

Running head: BACHELORTHESIS

De Relatie Tussen Werkgeheugen en Inhibitie Gemeten via Neuropsychologische Tests  
en een Gedragsvragenlijst  
Universiteit Utrecht

Bachelorthesis Pedagogische Wetenschappen (200600042)

Annebel H. M. Baakman (4248856)

Sara Keles (4092449)

Meike J. M. Kusters (4148452)

Michelle F. Perquin (4216571)

Begeleidster: W.B.T. Blom

19 juni 2014

## Abstract

This study examined whether a relation exists between neuropsychological tasks and a questionnaire developed to measure executive functions in daily life, in particular working memory and inhibition, in children aged 5 to 8. In addition, the effects of the independent variables sex and age on working memory and inhibition were studied. 44 Dutch boys and 54 Dutch girls ( $M_{age} = 7$  years,  $SD = 1,1$ ) completed neuropsychological tasks aimed to measure working memory and inhibition. In addition, their parents completed the Dutch translation of the parent form for the Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF), aimed to measure working memory and inhibition in daily life. A significant correlation ( $r = -0.325$ ,  $p = < 0.05$ ) was found between scores on working memory tasks from neuropsychological tasks and the scores on the subscale working memory from the BRIEF ( $R^2 = 10.2$ ). Furthermore, a significant effect was observed for the independent variables on neuropsychological tasks, but no significant effect was found for the independent variables on working memory and inhibition measured with the BRIEF. Findings suggest that working memory performance measured by neuropsychological tasks predict scores on the BRIEF. In addition, results from the neuropsychological tasks support the assumption that working memory and inhibition improve as children grow older. They also support the assumption that sex affects working memory and inhibition. Further research required to examine whether inhibition performance measured by neuropsychological tasks predict scores on the BRIEF.

*Keywords:* executive functions, working memory, inhibition, BRIEF, neuropsychological tasks

## De Relatie Tussen Werkgeheugen en Inhibitie Gemeten via Neuropsychologische Tests en een Gedragsvragenlijst

In het dagelijks leven spelen executieve functies (EF) een essentiële rol (Huizinga & Smidts, 2011). Door EF kunnen gedachten en handelingen zodanig gereguleerd worden dat ze doelgericht en efficiënt zijn (Clark, Pritchard, & Woodward, 2010; Huizinga, 2007; Miller & Cohen, 2001). De EF dragen bij aan de leervaardigheden, waardoor de ontwikkeling van deze functies als relevant voor schoolprestaties kunnen worden gezien (Fitzpatrick, McKinnon, Blair, & Willoughby, 2014; Ullman, Almeida, & Klingberg, 2014). EF is een overkoepelende term die gebruikt wordt om cognitieve processen, waaronder werkgeheugen en inhibitie vallen, aan te duiden (Bull & Lee, 2014; Garon, Bryson, & Smith, 2008; Goldstein & Naglieri, 2014; Holmes et al., 2012). Inhibitie is het bieden van weerstand aan impulsen (Huizinga & Smidts, 2012) en het werkgeheugen is een systeem dat informatie gelijktijdig verwerkt en vasthoudt (Alloway & Alloway, 2010; Blair & Razza, 2007; Diamond, Barnett, Thomas, & Munro, 2007; Williams, Goldstein, Carpenter, & Minshew, 2005). Werkgeheugen en inhibitie zijn cruciaal bij het functioneren in het dagelijks leven van kinderen (Blair & Razza, 2007; Diamond et al., 2007). Deze cognitieve processen kunnen gemeten worden aan de hand van gedragsvragenlijsten (Huizinga & Smidts, 2012) en met behulp van neuropsychologische tests (Aarnoudse-Moens, Duivenvoorden, Weisglas-Kuperus, Van Goudoever, & Oosterlaan, 2012; Carlson, 2005; Moriguchi & Hiraki, 2013). Een beperking van neuropsychologische tests is dat ze in een gestandaardiseerde situatie worden afgenomen, waardoor de resultaten niet kunnen worden gegeneraliseerd naar de thuissituatie (Bull & Scerif, 2001; Gathercole, Alloway, Willis, & Adams, 2006; Levine, Stuss, Milberg, Alexander, Schwartz, & Macdonald, 1998; Swanson, 2003).

Het huidige onderzoek heeft als doel om te onderzoeken of er een relatie bestaat tussen scores op werkgeheugen- en inhibitietaken van neuropsychologische tests en werkgeheugen- en inhibitiescores op de gedragsvragenlijst over de thuissituatie. Tevens blijkt uit onderzoek dat scores op werkgeheugen- en inhibitietaken van neuropsychologische tests door verschillende factoren worden beïnvloed, waaronder leeftijd en geslacht (Alloway & Alloway, 2010; Huizinga & Smidts, 2012; Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000). Om die reden is de invloed van leeftijd en geslacht onderzocht op scores van zowel de neuropsychologische tests als de gedragsvragenlijst over de thuissituatie.

**Werkgeheugen en inhibitie.** Het werkgeheugen zorgt ervoor dat informatie voor korte- en lange tijd opgeslagen en bewerkt kan worden in de hersenen (Andreou, Vlachos, & Andreou, 2005; Just & Carpenter, 1992; Li, Luo, & Gong, 2010). Hier wordt in het dagelijks leven van kinderen een beroep op gedaan (Sardes, 2010). Ouders van kinderen met een lage werkgeheugencapaciteit rapporteren vaak problemen omtrent het

onthouden van regels van een taak, doorzettingsvermogen en concentratie (Engle, 2002; Smidts & Huizinga, 2009). Uit onderzoek blijkt dat een lage capaciteit van het werkgeheugen kenmerkend is voor aandachtsproblemen (Gathercole & Pickering, 2000; Lui & Tannock, 2007; Tillman, Eninger, Forssman, & Bohlin, 2011), hyperactiviteit (Rapport et al., 2009) en impulsiviteit (Raiker, Rapport, Kofler, & Sarver, 2012). De capaciteit van het werkgeheugen kan dus een bepalende rol spelen bij problemen in het gedrag van kinderen.

Inhibitie wordt gedefinieerd als het vermogen om ongepast gedrag te onderdrukken wanneer dit nodig is, zodat gepast gedrag tot uiting kan komen (Miyake et al., 2000; Nigg & Casey, 2005). Inhibitie is voor kinderen van groot belang als zij zich op een taak moeten richten (Moriguchi & Hiraki, 2013). Het niet kunnen stilzitten, impulsief objecten aanraken en standvastig onderbreken van anderen zijn uitingen van inefficiënte inhibitie bij kinderen (Anderson, Hinshaw, & Simmel, 1994; Malone & Swanson, 1993). Deze inhibitieproblemen zijn vaak het kernprobleem van kinderen met een aandachtstekortstoornis met hyperactiviteit [ADHD] (Klenberg, Korkman, & Lahti-Nuuttila, 2010; Nigg & Casey, 2005). Daarnaast gelden inhibitieproblemen als kernprobleem voor andere stoornissen (Sergeant, Geurts, & Oosterlaan, 2002), waaronder stoornissen in het Autistisch spectrum [ASS] (Geurts, Verté, Oosterlaan, Roeyers, & Sergeant, 2004). Ouders van kinderen met ASS en inhibitieproblemen beschrijven vaak dat hun kinderen moeite hebben met hun gedrag te remmen in sociale situaties (Geurts et al., 2004).

Er is relatief weinig aandacht besteed aan de mogelijke effecten van werkgeheugen- en inhibitieproblemen op het dagelijks functioneren van kinderen (Scope, Empson, & McHale, 2010). Het is dus van belang nader te onderzoeken of werkgeheugen- en inhibitiescores op neuropsychologische het functioneren in de thuissituatie kunnen voorspellen.

**De invloed van leeftijd op werkgeheugen en inhibitie.** De ontwikkeling van werkgeheugen en inhibitie begint al op jonge leeftijd en duurt voort tot in de adolescentie en jongvolwassenheid (Huizinga, Dolan, & Van Der Molen 2006; Nigg & Casey, 2005; Taylor, Barker, Heavey, & McHale, 2013; Zelazo & Carlson, 2012). Onderzoek wijst uit dat leeftijd een significant effect heeft op de scores die door kinderen worden behaald op taken die werkgeheugen en inhibitie meten (Casey, et al., 2005; Davidson, Amso, Anderson, & Diamond, 2006; Klenberg, Korkman, & Lathi-Nuuttila, 2010; Lo et al., 2013). Werkgeheugen en inhibitie kennen ieder een eigen ontwikkelingsverloop (Goldstein & Naglieri, 2014; Huizinga, 2007). Het werkgeheugen ontwikkelt zich bij kinderen geleidelijk (Gathercole & Alloway, 2006; Gathercole, Pickering, Ambrigde, & Wearing, 2004; Huizinga et al., 2006; Kannass, Oakes, & Shaddy, 2006; Kwon, Reiss, & Menon, 2002). Jonge kinderen kunnen complexe

werkgeheugentaken minder goed uitvoeren dan oudere kinderen (Casey et al., 2005; Dempster, 1992; Gathercole et al., 2004; Romine & Reynolds, 2005). Uit onderzoek van Huizinga et al. (2006) blijkt dat kinderen van elf jaar beter scoren op complexe werkgeheugentaken dan zevenjarige kinderen en dat vijftienjarige kinderen op dergelijke werkgeheugentaken beter scoren dan elfjarige kinderen.

De bevindingen uit de beschreven onderzoeken duiden er op dat oudere kinderen beter weerstand kunnen bieden aan impulsen en meer informatie kunnen opslaan dan jongere kinderen. Kennis over het ontwikkelingsverloop van werkgeheugen en inhibitie biedt mogelijkheden tot gerichte interventie en preventie van werkgeheugen- en inhibitieproblemen (Zelazo & Carlson, 2012). Het is dus van belang het onderzoek ook te richten op de invloed van leeftijd op werkgeheugen en inhibitie.

**De invloed van geslacht op werkgeheugen en inhibitie.** De ontwikkeling van werkgeheugen en inhibitie wordt door verschillende factoren beïnvloed (Son, Lee, & Sung, 2013). Zo blijkt uit onderzoek dat geslacht een sterke invloed heeft op de ontwikkeling van deze cognitieve processen (Alloway & Alloway, 2010; De Luca et al., 2010; Huizinga & Smidts, 2012; Klenberg et al., 2010; Miyake et al., 2000; Son et al., 2013). Uit de resultaten van het onderzoek van Klenberg et al. (2010) blijkt dat meisjes hoger scoren op inhibitietaken. Na het zesde levensjaar worden echter geen verschillen meer gevonden tussen jongens en meisjes die toe te schrijven zijn aan geslacht (Klenberg et al., 2010). Verschillende onderzoeken onderbouwen deze resultaten en geven aan dat het inhibitievermogen van meisjes zich sterker ontwikkelt dan dat van jongens (Liu, Xiao, & Shi, 2013; Rosenberg-Kima & Sadeh, 2010; Wiebe, Sheffield, & Espy, 2012). In het onderzoek van Zaitchik, Iqbal, en Carey (2014) worden daarentegen geen verschillen gemeten in inhibitie tussen jongens en meisjes. De resultaten van onderzoeken naar de invloed van geslacht op werkgeheugen komen ook niet overeen. Het onderzoek van Zaitchik et al. (2014) geeft geen verschil tussen jongens en meisjes in het uitvoeren van verschillende werkgeheugentaken. Het onderzoek van Andreou et al. (2005) en Li et al. (2010) laat zien dat meisjes beter zijn in het uitvoeren werkgeheugentaken dan jongens.

Er is meer onderzoek nodig naar de interactie tussen geslacht en de ontwikkeling van werkgeheugen en inhibitie om te kunnen spreken over consensus (Klenberg et al., 2010). Het huidige onderzoek richt zich daarom op de invloed van geslacht op werkgeheugen en inhibitie.

**Het huidige onderzoek.** Aan de hand van eerder beschreven literatuur is de volgende onderzoeksvraag geformuleerd: Bestaat er een relatie tussen de executieve functies, werkgeheugen en inhibitie, van vijf- tot achtjarige kinderen zoals gemeten via neuropsychologische tests en gemeten via een gedragsvragenlijst over de thuissituatie?

Omwillen van de haalbaarheid is gekozen om in het onderzoek uitsluitend de relatie tussen werkgeheugenscores op neuropsychologische tests en de werkgeheugenscores op de gedragsvragenlijst over de thuissituatie te onderzoeken. Er wordt met betrekking tot de hoofdvraag verwacht dat er een relatie bestaat tussen werkgeheugenscores op neuropsychologische tests en de werkgeheugenscores op de gedragsvragenlijst over de thuissituatie. Het eerder beschreven effect van leeftijd en geslacht op werkgeheugen- en inhibitiescores van kinderen op neuropsychologische tests wordt onderzocht. De verwachting is dat zowel leeftijd als geslacht invloed heeft op werkgeheugen- en inhibitiescores van kinderen op neuropsychologische tests. Verondersteld wordt dat jonge kinderen complexe werkgeheugen- en inhibitietaken minder goed zullen uitvoeren dan oudere kinderen. Tevens wordt verondersteld dat meisjes beter zullen presteren op inhibitietaken dan jongens.

### Methoden

**Participanten.** Aan het onderzoek hebben 98 participanten deelgenomen in de leeftijd van 5 tot en met 8 jaar. De gemiddelde leeftijd van de participanten is 7 jaar ( $SD = 1,1$ ). De participanten zijn afkomstig uit de provincie Gelderland, Limburg, Noord-Brabant, Noord-Holland en Utrecht. Er is getracht participanten te selecteren met een normale ontwikkeling. Kinderen met een diagnose Attention Deficit Hyperactivity Disorder, dyslexie, aangeboren hersenletsel of autisme spectrumstoornis zijn uitgesloten. De reden hiervoor is dat er niet uitgesloten kan worden dat deze aandoeningen effect hebben op werkgeheugen en inhibitie. Daarnaast is het niet ethisch verantwoord om kinderen met dergelijke problematiek lastig te vallen, omdat niet gegarandeerd kan worden dat het resultaat waardevol genoeg zal zijn. Tevens zijn alle participanten eentalige sprekers van het Nederlands, omdat meertaligheid van invloed kan zijn op werkgeheugen en inhibitie (Morales, Calvo, & Bialystok, 2013). Om de onafhankelijkheid van de observaties niet te schenden, zijn er geen participanten in het onderzoek opgenomen die broertjes of zusjes van elkaar zijn.

De participanten zijn door middel van een quota steekproef geworven door tien studenten van de Universiteit Utrecht. Er werd bepaald dat er 100 participanten geselecteerd moesten worden in de leeftijd van 5 tot en met 8 jaar. De participanten zijn geworven door middel van persoonlijk contact met ouders/verzorgers, leerkrachten en/of andere disciplines van verschillende basisscholen uit het eigen netwerk.

**Instrumenten.** Werkgeheugen en inhibitie van de participanten zijn gemeten met behulp van een testbatterij bestaande uit vijf neuropsychologische tests, waarvan de resultaten van vier tests voor dit onderzoek zijn gebruikt. De betreffende neuropsychologische tests zijn gebaseerd op de Automated Working Memory Assessment ([AMWA], Alloway, 2007) en de Test of Everyday Attention for Children ([TEA-Ch], Manly, Robertson, Anderson, & Nimmo-Smith, 1999). De AMWA is een meetinstrument

dat het werkgeheugen van kinderen meet (Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliot, 2008). De TEA-Ch brengt in kaart hoe goed kinderen hun aandacht kunnen controleren om een voor hen nuttig doel te bereiken, waarbij inhibitie een belangrijke rol speelt (Manly et al., 2001).

**Werkgeheugen.** Het werkgeheugen werd gemeten met behulp van twee neuropsychologische tests, namelijk: de Digit Span en de Dot Matrix test. De Digit Span is gebaseerd op de AMWA (Alloway, 2007). Door middel van de Digit Span werd er een beroep gedaan op het verbaal-werkgeheugen van de participanten (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006). De participant kreeg een cijferreeks te horen moest deze vervolgens in precies dezelfde volgorde nazeggen. De test bestond uit twee onderdelen, namelijk de *forward condition* en de *backward condition*. In de *forward condition* diende de participant de cijfers te herhalen in de volgorde zoals deze werd gepresenteerd en gedurende de *backward condition* diende de participant de gerepresenteerde cijferreeks in de omgekeerde volgorde na te zeggen. Indien de participant binnen een level vier trials correct had nagezegd, kwam de participant automatisch in een volgend level waarbij de reeks werd uitgebreid met één extra cijfer. De *forward condition* werd afgebroken wanneer de participant binnen een bepaald level driemaal een cijferreeks incorrect antwoord gaf. Op een scoreformulier werd genoteerd welke cijfers de participant noemde. De test was afgelopen op het moment dat de participant ook drie incorrecte cijferreeksen had opgenoemd tijdens de *backward condition*. Het hoogst haalbare level in de *forward*- en *backward condition* was level acht. De test-herstest betrouwbaarheid van de Digit Span is ,64 (Alloway et al., 2006).

De Dot Matrix mat het visueel-ruimtelijk geheugen. De participant kreeg steeds in een raster van vier bij vier een reeks stippen te zien en diende daarbij stippen in de juiste volgorde aan te wijzen op het computerscherm. Iedere stip was twee seconden zichtbaar (Alloway et al., 2006). Wanneer de participant binnen een level vier trials succesvol had volbracht, ging de participant automatisch door naar het volgende level. Indien de participant een volgend level bereikte, werd het aantal stippen met één extra stip uitgebreid. Op een bijbehorend scoreformulier werd bijgehouden of de participant de juiste stip aanwees. De test werd afgebroken als de participant drie foute antwoorden had gegeven. Het hoogst haalbare level was level zes. De test-herstest betrouwbaarheid van deze test is ,83 (Alloway et al., 2006).

**Inhibitie.** Het inhibitievermogen is geoperationaliseerd aan de hand van de Continuous Performance Task (CPT) en de Flankerfish-test.

Tijdens de CPT werd getest of de participant een motorische respons kon remmen. Hiermee werd een beroep gedaan op *response inhibition*. De test bestond uit vier blokken van 42 trials waarin cijfers visueel en auditief werden gepresenteerd. Iedere trial duurde 1500 ms. De participant kreeg de opdracht om op een knop te drukken bij

het horen of zien van het cijfer 'één'. De participant moest bij het zien of horen van het cijfer 'twee' niet op de knop drukken. Iedere visuele stimuli was 167 ms. zichtbaar. Na het zien van deze stimuli had de participant 1333 ms om te reageren. De test was op te delen in twee delen. In het eerste deel werd de impulsiviteit gemeten doordat de participant vaker het cijfer één hoorde of zag dan het cijfer twee (ratio 5:1). De participant moest het cijfer 'twee' (de afleidende informatie) negeren en een motorische respons onderdrukken. In het tweede deel zag en hoorde de participant vaker het cijfer twee dan het cijfer één (ratio 1:5). Deze taak deed een beroep op het aandachtsvermogen van practicanten, omdat zij gefocust moesten blijven (Tinius, 2003).

De Flankerfish-test meet het vermogen om een interfererende respons te onderdrukken. Gedurende de taak kreeg de participant een rij van vijf gele vissen te zien waarbij het zich diende te richten op de middelste vis. De participant werd gevraagd aan te geven welke richting de vis zwom en kreeg 2000 ms de tijd om op de linker- of rechterknop te drukken, gevolgd door feedback (Engel de Abreu, Cruz-Santos, Tourinho, Martin, & Bialystok, 2012; Johnstone, Barry, Markovska, Dimoska, & Clarke, 2009). De vier andere vissen (zogenoemde *flankers*) dienden ter afleiding voor de participant en deze waren congruent (50 % van alle trials) of incongruent (50 % van alle trials). In een congruente trial zwommen de flankers in dezelfde richting als de middelste vis en in een incongruente trial zwommen de flankers in een andere richting dan de middelste vis (Rueda et al., 2004). De score op de Flankerfish-test is bepaald door het aantal correcte antwoorden op incongruente items (responsen onder de 200 ms worden niet als correct beschouwd).

**BRIEF-oudervragenlijst.** Om het executief functioneren van de participanten in de thuissituatie te meten, waaronder werkgeheugen en inhibitie, is er gebruikgemaakt van de BRIEF vragenlijst (Huizinga & Smidts, 2011). Deze gestandaardiseerde gedragsvragenlijst is door ouders ingevuld en is opgebouwd uit 75 beschrijvingen van uiteenlopende gedragingen. De executieve functies zijn onderverdeeld in verschillende schalen. De werkgeheugenschaal bevat tien items waarmee gemeten is in hoeverre een participant informatie tijdelijk kan onthouden en cognitief bewerken. De inhibitieschaal bestaat ook uit tien items waarmee gemeten is in welke mate de participant in staat is om impulsen te onderdrukken als de situatie dat vereist. Op ieder item kan de ouder aangeven of het gedrag de afgelopen zes maanden 'nooit', 'soms' of 'vaak' voorkwam. Een voorbeeld van een item over een dergelijke gedraging is: 'Kan zich maar kort concentreren'. De scores op de werkgeheugen- en inhibitieschaal worden door de BRIEF samengevat in twee algemene indexen, namelijk de metacognitie- en gedragsregulatie-index (Huizinga & Smidts, 2011). Het werkgeheugen werd gemeten door middel van de metacognitie-index en deze geeft aan in hoeverre de participant zelfstandig taken kan uitvoeren en oplossingsgericht kan



denken op basis van eigen gedragingen. Inhibitie werd gemeten door middel van de gedragsregulatie-index en deze beschrijft het vermogen om gedrag en emoties te reguleren op basis van impulscontrole. Voor de metacognitie- en gedragsregulatie index is een score berekend. Alle schalen van de BRIEF hebben een betrouwbaarheid boven de Cronbach's alpha waarde van .81 (Huizinga & Smidts, 2011).

**Procedure.** De dataverzameling van het huidige onderzoek heeft plaatsgevonden in de groepen 1, 2, 3 en 4 van verschillende reguliere basisscholen. Ouders/verzorgers werden gevraagd om deel te nemen aan het onderzoek door middel van een toestemmingsbrief. Deze brief werd schriftelijk of digitaal verspreid door de school en bevatte informatie over kenmerken waaraan een participant moest voldoen om te kunnen deelnemen aan het onderzoek. In de brief werden ouders/verzorgers om toestemming gevraagd voor het afnemen van neuropsychologische tests bij hun kind en voor het invullen van de oudervragenlijst.

De testafnamen zijn over meerdere dagen verspreid en hebben plaatsgevonden in een daarvoor geschikte ruimte. Er is hierbij ook rekening gehouden met de indeling van de ruimte, zodat de participant niet door externe stimuli werd afgeleid. Voor het afnemen van de tests werd een computer gebruikt. De participant werd gevraagd om aan tafel plaats te nemen, waarbij de participant recht tegenover de computer zat. De onderzoeker nam schuin naast de participant plaats om de participant te kunnen observeren en tegelijkertijd de tests nauwkeurig te kunnen volgen.

De volgorde van de afname van tests uit de testbatterij was als volgt: CPT, Sky Search, Digit Span, Dot Matrix en Flankerfish-test. Per test was er een korte oefensessie en tijdens deze oefensessies gaf de onderzoeker feedback. De afnameduur van de testbatterij was 45 minuten.

## Resultaten

Het huidige onderzoek had als doel de relatie te beschrijven tussen de executieve functies, werkgeheugen en inhibitie, van vijf- tot en met achtjarige kinderen zoals gemeten via neuropsychologische tests ( $n_{\text{jongens}} = 44$ ,  $n_{\text{meisjes}} = 54$ ) en een gedragsvragenlijst over de thuissituatie ( $n_{\text{jongens}} = 41$ ,  $n_{\text{meisjes}} = 47$ ). De hypothesen zijn getoetst aan de hand van een enkelvoudige regressieanalyse en twee multivariate variantieanalyses (MANOVA). Er is hierbij gekozen voor een significantieniveau van  $\alpha = ,05$ . Een enkelvoudige regressievergelijking is uitgevoerd om te kijken of er een verband bestaat tussen de scores op werkgeheugentaken van de neuropsychologische tests en scores op de gedragsvragenlijst. De onafhankelijke variabele hierbij was de werkgeheugenscore op de neuropsychologische tests en de afhankelijke variabele was de werkgeheugenscore op de BRIEF. Om te achterhalen of leeftijd en geslacht van invloed zijn op werkgeheugen en inhibitie zoals gemeten door neuropsychologische tests en de BRIEF is tweemaal een MANOVA uitgevoerd. Eén MANOVA richtte zich op de

invloed van leeftijd en geslacht op werkgeheugen- en inhibitiescores op neuropsychologische tests. De onafhankelijke variabelen hierbij waren geslacht en leeftijd en de afhankelijke variabelen waren werkgeheugen- en inhibitiescores op de neuropsychologische tests. De andere MANOVA richtte zich op de invloed van leeftijd en geslacht op werkgeheugen- en inhibitiescores op de BRIEF. De onafhankelijke variabelen waren geslacht en leeftijd en de afhankelijke variabelen waren werkgeheugen- en inhibitiescore op de BRIEF.

Voorafgaande aan het uitvoeren van de analyses zijn de assumpties voor het uitvoeren van een enkelvoudige regressieanalyse en MANOVA getoetst. Alle variabelen zijn minimaal van interval meetniveau. De assumptie voor onafhankelijkheid van participanten is geschonden, omdat verschillende participanten van dezelfde school en uit dezelfde klas afkomstig waren. Het spreidingsdiagram wijst uit dat er een lineair verband bestaat tussen de onderzochte variabelen die worden meegenomen in de regressieanalyse en daarmee is voldaan aan de assumptie voor lineariteit. Door spreidingsdiagrammen van de scores op de variabelen van beide MANOVA's te bekijken, bleek dat voor beide MANOVA's niet gesteld kan worden dat aan de assumptie voor lineariteit is voldaan. De scores op de variabelen die meegenomen zijn in de enkelvoudige regressieanalyse zijn normaal verdeeld, hierbij is voldaan aan de assumptie voor normaliteit. Dit geldt echter niet voor de variabelen die gebruikt zijn bij beide MANOVA. De assumptie voor normaliteit is geschonden voor de scores die worden meegenomen in de MANOVA met betrekking tot de neuropsychologische tests, omdat uit de Shapiro-Wilk test bleek dat de zesjarige participanten significant scoorden op werkgeheugentaken. Deze schending is echter niet zorgelijk, omdat een MANOVA een robuuste vorm van toetsing is. De MANOVA met betrekking tot de BRIEF voldeed echter wel aan de assumptie voor normaliteit. Om te onderzoeken of er aan de assumptie homogeniteit voor zowel de regressieanalyse als beide MANOVA's is voldaan, is gekeken naar de variantie in scores van alle onderzochte variabelen. Deze bleek gelijk, dus is aan deze assumptie voldaan. Tot slot is aan de assumptie voor multicollineariteit voor beide MANOVA voldaan ( $r = .532$ ,  $r = .5$ ). Ondanks het schenden van assumpties voor het uitvoeren van een MANOVA is voor deze vorm van analyse gekozen, omdat een andere vorm niet toereikend zou zijn vanwege de hoeveelheid afhankelijke variabelen. Daarnaast was het een doel om verschillen te meten en niet om voorspellers te ontdekken, hetgeen bevestigt dat een MANOVA de best passende toets was.

Er werd verwacht dat er een verband bestaat tussen de scores op werkgeheugentaken van de neuropsychologische tests en scores op de gedragsvragenlijst. Om die reden is er eenzijdig getoetst. Uit de enkelvoudige regressieanalyse blijkt dat de regressiecoëfficiënt significant is en uit een negatief verband bestaat ( $R^2 = .1012$ ,  $p < .005$ ,  $t = -3,187$ ;  $b = -,325$ ). Tevens is er gekeken

naar de proportie verklaarde variantie tussen de twee variabelen. Hierbij zijn de criteria van Cohen gehanteerd, waarbij een waarde van 1% gezien wordt als zwak, 9% als gemiddeld en 25% als sterk. De proportie verklaarde variantie van alle werkgeheugentaken op de BRIEF is 10,12% en kan beschouwd worden als een gemiddelde proporties verklaarde variantie. Daarnaast is gekeken of één van de gemeten werkgeheugentaken (Dot Matrix Back- en Forward en Digit Span Back- en Forward) de score op de BRIEF beter verklaart. Er wordt 12,3% van de variantie in de scores op de BRIEF door de Dot Matrix Back- en forward verklaard en kan beschouwd worden als een gemiddeld tot sterke proportie verklaarde variantie. De variantie in de scores op de BRIEF wordt door de Digit Span Back- en Forward met 4,9% verklaard en kan gezien worden als een matig zwakke proportie verklaarde variantie.

Er werd verwacht dat zowel geslacht als leeftijd invloed zouden hebben op werkgeheugen en inhibitie, dus dat beide MANOVA's een significant resultaat zouden opleveren. Allereerst is beschrijvende statistiek uitgevoerd op de behaalde werkgeheugen- en inhibitiescores op zowel de neuropsychologische tests als de BRIEF. Hieruit bleek dat oudere kinderen beter scoorden op inhibitie- en werkgeheugentaken dan jongere kinderen. Daarnaast bleek niet dat meisjes beter scoren op werkgeheugen en inhibitietaken dan jongens. Voor beide MANOVA's is gekozen voor de gegevens uit de Pillai's Trace test, omdat er sprake is van een kleine steekproef. Om de sterkte van het effect te bepalen is gebruik gemaakt van het Partiële eta kwadraat. Tabel 1 geeft de resultaten weer van Pillai's Trace test. Uit Pillai's Trace test bleek dat er een significant effect ( $p < ,05$ ) was van leeftijd en geslacht op werkgeheugen en inhibitie zoals gemeten via neuropsychologische tests. Er bleek geen significant effect ( $p < ,05$ ) van leeftijd en geslacht op werkgeheugen en inhibitie gemeten met de BRIEF.

Tabel 1

*De invloed van leeftijd en geslacht op werkgeheugen en inhibitie gemeten met neuropsychologische tests en de BRIEF*

Domein	<i>N</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	$\eta^2$	$\alpha$
Leeftijd					
Neuropsychologische tests	98	6,72	6	,19	.00*
BRIEF	88	,66	6	,03	,85
Geslacht					
Neuropsychologische tests	98	4,25	2	,09	,02*
BRIEF	88	,16	2	,00	,68

*Noot.*  $\eta^2$  = partiële eta kwadraat. \* $p < ,05$ .

De effectgrootte van de MANOVA, die is uitgevoerd met de scores van de neuropsychologische tests, is voor leeftijd op werkgeheugen en inhibitie groot ( $\eta^2 > ,14$ ) en voor geslacht gemiddeld ( $,6 > \eta_p^2 < ,14$ ). De effectgrootte voor de resultaten gemeten met de BRIEF is klein ( $\eta_p^2 < ,01$ ).

Vervolgens is de invloed van leeftijd en geslacht op werkgeheugen- en inhibitiescores van de neuropsychologische tests apart van elkaar bekeken om te onderzoeken op welke afhankelijke variabelen het effect het grootst was. Uit de univariate variantie analyse (ANOVA) bleek dat alleen leeftijd een significant effect heeft op werkgeheugen (Leeftijd op werkgeheugen:  $F(3, 66) = 12.7, p = .00$ , partiële  $\eta^2 = .30$ ) en bij inhibitie leveren zowel leeftijd als geslacht een significant effect op (leeftijd op inhibitie:  $F(3, 32) = 4,25, p = ,01$ , partiële  $\eta^2 = .13$ ; geslacht op inhibitie:  $F(1, 32) = 4, p = ,05$ , partiële  $\eta^2 = .04$ ).

Tabel 2

*Resultaten van een ANOVA over de invloed van leeftijd en geslacht op werkgeheugen en inhibitie gemeten met neuropsychologische tests*

Domein	<i>F</i>	<i>df</i>	$\eta^2$	$\alpha$
Leeftijd				
Werkgeheugen	12,86	3	,30	,00*
Inhibitie	4,25	3	,13	,01*
Geslacht				
Werkgeheugen	2,40	1	,03	,13
Inhibitie	4,00	1	,04	,05*

*Noot.*  $\eta^2$  = partiële eta kwadraat. \* $p < ,05$ .

Bij de resultaten van de BRIEF zijn de leeftijdsgroepen uit elkaar gehaald, zodat het mogelijk een significant effect opleverde. In de MANOVA die is uitgevoerd bij de leeftijdsgroepen vijf- en achtjarigen is eveneens gekeken naar Pillai's Trace test. Uit deze test bleek er geen significant effect ( $p < ,05$ ) te zijn. De effectgrootte van leeftijd op werkgeheugen en inhibitie was gemiddeld tot groot ( $F(2,33) = 1,27, p = ,30$ , partiële  $\eta^2 = ,07$ ).

### Conclusie en discussie

Het huidige onderzoek had als doel de vraag te beantwoorden of er een relatie is tussen de executieve functies, werkgeheugen en inhibitie, van vijf- tot en met achtjarige kinderen zoals gemeten via neuropsychologische tests en een gedragsvragenlijst over de thuissituatie. Werkgeheugen en inhibitie worden over het algemeen gemeten aan de

hand van neuropsychologische tests (Aarnoudse-Moens et al., 2012; Carlson, 2005; Moriguchi & Hiraki, 2013). Een beperking van neuropsychologische tests is dat ze in een gestandaardiseerde situatie worden afgenomen, waardoor de resultaten niet kunnen worden gegeneraliseerd naar de thuissituatie (Bull & Scerif, 2001; Gathercole et al., 2006; Levine et al., 1998; Swanson, 2003). In het huidige onderzoek was het van belang nader te onderzoeken of neuropsychologische tests werkgeheugen- en inhibitieproblemen in de thuissituatie kunnen voorspellen. Daarnaast blijkt uit de literatuur dat leeftijd en geslacht twee belangrijke factoren zijn die invloed hebben op werkgeheugen en inhibitie (Casey, et al., 2005; Davidson et al., 2006; Klenberg et al., 2010; Lo et al., 2013). Het huidige onderzoek heeft zich om die reden mede gericht op de invloed van leeftijd en geslacht op inhibitie en werkgeheugen gemeten met neuropsychologische tests en een gedragsvragenlijst.

Omwille van de haalbaarheid is gekozen om in het huidige onderzoek uitsluitend de relatie tussen werkgeheugenscores op neuropsychologische tests en werkgeheugenscores op de gedragsvragenlijst over de thuissituatie te onderzoeken. Dit betekent dat de hoofdvraag gedeeltelijk is beantwoord. Het gevolg hiervan is dat met het beantwoorden van de hoofdvraag, tevens antwoord is gegeven op de deelvraag of werkgeheugenscores op neuropsychologische tests het werkgeheugen in de thuissituatie kunnen voorspellen. De gestelde hypothese was dat er sprake zou zijn van een relatie tussen werkgeheugenscores van neuropsychologische tests en werkgeheugenscores op de BRIEF. Een lineaire regressievergelijking leverde een significant negatieve correlatie op tussen de scores. Dit betekent dat een hoge score op neuropsychologische tests een lage score op de BRIEF voorspelt en vice versa. Gebaseerd op dit resultaat is de hypothese aangenomen en daarmee is de hoofdvraag beantwoord. Er is sprake van een redelijk sterke relatie tussen werkgeheugenscores op neuropsychologische tests en werkgeheugenscores op de gedragsvragenlijst over de thuissituatie. Dit houdt in dat scores op werkgeheugentaken van de neuropsychologische tests als een globale indicatie kunnen worden gezien voor het functioneren van kinderen tussen vijf en acht jaar in de thuissituatie. Binnen de werkgeheugentaken voorspelt Dot Matrix, die het visueel-ruimtelijk geheugen meet, de werkgeheugenscore op de BRIEF beter dan de Digitspan, die het verbaal-werkgeheugen meet. De resultaten impliceren dat het visueel-ruimtelijk geheugen een betere voorspeller is dan het verbaal-werkgeheugen voor de score op de BRIEF. Er is meer onderzoek nodig naar de specifieke werkgeheugentaken om te bepalen welke taken het beste als voorspeller beschouwd kunnen worden voor het dagelijks functioneren van kinderen. Hierbij zou er een onderscheid gemaakt kunnen worden tussen visueel-werkgeheugentaken en verbaal-werkgeheugentaken.

Vervolgens is onderzocht of leeftijd en geslacht invloed hebben op werkgeheugen en inhibitie zoals gemeten met neuropsychologische tests en de BRIEF. De hypothese

veronderstelde dat het werkgeheugen en het inhibitievermogen van kinderen verbetert naarmate ze ouder worden. Daarnaast bestond het vermoeden dat werkgeheugen en inhibitie bij meisjes beter is ontwikkeld dan bij jongens. Uit de MANOVA die is uitgevoerd met scores van neuropsychologische tests bleek dat er een significant effect is van leeftijd op werkgeheugen en inhibitie. Daarbij is er sprake van een groot effect. Dit duidt erop dat werkgeheugen en inhibitie bij oudere kinderen beter ontwikkeld is dan bij jongere kinderen. Dit resultaat komt overeen met verschillende onderzoeken (Davidson et al., 2006; Klenberg et al., 2010). Geslacht heeft een significant effect op inhibitie gemeten met neuropsychologische tests, maar niet op het werkgeheugen. De effectgrootte van geslacht op inhibitie is echter klein. Dit duidt op een matig verschil in de ontwikkeling van het inhibitievermogen en geen verschil in de ontwikkeling van het werkgeheugen van meisjes en jongens. De MANOVA die is uitgevoerd met scores van de BRIEF toonde geen significant effect aan van leeftijd en geslacht op werkgeheugen en inhibitie. De effectgrootte van leeftijd en geslacht is op beide variabelen klein. Dit duidt erop dat leeftijd en geslacht geen grote rol zouden spelen in de ontwikkeling van het werkgeheugen en het inhibitievermogen van kinderen. Dit is echter tegenstrijdig met de bevindingen uit de literatuur (Alloway & Alloway, 2010; De Luca et al., 2010; Klenberg et al., 2010; Son et al., 2013).

Aangezien beide multivariate variantieanalyses verschillende conclusies opleveren, wordt aan de hand van het gedane onderzoek niet met zekerheid gesteld dat het werkgeheugen en inhibitievermogen toenemen met de leeftijd en dat geslacht invloed heeft op werkgeheugen en inhibitie. De hypothese dat werkgeheugen en inhibitie bij oudere kinderen beter is ontwikkeld dan bij jongere kinderen is echter wel aangenomen. De effectgrootte van leeftijd op de werkgeheugen- en inhibitiescores op de neuropsychologische tests was namelijk groot. Daarnaast hebben diverse onderzoeken aangetoond dat leeftijd van invloed is op werkgeheugen en inhibitie (Alloway & Alloway, 2010; Davidson et al., 2006; De Luca et al., 2010; Huizinga et al., 2006; Klenberg et al., 2010; Miyake et al., 2000; Nigg & Casey, 2005; Son et al., 2013). De hypothese dat geslacht invloed heeft op werkgeheugen en inhibitie is niet aangenomen. Dit is mede gebaseerd op het feit dat binnen het huidige onderzoek slechts één uitgevoerde MANOVA een significant effect van geslacht op inhibitie opleverde en hierbij was sprake van een kleine effectgrootte.

Bij het interpreteren van de resultaten is het van belang rekening te houden met een aantal aspecten die het onderzoek mogelijk hebben beïnvloed. Ten eerste is er sprake van discrepantie in resultaten tussen de neuropsychologische tests en de BRIEF. Een mogelijke verklaring is het verschil in het aantal participanten die deel hebben genomen aan neuropsychologische tests ( $n = 97$ ) en het aantal participanten waarvan de ouders de BRIEF-gedragsvragenlijst ( $n = 87$ ) hebben ingevuld. Daarnaast is de BRIEF

door één ouder ingevuld. Het heeft de voorkeur om de vragenlijst door beide ouders afzonderlijk te laten invullen, omdat dit een beter beeld van het gedrag van een kind geeft dan wanneer de vragenlijst door één ouder wordt ingevuld. Het heeft ook de voorkeur om de BRIEF door een ouder in te laten vullen die de meeste tijd met het kind doorbrengt. Het is onduidelijk of dit in het huidige onderzoek het geval is geweest. Om de betrouwbaarheid van de resultaten ten goede te komen, dient de BRIEF in een rustige omgeving ingevuld te worden. Het is onduidelijk of de BRIEF door alle ouders in een rustige omgeving en zonder onderbrekingen is ingevuld. Als dit niet het geval is geweest, heeft dit mogelijk een negatieve invloed gehad op de betrouwbaarheid van de resultaten (Huizinga & Smidts, 2012). Wellicht is de MANOVA over de BRIEF door deze verschillende aspecten negatief beïnvloed, waardoor deze een niet-significant resultaat opleverde.

Ten tweede was de hoeveelheid participanten in iedere leeftijdsgroep van hetzelfde geslacht niet even groot. Aan het onderzoek hebben 98 participanten deelgenomen in de leeftijd van 5 tot en met 8 jaar. Van acht vijfjarige jongens zijn resultaten verkregen, terwijl er 14 vijfjarige meisjes hebben deelgenomen aan het onderzoek. Met een verschil van tien hebben er ook in totaal meer meisjes deelgenomen dan jongens. Wellicht zouden de analyses andere resultaten geven als de hoeveelheid kinderen in iedere leeftijdsgroep dezelfde hoeveelheid participanten van ieder geslacht bevatte.

Krachtig aan dit onderzoek was dat onderzocht werd of werkgeheugenscores op neuropsychologische tests het functioneren in de thuissituatie voorspellen, aangezien hier in eerdere onderzoeken relatief weinig aandacht aan besteed is (Scope et al., 2010). Daarnaast werden werkgeheugen en inhibitie door middel van verschillende taken/items gemeten, waardoor de validiteit van dit onderzoek positief werd beïnvloed (Neuman, 2014).

Voor vervolgonderzoek wordt aanbevolen te onderzoeken of de scores op inhibitietaken van de neuropsychologische tests correleren met de inhibitiescores op de BRIEF. Met behulp van deze resultaten zou bekeken kunnen worden of inhibitiescores op neuropsychologische tests het functioneren van kinderen tussen vijf en acht jaar in de thuissituatie voorspellen. Er bestaan veel verschillende taken voor het meten van het werkgeheugen en inhibitievermogen. Hierdoor zijn de onderzoeksresultaten moeilijker te vergelijken met andere studies. Om die reden zou het werkgeheugen en inhibitievermogen van meer kinderen onderzocht moeten worden aan de hand van meerdere werkgeheugen- en inhibitietaken. Er is in dit onderzoek geen sluitend bewijs gevonden voor de significante invloed van leeftijd en geslacht op werkgeheugen en inhibitie. Er is daarom meer onderzoek nodig naar de invloed van leeftijd en geslacht op werkgeheugen en inhibitie.

## Referenties

- Aarnoudse-Moens, C. S. H., Duivenvoorden, H. J., Weisglas-Kuperus, N., Van Goudoever, J. B., & Oosterlaan, J. (2012). The profile of executive function in very preterm children at 4 to 12 years. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *54*, 247-253. doi:10.1111/j.1469-8749.2011.04150.x
- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London: Pearson Assessment
- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, *106*, 20-29. doi:10.1016/j.jecp.2009.11.003
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *Educational Psychology*, *28*, 725-734. doi:10.1080/01443410802243828
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development*, *77*, 1698-1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x
- Anderson, C. A., Hinshaw, S. P., & Simmel, C. (1994). Mother-child interactions in ADHD and comparison boys: Relationships with overt and covert externalizing behavior. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *22*, 247-265. doi:10.1007/BF02167903
- Andreou, G., Vlachos, F., & Andreou, E. (2005). Affecting factors in second language learning. *Journal of Psycholinguistic Research*, *34*(5), 429-438. doi:10.1007/s10936-005-6202-0
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, *78*(2), 647-663. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, *8*, 36-41. doi:10.1111/cdep.12059
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, *19*, 273-293. doi:10.1207/S15326942DN1903\_3
- Carlson, S. M. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, *28*(2), 595-616. doi:10.1207/s15326942dn2802\_3
- Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, *46*, 1176-1191. doi:10.1037/a0019672



- Casey, B. J., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: What have we learned about cognitive development? *Trends in Cognitive Sciences, 9*(3), 104-110. doi:10.1016/j.tics.2005.01.011
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia, 44*, 2037-2078. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science, 318*, 1387-1388. doi:10.1126/science.1151148
- Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review, 12*, 45-75. doi:10.1016/0273-2297(92)90003-K
- De Luca, C. R., Wood, S. J., Anderson, V., Buchanan, J.A., Proffitt, T. M., Mahony, K., & Pantelis, C. (2010). Normative data from the Cantab. I: Development of executive function over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 25*, 242-254. doi:10.1076/jcen.25.2.242.13639
- Engel de Abreu, P. M. J., Cruz-Santos, A., Tourinho, C. J., Martin, R., & Bialystok, E. (2012). Bilingualism enriches the poor enhanced cognitive control in low-income minority children. *Psychological Science, 23*, 1364-1371. doi:10.1177/0956797612443836
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science, 11*, 19-23. doi:10.1111/1467-8721.00160
- Fitzpatrick, C., McKinnon, R. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2014). Do preschool executive function skills explain the school readiness gap between advantaged and disadvantaged children? *Learning and Instruction, 30*, 25-31. doi:10.1016/j.learninstruc.2013.11.003
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin, 134*, 31-60. doi:10.1037/0033-2909.134.1.31
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C. S., & Adams, A. M. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology, 93*, 265-281. doi:10.1016/j.jecp.2005.08.003
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambrigde, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental psychology, 40*(2), 177-190. doi:10.1037/0012-1649.40.2.177

- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *Journal of Educational Psychology, 70*, 177-194. doi:10.1348/00070990015804
- Geurts, H. M., Verté, S., Oosterlaan, J., Roeyers, H., & Sergeant, J. A. (2004). How specific are executive functioning deficits in attention deficit hyperactivity disorder and autism? *Journal Child Psychology and Psychiatry, 45*, 836-854. doi:10.1111/j.1469-7610.2004.00276.x
- Goldstein, S., & Naglieri, J. A. (2014). *Handbook of executive functioning*. doi:10.1007/978-1-4614-8106-5
- Huizinga, M. (2007). De ontwikkeling van executieve functies tussen kindertijd en jongvolwassenheid. *Neuropraxis, 11*(3), 69-76. doi:10.1007/BF03079129
- Huizinga, M., Dolan, C. V., & Van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia, 44*, 2017-2036. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010
- Huizinga, M., & Smidts, D. P. (2011). Age-related changes in executive function: A normative study with the Dutch version of the Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF). *Child Neuropsychology, 17*, 51-66. doi:10.1080/09297049.2010.509715
- Huizinga, M., & Smidt, D. (2012). *BRIEF: Executieve functies gedragsvragenlijst*. Amsterdam: Hogrefe.
- Holmes, J., Gathercole, S. E., Place, M., Alloway, T. P., Elliott, J. G., & Hilton, K. A. (2010). The diagnostic utility of executive function assessments in the identification of ADHD in children. *Child and Adolescent Mental Health, 15*, 37-43. doi:10.1111/j.1475-3588.2009.00536.x
- Johnstone, S. J., Barry, R. J., Markovska, V., Dimoska, A., & Clarke, A. R. (2009). Response inhibition and interference control in children with AD/HD: A visual ERP investigation. *International Journal of Psychophysiology, 72*, 145-153. doi:10.1016/j.ijpsycho.2008.11.007
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review, 99*, 122-149. doi:10.1037/0033-295X.99.1.122
- Kannass, K. N., Oakes, L. M., & Shaddy, D. J. (2006). A longitudinal investigation of the development of attention and distractibility. *Journal of Cognition and Development, 7*(3), 381-409. doi:10.1207/s15327647jcd0703\_8
- Klenberg, L., Korkman, M., Lahti-Nuutila, P. (2010). Differential development of attention and executive functions in 3- to 12-year-old Finnish children. *Developmental Neuropsychology, 20*(1), 407-428. doi:10.1207/S15326942DN2001\_6

- Kwon, H., Reiss, A. L., & Menon, V. (2002). Neural basis of protracted developmental changes in visuo-spatial working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *99*(20), 13336–13341. doi:10.1073/pnas.162486399
- Levine, B., Stuss, D. T., Milberg, W. P., Alexander, M. P., Schwartz, M., & Macdonald, R. (1998). The effects of local and diffuse brain damage on strategy application: Evidence from local lesions, traumatic brain injury, and normal aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *4*, 247-264. doi:10.1037/0894-4105.14.4.491
- Li, T., Luo, Q., & Gong, H. (2010). Gender-specific hemodynamics in prefrontal cortex during a verbal memory tasks by near-infrared spectroscopy. *Behavioural Brain Research*, *209*, 148-153. doi:10.1016/j.bbr.2010.01.033
- Lo, Y., Liang, W., Lee, H., Wang, C., Tzeng, O. J. L., Hung, D. L., Cheng, S., & Juan, C. (2013). The neural development of response inhibition in 5 and 6 year old preschoolers: An ERP and EEG study. *Developmental Neuropsychology*, *38*(5), 301-316. doi:10.1080/87565641.2013.801980
- Lui, M., & Tannock, R. (2007). Working memory and inattentive behaviour in a community sample of children. *Behavioral and Brain Functions*, *3*, 1-11. doi:10.1186/1744-9081
- Liu, T., Xiao, T., & Shi, J. (2013). Response inhibition, preattentive processing, and sex difference in young children: An event-related potential study. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology*, *24*(3), 126-130. doi:10.1097/WNR.0b013e32835d846b
- Malone, M. A., & Swanson, J. M. (1993). Effects of methylphenidate on impulsive responding in children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Child Neurology*, *8*, 157-163.
- Manly, T., Nimmo-Smith, I., Watson, P., Anderson, V., Turner, A., & Robertson, I. H. (2001). The differential assessment of children's attention: The Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch): Normative sample and ADHD performance. *Journal of Child Psychology*, *48*(8), 1065-1081. doi:10.1111/1469-7610.00806
- Manly, T., Robertson, I. H., Anderson, V. & Nimmo-Smith, I. (1999). *TEA-Ch. Test of Everyday Attention for Children*. Amsterdam: Pearson
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, *24*, 167-202. doi:0147-006X/01/0301-0167\$14.00
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (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. doi:10.1006/cogp.1999.0734

- Morales, J., Calvo, A., & Bialystok, E. (2013). Working memory development in monolingual and bilingual children. *Journal of Experimental Child Psychology, 114*, 187-202. doi:10.1016/j.jecp.2012.09.002
- Moriguchi, J., & Hiraki, K. (2013). Prefrontal cortex and executive function in young children: A review of NIRS studies. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*, 1-9. doi:10.3389/fnhum.2013.00867
- Neuman, W. L. (2014). *Understanding research*. Harlow: Pearson New International Edition.
- Nigg, J. T., & Casey, B. J. (2005). An integrative theory of Attention Deficit Hyperactivity Disorder based on the cognitive and affective neurosciences. *Development and Psychopathology, 17*, 785-806. doi:10.1017/S0954579405050376
- Rueda, M. R., Fran, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia, 42*(8), 1029-1040. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.012
- Raiker, J. S., Rapport, M. D., Kofler, M. J., & Sarver, D. E. (2012). Objectively-measured impulsivity and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD): Testing competing predictions from the working memory and behavioral inhibition models of ADHD. *Journal of Abnormal Child Psychology, 40*, 699-713. doi:10.1007/510802-011-9607-2
- Rapport, M. D., Bolden, J., Kofler, M. J., Sarver, D. E., Raiker, J. S., & Alderson, R. M. (2009). Hyperactivity in boys with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD): A ubiquitous core symptom or manifestation of working memory deficits. *Journal of Abnormal Child Psychology, 37*, 521-534. doi:10.1007/510802-008-9287-8
- Romine, C. B., & Reynolds, C. R. (2005). A model of the development of frontal lobe functioning: Findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology, 12*(4), 190-201. doi:10.1207/s15324826an1204\_2
- Rosenberg-Kima, R. B., & Sadeh, A. (2010). Attention, response inhibition, and face-information processing in children: The role of task characteristics, age, and gender. *Child Neuropsychology, 16*(4), 388-404. doi:10.1080/09297041003671192
- Sardes (2010). *Zelfsturing als de basis voor de ontwikkeling van het kind: een oriëntatie vanuit wetenschap en praktijk*. Utrecht: Sardes.
- Sergeant, J. A., Geurts, H., & Oosterlaan, J. (2002). How specific is a deficit of executive functioning for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder? *Behavioural Brain Research, 130*, 3-28. doi:10.1016/S0166-4328(01)00430-2

- Scope, A., Empson, J., & McHale, S. (2010). Executive function in children with high and low attentional skills: Correspondences between behavioural and cognitive profiles. *British Journal of Developmental Psychology, 28*, 293–305. doi:10.1348/026151009X410371
- Smidts, D., & Huizinga, M. (2009). Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF). Amsterdam: Hogrefe Uitgevers
- Son, S. H., Lee, K., & Sung, M. (2013). Links between preschoolers' behavioral regulation and school readiness skills: The role of child gender. *Early Education and Development, 24*, 468-490. doi:10.1080/10409289.2012.675548
- Swanson, H. L. (2003). Age-related differences in learning disabled and skilled readers' working memory. *Journal of Experimental Child Psychology, 85*, 1–31. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0965\(03\)00043-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0965(03)00043-2)
- Taylor, S. J., Barker, L. A., Heavey, L., & McHale, S. (2013). The typical developmental trajectory of social and executive functions in late adolescence and early adulthood. *Developmental Psychology, 49*, 1253-1265. doi:10.1037/a0029871
- Tillman, C., Eninger, L., Forssman, L., & Bohlin, G. (2011). The relation between working memory components and ADHD symptoms from a developmental perspective. *Developmental Neuropsychology, 36*, 181-198. doi:10.1080/87565641.2010.549981
- Tinius, T. P. (2003). The integrated visual and auditory Continuous Performance Test as a neuropsychological measure. *Archives of Clinical Neuropsychology, 18*(5), 439-454. doi:10.1016/S0887-6177(02)00144-0
- Ullman, H., Almeida, R., & Klingberg, T. (2014). Structural maturation and brain activity predict future working memory capacity during childhood development. *The Journal of Neuroscience, 34*(5), 1592-1598. doi:0270-6474/14/341592-07\$15.00/0
- Wiebe, S. A., Sheffield, T. D., & Espy, K. A. (2012). Separating the fish from the sharks: a longitudinal study of preschool response inhibition. *Child Development, 83*(4), 1245-1261. doi:10.1111/j.1467-8624.2012.01765.x
- Williams, D. L., Goldstein, G., Carpenter, P. A., & Minshew, N. J. (2005). Verbal and spatial working memory in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 35*, 747-756. doi:10.1016/j.biopsycho.2005.02.006
- Zaitchik, D., Iqbal, Y., & Carey, S. (2014). The effect of executive function on biological reasoning in young children: an individual difference study. *Child Development, 85*, 160-175. doi:10.1111/cdev.12145
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: development and plasticity. *Child Development Perspectives, 6*, 354-360. doi:10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x