksittäisiin tehtäviin.

3.3 Yhtenevyysvaliditeetti

Yhtenevyysvaliditeetin tarkastelussa selkeimmät yhteydet vertailun kohteena oleviin kognitiivisiin tehtäviin oli yksittäisellä verbisujuvuustehtävällä, joka oli yhteydessä kielellisen työmuistin, prosessointinopeuden ja foneemisen sanasujuvuuden tehtäviin (ks. taulukko 5). Hyväksytyjen verbien positiivinen yhteys foneemiseen sanasujuvuuteen havaittiin myös kaksoistehtävässä. Kuviosujuvuustehtävien hyväksytyt vastaukset tai aika-arvioiden poikkeamat 30 sekunnista eivät korreloineet tilastollisesti merkitsevästi kognitiivisten tehtävien kanssa.

Taulukko 5

Sujuvuustehtävien hyväksytyjen vastausten ja aikapoikkeamien yhteydet vertailun kohteena oleviin kognitiivisiin tehtäviin

Tehtävä	MK	KNS	Foneeminen (s-kirjain)	TM A (lg10)	TM B–A (lg10)
<i>Kuviosujuvuus</i>					
Kuviot 1	.32 ⁺	.22	.31	-.29	-.19
Kuviot 2	.33 ⁺	.31	.19	-.36 ⁺	-.24
Kaksoistehtävä (aika)	.18	.23	.30	-.12	-.22
Kaksoistehtävä (verbit)	.29	.17	.22	-.20	-.19
<i>Verbisujuvuus</i>					
Verbit	.45 [*]	.45 [*]	.60 ^{**}	-.27	-.30
Kaksoistehtävä	.23	.25	.45 [*]	-.06	-.04
<i>Aikapoikkeamat (√)</i>					
Yksittäinen	-.37 ⁺	-.07	-.03	.34 ⁺	.06
Kaksoistehtävä	-.19	-.09	.11	.08	-.05

** $p < .01$, * $p < .05$, ⁺ $p < .10$, MK = Merkkikoe, KNS = Kirjain-numerosarjat, Foneeminen = foneeminen sanasujuvuus, TM A/B–A (lg10) = Trail Making -tehtävien logaritimuunnetut suoritusajat, Aikapoikkeamat (√) = neliöjuurimuunnetut aika-arvioiden poikkeamat 30 sekunnista

4 Pohdinta

Kaksoistehtävät ovat yleisiä työmuistikuormituksen arviointimenetelmiä. Sanasujuvuustehtäviä hyödynnetään laajasti kliinisessä kontekstissa, mutta kaksoistehtäväparadigmassa ne ovat yhä harvinaisia. Kielellisten tehtävien lisäksi tarvitaan visuospatiaalisia tehtäviä tai ylipäättänsä ei-kielellisiä sujuvuustehtäviä, ja niinpä kuviosujuvuustehtäviä on kehitetty sanasujuvuustehtävien ei-kielellisiksi vastineiksi. Kaksoistehtäväinterferenssillä tarkoitetaan kahden samanaikaisen tehtävän toisiaan häiritsevää vaikutusta ja sen ilmenemistä on pyritty selittämään sekä yleisen ”tarkkaavuuden pullonkaulan” käsitteen että työmuistin kuormituksen kautta. Tämän tutkielman tavoitteena oli selvittää, miten kuviosujuvuustehtävä osana kaksoistehtävää voisi havainnollistaa interferenssin ilmenemistä. Interferenssin käsitettä tarkasteltiin yhden keskeisimmän työmuistimallin eli työmuistin monikomponenttimallin näkökulmasta (Baddeley & Hitch, 1974).

Tutkielman kaksoistehtävinä hyödynnettiin kuviosujuvuustehtävää yhdessä verbisujuvuustehtävän kanssa sekä kuviosujuvuustehtävää yhdessä prospektiivisen ajan arviointitehtävän kanssa. Oletuksena oli, että kaksoistehtäväinterferenssin aiheuttamasta työmuistikuormituksesta johtuen kaksoistehtävässä suoriutuminen laskee suhteessa yksittäiseen tehtävään. Tutkielman päätuloksena voitiin havaita kaksoistehtäväinterferenssin aiheuttama suoriutumisen heikentyminen kussakin tehtävässä. Interferenssin vaikutuksen voimakkuus riippui kuviosujuvuustehtävän kanssa samanaikaisesti suoritettavan tehtävän laadusta: verbisujuvuustehtävä kuormitti kuviosujuvuutta enemmän kuin ajan arviointi. Suoriutumisen aleneminen interferenssin vaikutuksesta ei ollut tasaista myöskään kaksoistehtävän sisällä, vaan kuviosujuvuus heikkeni verbisujuvuutta enemmän näitä tehtäviä yhdistelevässä kaksoistehtävässä.

Kaksoistehtäväinterferenssin lisäksi kunkin yksittäisen tehtävän yhtenevyyvaliditeettia tutkittiin vertailemalla tehtäviä tarkkaavuuden, prosessointinopeuden, kielellisen työmuistin, kielellisen sujuvuuden ja toiminnanohjauksen sujuvuuden arviointimenetelmiin. Oletuksena oli, että molemmat sujuvuustehtävät sekä ajan arviointitehtävä korreloivat kohtalaisesti näiden tehtävien kanssa. Ainoastaan verbisujuvuustehtävä oli yhteydessä prosessointinopeuteen, kielelliseen työmuistiin ja kielelliseen sujuvuuteen. Yllättäen kuviosujuvuus- tai ajan arviointitehtävän kohdalla yhteyksiä vertailun kohteena oleviin arviointimenetelmiin ei voitu havaita. Seuraavassa alaluvussa perehdytään tarkemmin tutkielman tuloksiin tutkimuskysymys kerrallaan.

4.1 Kaksoistehtäväinterferenssi

Työmuistin monikomponenttimallin (Baddeley, 1986, 1996, 2000; Baddeley & Hitch, 1974) mukaan kahden samanaikaisen tehtävän toisiaan häiritsevä vaikutus voi aiheutua joko saman aistimodalityetista riippuvan alajärjestelmän tai niistä tulevaa tietoa koordinoivan keskusyksikön kuormittumisesta. Kuvio- ja verbisujuvuustehtävät sekä prospektiivinen ajan arviointi vaativat kaikki jo yksinään nopeaa tiedonkäsittelyä mutta myös työmuistin tehokasta toimintaa (Fink & Neubauer, 2005; Tucha ym., 2012; Woods ym., 2005). Niinpä kahden tällaisen tehtävän samanaikaisen suorittamisen voisi olettaa aiheuttavan häirintää tehtävien välille. Kuten aiemmissa sujuvuustehtäviä sisältävissä kaksoistehtävätutkimuksissa (Costa ym., 2014; Rende ym., 2002; Vilkki ym., 2002), tässäkin tutkielmassa kaksoistehtäväinterferenssin voitiin havaita vaikuttavan suoriutumiseen laskevasti siirryttäessä yksittäisestä tehtävästä kaksoistehtävään. Suoriutumisen heikkeneminen voitiin havaita kaikissa kaksoistehtävien osatehtävissä.

Interferenssin vaikutus ei kuitenkaan ollut tasaista kaksoistehtävien välillä. Kuvioita tuotettiin kahden minuutin aikana vähemmän silloin, kun samanaikaisesti lueteltiin verbejä, kuin jos samanaikaisesti arvioitiin aikaa. Verbisujuvuus vaatii jo lueteltujen verbien käsittelyä työmuistissa niiden toistamisen välttämiseksi sekä uusien verbien muistista hakua (ks. esim. Pekkala, 2012), mutta prospektiivisen ajan arvioinnin on taas todettu olevan ihmiselle hyvin intuitiivista (Taatgen & Anderson, 2007). Kuvioden piirtäminen yhdessä ajan arvioinnin kanssa onkin voinut olla helpompaa kuin yhdessä verbien luettelemisen kanssa, ja interferenssin vaikutus on siksi näyttäytynyt kyseisessä kaksoistehtävässä vähäisempänä.

Interferenssin vaikutuksen jakautumisessa voitiin havaita myös kaksoistehtävän sisäinen epäsuhta kuvioden piirtämisestä ja verbien luettelemista yhdistelevässä kaksoistehtävässä, jossa kuvioden tuottaminen heikkeni verbien luettelemista enemmän. Ero kaksoistehtäväinterferenssin vaikutuksen suuruudessa kuvio- ja verbisujuvuustehtävän välillä voi selittyä vaikeamman tehtävän priorisoinnilla. Verbisujuvuustehtävässä verbien etukirjainta tuli jatkuvasti vaihdella, mikä on saattanut vaatia kuvioden piirtämisestä enemmän tarkkaavuuden kohdentamista jatkuvan sisäisen toimintamallin vaihtamisen vuoksi (Cooper ym., 2012; Rende ym., 2002). Etukirjaimen jatkuva vaihtaminen vaatii myös automaattisten vastausten inhiboimista. Täten verbisujuvuustehtävä on jo itsessään voinut kuormittaa enemmän työmuistin keskusyksikköä ja olla osatehtävistä haastavampi (Baddeley, 1996). Jos verbisujuvuustehtävä on koettu kaksoistehtävän haastavammaksi osatehtäväksi, on sitä voitu tiedostamatta alkaa priorisoida yli kuviosujuvuustehtävän, mikä on johtanut suhteessa heikompaan suoriutumiseen kuvioden piirtämisessä.

Ihmisen onkin kaksoistehtävissä havaittu priorisoivan osatehtävistä vaikeampaa (Janssen & Brumby, 2015; Vilkki ym., 2002).

Kuvio- ja verbisujuvuustehtävien erityinen toisiaan häiritsevä vaikutus voi myös liittyä aisti-modaliteetista riippuvien työmuistin alajärjestelmien kuormitukseen. Kuviosujuvuustehtävä on visuumotorinen ja -konstruktiivinen tehtävä, jonka voi ajatella kuormittavan työmuistin visuospatiaalista lehtiötä, vaikka myös kielellisten strategioiden hyödyntäminen on visuaalisissa tehtävissä mahdollista (Cowan ym., 2005; Morey ym., 2013). Verbien luettelemisen kielellisenä tehtävänä voisi sen sijaan tulkita kuormittavan fonologista silmukkaa, vaikka sanojen haku pitkäaikaismuistista voikin tapahtua myös visuaalisin apukeinoin (Cowan ym., 2005; Morey ym., 2013). On siis mahdollista, että tehtävät ovat kuormittaneet samaa työmuistin alajärjestelmää. Visuaalisen aineksen käsittelyn on havaittu häiriintyvän kielellistä enemmän kaksoistehtäväinterferenssin vaikutuksesta (Morey & Mall, 2012; Morey ym., 2013), mikä voi toisaalta selittää suoriutumisen muutoksen epäsuhtaa kuvio- ja verbisujuvuustehtävän välillä.

Prospektiivisten aika-arvioiden tarkkuus heikkeni kaksoistehtäväinterferenssin vaikutuksesta. Tämä löydös on yhdenmukainen aiempien tutkimustulosten kanssa siitä, että aika-arviot muuttuvat epätarkemmiksi sitä mukaa, mitä vähemmän tarkkaavuutta arviointiin voidaan kohdistaa (Block ym., 2010; Brown ym., 2013; Craik & Hay, 1999; Fink & Neubauer, 2005). Koska ajallisen ja spatiaalisen tiedonkäsittelyn välillä on havaittu yhtymäkohtia (vrt. SNARC-efekti; Conson ym., 2008), työmuistin monikomponenttimallin näkökulmasta kuvioiden piirtäminen ja ajan arviointi voisivat kuormittaa visuospatiaalisen lehtiötä ja siten aiheuttaa interferenssiä tehtävien välille.

Aiemman tutkimustiedon perusteella aika-arviot voivat sekä pidentyä (Brown ym., 2013; Craik & Hay, 1999) että joskus lyhentyä (Block & Zakay, 1997) kaksoistehtäväinterferenssin vaikutuksesta. Tässä tutkielmassa ei voitu todeta selkeää muutosta aika-arvioissa kumpaankaan suuntaan, vaikka arviot olivatkin kaksoistehtävässä silmämääräisesti pidempiä kuin yksittäisessä tehtävässä. Tuotettujen aika-arvioiden pitenemisestä tai lyhenemisestä kaksoistehtäväinterferenssin vaikutuksesta ei voida tehdä luotettavia päätelmiä tämän otoksen perusteella, koska arvioiden muutoksen suunnan vaihtelu koehenkilöiden välillä oli suurta. Tulokset todistavat ennemminkin, että ihmisten välillä on eroa kaksoistehtäväinterferenssin vaikutuksen suuruudessa aika-arvioiden pituuksiin.

Esitysjärjestyksellä oli vaikutus kaksoistehtäväinterferenssin suuruuteen tutkielman aineistossa. Koehenkilöillä, joilla ajan arviointia sisältävä kaksoistehtävä esitettiin vasta toisena kaksoistehtävistä, ei havaittu eroa aika-arvioissa yksittäisen aikatehtävän ja kaksoistehtäväsuoriutumisen välillä. Koska esitysjärjestyksen perusteella jaetut ryhmät olivat taustatekijöiltään hyvin samanlaiset, voi ero tuloksissa selittyä yksilöiden välisillä eroilla strategioiden hyödyntämisessä. Kaksoistehtävätutkimuksissa on koehenkilöiden välillä havaittu eroja erilaisten strategioiden käytössä (Howes, Lewis & Vera, 2009; Janssen & Brumby, 2015). Osa tämän tutkielman koehenkilöistä onkin saattanut tukeutua sekuntien laskemiseen ajan arvioinnissa, mikä kuormittaa fonologista silmukkaa (Baddeley, 1986). Toiset ovat taas voineet kyetä arvioimaan aikaa ilman erillistä sekuntien laskemista. Intuitiivisesti tapahtuva ajan arviointi voikin helpottaa suoriutumista kaksoistehtävässä, jossa tarkkaavuutta tulee jakaa kahden tehtävän välillä.

Toisaalta esitysjärjestys voi vaikuttaa siihen, miten kaksoistehtävään asennoidutaan: ensimmäiseen kaksoistehtävään on voitu suhtautua suuremmalla jännityksellä kuin myöhemmin tehtäväsarjassa esitettyyn kaksoistehtävään. Jännittämisen on nimittäin havaittu vaikuttavan kognitiiviseen ja akateemiseen suoriutumiseen (Cassady & Johnson, 2002; katsaus: Eysenck, Derakshan, Santos & Calvo, 2007). Koehenkilöiden välistä epäsuhtaa kaksoistehtäväinterferenssin vaikutuksessa ei kuitenkaan voitu havaita muissa osatehtävissä, joten esitysjärjestys tuskin selittää näitä koehenkilöiden välisiä eroja täysin.

4.2 Tehtävien yhteydet muihin kognitiivisiin toimintoihin

Tulokset sujuvuus- ja ajan arviointitehtävien yhtenevyydestä tarkkaavuuden, prosessointinopeuden, kielellisen työmuistin, sekä kielellisen ja toiminnanohjauksen sujuvuuden kanssa osoittautuivat vain osittain hypoteesien mukaisiksi. Verbisujuvuus oli positiivisessa yhteydessä foneemiseen sanasujuvuuteen, kielelliseen työmuistiin ja prosessointinopeuteen, mikä on havaittu myös aikaisemmissa tutkimuksissa (McDowd ym., 2011; Piatt ym. 1999b; Woods ym., 2005). Näin ollen, mitä paremmin yksilö suoriutuu näitä toimintoja vaativista tehtävistä, sitä enemmän tämä kykenee tuottamaan vastauksia verbisujuvuustehtävässä. Kuten olisi voinut olettaa, vahvin yhteys löydettiin verbi- ja foneemisen sujuvuustehtävän välillä. Voimakkuudeltaan samansuuruinen yhteys näiden kahden sanasujuvuustehtävän välillä on havaittu tanskalaisessa iäkkäiden aikuisten aineistossa (Stokholm ym., 2013). Positiivinen yhteys verbi- ja foneemisen sujuvuuden välillä voitiin todeta myös kaksoistehtävässä, jossa muut yhteydet ei-

vät enää olleet havaittavissa. Verbisujuvuus ei ollut yhteydessä tarkkaavuuteen tai toiminnanohjauksen sujuvuuteen, vaikka sanasujuvuustehtävät mielletään usein nimenomaan toiminnanohjauksen tehtäviksi.

Kuviosujuvuus- ja ajan arviointitehtävien yhteydet parhaimmillaan vain lähestyivät tilastollista merkitsevyyttä prosessointinopeuden ja tarkkaavuuden osalta, eli näiden tehtävien yhtenevyysvaliditeetin oletukset eivät täysin täyttyneet. Kuviosujuvuus on verbisujuvuustehtävän lailla on aiemmin yhdistetty etenkin prosessointinopeuteen (Tucha ym., 2012). Kuvioiden tuottamisen havaittiin olevan vahvassa yhteydessä ikään siten, että vanhemmat koehenkilöt tuottivat vähemmän kuvioita kuin heitä nuoremmat koehenkilöt. Kuviosujuvuus on useissa aiemmissä tutkimuksissa todistettu olevan negatiivisessa yhteydessä ikään (Fernandez ym., 2009; Goebel ym., 2009; Tucha ym., 2012). Iän laskevaa vaikutusta suoriutumiseen ei löydetty verbisujuvuustehtävän osalta, mikä on myös aiemman kirjallisuuden valossa tyypillinen löydös (Pekkala, 2012; Piatt ym. 1999b; Stockholm ym., 2013; Woods ym., 2005). Kielellisen työmuistin on myös havaittu säilyvän melko samantasoisena nuoruudesta aikuisuuteen, kun taas visuaalinen työmuisti heikkenee selkeämmin ikääntyessä (esim. Swanson, 2017). Kaksoistehtäväinterferenssin aiheuttaman suoriutumisen muutoksen ei havaittu korreloivan iän kanssa yhdessäkään osatehtävässä, joten tämän tutkielman tulosten perusteella iällä ei vaikuttaisi olevan suoraa vaikutusta kuviosujuvuuden heikkenemiseen kaksoistehtävässä.

Prospektiivisen ajan arvioinnin on havaittu olevan yhteydessä prosessointinopeuteen ja työmuistin tehokkuuteen (Fink & Neubauer, 2005). Tässä tutkielmassa aika-arvioiden tarkkuuden ja näiden kognitiivisten taitojen välillä ei löydetty tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä. Aika-arvioiden tarkkuuden yksittäisessä tehtävässä ja prosessointinopeuden mittareiden välillä voitiin havaita ainoastaan marginaalisesti merkitsevät yhteydet. Ikä vaikuttaisi aikaisemman tutkimustiedon perusteella heikentävän ajan arviointia (Baudouin ym., 2018; Block ym., 1998; Craik & Hay, 1999; Morra ym., 2013; Vanneste ym., 2016), mutta iällä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä aika-arvioiden tarkkuuteen. Tulokset eivät siis tukeneet tutkielman oletuksia prospektiivisen ajan arvioinnin yhtenevyysvaliditeetista.

4.3 Tutkielman rajoitukset ja suositukset jatkotutkimukselle

Tutkielman heikkoutena on sen pieni otoskoko ($N = 29$) ja heikko yleistettävyyys muihin populaatioihin kuin korkeakouluopiskelijoihin. Kognitiivisissa tehtävissä suoriutumisen on todettu olevan negatiivisessa yhteydessä ikään ja positiivisessa yhteydessä koulutusvuosien määrään etenkin toiminnanohjauksen taitojen ja prosessointinopeuden osalta (katsaus: Morra ym.,

2013). Koska nämä kognitiiviset taidot ovat tämän tutkielman keskiössä, ovat saadut tulokset enemmän suuntaa-antavia kuin koko väestöön yleistyviä. Siten tutkielman tuloksia on tulkittava varoen otoksen nuori ikä ja korkea koulutustaso huomioiden.

Tilastollisesti merkitsevien yhteyksien puuttuminen verrattaessa sujuvuus- ja ajan arviointitehtäviä muihin kognitiivisiin arviointimenetelmiin voi selittyä tutkielman kapealla otoksella, jonka keskimääräinen suoriutuminen tutkielman tehtävissä saattaa poiketa muusta populaatiosta (Morra ym., 2013). Havaintojen rajoittuneisuus pienelle vaihteluvälille vaikuttaa korrelaatiokertoimiin usein laskevasti, ja on mahdollista, että vaihteluvälien ollessa suurempia myös yhteydet tehtävien välillä tulisivat selkeämmin esille (Howell, 2010; McDowd ym., 2011). Tässä aineistossa tilastollisesti merkitsevät yhteydet olivat vähintään kohtalaisia ($r \geq .30$; Cohen, 1992), kun taas tilastollisesti merkitseviä heikkoja yhteyksiä ($r < .30$) ei voitu havaita. Kohtalaisten ja vahvojen yhteyksien toteamiseksi ei vaadita yhtä suuria aineistoja kuin heikkojen yhteyksien havaitsemiseksi (Bates, Zhang, Dufek & Chen, 1996), joten heikot mutta todelliset yhteydet ovat voineet jäädä tässä aineistossa huomaamatta.

Kuviosujuvuustehtäviä oli tutkielmassa kaksi yksittäistä sekä kaksi kaksoistehtävän osatehtävää siten, että kumpaakin kaksoistehtävää edelsi yksittäinen kuviosujuvuustehtävä. Koska oppimisvaikutuksesta ja esitysjärjestyksestä johtuen kaksoistehtäviä edeltävät yksittäiset kuviosujuvuustehtävät eivät olleet täysin vertailukelpoisia, esitysjärjestys kontrolloitiin kaksoistehtäväinterferenssin vaikutuksien vertailuissa. Tämä ratkaisu ei välttämättä korjannut täydellisesti oppimisvaikutuksen efektiä kuviosujuvuustehtäväsuoriutumisen muutokseen. Oppimisvaikutuksen huomiointi olisi voinut onnistua paremmin vertailemalla kutakin yksittäistä kuviosujuvuustehtävää niitä seuraaviin kaksoistehtäviin esitysjärjestyksen perusteella jaetuissa ryhmissä erikseen. Tämä olisi toisaalta vähentänyt analyysien tilastollista voimaa ryhmien pienestä koosta johtuen, minkä vuoksi yksittäiset kuviosujuvuustehtävät yhdistettiin ja tätä yhdistettyä kuviosujuvuuspistemäärää vertailtiin vasten kumpaakin kaksoistehtävää.

Monitestausingelma (engl. *multiple comparisons problem*) on tilastotieteessä yleinen tuloksien tulkintaa vaikeuttava seikka, jossa tilastollisesti merkitsevien tulosten esiintymistodennäköisyys kasvaa sitä mukaa, mitä useampaa tilastollista analyysia käytetään saman tutkimuskysymyksen ratkaisemiseksi. Tällöin niin kutsuttujen väärin positiivisten tulosten esiintymisriski kasvaa ja tulokset näyttävät tilastollisesti merkitsevinä, vaikka populaation tasolla eroja ei todellisuudessa löydetäisikään. Monitestausingelma pyritään usein korjaamaan tilastollisen päättelyn riskitason rajan tiukentamisella tai p-arvojen korjaamisella (ks. esim.

Benjamini & Hochberg, 1995). Tässä tutkielmassa sujuvuus- ja ajan arviointitehtävien yhtenevyysvaliditeetin tutkimisessa teetettiin useita korrelaatiokertoimien merkitsevyyksien testauksia yhden tutkimuskysymyksen selvittämiseksi. Näissä tilastollisissa analyyseissa ei käytetty tiukempaa riskitasoa tai erillistä p-arvojen korjausta, minkä vuoksi etenkin kyseisiin tutkimuskysymyksiin liittyviin tulkintoihin on suhtauduttava varauksella väärrien positiivisten tulosten ollessa mahdollisia. Nämä merkitsevät tulokset olisivatkin syytä replikoida muissa tutkimuksissa.

Vaikka tässä tutkielmassa ei hyödynnetty potilasaineistoa, tulosten peilaaminen kliinisen neuropsykologian kontekstiin voi parhaimmillaan auttaa tuottamaan uusia menetelmiä kliiniseen neuropsykologiaan. Sujuvuustehtävät osana kaksoistehtävää voisivat nimittäin olla hyödyllisiä työkaluja myös tavanomaisen ja niin sanotusti poikkeavan ikääntymisen tutkimuksessa. Kaksoistehtäväsuoriutumisessa ei ole havaittu eroja eri ikäryhmissä terveillä koehenkilöillä (Sebastian & Mediavilla, 2017), kun taas neurodegeneratiivisiin sairauksiin liittyvät dementiat, kuten Parkinsonin taudin dementia, vaikeuttavat kaksoistehtäväsuoriutumista (ks. esim. Wu & Hallett, 2008). Sana- ja kuviosujuvuustehtävien on havaittu olevan sensitiivisiä neurodegeneratiivisille sairauksille (Davis ym., 2010; McDowd ym., 2011; Piatt ym., 1999; Possin ym., 2012; Tucha ym., 2012), ja niinpä tämän tutkielman kaksoistehtävillä voisi tulevaisuudessa yrittää tutkia eroja tavanomaisen ja poikkeavan ikääntymisen välillä.

Jatkotutkimus muokkaamalla tässä tutkielmassa hyödynnettyjä tehtäviä on aiheellista. Verbisujuvuustehtävässä koehenkilön tuli vaihdella tuottamiensa verbien etukirjainta, jottei strategiaa voisi muodostaa luettelemalla samalla kirjaimella alkavia verbejä rykelmissä. Vastavaanlaista strategianmuodostuksen kontrolloimista ei toteutettu kuviosujuvuustehtävän ohjeistuksessa, minkä vuoksi nämä kaksi sujuvuustehtävää saman kaksoistehtävän osatehtävinä ovat saattaneet olla vaikeustasoltaan epäsuhdassa toisiinsa nähden. Jotta voitaisiin sanoa, että ero interferenssin voimakkuudessa riippuu vaikeamman tehtävän priorisoinnista, tulisi ilmiötä tulevaisuudessa tutkia rajoittamalla strategian muodostusta vastaisesti kuviosujuvuustehtävässä mutta ei verbisujuvuustehtävässä. Jotta taas vaikeusasteen ja tehtävän laadun vaikutukset kaksoistehtäväinterferenssin ilmenemiseen voitaisiin erottaa toisistaan, tulisi tehtävät painottaa vaikeusasteeltaan.

Työmuistia entistä kuormittavampi ajan arviointitehtävä taas voisi olla luonteeltaan retrospektiivinen, jossa toisen tehtävän lomassa tutkittavaa pyydetäisiin satunnaisin väliajoin arvioi-

maan esimerkiksi aina edellisen aika-arvion jälkeen kulunut aika. Näin ajan arviointi olisi mahdollisimman jatkuvaa läpi koko tehtävän, ja kaksoistehtäväinterferenssin vaikutus voisi näyttyä kuviosujuustehtävässä suurempana kuin koehenkilön itseohjautuvuuteen nojaavan prospektiivisen ajan arviointitehtävän kanssa.

4.4 Johtopäätökset

Tämä on oletettavasti ensimmäinen tutkimus, jossa on hyödynnetty kuviosujuustehtävää yhdessä ajan arvioinnin tai verbisujuvuuden kanssa osana kaksoistehtävää. Tulosten perusteella kaksoistehtäväinterferenssin vaikutus voi näyttyä hyvin erilaisena kaksoistehtävästä toiseen riippuen muun muassa kunkin osatehtävän yksilöllisestä kuormittavuudesta. Kuviosujuustehtävässä kaksoistehtäväinterferenssi voitiin havaita selkeimmin silloin, kun samalla tuli tuottaa verbejä. Tämä kaksoistehtäväinterferenssin ilmeneminen voi selittyä työmuistin monikomponenttimallin mukaisella aistimodaliteetista riippuvien työmuistin alajärjestelmien ja näitä koordinoivan keskusyksikön kuormituksella. Vaikka lisää tutkimusta aiheesta tarvitaan kattavammilla aineistoilla ja vertailukykyisemmällä kaksoistehtävän osatehtävillä, tämän tutkielman tulosten perusteella kuviosujuustehtävä osana kaksoistehtävää on soveltuva työkalu työmuistikuormituksen ja kaksoistehtäväinterferenssin ilmentämisessä.

Lähteet

- Alvarez, J. A. & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: A meta-analytic review. *Neuropsychology Review*, *16*, 17–42.
- Anderson, T. M. & Knight, R. G. (2010). The long-term effects of traumatic brain injury on the coordinative function of the central executive. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *32*, 1074–1082.
- Andriessen, T. M. J. C., Jacobs, B. & Vos, P. E. (2010). Clinical characteristics and pathophysiological mechanisms of focal and diffuse traumatic brain injury. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, *14*, 2381–2392.
- Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, *49*, 5–28.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 417–423.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*, 829–839.
- Baddeley, A., Baddeley, H. A., Bucks, R. S. & Wilcock, G. K. (2001). Attentional control in Alzheimer's disease. *Brain*, *124*, 1492–1508.
- Baddeley, A. & Hitch, G. (1974). Working Memory. Teoksessa G. H. Bower (Toim.), *Psychology of Learning and Motivation* (8. painos, s. 47–89). New York: Academic Press.
- Baddeley, A., Emslie, H., Kolodny, J. & Duncan, J. (1998). Random generation and the executive control of working Memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, *51*, 819–852.
- Baddeley, A., Sala, S. Della, Papagno, C. & Spinnler, H. (1997). Dual-task performance in dysexecutive and nondysexecutive patients with a frontal lesion. *Neuropsychology*, *11*, 187–194.
- Baldo, J. V., Shimamura, A. P., Delis, D. C., Kramer, J. & Kaplan, E. (2001). Verbal and design fluency in patients with frontal lobe lesions. *Journal of the International*

Neuropsychological Society, 7, 586–596.

- Bates, B. T., Zhang, S., Dufek, J. S. & Chen, F. C. (1996). The effects of sample size and variability on the correlation coefficient. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28, 386–391.
- Baudouin, A., Isingrini, M. & Vanneste, S. (2018). Executive functioning and processing speed in age-related differences in time estimation: A comparison of young, old, and very old adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*. Etukäteisjulkaisu verkossa. <https://www.tandfonline.com/toc/nanc20/current>
- Benjamini, Y. & Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 57, 289–300.
- Block, R. A., Hancock, P. A. & Zakay, D. (2010). How cognitive load affects duration judgments: A meta-analytic review. *Acta Psychologica*, 134, 330–343.
- Block, R. A. & Zakay, D. (1997). Prospective and retrospective duration judgments: A meta-analytic review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 4, 184–197.
- Block, R. A., Zakay, D. & Hancock, P. A. (1998). Human aging and duration judgments: A meta-analytic review. *Psychology and Aging*, 13, 584–596.
- Brown, S. W., Collier, S. A. & Night, J. C. (2013). Timing and executive resources: Dual-task interference patterns between temporal production and shifting, updating, and inhibition tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39, 947–963.
- Cassady, J. C. & Johnson, R. E. (2002). Cognitive test anxiety and academic performance. *Contemporary Educational Psychology*, 27, 270–295.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112, 155–159.
- Conson, M., Cinque, F., Barbarulo, A. M. & Trojano, L. (2008). A common processing system for duration, order and spatial information: Evidence from a time estimation task. *Experimental Brain Research*, 187, 267–274.
- Cooper, R. P., Wutke, K. & Davelaar, E. J. (2012). Differential contributions of set-shifting and monitoring to dual-task interference. *Quarterly Journal of Experimental*

- Psychology*, 65, 587–612.
- Costa, A., Bagoj, E., Monaco, M., Zabberoni, S., De Rosa, S., Papantonio, A. M., ... Carlesimo, G. A. (2014). Standardization and normative data obtained in the Italian population for a new verbal fluency instrument, the phonemic/semantic alternate fluency test. *Neurological Sciences*, 35, 365–372.
- Coubard, O. A., Ferrufino, L., Boura, M., Gripon, A., Renaud, M. & Bherer, L. (2011). Attentional Control in Normal Aging and Alzheimer's Disease. *Neuropsychology*, 25, 353–367.
- 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. (2010). Multiple concurrent thoughts: The meaning and developmental neuropsychology of working memory. *Developmental Neuropsychology*, 35, 447–474.
- Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, S. J., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A. & Conway, A. R. A. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, 51, 42–100.
- Cowan, N., Saults, J. S. & Blume, C. L. (2014). Central and peripheral components of working memory storage. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143, 1806–1836.
- Craik, F. I. M. & Hay, J. F. (1999). Aging and judgments of duration: Effects of task complexity and method of estimation. *Perception & Psychophysics*, 61, 549–560.
- Davis, C., Gottesman, R. F., Crinion, J., Newhart, M., Soloman, D., Rigamonti, D., ... Newhart, M. (2010). Action versus animal naming fluency in subcortical dementia, frontal dementias, and Alzheimer's disease. *Neurocase*, 16, 259–266.
- de Paula, J. J., de Castro Paiva, C. G. & de Souza Costa, D. (2015). Use of a modified version of the switching verbal fluency test for the assessment of cognitive flexibility, 9, 258–264.
- Dehaene, S., Bossini, S. & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 371–396.

- Delis, D., Kaplan, E. & Kramer, J. (2001). *Delis-Kaplan Executive Function System: Examiner's manual*. San Antonio: The Psychological Corporation.
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R. & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. *Emotion*, 7, 336–353.
- Fernandez, A. L., Moroni, M. A., Carranza, J. M., Lebowitz, B. K., Luis, A., Moroni, M. A., ... Lebowitz, B. K. (2009). Reliability of the Five-Point Test. *The Clinical Neuropsychologist*, 23, 501–509.
- Ferreira, J. J., Coelho, M., Rosa, M. M. & Castro-caldas, A. (2015). Action verbal fluency in Parkinson's patients. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 73, 520–525.
- Fink, A. & Neubauer, A. C. (2005). Individual differences in time estimation related to cognitive ability, speed of information processing and working memory. *Intelligence*, 33, 5–26.
- Fischer-baum, S., Miozzo, M. & Laiacona, M. (2016). Perseveration during verbal fluency in traumatic brain injury reflects impairments in working memory. *Neuropsychology*, 30, 791–799.
- Fougnie, D. & Marois, R. (2011). What limits working memory capacity? Evidence for modality-specific sources to the simultaneous storage of visual and auditory arrays. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 37, 1329–1341.
- Ghanavati, E., Nejati, V. & Salehinejad, M. A. (2018). Transcranial direct current stimulation over the posterior parietal cortex (PPC) enhances figural fluency: Implications for creative cognition. *Journal of Cognitive Enhancement*, 2, 88–96.
- Gibbon, J., Church, R. M. & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 423, 52–77.
- Goebel, S., Fischer, R., Ferstl, R., Maximilian, H., Goebel, S., Fischer, R., ... Mehdorn, M. (2009). Normative data and psychometric properties for qualitative and quantitative scoring criteria of the Five-point Test. *The Clinical Neuropsychologist*, 23, 675–690.
- Han, S. W. & Marois, R. (2013). The source of dual-task limitations: Serial or parallel processing of multiple response selections? *Attention, Perception, and Psychophysics*, 75, 1395–1405.

- Heathcote, A., Coleman, J. R., Eidels, A., Watson, J. M., Houpt, J. & Strayer, D. L. (2015). Working memory's workload capacity. *Memory and Cognition*, *43*, 973–989.
- Howell, D. C. (2010). *Statistical methods for psychology*. (7. p.). Belmont: Thomson Wadsworth cop.
- Howes, A., Lewis, R. L. & Vera, A. (2009). Rational adaptation under task and processing constraints: Implications for testing theories of cognition and action. *Psychological Review*, *116*, 717–751.
- Izaks, G. J., Joosten, H., Koerts, J., Gansevoort, R. T. & Slaets, J. P. (2011). Reference data for the Ruff Figural Fluency Test stratified by age and educational level. *PLoS ONE*, *6*, 1–8.
- Jahanshahi, M., Obeso, I., Casabona, E. & Bringas, M. L. (2012). Semantic and phonemic verbal fluency in Parkinson's disease: Influence of clinical and demographic variables. *Behavioural Neurology*, *25*, 111–118.
- Janssen, C. P. & Brumby, D. P. (2015). Strategic adaptation to task characteristics, incentives, and individual differences in dual-tasking. *PLoS ONE*, *10*, 1–33.
- Jones-Gotman, M. & Milner, B. (1977). Design fluency: The invention of nonsense drawings after focal cortical lesions. *Neuropsychologia*, *15*, 653–674.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. New York: Prentice Hall.
- Kivisaari, S., Kuha, A. & Poutiainen, E. (toim). Sanasujuvuustehtävien suomalainen viitearvoaineisto. Suomen neuropsykologinen yhdistys ry. Helsinki, 2009, verkkojulkaisu.
- Maslovat, D., Chua, R., Spencer, H. C., Forgaard, C. J., Carlsen, A. N. & Franks, I. M. (2013). Evidence for a response preparation bottleneck during dual-task performance: Effect of a startling acoustic stimulus on the psychological refractory period. *Acta Psychologica*, *144*, 481–487.
- McDowd, J., Rozek, E., Lyons, K. E., Pahwa, R., Burns, J. & Kemper, S. (2011). Understanding verbal fluency in healthy aging, Alzheimer's disease, and Parkinson's disease. *Neuropsychology*, *25*, 210–225.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D.

- (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*, *130*, 621–640.
- Morey, C. C. & Cowan, N. (2004). When visual and verbal memories compete: Evidence of cross-domain limits in working memory. *Psychonomic Bulletin and Review*, *11*, 296–301.
- Morey, C. C. & Mall, J. T. (2012). Cross-domain interference costs during concurrent verbal and spatial serial memory tasks are asymmetric. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *65*, 1777–1797.
- Morey, C. C., Morey, R. D., van der Reijden, M. & Holweg, M. (2013). Asymmetric cross-domain interference between two working memory tasks: Implications for models of working memory. *Journal of Memory and Language*, *69*, 324–348.
- Morra, L., Zade, D., McGlinchey, R. E. & Milberg, W. P. (2013). Normal aging and cognition: The unacknowledged contribution of cerebrovascular risk factors. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *20*, 271–297.
- Noreika, V., Falter, C. M. & Rubia, K. (2013). Timing deficits in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Evidence from neurocognitive and neuroimaging studies. *Neuropsychologia*, *51*, 235–266.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, *116*, 220–244.
- Pekkala, S. (2012). Verbal fluency tasks and the neuropsychology of language. Teoksessa M. Faust (Toim.), *The handbook of the neuropsychology of language* (2. painos, s. 619–634). Chichester, Länsi-Sussex: Wiley-Blackwell.
- Piatt, A. L., Fields, J. A., Paolo, A. M., Koller, W. C., Tröster, A. I., Piatt, A. L., ... Tröster, A. I. (1999a). Lexical, semantic, and action verbal fluency in Parkinson's disease with and without dementia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *21*, 435–443.

- Piatt, A. L., Fields, J. A., Paolo, A. M. & Tro, A. I. (1999b). Action (verb naming) fluency as an executive function measure: Convergent and divergent evidence of validity. *Neuropsychologia*, *37*, 1499–1503.
- Possin, K. L., Chester, S. K., Laluz, V., Bostrom, A., Rosen, H. J., Miller, B. L. & Kramer, J. H. (2012). The frontal-anatomic specificity of design fluency repetitions and their diagnostic relevance for behavioral variant frontotemporal dementia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *18*, 834–844.
- Poutiainen, E., Kalska, H., Laasonen, M., Närhi, V. & Räsänen, P. (2010). *Trail Making - testi. Käsikirja*. Helsinki: Psykologien kustannus.
- Regard, M. M., Strauss, E. H. & Knapp, P. H. (1982). Children's production on verbal and non-verbal fluency tasks. *Perceptual and Motor Skills*, *55*, 839–844.
- Reitan, R. M. & Wolfson, D. (1985). *The Halstead-Reitan neuropsychological test battery: therapy and clinical interpretation*. Tucson: Neuropsychological Press.
- Rende, B., Ramsberger, G. & Miyake, A. (2002). Commonalities and differences in the working memory components underlying letter and category fluency tasks: a dual-task investigation. *Neuropsychology*, *16*, 309–321.
- Robinson, G., Shallice, T., Bozzali, M. & Cipolotti, L. (2012). The differing roles of the frontal cortex in fluency tests. *Brain*, *135*, 2202–2214.
- Ruff, R. (1988). *Ruff Figural Fluency Test professional manual*. Odessa: Psychological Assessment Resources Inc.
- Saunamäki, T. & Jehkonen, M. (2015). Neuropsykologinen tutkimus. Teoksessa M. Jehkonen, T. Saunamäki, L. Paavola & J. Vilkki (Toim.), *Klininen neuropsykologia* (1. painos, s. 40–55). Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Schaller, G., Lenz, B., Friedrich, K., Dygón, D., Richter-Schmidinger, T., Sperling, W. & Kornhuber, J. (2013). No evidence for effects of a high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation series on verbal and figural fluency and TAP task performance in healthy male volunteers. *Neuropsychobiology*, *67*, 69–73.
- Sebastian, M. V., Menor, J. & Elosua, M. R. (2006). Attentional dysfunction of the central executive in AD: Evidence from dual task and perseveration errors. *Cortex*, *42*, 1015–1020.

- Sebastian, M. V & Mediavilla, R. (2017). Does dual-task coordination performance decline in later life? *Psicothema*, *29*, 223–228.
- Signorini, M. & Volpato, C. (2006). Action fluency in Parkinson's disease: A follow-up study. *Movement Disorders*, *21*, 467–472.
- Stokholm, J., Jørgensen, K., Vogel, A., Stokholm, J., Jørgensen, K. & Vogel, A. (2013). Performances on five verbal fluency tests in a healthy, elderly Danish sample. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *20*, 22–33.
- Stolwyk, R., Bannirchelvam, B., Kraan, C. & Simpson, K. (2015). The cognitive abilities associated with verbal fluency task performance differ across fluency variants and age groups in healthy young and old adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *37*, 70–83.
- Strong, C. H., Tiesma, D. & Donders, J. (2011). Criterion validity of the Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS) fluency subtests after traumatic brain injury. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *17*, 230–237.
- Swanson, H. L. (2017). Verbal and visual-spatial working memory: What develops over a life span? *Developmental Psychology*, *53*, 971–995.
- Taatgen, N. A. & Anderson, J. (2007). An integrated theory of prospective time interval estimation: The role of cognition, attention, and learning. *Psychological Review*, *114*, 577–598.
- Tallberg, I. M., Ivachova, E., Jones Tinghag, K. & Östberg, P. (2008). Swedish norms for word fluency tests: FAS, animals and verbs. *Scandinavian Journal of Psychology*, *49*, 479–485.
- Telford, C. W. (1931). The refractory phase of voluntary and associative responses. *Journal of Experimental Psychology*, *14*, 1–36.
- Tombaugh, T. N. (2004). Trail Making Test A and B: Normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *19*, 203–214.
- Tucha, L., Aschenbrenner, S., Koerts, J. & Lange, K. W. (2012). The Five-Point Test: Reliability, validity and normative data for children and adults. *PLoS ONE*, *7*, 1–11.
- Vanneste, S., Baudouin, A., Bouazzaoui, B. & Taconnat, L. (2016). Age-related differences

in time-based prospective memory: The role of time estimation in the clock monitoring strategy. *Memory*, *24*, 812–825.

Vilkki, J., Levänen, S. & Servo, A. (2002). Interference in dual-fluency tasks after anterior and posterior cerebral lesions. *Neuropsychologia*, *40*, 340–348.

Wechsler, D. (2012). *WAIS-IV käsikirja*. Helsinki: Psykologien kustannus Oy.

Whiteside, D. M., Kealey, T., Semla, M., Luu, H., Rice, L., Basso, M. R. & Roper, B. (2016). Verbal fluency: Language or executive function measure? *Applied Neuropsychology: Adult*, *23*, 29–34.

Woods, S. P., Scott, J. C., Sires, D. A., Grant, I., Heaton, R. K. & Tröster, A. I. (2005). Action (verb) fluency: test-retest reliability, normative standards, and construct validity. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *11*, 408–415.

Wu, T. & Hallett, M. (2008). Neural correlates of dual task performance in patients with Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *79*, 760–766.

Zakay, D. & Block, R. A. (1996). The role of attention in time estimation processes. Teoksessa M. A. Pastor & J. Artieda (Toim.), *Time, internal clocks and movement* (ss. 143–164). Amsterdam: Elsevier Science.

Östberg, P., Crinelli, R. M., Danielsson, R., Wahlund, L., Bogdanovic, N. & Fernaeus, S. (2007). A temporal lobe factor in verb fluency. *Cortex*, *43*, 607–615.

Liitteet

Liite 1. Ikäryhmitetyt yksittäisten kuviosujuvuustehtävien persentiilit

Rp	Kuviot 1			Kuviot 2			Rp
	19–21- vuotiaat	22–26- vuotiaat	27–38- vuotiaat	19–21- vuotiaat	22–26- vuotiaat	27–38- vuotiaat	
21			20				21
22			25				22
23	10		30				23
24	11	10	50				24
25	12	13	55		9		25
26	13	16	60		19	10	26
27	15	19	64		20	20	27
28	16	28	67	9	22	40	28
29	17	32	70	19	24	44	29
30	19	37	80	20	26	47	30
31	23	41		22	28	50	31
32	28	46		24	30	64	32
33	30	50		26	32	67	33
34	32	55		28	35	70	34
35	35	57		29	37	74	35
36	37	59		30	41	77	36
37	49	60		32	46	80	37
38	52	62		33	50	85	38
39	55	64		34	55		39
40	69	75		36	66		40
41	73	77		37	69		41
42	75	79		39	71		42
43	76	80		41	73		43
44	78	82		44	76		44
45	79	85		46	79		45
46	81	87		50	82		46
47	82	89		55	84		47
48	85			75	85		48
49	87			76	87		49
50	89			78	88		50
51				79	90		51

Liite 1
Ikäryhmitetyt yksittäisten kuviosujuvuustehtävien persentiilit

43

52	81	52
53	82	53
54	83	54
55	85	55
56	86	56
57	87	57
58	88	58
59	89	59
60	90	60
61		61

Rp = kuviosujuvuustehtävien raakapisteet, $n_{19-21} = 10$, $n_{22-26} = 10$, $n_{27-38} = 9$

Liite 2. Ikäryhmitetyt kuviosujuvuustehtävien persentiilit kaksoistehtävissä

Rp	Kuviot-aika			Kuviot-verbit			Rp
	19–21- vuotiaat	22–26- vuotiaat	27–38- vuotiaat	19–21- vuotiaat	22–26- vuotiaat	27–38- vuotiaat	
9					9		9
10					13		10
11					16		11
12					19	10	12
13					28	14	13
14					30	17	14
15					31	20	15
16		9			33	40	16
17		12	10	9	35	50	17
18		14	20	13	37	65	18
19		16	25	16	39	70	19
20	9	19	30	19	41	84	20
21	19	22	40	37	44	87	21
22	28	25	50	46	46		22
23	23	28	60	49	50		23
24	25	30	65	52	55		24
25	28	32	70	55	58		25
26	31	35	75	60	61		26
27	34	37	80	64	64		27
28	37	41	84	66	67		28
29	41	46	87	68	70		29
30	46	48		70	73		30
31	57	50		71	76		31
32	60	53		73	79		32
33	62	55		75	82		33
34	64	57		77	83		34
35	73	60		80	85		35
36	74	62		82	86		36
37	75	64			87		37
38	76	73			88		38
39	77	76			89		39
40	78	79			90		40
41	79	82					41

Liite 2

Ikäryhmitetyt kuviosujuvuustehtävien persenttiilit kaksoistehtävissä

45

42		84	42
43	80	86	43
44	81	88	44
45	82	90	45
46	83		46
47	84		47
48	85		48
49	86		49
50	87		50
51	88		51
52	89		52
53	90		53
54			54

R_p = kuviosujuvuustehtävien raakapisteet, $n_{19-21} = 10$, $n_{22-26} = 10$, $n_{27-38} = 9$

Liite 3. Ikäryhmitetyt verbisujuvuustehtävien persentiilit

Rp	Yksittäinen			Kuviot-verbit			Rp
	19–21- vuotiaat	22–26- vuotiaat	27–38- vuotiaat	19–21- vuotiaat	22–26- vuotiaat	27–38- vuotiaat	
20				9			20
21				11			21
22				12	9		22
23				13	19		23
24				15	29		24
25			10	16	31	20	25
26			13	17	32	24	26
27			15	19	34	27	27
28		9	18	23	35	30	28
29		19	20	28	37	33	29
30	9	29	22	30	49	35	30
31	14	31	24	31	52	38	31
32	19	32	25	33	55	40	32
33	22	34	27	35	58	50	33
34	25	35	29	37	61	64	34
35	28	37	30	64	65	67	35
36	30	46	35	75	78	70	36
37	31	58	40	77	82	74	37
38	33	61	52	79	83	77	38
39	35	64	53	80	84	80	39
40	37	66	55	82	85	85	40
41	40	69	56	85			41
42	43	71	58	87	86		42
43	46	73	59	89	87		43
44	55	82	60		88		44
45	64		82		89		45
46	73	83	84		90		46
47	76	84	85				47
48	79		87				48
49	82	85	89				49
50	85						50
51	88	86					51
52							52

Liite 3
Ikäryhmitetyt verbisujuvuustehtävien persentiilit

		47
53	87	53
54	88	54
55		55
56	89	56
57		57
58	90	58
59		59

Rp = verbisujuvuustehtävien raakapistet, n₁₉₋₂₁ = 10, n₂₂₋₂₆ = 10, n₂₇₋₃₈ = 9

Liite 4. Ikäryhmitetyt aika-arvioiden persentiilit

Aika	Yksittäinen			Kuviot-aika			Aika
	19–21- vuotiaat	22–26- vuotiaat	27–38- vuotiaat	19–21- vuotiaat	22–26- vuotiaat	27–38- vuotiaat	
19						11	19
20					1	13	20
21					11	14	21
22					12	15	22
23	1				13	17	23
24	12				15	18	24
25	14				16	20	25
26	16	1			17	30	26
27	18	13	1	1	19	32	27
28	23	17	20	14	23	34	28
29	32	23	43	20	28	36	29
30	46	49	48	22	52	38	30
31	61	55	70	24	56	40	31
32	76	69	82	26	58	45	32
33	82	73	86	28	61	50	33
34	86	79	88	31	63	80	34
35	90	83		34	66		35
36		85		37	69		36
37		87		52	72		37
38		89		64	76		38
39		90		66	82		39
40				69	85		40
41				71	88		41
42				73			42
43				76			43
44				78			44
45				81			45

Aika = ajan arviointitehtävien keskiarvioistettut aika-arviot sekunteina, $n_{19-21} = 10$, $n_{22-26} = 10$, $n_{27-38} = 9$