



**Universiteit Utrecht**

# **De Relatie Tussen Getalbegrip en Executieve Functies bij Kinderen in Groep 3 tot en met Groep 6**

Master's thesis

Utrecht University

Master's programme in Clinical Child, Family and Education Studies

Naam: Sprokel, A.

Studentnummer: 5775671

Naam begeleider: Ilona Friso-van den Bos

Naam 2<sup>e</sup> assessor: Evelyn Kroesbergen

Datum: 12-06-2017

### Summary

The aim of this study was to verify whether there is a positive relationship between executive functions (EF) and number sense (NS) and how this relationship would develop during elementary school. Research was conducted on a group of 123 children from elementary school in grades three to six. Results showed that symbolic NS has a positive relationship with both inhibition and shifting. Furthermore, there was a positive relationship between shifting and mapping, and between updating and nonsymbolic NS. Symbolic NS and mapping increased throughout grades three till six, nonsymbolic NS does not. All EF increased throughout grades three till six. However, looked at the development of the relationship between EF and NS with composite variables (mean of three subtests) the data only showed a relationship between EF and NS in grade five. The relationship in grade five did not significantly differ from the other grades. When looked at EF and symbolic NS we found positive relationships in every group. We did not find relationships between EF and nonsymbolic NS and EF and mapping. The groups significantly differed from each other on symbolic NS and mapping. We found medium to large effect sizes when looking at the relationship between EF and NS, which confirms other research. Also, we found an influence of age on the relationship between EF and NS. Limitations of this study were a small sample size, possibility of restriction of range and the *impurity problem*. Further research should focus on the development of EF and NS across age.

### Introductie

Getallen en hoeveelheden zijn in ons dagelijks leven continu aanwezig. Gesteld kan worden dat enige mate van begrip van getallen een voorwaarde is om deel te nemen aan de maatschappij. Jonge kinderen komen al vroeg in aanraking met getallen en leren gedurende de eerste levensjaren spelenderwijs hiermee om te gaan. In de basisschool krijgen kinderen met steeds meer complexe rekenkundige vraagstukken te maken. Dit onderzoek zal zich richten op de relatie tussen getalbegrip en executieve functies gedurende de basisschoolperiode.

Het ontwikkelen van getalbegrip is een voorwaarde voor de latere rekenontwikkeling (Jordan, Glutting & Ramineni, 2010; Jordan, Kaplan, Locuniak & Ramineni, 2007). Kinderen krijgen inzicht in de waarde van getallen, begrijpen de functie van getallen en leren de verschillen tussen verschillende getallen en cijfers. Er worden verschillende definities gegeven van getalbegrip (ook wel “number sense” genoemd), variërend van een basaal proces als het herkennen van hoeveelheden tot complexe processen als het uitvoeren van bewerkingen (Berch, 2005; Boonen, Kolkman & Kroesbergen, 2011; Gersten, Jordan &

Flojo, 2005). Dehaene (1992) en Dehaene en Cohen (1995) ontwikkelden het Triple-code model waarin getalbegrip gedefinieerd wordt als het begrijpen en manipuleren van hoeveelheden op symbolische en nonsymbolisch getalbegrip. Ook wordt gesproken over een systeem waar kinderen mee geboren worden, namelijk de Approximate Number Sense (ANS). Dit systeem is gericht op hoeveelheden en wordt vaak gelijkgetrokken met nonsymbolisch getalbegrip (Szűcs, Nobes, Devine, Gabriel & Gebuis, 2013). De precisie van dit systeem neemt toe wanneer het kind ouder wordt (Halberda & Feigenson, 2008). De ANS wordt gezien als een mogelijke voorspeller voor latere rekenontwikkeling (Libertus, Feigenson & Halberda, 2011; Szűcs et al, 2013). Daarnaast wordt in de literatuur gesproken over mapping. Mapping is het vermogen om een symbolisch getal te koppelen aan een nonsymbolische representatie van de hoeveelheid, ofwel het plaatsen van een symbolisch getal op een getallenlijn (Anobile, Cicchini & Burr, 2011; Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004; Karolis, Iuculano & Butterworth, 2011). In deze studie wordt getalbegrip gezien als een basaal proces waarin gekeken wordt naar symbolisch getalbegrip, nonsymbolisch getalbegrip en mapping.

In een review van De Smedt, Noël, Gilmore en Ansari (2013) komt naar voren dat kinderen met een rekenachterstand minder hoog scoren op symbolisch getalbegrip dan kinderen zonder rekenachterstand. En dat de resultaten op nonsymbolisch getalbegrip zeer uiteenlopend zijn. Sommige studies vinden dat het nonsymbolisch getalbegrip een voorspeller is voor de rekenontwikkeling (Halberda, Mazocco & Feigenson, 2008; Inglis, Attridge, Batchelor & Gilmore, 2011; Mundy & Gilmore, 2009), andere studies vinden deze relatie niet (Holloway & Ansari, 2008; Lonnemann, Linkersdörfer, Hasselhorn & Lindberg, 2011; Soltész, D. Szűcs & L. Szűcs, 2010; Vanbinst, Ghesquière & De Smedt, 2012). Geary (2011) benoemde dat getalbegrip een belangrijke voorspeller is voor eventuele problemen in het rekenonderwijs.

Wanneer kinderen het getalbegrip onvoldoende ontwikkelen kunnen ze problemen ondervinden op rekenvaardigheid. Hoe eerder problemen kunnen worden opgespoord, hoe eerder een interventie ingezet kan worden en het kind minder achterstand op kan lopen (Dyson, Jordan & Glutting, 2011; Jordan, Kaplan, Oláh & Locuniak, 2006; Jordan, Kaplan, Ramineni & Locuniak, 2009; Libertus et al, 2011).

Naast getalbegrip is een andere voorspeller voor prestatie op rekenvaardigheid, namelijk de executieve functies. Executieve functies zijn hogere controlefuncties van de hersenen en zijn betrokken bij complexe en sociale gedragingen (Pennington & Ozonoff, 1996). Executieve functies worden gezien als een onderdeel van het werkgeheugen. Het werkgeheugenmodel van Baddeley en Hitch (1974; 1994) gaat uit van drie componenten. De

centrale executieve met hieronder twee ondergeschikte componenten, de fonologische lus en het visuospatieel kladblok. De centrale executieve stuurt zowel de aandacht als de fonologische lus en het visuospatieel kladblok. De fonologische lus slaat auditieve informatie op, het visuospatieel kladblok visuele informatie. Later is de episodische buffer toegevoegd die verantwoordelijk is voor het integreren en herevalueren van oude informatie met behulp van nieuwe informatie (Baddeley, 2000). Executieve functies zijn taken die de centrale executieve uitvoeren. Deze bevinden zich in de prefrontale cortex en ontwikkelen zich tot en met de adolescentie (Huijzinga, Dolan & Van der Molen, 2006). Wanneer de prefrontale cortex onderontwikkeld is als gevolg van neurologische schade, zal dit een negatief effect hebben op de ontwikkeling van de executieve functies (Stuss et al, 2000; Stuss & Levine, 2002). Miyake, Friedman, Emerson, Witzki en Howerter (2000) hebben aangetoond dat er onderscheid gemaakt kan worden tussen executieve functies, namelijk shifting, inhibitie en updating. Shifting is het vermogen om te wisselen tussen oplossingsstrategieën wanneer een eerdere strategie niet werkt. De ontwikkeling van shifting loopt volgens een omgekeerde U-vorm. Het loopt op in de kindertijd en adolescentie en verminderd rond de leeftijd van 60 jaar (Cepeda, Kramer & Gonzalez de Sather, 2001; Kray, Eber & Lindenberger, 2004). Inhibitie is het vermogen om impulsen en prikkels te remmen. Inhibitie ontwikkelt zich gedurende de basisschoolleeftijd maar bereikt een stabiel niveau rond het twaalfde levensjaar (Bedard et al, 2002; Bunge, Dudukovic, Thomason, Vaidya & Gabrieli, 2002; Durston et al, 2002; Ridderinkhof & Van der Molen, 1995; Van den Wildenberg & Van der Molen, 2004). Updating is het vermogen om oudere informatie op te roepen en deze te veranderen wanneer nodig (Bull, Espy & Wiebe, 2008).

Executieve functies spelen een rol in de ontwikkeling van getalbegrip bij kinderen (Espy et al, 2004; Holmes & Adams, 2006; Kroesbergen, Van Luit, Van Lieshout, Van Loosbroek & Van de Rijt, 2009; Passolunghi, Vercelloni & Schadee, 2007; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Toll, Van der Ven, Kroesbergen & Van Luit, 2011; Zheng, Swanson & Marcoulides, 2011). Volgens Espy en collega's (2004) is inhibitie meer gerelateerd aan getalbegrip dan updating en shifting. Passolunghi en collega's (2007) bevonden dat executieve functies meer voorspellend zijn dan IQ gedurende het eerste schooljaar. Volgens Kroesbergen en collega's (2009) is updating het sterkst gerelateerd aan getalbegrip. De bijdrage van executieve functies aan getalbegrip verandert echter gedurende de schoolperiode, op veertienjarige leeftijd is het een betere voorspeller dan op zevenjarige leeftijd (Gathercole, Pickering, Knight, Stegmann, 2004). Tevens vinden Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen en Van Luit (2015) dat visuele updating samenhangt met getalbegrip

in groep twee en drie maar de relatie daarna afneemt en dat de relatie tussen verbale updating en getalbegrip toeneemt gedurende groep twee tot en met zes. Mogelijk hangt de relatie af van de leeftijd van het kind, maar verder onderzoek is gewenst (Gathercole et al, 2004; Van de Weijer-Bergsma et al, 2015; Van der Ven, Van der Maas, Straatemeier, Jansen, 2013). Het is belangrijk om de ontwikkeling van getalbegrip vroegtijdig in kaart te brengen zodat interventies snel ingezet kunnen worden.

Het onderzoek naar de relatie tussen executieve functies en getalbegrip en het verloop hiervan kent een aantal gebreken. Zo focust een onderzoek zich op een specifiek onderdeel van de executieve functies en zijn er verschillende leeftijdsgroepen die met elkaar vergeleken worden (Huizinga et al, 2006). Leeftijd is echter een belangrijk onderdeel wanneer gekeken wordt naar executieve functies en getalbegrip (Van de Weijer et al, 2015; Van der Ven et al, 2013). De relatie lijkt te veranderen naar de leeftijd van het kind. Hier is echter nog weinig onderzoek naar gedaan. Hierdoor zal het huidige onderzoek zowel rekening houden met de leeftijd van de respondenten alsmede om alle executieve functies en getalbegrip bij eenzelfde groep respondenten af te nemen.

Het huidige onderzoek zal zich richten op de relatie tussen getalbegrip en executieve functies en de ontwikkeling hiervan gedurende de basisschoolperiode, meer specifiek van groep drie tot en met groep zes. Dit zal beantwoord worden aan de hand van de volgende deelvragen: 1. Is er een relatie tussen getalbegrip en executieve functies? 2. Verschillen kinderen uit verschillende leerjaren op hun score voor getalbegrip? 3. Verschillen kinderen uit verschillende leerjaren op hun score voor executieve functies? 4. Verschilt de samenhang tussen getalbegrip en executieve functies tussen kinderen uit verschillende leerjaren? De verwachting is dat er een relatie wordt gevonden tussen getalbegrip en executieve functies. Hoewel de literatuur niet een eenzijdig antwoord heeft op welke onderdelen en in welke mate getalbegrip een relatie vormen met executieve functies, zullen deze bij de eerste deelvraag apart bekeken worden. Vanuit de literatuur komt de rol van leeftijd enigszins naar voren (Gathercole et al, 2004; Van de Weijer et al, 2015; Van der Ven et al, 2013). De verwachting is dat leeftijd een rol zal spelen in de relatie tussen executieve functies en getalbegrip.

## **Methode**

### **Participanten**

Dit onderzoek is een onderdeel van een groter onderzoekproject over getalbegrip. In dit onderzoeksproject hebben 250 kinderen van basisschoolleeftijd deelgenomen. Voor het huidige onderzoek wordt gebruik gemaakt van een deel van de steekproef, namelijk kinderen

uit groep drie tot en met groep zes. De scholen zijn gelegen door geheel Nederland. Door middel van informed consent is toestemming gegeven door ouders. In totaal zijn 183 brieven uitgezet en hebben 123 kinderen deelgenomen aan het onderzoek. De kinderen kwamen van vijf reguliere basisscholen in Nederland. Er namen 55 jongens en 67 meisjes deel met een gemiddelde leeftijd van  $M = 8.26$  ( $SD = 1.16$ ) waarbij 14 kinderen uit groep drie, 42 kinderen uit groep vier, 37 kinderen uit groep vijf en 30 kinderen uit groep zes.

### **Meetinstrumenten**

**Inhibitie.** Middels de Flanker-test (ook wel bekend als Attention Network Test (ANT)) wordt inhibitie gemeten (Rueda et al, 2003). In deze taak kregen kinderen de opdracht om “vissen te voeren”. Dit deden ze door op de knop aan de juiste kant te drukken. Als de vis naar links keek, moest het kind op de linkerknop drukken ( $z$ ). Als de vis naar rechts keek, moest het kind op de rechterknop drukken ( $m$ ). Ook konden er meerdere vissen op het scherm verschijnen. Het kind moest altijd letten op de middelste vis en moest de andere vissen inhiberen. De fixatietijd voor iedere trial verschilde, evenals de locatie waarop de vissen verschenen. Ook kon een hint verschijnen op het scherm voordat vissen verschenen. Voordat de taak van start ging werd geoefend en reactietijd werd gemeten. De test bevatte 36 items. De betrouwbaarheid en validiteit van de Flanker-test is voldoende (Fan, Wu, Fossella & Posner, 2001; Fossella et al, 2002).

**Shifting.** Shifting is gemeten met de DCCS-taak in de Flanker-test (Rueda et al, 2003; Zelazo, 2006). In deze taak hadden kinderen dezelfde opdracht om “vissen te voeren”. Hier moesten ze echter shiften tussen strategieën aan de hand van een regel die in beeld kwam. Op het moment dat er voer verscheen moest het kind op de vissen in het midden reageren. Op het moment dat er gras verscheen moest het kind op de flankerende vissen reageren. Dit deden ze middels hetzelfde principe met de toetsen  $z$  en  $m$ . Voordat de taak van start ging werd geoefend en reactietijd werd gemeten. De test bevatte 19 items.

**Updating.** Middels de Odd One Out (OOO) is het visuele aspect van updating gemeten. In deze taak zag het kind drie plaatjes op een rijtje, een van die plaatjes was anders en het kind moest aanwijzen welke dat was. Na het zien van de rijtjes moest het kind het vakje waar het plaatje stond dat anders was, aanwijzen. Het kind kreeg één punt voor het goed aanwijzen van het plaatje en één punt voor het goed aanwijzen van de plek. Als het kind vier goede antwoorden gaf, ging het door naar het volgende blok. Hierbij kreeg het kind twee rijtjes achter elkaar te zien waarbij hij bij allebei de rijtjes eerst moest aanwijzen welk plaatje anders was en daarna moest aanwijzen in welk vakje deze stond. Per blok waren zes opgaven en er waren vijf blokken in totaal. De taak stopte vanzelf wanneer het kind drie foute

antwoorden gaf. De testleider gaf met muisklikken aan of het kind een juiste respons gaf. Voordat de taak van start ging werd geoefend en accuratesse werd gemeten. De betrouwbaarheid en validiteit zijn voldoende (Alloway, Gathercole & Pickering, 2006).

**Symbolisch.** Alle taken met betrekking tot getalbegrip worden gemeten met behulp van de Dutch Assessment battery for Number Sense (DANS). In de symbolische vergelijkingstaak ging het kind cijfers met elkaar vergelijken, waarbij het steeds het hoogste cijfer moest zoeken. De cijfers werden naast elkaar op een scherm weergegeven. Soms waren de cijfers even groot (neutrale conditie) maar in andere gevallen was een van beide cijfers fysiek groter. Wanneer het hoogste cijfer aan de rechterkant stond, moest het kind op de rechertoets drukken (*l*). Wanneer het hoogste cijfer aan de linkerkant stond moest het kind op de linkertoets drukken (*a*). Voordat de taak van start ging werd geoefend en reactietijd is gemeten. De DANS is nog niet onderzocht op betrouwbaarheid en validiteit.

**Nonsymbolisch.** De nonsymbolische vergelijkingstaak werd gemeten met behulp van de DANS. In de nonsymbolische vergelijkingstaak ging het kind twee hoeveelheden (uitgedrukt in stippenwolken) met elkaar vergelijken. Deze hoeveelheden werden naast elkaar op het scherm weergegeven waarbij het kind met behulp van de toetsen *l* en *a* moest aangeven welke hoeveelheid het meest was. Voordat de taak gestart werd, kreeg het kind zes oefenrondes. De test bestond uit 43 items en accuratesse is gemeten.

**Getallenlijn.** Mapping werd gemeten met de getallenlijntaak van de DANS. Bij deze taak was het de bedoeling dat het kind de positie van een getal aangaf op een lege getallenlijn. Deze getallenlijn had als referentiepunten aan de uiterste linkerkant een nul en aan de uiterste rechterkant een 100. Voordat de taak gestart werd verschenen twee oefentaken. De getallen werden hardop voorgelezen en de testleider bediende de muis. De test bestond uit 30 items en accuratesse is gemeten.

### **Procedure**

Dataverzameling vindt plaats op verschillende basisscholen in de periode midden januari tot eind april 2017. Per leerjaar zullen de testen op een andere volgorde afgenomen worden. De volgorde wordt bepaald aan de hand van de te af te nemen test en de belastbaarheid van het kind. Voor groep drie en vier zullen tijdens een eerste afnamemoment de Flanker en de DANS worden afgenomen en tijdens een tweede afnamemoment de OOO. Tevens zullen andere testen afgenomen worden die niet in dit onderzoek meegenomen worden. Voor groep vijf en zes zullen tijdens een eerste afnamemoment de DANS worden afgenomen en tijdens een tweede afnamemoment de Flanker en OOO. Ook hier zullen nog andere testen afgenomen worden die niet in dit onderzoek meegenomen worden. De

testafname vond plaats in een rustige ruimte binnen de school. Alle taken werden op een laptop afgenomen met behulp van E-prime. De testleider was geoefend in het afnemen van de taken en de afname verliep via een protocol. Een afname duurde ongeveer 30 minuten, er werd geen pauze gehouden. Het tweede afnamemoment vond plaats op een andere dag. Hoeveel tijd tussen het eerste afnamemoment en het tweede afnamemoment zat, was per kind verschillend.

### **Databewerkingen**

De variabelen Inhibitie, Shifting en Symbolisch zijn omgepoold. Tevens zijn alle variabelen gestandaardiseerd. In totaal zijn er 18 uitbijters verwijderd, waarvan één in taak Symbolisch, zes in taak Getallenlijn, zes in taak Shifting en vijf in taak Inhibitie. Vanwege scheve verdelingen zijn de variabelen Inhibitie, Updating en Symbolisch getransformeerd met behulp van Box-Cox transformaties. Hierna was de verdeling niet meer scheef.

Tevens wordt bij een aantal analyses gebruik gemaakt van twee composietvariabelen genaamd Getalbegrip en Executieve Functies. De composietvariabele Getalbegrip bestaat uit het gemiddelde van de standaardscores op de variabelen Symbolisch, Nonsymbolisch en Getallenlijn. De composietvariabele Executieve Functies bestaat het gemiddelde van de standaardscores op de variabelen Inhibitie, Shifting en Updating. Analyses worden gedaan met behulp van correlaties (partiele en bivariate) en multivariate analysis of variance (MANOVA).

Voordat de MANOVA is uitgevoerd zijn de assumpties bekeken. Met behulp van de Shapiro-Wilk test bleek dat de variabele Getallenlijn in groep drie rechtsscheef verdeeld is. Omdat deze groep slechts 11 participanten bevat is alsnog doorgedaan met de analyse. Aan de overige assumpties is voldaan. Voordat de MANOVA is uitgevoerd voor executieve functies zijn de assumpties bekeken. Met behulp van de Shapiro-Wilk test bleek dat de variabele Updating in de groepen vijf en zes niet normaal verdeeld zijn. Volgens Field (2014) en Allen, Bennet en Heritage (2014) wordt deze test echter robuuster wanneer zich meer dan 30 participanten in de steekproef bevinden, dat is in de groepen vijf en zes het geval dus wordt de MANOVA alsnog uitgevoerd. Daarnaast is er geen sprake van multicollineariteit en is er sprake van minimale lineariteit tussen de afhankelijke variabelen. Hoewel aan niet alle assumpties is voldaan, is de MANOVA uitgevoerd. Daarnaast is gebruik gemaakt van Games-Howell post hoc analyse. Dit omdat volgens Field (2014) dit een goede post hoc analyse is wanneer de steekproefgroottes sterk verschillen en wanneer het niet zeker is of de spreiding in scores gelijk is.



## Resultaten

### Relatie Tussen Getalbegrip en Executieve Functies

Allereerst is tweemaal gekeken naar de relatie tussen getalbegrip en executieve functies. Eenmaal waarbij gecontroleerd werd voor groepen (Tabel 1 boven het diagonaal) en eenmaal waarbij niet gecontroleerd werd voor groepen (Tabel 1 onder het diagonaal). Getalbegrip is onderverdeeld in nonsymbolisch en symbolisch getalbegrip en getallenlijn. Tevens zijn drie executieve functies gemeten, namelijk inhibitie, shifting en updating.

Tabel 1

#### *Correlaties tussen Getalbegrip en Executieve Functies*

	Inhibitie	Shifting	Updating	Nonsymbolisch	Symbolisch	Getallenlijn
Inhibitie		.62**	.03	.13	.53**	.13
Shifting	.69**		.10	.05	.45**	.19*
Updating	.20*	.13		.39**	.16	.16
Nonsymbolisch	.03	.19*	.43**		.02	.26**
Symbolisch	.64**	.63**	.41**	.20*		.24*
Getallenlijn	.38**	.48**	.35**	.34**	.58**	

*Note.*  $N = 105$ . \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$

Inhibitie en symbolisch getalbegrip hingen significant met elkaar samen met een grote effectgrootte. Shifting en symbolisch getalbegrip hingen significant met elkaar samen met een middelgrote effectgrootte. Shifting en getallenlijn hingen significant met elkaar samen met een kleine effectgrootte. Updating en nonsymbolisch getalbegrip hingen significant met elkaar samen met een middel effectgrootte. Wanneer niet gecontroleerd is voor leeftijd is te zien dat meer significante relaties gevonden worden. Alleen nonsymbolisch getalbegrip en inhibitie hingen niet significant met elkaar samen.

### Verschillen in Getalbegrip tussen Groep drie, vier, vijf en zes

Met behulp van een MANOVA is gekeken naar de verschillen in getalbegrip tussen groep drie, vier, vijf en zes. Bevindingen lieten zien dat er een significant verschil is in scores tussen de leerjaren,  $F(9, 333) = 8.82$ ,  $p = <.001$ , partiele  $\eta^2 = .19$ . Een Games-Howell post hoc analyse liet zien dat op de variabele Getallenlijn groep zes significant lager scoort dan de groepen drie, vier en vijf (zie Tabel 2 voor  $M$  en  $SD$ ). Tevens scoort groep vijf significant

lager dan groep drie en vier. Bij de variabele Nonsymbolisch verschilt geen enkele groep significant van elkaar. Bij de variabele Symbolisch scoort groep zes significant hoger dan de groepen drie, vier en vijf. Tevens scoort groep vijf significant hoger dan groep drie en groep vier en scoort groep vier significant hoger dan groep drie.

Tabel 2

*Gemiddelden en Standaarddeviaties*

Getallenlijn	Symbolisch getalbegrip		Nonsymbolisch getalbegrip			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
Groep 3*	1.38	0.23	-1.45	0.23	-0.21	0.25
Groep 4**	0.36	0.12	-0.33	0.12	0.23	0.12
Groep 5***	-0.13	0.13	0.32	0.12	0.37	0.16
Groep 6****	-0.92	0.14	0.79	0.14	0.54	0.20

*Note.* \*:  $N = 11$ , \*\*:  $N = 40$ , \*\*\*:  $N = 36$ , \*\*\*\*:  $N = 28$ .

**Verschillen in Executieve Functies tussen Groep drie, vier, vijf en zes**

Met behulp van een MANOVA is gekeken naar de verschillen tussen executieve functies in groep drie, vier, vijf en zes. Bevindingen lieten zien dat er een significant verschil is in scores tussen de leerjaren,  $F(9, 330) = 5.34$ ,  $p < .001$ , partiele  $\eta^2 = .13$ . Een Games-Howell post hoc analyse liet zien dat op de variabele Inhibitie groep vijf en zes significant hoger scoorde dan groep drie en dat groep zes significant hoger scoorde dan groep vier. Op de variabele Shifting scoorde groep zes significant hoger dan groep drie en groep vier (zie Tabel 3 voor *M* en *SD*). Tevens scoorde groep vijf significant hoger dan groep vier. Op de variabele Updating scoorde groep zes significant hoger dan de groepen drie, vier en vijf.

Tabel 3

*Gemiddelde en Standaarddeviaties*

Inhibitie	Shifting	Updating
-----------	----------	----------

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Groep 3*	-0.62	0.19	-0.65	0.37	-0.37	0.24
Groep 4**	-0.40	0.14	-0.36	0.14	-0.13	0.14
Groep 5***	0.16	0.18	0.29	0.14	-0.19	0.15
Groep 6****	0.63	0.14	0.56	0.13	0.74	0.18

*Note.* \*:  $N = 11$ , \*\*:  $N = 40$ , \*\*\*:  $N = 36$ , \*\*\*\*:  $N = 28$ .

### Verloop Relatie Getalbegrip en Executieve Functies

Het verloop van de relatie tussen getalbegrip en executieve functies is bekeken door per groep een bivariate correlatie te berekenen met de composietvariabele Getalbegrip en de composietvariabele Executieve Functies. In groep drie ( $r(8) = .34, p = .42$ ), vier ( $r(39) = .29, p = .08$ ) en zes ( $r(26) = .31, p = .13$ ) is geen significante relatie gevonden. In groep vijf is wel een significante relatie gevonden tussen getalbegrip en executieve functies,  $r(36) = .43, p = .009$ . Met behulp van een r-to-z-transformatie is gekeken of correlaties significant van elkaar verschilden.

Tabel 4

#### *Z-scores van Correlaties Composietvariabelen Tussen de Verschillende Groepen*

	Groep 3	Groep 4	Groep 5	Groep 6
Groep 3	Z 0.11	Z -0.22	Z 0.07	
Groep 4		Z 0.67	Z -0.08	
Groep 5			Z 0.52	
Groep 6				

*Note.* Alle  $p > .05$

Hierbij bleek dat de leerjaren niet significant van elkaar verschilden (zie Tabel 4). Wanneer de composietvariabele Getalbegrip uit elkaar wordt gehaald was te zien dat er in iedere groep sprake is van een significante relatie tussen executieve functies en symbolisch getalbegrip (zie Tabel 5 en 6).

Tabel 5

*Correlaties tussen Getalbegrip en Composietvariabelen Executieve Functies in Groep  
3(Boven het Diagonaal) en 4(Onder het Diagonaal)*

	Executieve Functies	Nonsymbolisch	Symbolisch	Getallenlijn
Executieve Functies		.36	.76*	-.67
Nonsymbolisch	.16		.41	-.42
Symbolisch	.56**	.18		-.82**
Getallenlijn	-.29	-.28	-.10	

*Note.* \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$

Tabel 6

*Correlaties tussen Getalbegrip en Composietvariabelen Executieve Functies in Groep  
5(Boven het Diagonaal) en 6(Onder het Diagonaal)*

	Executieve Functies	Nonsymbolisch	Symbolisch	Getallenlijn
Executieve Functies		.18	.69**	-.06
Nonsymbolisch	.23		-.05	.04
Symbolisch	.51**	-.20		-.26
Getallenlijn	-.25	-.56**	.02	

*Note.* \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$

Daarnaast verschilden de groepen significant van elkaar op de score voor symbolisch getalbegrip en executieve functies en de getallenlijn en executieve functies (zie Tabel 7). Bij symbolisch getalbegrip verschillen de groepen drie en vier, drie en zes en vijf en zes met elkaar. Bij de getallenlijn zien we dat groep drie significant verschilde van de groepen vier, vijf en zes en dat groep vier en vijf significant van elkaar verschilden.

Tabel 7

*Z-scores van Correlaties tussen Getalbegrip en Composietvariabele Executieve Functies*

Symbolisch					Nonsymbolisch				
	Groep 3	Groep 4	Groep 5	Groep 6		Groep 3	Groep 4	Groep 5	Groep 6
Groep 3		1.06*	0.43	1.21*	Groep 3		0.63	0.56	0.40
Groep 4			-0.91	0.28	Groep 4			-0.09	-0.29
Groep 5				1.10*	Groep 5				-0.20
Groep 6					Groep 6				
Getallenlijn									
	Groep 3	Groep 4	Groep 5	Groep 6		Groep 3	Groep 4	Groep 5	Groep 6
Groep 3		-1.32*	-1.91*	-1.37*					
Groep 4			1.01*	-0.17					
Groep 5				0.74					
Groep 6									

*Note.* \*Z-score is significant bij  $Z > 1$

## Discussie

In deze studie is bevonden dat er een relatie is tussen executieve functies en getalbegrip wanneer niet gecontroleerd is voor leeftijd (alleen inhibitie en nonsymbolisch getalbegrip hangen niet significant samen) zoals uit eerdere studies tevens is gebleken (Espy et al, 2004; Gathercole et al, 2004; Holmes & Adams, 2006; Kroesbergen et al, 2009; Passolunghi et al, 2007; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Van de Weijer et al, 2015; Van der Ven et al, 2013; Zheng et al, 2011). Wanneer gecontroleerd is voor leeftijd worden minder significante relaties gezien. Mogelijk dat leeftijd van invloed is op de relatie tussen getalbegrip en executieve functies, zoals uit de literatuur naar voren kwam (Gathercole et al, 2004; Van de Weijer-Bergsma et al, 2015; Van der Ven et al, 2013). Daarnaast wijst het erop dat executieve functies en getalbegrip zich ontwikkelen gedurende groep drie tot en met groep zes. Opvallend is dat het nonsymbolisch getalbegrip geen significant verschil laat zien tussen alle groepen. Wanneer gebruik gemaakt wordt van composietvariabelen wordt een significante relatie gevonden in groep vijf, maar niet in groep drie, vier en zes. Is voor getalbegrip geen gemiddelde standaardscore gebruikt maar gekeken naar het symbolisch getalbegrip, nonsymbolisch getalbegrip en de getallenlijn apart, dan is bevonden dat het symbolisch getalbegrip significant samenhangt met executieve functies in alle groepen. In alle groepen wordt geen significante relatie gevonden tussen nonsymbolisch getalbegrip en executieve functies en getallenlijn en executieve functies. De groepen verschillen niet significant van elkaar wanneer gebruik wordt gemaakt van de composietvariabelen (zie Tabel 4). De groepen verschilden echter wel significant van elkaar wat betreft de relatie tussen symbolisch getalbegrip en executieve functies en tussen de getallenlijn en executieve functies (zie Tabel 7). De groepen verschilden niet significant van elkaar op nonsymbolisch getalbegrip.

In tegenstelling tot Kroesbergen en collega's (2009), die bevonden dat updating de belangrijkste voorspeller was voor getalbegrip, is in deze studie gevonden dat inhibitie het sterkst samenhangt met symbolisch getalbegrip wanneer gecontroleerd wordt voor leeftijd. Dit is een bevestiging van Espy en collega's (2004). Kinderen die makkelijker hun impulsen kunnen controleren, behalen een betere score op de taak voor symbolisch getalbegrip. De relatie tussen executieve functies en getalbegrip en de rol van leeftijd worden bevestigd vanuit de literatuur.

Het huidige onderzoek kent een aantal beperkingen. Ten eerste is sprake van een kleine steekproef, iedere groep bevat maximaal 40 participanten waarbij groep drie slechts 11. Hierdoor kunnen de gevonden correlaties anders zijn dan de correlaties die aanwezig zijn in

de populatie, ofwel het gevolg van de restriction of range. Pas wanneer er voldoende spreiding zit in de scores tussen X en Y kan een correlaties representatief zijn voor de populatie (Gravetter & Wallnau, 2013). Ten tweede is er sprake van de onzuivere meting (*impurity problem*). Executieve functies zijn niet direct te meten maar worden gemeten in een cognitieve context waarin andere vaardigheden tevens een rol spelen (Kroesbergen et al, 2009). Daarnaast kan een test niet worden gezien als een volledige meting van het construct (inhibitie, shifting of updating) (Huizinga et al, 2006). Door de onzuivere meting wordt het onafhankelijk meten van de executieve functies erg lastig. Miyake en collega's (2000) proberen dit probleem op te lossen door meerdere testen te gebruiken om een construct te meten. Ten derde is gebruik gemaakt van composietvariabelen. Hierdoor zijn mogelijke relaties niet gevonden doordat gebruik is gemaakt van een gemiddelde gestandaardiseerde score van drie constructen. Dit is te zien in deze studie. Waarbij het gemiddelde van getalbegrip geen significante verschillen tussen groepen liet zien (Tabel 4) maar gekeken naar de losse constructen wel significante resultaten vonden (Tabel 7). Voorzichtigheid is geboden bij interpretatie van de bevindingen en verder onderzoek is wenselijk.

Verder onderzoek naar de rol van leeftijd binnen de relatie tussen executieve functies en getalbegrip is gewenst. Hierbij kan gedacht worden aan longitudinaal onderzoek waarbij een grotere leeftijdsban wordt genomen dan in het huidige onderzoek is gedaan. Tevens zal rekening gehouden moeten worden met de mogelijkheid op onzuivere metingen van de executieve functies. Ook kan gekeken worden naar mogelijke verklaringen voor de niet aanwezig relatie tussen nonsymbolisch getalbegrip en executieve functies.

Ondanks de gebreken van het onderzoek kan geconcludeerd worden dat het onderzoek een bevestiging geeft van eerder onderzoek wat betreft de relatie tussen executieve functies en getalbegrip. Tevens komt de rol van leeftijd bij de ontwikkeling van executieve functies en getalbegrip duidelijk naar voren. Welke rol dit precies speelt en hoe leeftijd invloed uitoefent op getalbegrip en executieve functies behoeft nog verder onderzoek.

### Referenties

- Allen, P., Bennet, K., & Heritage, B. (2014). SPSS statistics version 22: A practical guide. Australië: Cengage
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x>
- Anobile, G., Cicchini, G. M., & Burr, D. C. (2012). Linear mapping of numbers onto space requires attention. *Cognition, 122*, 454-459. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.11.006>
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive sciences, 4*, 417-423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation, 8*, 47-89. doi:10.1016/S0079-7421(08)60452-1
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology, 8*, 485-493. <https://doi.org/10.1037//0894-4105.8.4.485>
- Bedard, A., Nichols, S., Barbosa, J. A., Schachar, R., Logan, G. D., & Tannock, R. (2002). The development of selective inhibitory control across the life span. *Developmental Neuropsychology, 21*, 93-111. [https://doi.org/10.1207/s15326942dn2101\\_5](https://doi.org/10.1207/s15326942dn2101_5)
- Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disabilities. *Journal of learning disabilities, 38*, 333-339. <https://doi.org/10.1177/00222194050380040901>
- Boonen, A. J. H., Klokman, M. E., & Kroesbergen, E. H. (2011). The relation between teachers' math talk and the acquisition of number sense within kindergarten classrooms. *Journal of School Psychology, 49*, 281-299. doi:10.1016/j.jsp.2011.03.002
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology, 33*(3), 205-228. <https://doi.org/10.1080/87565640801982312>
- Bunge, S. A., Dudukovic, N. M., Thomason, M. E., Vaidya, C. J. & Gabrieli, J. D. E. (2002). Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: Evidence from fmri. *Neuron, 33*, 301-311. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(01\)00583-9](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(01)00583-9)



- Cepeda, N. J., Kramer, A. F., & Gonzalez de Sather, J. C. M. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Developmental Psychology, 37*, 715-730. <https://doi.org/10.1037//0012-1649.37.5.715>
- De Smedt, B., Noël, M., Gilmore, C., & Ansari, D. (2013). How do symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing skills relate to individual differences in children's mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education, 2*, 48-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tine.2013.06.001>
- Dehaene, S. (1992) Varieties of numerical abilities. *Cognition, 44*, 1-42. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90049-n](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90049-n)
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Lawrence Erlbaum Associates Limited*. Retrieved from [http://www.unicog.org/publications/DehaeneCohen\\_TripleCodeModelNumberProcessing\\_MathCognition1995.pdf](http://www.unicog.org/publications/DehaeneCohen_TripleCodeModelNumberProcessing_MathCognition1995.pdf)
- Durston, S., Thomas, K. M., Yang, Y., Uluğ, A. M., Zimmerman, R. D., & Casey, B. J. (2002). A neural basis for the development of inhibitory control. *Developmental Science, 5*, F-9-F16. <https://doi.org/10.1111/1467-7687.00235>
- Dyson, N. I., Jordan, N. C., & Glutting, J. (2011). A number sense intervention for low-income kindergartners at risk for mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 46*, 166-181. <https://doi.org/10.1177/0022219411410233>
- Espy, K., McDiarmid, M. D., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology, 26*, 465-486. [https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601\\_6](https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601_6)
- Fan, J., Wu, Y., Fossella, J. A., & Posner, M. I. (2001). Assessing the heritability of attentional networks. *BMC Neuroscience, 2*. Retrieved from <https://bmcneurosci.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2202-2-14>
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *TRENDS in cognitive Sciences, 8*, 307-314. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.05.002>
- Field, A. (2014). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics (4th edition)*. London: Sage.
- Fossella, J. A., Sommer, T., Fan, J., Wu, Y., Swanson, J. M., Pfaff, D. W., & Posner, W. I. (2002). Assessing the molecular genetics of attention networks. *BMC Neuroscience, 3*. Retrieved from <https://bmcneurosci.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2202-3>

- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology, 18*, 1-16.  
<https://doi.org/10.1002/acp.934>
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology, 47*, 1539-1552. doi: 10.1037/a0025510
- Gersten, R. Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of learning disabilities, 38*, 293-304.  
<https://doi.org/10.1177/00222194050380040301>
- Gravetter, F. J., & Wallnau, L. B. (2013). *Statistics for the Behavioral Sciences*. London: Thomson Wadsworth.
- Halberda, J., & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the “number sense”: The approximate number system in 3-, 4-, 5- and 6-years-olds and adults. *Developmental Psychology, 44*, 1457-1465. doi: 10.1037/a0012682
- Halberda, J., Mazocco, M. M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature, 455*, 665-668.  
<https://doi.org/10.1038/nature07246>
- Holloway, I. D., & Ansari, D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols: The numerical distance effect and individual differences in children’s mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 17-29.  
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2008.04.001>
- Holmes, J., & Adams, J. W. (2006). Working memory and children’s mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology, 26*, 339-366. <https://doi.org/10.1080/01443410500341056>
- 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.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>
- Inglis, M., Attridge, N., Batchelor, S., & Gilmore, C. (2011). Non-verbal number acuity correlates with symbolic mathematics achievement: But only in children. *Psychonomic Bulletin & Review, 18*, 1222-1229. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0154-1>
- Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences, 20*, 82-88. doi: 10.1016/j.lindif.2009.07.004

- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N., & Ramineni, C. (2007). Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practise, 22*, 36-46. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-5826.2007.00229.x>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Oláh, L. N., & Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development, 77*, 153-175. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8624.2006.00862.x>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology, 45*, 850-867. <https://doi.org/10.1037/a0014939>
- Karolis, V., Iuculano, T., & Butterworth, B. (2011). Mapping numerical magnitudes along the right lines: Differentiating between scale and bias. *Journal of Experimental Psychology: General, 140*, 693-706. <https://doi.org/10.1037/a0024255>
- Kray, J., Eber, J., & Lindenberger, U. (2004). Age differences in executive functioning across the lifespan: The role of verbalization in task preparation. *Acta Psychologica, 115*, 143-165. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2003.12.001>
- Kroesbergen, E. H., Van der Ven, S. H. G., Kolkman, M. E., Van Luit, J. E. H., & Leseman, P. P. M. (2009). Executieve functies en de ontwikkeling van (voorbereidende) rekenvaardigheid. *Pedagogische studiën, 86*, 334-349. Retrieved from <http://pedagogischestudien.nl/download?type=document&identifier=616391>
- Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Van Lieshout, E. C. D. M., Van Loosbroek, E., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). Individual differences in early numeracy. The role of executive functions and subitizing. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*(3), 226-236. <https://doi.org/10.1177/0734282908330586>
- Libertus, M. E., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Preschool acuity of the approximate number system correlates with school math ability. *Developmental Science, 14*, 1292-1300. doi: 10.1111/j.1467-7687.2011.01080.x
- Lonnemann, J., Linkersdörfer, J., Hasselhorn, M., & Lindberg, S. (2011). Symbolic and non-symbolic distance effects in children and their connection with arithmetic skills. *Journal of Neurolinguistics, 24*, 583-591. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2011.02.004>
- 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.  
<https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Mundy, E., & Gilmore, C. K. (2009). Children’s mapping between symbolic and nonsymbolic representations of numbers. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*, 490-502.  
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.02.003>
- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, *22*, 165-184. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2006.09.001>
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *37*(1), 51– 87.  
<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1996.tb01380.x>
- Ridderinkhof, K. R., & Van der Molen, M. W. (1995). A psychophysiological analysis of developmental differences in the ability to resist interference. *Child development*, *66*, 1040-1056. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1995.tb00921.x>
- Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2003). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, *42*, 1029-1040. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.012
- Soltész, F., Szücs, D., & Szücs, L. (2010). Relationships between magnitude representation, counting and memory in 4- to 7-year-old children: A developmental study. *Behavioral and Brain Functions*, *6*, 1-14. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-6-13>
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *59*(4), 745-759.  
<https://doi.org/10.1080/17470210500162854>
- Stuss, D. T., & Levine, B. (2002). Adult clinical neuropsychology: Lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review Of Psychology*, *53*, 401-433.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135220>
- Stuss, D. T., Levine, B., Alexander, M. P., Hong, J., Palumbo, C., Hamer, L., Murphy, K. J., & Izkawa, D. (2000). Wisconsin card sorting test performance in patients with focal frontal and posterior brain damage: Effects of lesion location and test structure on separable cognitive processes. *Neuropsychologia*, *38*, 388-402.  
[https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(99\)00093-7](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(99)00093-7)
- Szücs, D., Nobes, A., Devine, A., Gabriel, F. C., & Gebuis, T. (2013). Visual stimulus parameters seriously compromise the measurement of approximate number system

- acuity and comparative effects between adults and children. *Frontiers in Psychology*, 4, 1-12. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00444
- Toll, S. W. M., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2011). Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 44(6), 521-532. doi: 10.1177/0022219410387302
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2015). Verbal and visual-spatial working memory and mathematical ability in different domains throughout primary school. *Memory & Cognition*, 43, 367-378. <https://doi.org/10.3758/s13421-014-0480-4>
- Van den Wildenberg, W. P. M., & Van der Molen, M. W. (2004). Developmental trends in simple and selective inhibition of compatible and incompatible responses. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 201-220. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2003.11.003>
- Van der Ven, S. H. G., Van der Maas, H. L. J., Straatemeier, M., & Jansen, B. R. J. (2013). Visuospatial working memory and mathematical ability at different ages throughout primary school. *Learning and Individual Differences*, 27, 182-192. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.09.003>
- Vanbinst, K., Ghesquière, P., & De Smedt, B. (2012). Numerical magnitude representations and individual differences in children's arithmetic strategy use. *Mind, Brain, and Education*, 6, 129-136. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228x.2012.01148.x>
- Zelazo, P. D. (2006). The dimensional change card sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1, 297-301. doi: 10.1038/nprot.2006.46
- Zheng, X., Swanson, H. L., & Marcoulides, G. A. (2011). Working memory components as predictors of children's mathematical word problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110, 481-498. doi: 10.1016/j.jecp.2011.06.001