

Running head: OOGBEWEGINGSPATRONEN, EXECUTIEVE FUNCTIES EN NON-  
SYMBOLISCH GETALBEGRIP

De Relatie tussen Oogbewegingspatronen, Executieve Functies en Non-symbolisch  
Getalbegrip

Masterthesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Naam student: Meggie M. Verhappen (4253299)

Thesisbegeleidster: Dr. A. H. van Hoogmoed

Tweede beoordelaar: Dr. W. D. Schot

Datum: 01-06-2015

### Voorwoord

Deze masterthesis is geschreven in het kader van mijn afstudeeronderzoek voor de Master Orthopedagogiek aan de Universiteit Utrecht (UU). Van oktober 2014 tot en met juni 2015 ben ik met dit onderzoekstraject bezig geweest. Met het afnemen van testen bij kleuters en het gebruik van de eye-tracker had ik voorheen nog geen ervaring, maar daardoor zag ik deze thesis juist als een interessante, leuke uitdaging.

Tijdens het schrijven van deze masterthesis heb ik veel kennis kunnen toepassen die ik gedurende de opleiding heb opgedaan. Tevens heb ik me verder kunnen verdiepen in de ontwikkeling van getalbegrip bij kleuters en de daarmee samenhangende factoren. Het vinden van relevante literatuur was moeilijk, vanwege de beperkte aanwezigheid van onderzoek naar specifiek de non-symbolische vorm van getalbegrip en het beperkte gebruik van een eye-tracker in onderzoek naar rekenproblemen. Verder heb ik het analyseren van de resultaten als lastig ervaren, maar na uitgebreide verkenning van SPSS en herhaling van statistiek heb ik ook dit onderdeel succesvol kunnen afronden.

Bij dezen wil ik mijn begeleidster Anne van Hoogmoed bedanken voor de fijne begeleiding en ondersteuning gedurende dit traject. Daarnaast wil ik de betrokken scholen en kinderen bedanken voor de medewerking aan dit onderzoek en de ouders die toestemming hebben gegeven voor de deelname van hun kind. Tot slot wil ik mijn medestudent Alice van der Horst bedanken voor het uitwisselen van waardevolle ideeën en feedback.

Meggie Verhappen,

Utrecht, juni 2015

### Abstract

Non-symbolic number sense is an important predictor of later mathematic skills. The analysis of eye movements makes an important contribution to research on the development of number sense. In addition, there appears to be a relationship between the central executive functioning and the development of number sense. However, little is known about the role of eye movements and the role of the different executive functions in the development of non-symbolic number sense in kindergarteners. The aim of the present study was to investigate the relationship between eye-movements and non-symbolic number sense as well as the relationship between inhibition, shifting, updating and non-symbolic number sense. The sample included 52 children aged four to six years. For the measurement of non-symbolic number sense the dot-comparison task has been used, whereby the eye movements were measured with an eye-tracker. The executive functions were measured with four different computer tasks. The results have shown that the number of eye fixations and the number of switches between the two dot patterns, during the execution of the dot-comparison task, are significantly related to the performance on the dot-comparison task. It also appears that the executive functions inhibition and updating are significantly related to the performance on the dot-comparison task, whereby updating turns out to be most strongly related. For future research is recommended to replicate this study by a larger sample and to take more individual child- and environmental factors into the research.

*Keywords:* executive functions, non-symbolic number sense, mathematics, eye-tracking, kindergarteners

### Samenvatting

Non-symbolisch getalbegrip is een belangrijke voorspeller van latere rekenvaardigheid. Het analyseren van oogbewegingspatronen levert een belangrijke bijdrage aan onderzoek naar de ontwikkeling van getalbegrip. Daarnaast blijkt ook het centraal executief functioneren gerelateerd te zijn aan de ontwikkeling van getalbegrip. Er is echter nog weinig bekend over de rol van oogbewegingspatronen en de rol van de verschillende executieve functies in de ontwikkeling van non-symbolisch getalbegrip bij kleuters. Het doel van het huidige onderzoek was zowel het onderzoeken van de relatie tussen oogbewegingspatronen en non-symbolisch getalbegrip als de relatie tussen inhibitie, shifting, updating en non-symbolisch getalbegrip. De steekproef bestond uit 52 kinderen in de leeftijd van vier tot zes jaar. Voor het meten van non-symbolisch getalbegrip is gebruik gemaakt van de dot-comparison taak, waarbij de

oogbewegingspatronen werden gemeten met een eye-tracker. De executieve functies zijn gemeten met vier verschillende computertaken. Uit de resultaten is naar voren gekomen dat het aantal oogfixaties en het aantal switches tussen de twee stippenpatronen, tijdens de uitvoering van de dot-comparison taak, significant gerelateerd zijn aan de prestatie op de dot-comparison taak. Tevens blijken de executieve functies inhibitie en updating een significante relatie te hebben met de prestatie op de dot-comparison taak. Updating blijkt de executieve functie te zijn die het sterkst gerelateerd is aan de prestatie op de dot-comparison taak. Voor toekomstig onderzoek wordt aanbevolen dit onderzoek bij een grotere steekproef te repliceren en meerdere individuele kind- en omgevingsfactoren in het onderzoek mee te nemen.

*Sleutelwoorden:* executieve functies, non-symbolisch getalbegrip, rekenvaardigheid, eye-tracking, kleuters

### De Relatie tussen Oogbewegingspatronen, Executieve Functies en Non-symbolisch Getalbegrip

In de huidige samenleving wordt rekenen als een academische basisvaardigheid gezien (Parsons & Bynner, 2005). Vijf tot tien procent van de schoolgaande kinderen blijkt rekenproblemen te hebben (Bryant, 2005; Geary, 2004). Getalbegrip is een van de belangrijkste voorspellers van de ontwikkeling van rekenvaardigheid op latere leeftijd (Geary, Hoard, Nugent, & Bailey, 2013; Jordan, Glutting, Dyson, Hassinger-Das, & Irwin, 2012). Aandacht voor factoren die samenhangen met de ontwikkeling van getalbegrip is daarom belangrijk (Friso-van den Bos, Kroesbergen, & Van Luit, 2014). Eye-tracking data levert een belangrijke bijdrage aan onderzoek naar de ontwikkeling van getalbegrip en rekenproblemen (Schneider et al., 2008). Ondanks deze bevindingen is er maar één onderzoek bekend waarin oogbewegingen worden geanalyseerd voor het meten van non-symbolisch getalbegrip (Moeller, Neuburger, Kaufmann, Landerl, & Nuerk, 2009). Daarnaast blijkt het centraal executief functioneren gerelateerd te zijn aan de ontwikkeling van getalbegrip (Steele, Karmiloff-Smith, Cornish, & Scerif, 2012). Er is echter nog weinig onderzoek gedaan naar de relatie tussen de afzonderlijke executieve functies en getalbegrip bij kleuters (Friso-van den Bos et al., 2014; Hassinger-Das, Jordan, Glutting, Irwin, & Dyson, 2014). Het doel van het huidige onderzoek is daarom zicht krijgen op welke oogbewegingspatronen en welke executieve functies het meest samenhangen met getalbegrip.

Getalbegrip wordt gedefinieerd als de vaardigheid om numerieke hoeveelheden te begrijpen en te manipuleren, en kan onderscheiden worden in symbolisch en non-symbolisch getalbegrip (Dehaene, 2001). Beiden hebben een voorspellende waarde voor rekenvaardigheid op latere leeftijd (Desoete, Ceulemans, De Weerd, & Pieters, 2012). Non-symbolische vaardigheden blijken voor betere prestaties op symbolische vaardigheden te zorgen (Gilmore, McCarthy, & Spelke, 2010). Het huidige onderzoek is daarom enkel gericht op non-symbolisch getalbegrip. Non-symbolisch getalbegrip kan worden gezien als de intuïtieve verwerking van aantallen en de analoge representatie van omvang (Dehaene, 2001; Desoete et al., 2012).

Het analyseren van oogbewegingspatronen, voortkomend uit eye-tracking data, biedt informatie over de manier waarop kinderen een taak benaderen (Rayner, 1998). Onder oogbewegingspatronen wordt in het huidige onderzoek het aantal oogfixaties, de gemiddelde duur van de oogfixaties en het aantal switches tussen twee stippenpatronen verstaan (Hayhoe, 2004). Uitbreiding van kennis over de relatie tussen oogbewegingspatronen en getalbegrip kan bijdragen aan het vroegtijdig onderkennen van achterblijvend getalbegrip.

Het functioneren van het centraal executief systeem blijkt gerelateerd te zijn aan de manier waarop getalbegrip zich ontwikkelt (Steele et al., 2012). Het centraal executief systeem stuurt het werkgeheugen aan en is noodzakelijk bij het uitvoeren van doelgerichte activiteiten. Binnen dit systeem worden drie executieve functies onderscheiden: inhibitie, shifting en updating (Miyake, Friedman, Emerson, Witzk, & Howerter, 2000). Inhibitie is het vermogen om opzettelijk dominante of automatische reacties te onderdrukken. Shifting wordt gedefinieerd als het vermogen om flexibel te schakelen tussen taken en strategieën. Tot slot refereert updating naar het vermogen om inkomende informatie te monitoren en te coderen. Hierbij wordt oude informatie verwijderd of geïntegreerd met nieuwe informatie (Miyake et al., 2000; Van der Sluis, De Jong, & Van der Leij, 2007). Er kan onderscheid worden gemaakt tussen visuele en verbale updating, waarbij er sprake is van het verwerken van visuele of verbale informatie (Passolunghi & Pazzaglia, 2004). Door het verkrijgen van meer duidelijkheid over de bijdrage van de afzonderlijke executieve functies in de ontwikkeling van getalbegrip, kunnen interventies gericht worden ingezet op tekorten in deze executieve vaardigheden. Hierdoor kunnen problemen op het gebied van getalbegrip en rekenvaardigheid mogelijk worden verminderd of voorkomen.

Gezien het feit dat non-symbolisch getalbegrip een sterke voorspeller is van rekenvaardigheid, wordt verwacht dat de resultaten van het huidige onderzoek vergelijkbaar zijn met eerder onderzoek naar rekenvaardigheid. Meerdere onderzoeken tonen een positieve relatie tussen inhibitie en rekenvaardigheid bij kleuters aan (Blair & Razza, 2007; Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Bull & Scerif, 2001; Espy et al., 2004). In het onderzoek van Van der Sluis, De Jong en Van der Leij (2004) wordt deze relatie echter alleen gevonden bij complexere executieve functie taken, waarmee zowel inhibitie als shifting gemeten wordt. Bij de variant op de Rapid Naming taak die zij gebruiken voor het meten van uitsluitend inhibitie, wordt geen significante relatie gevonden. Inhibitie lijkt bij deze taak echter een minimale rol te spelen. Op basis van bovenstaande bevindingen wordt verwacht dat inhibitie positief gerelateerd is non-symbolisch getalbegrip, gemeten met de dot-comparison taak.

Onderzoek naar kinderen van zeven jaar en ouder laat zien dat het vermogen om flexibel te shiften meer van belang is bij het oplossen van complexere rekenproblemen, die op jonge leeftijd nog niet aan de orde komen (Bull & Scerif, 2001). Uit meerdere onderzoeken komt dan ook geen relatie tussen shifting en rekenvaardigheid bij kleuters naar voren (Espy et al., 2004; Van der Sluis et al., 2007). Er wordt daarom geen relatie tussen shifting en de prestatie op de dot-comparison taak bij kinderen tussen vier en zes jaar verwacht.

Verschillende onderzoeken laten een positieve relatie tussen updating en rekenvaardigheid zien (Passolunghi & Pazzaglia, 2004; Van der Sluis et al., 2007; Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012). Uit het onderzoek van Van der Ven en collega's (2012) komt naar voren dat updating een belangrijkere voorspeller is van rekenvaardigheid bij kinderen dan inhibitie en shifting. Op basis van deze bevindingen wordt verwacht dat updating de sterkste positieve relatie met de prestatie op de dot-comparison taak laat zien.

Uit het onderzoek van Moeller en collega's (2009) blijkt dat kinderen met dyscalculie meer oogfixaties laten zien tijdens het uitvoeren van de dot-comparison taak dan kinderen zonder dyscalculie. Er is steeds meer overeenstemming over het feit dat er bij dyscalculie sprake is van een aandoening aan het getalbegrip (Wilson & Dehaene, 2007). Er wordt daarom verwacht dat kinderen met een lage prestatie op de dot-comparison taak meer oogfixaties laten zien tijdens de uitvoering van deze taak, dan kinderen met een hoge prestatie op de dot-comparison taak. Het lijkt logisch dat de oogfixaties bij kinderen met een lage prestatie op de dot-comparison taak ook langer zullen duren en dat er meer switches worden waargenomen. Hierover is echter geen onderzoek bekend.

De onderzoeksvragen van het huidige onderzoek luiden als volgt: 'Wat is de relatie tussen oogbewegingspatronen en de prestatie op de dot-comparison taak bij kinderen van vier tot zes jaar?' en 'Wat is de relatie tussen inhibitie, shifting en updating en de prestatie op de dot-comparison taak bij kinderen van vier tot zes jaar?'.

### **Methode**

#### **Participanten**

Aan het onderzoek deden 52 kinderen mee (30 jongens, 22 meisjes) van vier tot zes jaar ( $M = 5.29$  jaar,  $SD = 7.68$  maanden). Voor onderzoeksvraag 1 was de data van 51 participanten bruikbaar en voor onderzoeksvraag 2 van 46 participanten. De kinderen zijn afkomstig van vier klassen op twee reguliere basisscholen in Nederland. Het grootste deel (75%) van de moeders van deze kinderen was hoogopgeleid (HBO of hoger).

#### **Procedure**

Op de basisscholen die wilden deelnemen aan het onderzoek is schriftelijk aan ouders toestemming gevraagd voor de deelname van hun kind. Alle participanten hebben de taken individueel op de eigen school uitgevoerd. De executieve functie taken zijn op een laptop uitgevoerd. Vervolgens zijn de taken voor het meten van non-symbolisch getalbegrip met een eye-tracker en bijbehorende computer afgenomen.

### **Meetinstrumenten**

Het non-symbolisch getalbegrip is gemeten met de dot-comparison taak. Bij deze taak werden twee afbeeldingen met patronen van stippen naast elkaar op een scherm gepresenteerd. Het kind werd gevraagd om het patroon met het hoogste aantal stippen te selecteren, door op de bijbehorende knop te drukken. Hierbij dienden andere kenmerken zoals de grootte en de oppervlakte van de stippen genegeerd te worden. De test bestond uit vier blokken, waarbij in ronde twee en vier werd gevraagd zo snel mogelijk te drukken (Gilmore et al., 2013). Het gemiddelde percentage correct van deze vier blokken is gebruikt in de analyse. Tijdens de uitvoering van deze taak werden de oogbewegingen van het kind gemeten met een eye-tracker. Over de betrouwbaarheid en validiteit van het meten van oogbewegingen bij de uitvoering van de dot-comparison taak is weinig bekend (Schneider et al., 2008).

Inhibitie is gemeten met de Flankertaak (Rueda et al., 2004). Hierbij moesten de kinderen 'een schaap voeren' door op de knop te drukken waar het schaap naar toe keek. Het schaap kon alleen geflankeerd worden door schapen die dezelfde kant op keken (congruente conditie) of door schapen die de andere kant op keken (incongruente conditie). De irrelevante informatie van de flankers moest genegeerd worden. Voor de accuratesse en de reactietijd op deze taak is afzonderlijk de verschilscore tussen de congruente en de incongruente trials berekend. De betrouwbaarheid van deze taak kan geclassificeerd worden als voldoende ( $\alpha = .60$ ) (Eriksen & Schultz, 1979, zoals geciteerd in Stins, Van Baal, Polderman, Verhulst, & Boomsma, 2004).

Shifting is gemeten met de Dimensional Change Card Sorting taak (DCCS; Zelazo, 2006). Hierbij werden afbeeldingen van rode en blauwe boten en konijnen getoond. In de eerste fase moesten de afbeeldingen op kleur gesorteerd worden, in de tweede fase op vorm en in de derde fase met behulp van een sorteerregel. Bij de sorteerregel moest het kind, afhankelijk van een zwarte rand om de afbeelding, de afbeelding op kleur of vorm sorteren. Het aantal goede antwoorden in de derde fase is gebruikt in de analyse. DCCS heeft een goede validiteit (Zelazo, 2006). Informatie over de betrouwbaarheid is niet voorhanden.

Voor het meten van updating zijn twee taken gebruikt. Allereerst is de verbale updating gemeten met de Word Recall Backwards (WRB; Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott, 2008). Bij deze taak diende het kind een reeks woorden in omgekeerde volgorde te herhalen. Vervolgens is de visuele updating gemeten met de Odd One Out (OOO; Alloway et al., 2008). Bij deze taak moest het kind uit drie geometrische figuren, het figuur kiezen dat er anders uitzag. De plek van het afwijkende figuur moest het kind onthouden en vervolgens aanwijzen. Bij beide



taken werd op basis van het aantal fouten binnen één blok bepaald wanneer de taak werd afgebroken. Beide taken liepen op in moeilijkheid. Bij de WRB bevatte de reeksen steeds meer woorden en bij de OOO werden steeds meer rasters met figuren na elkaar weergegeven. De totaalscore van het aantal goed herhaalde trials op de WRB en OOO is gebruikt in de analyse. De betrouwbaarheid van WRB ( $\alpha = .76$ ) en OOO ( $\alpha = .81$ ) kan geclassificeerd worden als goed (Gathercole et al., 2008).

### Data-analyse

Om te bepalen welke oogbewegingspatronen en welke executieve functie het sterkst gerelateerd zijn aan de prestatie op de dot-comparison taak zijn twee hiërarchische multiële regressieanalyses uitgevoerd. Hierbij werd in het eerste blok van de regressieanalyses gecorrigeerd voor de achtergrondvariabelen sekse, leeftijd en opleidingsniveau van moeder, om te kunnen bepalen hoeveel toegevoegde variantie de executieve functies en oogbewegingspatronen in de prestatie op de dot-comparison taak verklaren. Bij de achtergrondvariabele opleidingsniveau is specifiek voor het opleidingsniveau van moeder gekozen, omdat deze positief blijkt samen te hangen met de rekenprestaties van een kind (Carneiro, Meghir, & Parey, 2013). De variabele opleidingsniveau van moeder is omgezet in een dummy variabele, waarbij onderscheid werd gemaakt tussen laag en hoog opleidingsniveau. In het tweede blok werd bij de eerste regressieanalyse de oogbewegingspatronen toegevoegd en bij de tweede regressieanalyse de executieve functies.

### Resultaten

In tabel 1 worden de beschrijvende statistieken van de afhankelijke variabele de prestatie op de dot-comparison taak en alle onafhankelijke variabelen weergegeven.

Tabel 1

*Beschrijvende Statistieken van de Prestatie op de Dot-comparison Taak, Executieve Functies en Oogbewegingspatronen*

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Proportie correct dot-comparison taak	52	.82	.12
Aantal oogfixaties	46	3.47	1.19
Gemiddelde fixatieduur	46	.19	.06
Aantal switches	46	.82	.50

Inhibitie			
Accuratesse <sup>a</sup>	52	.07	.35
Reactietijd <sup>b</sup>	51	-1938.72	1518.99
Shifting	52	.61	.18
Updating	52	21.00	6.01

*Noot.* <sup>a</sup> Een positieve score op deze variabele betekent een lagere vaardigheid op de incongruente trials dan op de congruente trials. <sup>b</sup> Een negatieve score op deze variabele betekent een tragere reactietijd op de incongruente trials dan op de congruente trials.

Vooraf aan het interpreteren van de resultaten van de hiërarchische multipale regressieanalyses zijn meerdere assumpties gecontroleerd. Alle variabelen zijn redelijk normaal verdeeld. De normal probability plots en scatterplots laten zien dat er voldaan wordt aan de assumptie lineariteit, maar niet aan de assumpties van normaal verdeelde residuen en homoscedasticiteit. Bij beide regressiemodellen is er sprake van lineaire heteroscedasticiteit. Tot slot is er geen sprake van multicollineariteit, behalve op de variabele aantal switches. Er is echter niet gecorrigeerd voor de assumpties waar niet aan voldaan is, omdat de resultaten beter te interpreteren zijn wanneer er geen transformaties worden uitgevoerd.

Allereerst is er een hiërarchische multipale regressieanalyse uitgevoerd om te toetsen of de oogbewegingspatronen een significant deel van de variantie in de prestatie op de dot-comparison taak verklaren. Uit blok 1 van deze regressieanalyse blijkt dat leeftijd, sekse en opleidingsniveau van moeder een significante 36.4% van de variantie in de prestatie op de dot-comparison taak verklaren ( $R^2 = .364$ ,  $F(3, 42) = 8.01$ ,  $p < .001$ ). In blok 2 worden het aantal oogfixaties, de gemiddelde fixatieduur en het aantal switches aan de regressievergelijking toegevoegd. Hieruit blijkt dat deze variabelen een aanvullende significante 14.8% van de variantie in de prestatie op de dot-comparison taak verklaren ( $\Delta R^2 = .148$ ,  $\Delta F(3, 39) = 3.94$ ,  $p = .015$ ). Alle variabelen uit blok 1 en blok 2 verklaren samen 51.2% van de variantie in de prestatie op de dot-comparison taak ( $R^2 = .512$ , aangepaste  $R^2 = .437$ ,  $F(6, 39) = 6.81$ ,  $p < .001$ ). Dit kan worden beoordeeld als een groot effect ( $f^2 = 1.05$ ).

In tabel 2 zijn de resultaten van de eerste regressieanalyse weergegeven. Hieruit blijkt dat leeftijd en het opleidingsniveau van moeder positief gerelateerd zijn aan de prestatie op de dot-comparison taak. Dit betekent dat een kind naarmate hij/zij ouder wordt beter presteert op de dot-comparison taak. Tevens presteert een kind beter op deze taak wanneer moeder hoger is

opgeleid. Daarnaast is er een significant negatieve relatie tussen het aantal oogfixaties en de prestatie op de dot-comparison taak aanwezig. Dit betekent dat kinderen die meer oogfixaties laten zien tijdens de uitvoering van de dot-comparison taak lager presteren op deze taak. Er blijkt geen significant verband tussen de gemiddelde fixatieduur en de prestatie op de dot-comparison taak aanwezig te zijn. Tot slot is het aantal switches significant positief gerelateerd aan de prestatie op de dot-comparison taak. Dit betekent dat kinderen die meer switches laten zien tijdens de uitvoering van de dot-comparison taak, beter presteren op deze taak.

Tabel 2

*Regressiecoëfficiënten, Betrouwbaarheidsintervallen en P-waardes van de Hiërarchische Multipele Regressieanalyse van het Verband tussen Oogbewegingspatronen en de Prestatie op de Dot-Comparison Taak, inclusief Achtergrondvariabelen*

Variabele	B	95% BI van B		$\beta$	p
		Ondergrens	Bovengrens		
Blok 1					
Leeftijd	.008	.004	.011	.512	.000*
Sekse	.008	-.055	.070	.032	.807
Opleidingsniveau moeder	.109	.041	.177	.407	.002*
Blok 2					
Leeftijd	.005	.002	.010	.396	.005*
Sekse	-.012	-.070	.046	-.052	.672
Opleidingsniveau moeder	.086	.022	.151	.323	.010*
Aantal oogfixaties	-.064	-.112	-.016	-.644	.010*
Gemiddelde fixatieduur	-.391	-1.053	.271	-.198	.240
Aantal switches	.216	.087	.345	.906	.002*

*Noot.* \*  $p < .05$

Ten tweede is er een hiërarchische multipele regressieanalyse uitgevoerd om te toetsen of de executieve functies een significant deel van de variantie in de prestatie op de dot-comparison taak verklaren. Uit blok 1 van deze regressieanalyse blijkt dat leeftijd, sekse en opleidingsniveau van moeder een significante 29.1% van de variantie in de prestatie op de dot-comparison taak verklaren ( $R^2 = .291$ ,  $F(3, 47) = 6.43$ ,  $p = .001$ ). In blok 2 worden de executieve

functies inhibitie, shifting en updating aan de regressievergelijking toegevoegd. Hieruit blijkt dat deze variabelen een aanvullende significante 19.5% van de variantie in de prestatie op de dot-comparison taak verklaren ( $\Delta R^2 = .195$ ,  $\Delta F(4, 43) = 4.09$ ,  $p = .007$ ). Alle variabelen uit blok 1 en blok 2 verklaren samen 48.6% van de variantie in de prestatie op de dot-comparison taak ( $R^2 = .486$ , aangepaste  $R^2 = .403$ ,  $F(7, 43) = 5.82$ ,  $p < .001$ ). Dit kan worden beoordeeld als een groot effect ( $f^2 = .95$ ).

In tabel 3 zijn de resultaten van de tweede regressieanalyse weergegeven. Hieruit blijkt dat leeftijd significant positief gerelateerd is aan de prestatie op de dot-comparison taak. Dit betekent dat een toename in leeftijd zorgt voor een betere prestatie op de dot-comparison taak. Daarnaast is er een significante negatieve relatie tussen de accuratesse op de Flankertaak (inhibitie) en de prestatie op de dot-comparison taak aanwezig. Een lage score op inhibitie accuratesse laat echter een hoge prestatie op de Flankertaak zien. Een hogere prestatie op de Flankertaak hangt dus samen met een hogere prestatie op de dot-comparison taak. De reactietijd op de Flankertaak (inhibitie) en shifting blijken niet significant samen te hangen met de prestatie op de dot-comparison taak. Tot slot blijkt updating significant positief gerelateerd te zijn aan de prestatie op de dot-comparison taak, wat betekent dat betere updating vaardigheden zorgen voor een betere prestatie op deze taak.

Tabel 3

*Regressiecoëfficiënten, Betrouwbaarheidsintervallen en P-waardes van de Hiërarchische Multipele Regressieanalyse van het Verband tussen Executieve Functies en de Prestatie op de Dot-Comparison Taak, inclusief Achtergrondvariabelen*

Variabele	B	95% BI van B		$\beta$	p
		Ondergrens	Bovengrens		
<b>Blok 1</b>					
Leeftijd	.007	.003	.011	.488	.001*
Sekse	-.009	-.070	.052	-.039	.770
Opleidingsniveau moeder	.111	.040	.182	.402	.003*
<b>Blok 2</b>					
Leeftijd	.005	.000	.009	.301	.033*
Sekse	-.033	-.091	.026	-.142	.265
Opleidingsniveau moeder	.049	-.024	.122	.179	.180

Inhibitie accuratesse	-.113	-.215	-.011	-.307	.030*
Inhibitie reactietijd	.000	.000	.000	.217	.121
Shifting	.056	-.096	.207	.089	.461
Updating	.007	.001	.012	.358	.015*

*Noot.* \*  $p < .05$

### Discussie en conclusie

Het eerste doel van het huidige onderzoek was zicht krijgen op welke oogbewegingspatronen samenhangen met non-symbolisch getalbegrip. Uit het onderzoek van Moeller en collega's (2009) is gebleken dat kinderen met dyscalculie meer oogfixaties laten zien tijdens de uitvoering van de dot-comparison taak dan kinderen zonder dyscalculie. Er werd daarom verwacht dat kinderen met een lage prestatie op de dot-comparison taak meer oogfixaties zouden laten zien dan kinderen met een hoge prestatie. Deze negatieve relatie wordt door de resultaten van het huidige onderzoek bevestigd. Logischerwijs werd verwacht dat de oogfixaties bij kinderen met een lage prestatie op de dot-comparison taak ook langer zouden duren en dat er meer switches zouden worden waargenomen. Uit het huidige onderzoek komt naar voren dat kinderen die meer switches tussen beide stippenpatronen laten zien beter presteren op de dot-comparison taak. Deze positieve relatie is tegengesteld aan de negatieve relatie die werd verwacht. Tot slot blijkt dat er geen significante relatie aanwezig is tussen de gemiddelde fixatieduur en de prestatie op de dot-comparison taak. Dit komt ook niet overeen met de negatieve relatie die werd verwacht.

De negatieve relatie tussen het aantal oogfixaties en de prestatie op de dot-comparison taak kan verklaard worden, doordat kinderen met rekenproblemen terugvallen op een telstrategie (Moeller et al., 2009). Kinderen met een beperkt non-symbolisch getalbegrip vallen mogelijk ook sneller terug op deze telstrategie, waardoor zij meer oogfixaties laten zien dan kinderen die sneller een globale inschatting kunnen maken van hoeveelheden. Het uitblijven van de relatie tussen de fixatieduur en de prestatie op de dot-comparison taak kan verklaard worden, doordat kinderen die het antwoord niet dachten te weten mogelijk sneller op een antwoord gokten. Hierdoor duurden de oogfixaties van deze kinderen niet significant langer dan die van kinderen die het antwoord wel wisten. De onverwachte positieve relatie tussen het aantal switches en de prestatie op de dot-comparison taak lijkt hiermee samen te hangen. Kinderen die het antwoord niet wisten lieten waarschijnlijk vaker gokgedrag zien, terwijl

kinderen die het antwoord wel dachten te weten mogelijk vaker tussen beide stippenpatronen switchten om hun antwoord te controleren.

Het tweede doel van het huidige onderzoek was zicht krijgen op welke executieve functie het meest samenhangt met non-symbolisch getalbegrip. Allereerst is gebleken dat kinderen die moeite hebben met het inhiberen van reacties op afleidende stimuli lager presteren op de dot-comparison taak. Dit is in lijn met de verwachtingen op basis van eerder onderzoek, waaruit een positieve relatie tussen inhibitie en de ontwikkeling van rekenvaardigheid naar voren komt (Blair & Razza, 2007; Bull et al., 2008; Bull & Scerif, 2001; Espy et al., 2004). Shifting blijkt niet significant gerelateerd te zijn aan de prestatie op de dot-comparison taak. Op basis van eerder onderzoek werd ook geen significante relatie verwacht, omdat er bij kleuters geen relatie werd gevonden tussen shifting en rekenvaardigheid (Espy et al., 2004; Van der Sluis et al., 2007). Daarnaast is gebleken dat kinderen die beter in staat zijn hun geheugen te updaten, beter presteren op de dot-comparison taak. Dit komt overeen met de verwachtingen op basis van eerder onderzoek, waaruit een positieve relatie tussen updating en rekenvaardigheid naar voren komt (Passolunghi & Pazzaglia, 2004; Van der Sluis et al., 2007; Van der Ven et al., 2012). Tevens is gebleken dat updating de executieve functie is die het sterkst gerelateerd is aan de prestatie op de dot-comparison taak. Dit komt overeen met de verwachtingen op grond van het onderzoek van Van der Ven en collega's (2012). Geconcludeerd kan worden dat alle resultaten overeenkomen met de besproken bevindingen vanuit eerder onderzoek gericht op rekenvaardigheid. Het huidige onderzoek laat echter zien dat deze relaties ook gelden voor non-symbolisch getalbegrip en dus al op jonge leeftijd aanwezig zijn.

De positieve relatie tussen inhibitie en de prestatie op de dot-comparison taak kan mogelijk verklaard worden, doordat tijdens het oplossen van rekenproblemen onvolwassen strategieën onderdrukt moeten worden (Toll, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2011). Kleuters hanteren waarschijnlijk nog voornamelijk onvolwassen strategieën voor het bepalen van hoeveelheden. Tevens kan deze relatie verklaard worden doordat de dot-comparison taak een sterk inhibitie element bevat. Kinderen moeten tijdens het uitvoeren van de dot-comparison taak reacties op onjuiste aanwijzingen bij incongruente trials onderdrukken, zoals de grootte en de oppervlakte van de stippen (Gilmore et al., 2013). Een mogelijke verklaring voor de afwezigheid van de relatie tussen shifting en de prestatie op de dot-comparison taak is dat het vermogen om te shiften pas van belang is bij het oplossen van complexere rekenproblemen (Bull & Scerif, 2001). Verder kan de sterke relatie van updating met de dot-comparison taak

verklaard worden doordat meerdere executieve functies, die nodig zijn bij de uitvoering van de dot-comparison taak, een updating element bevatten (Van der Ven et al., 2012).

Bij de interpretatie van bovenstaande resultaten dient er rekening gehouden te worden met enkele beperkingen van het onderzoek. Allereerst was het voor enkele kinderen lastig om gedurende de gehele dot-comparison taak stil te zitten. De beweeglijkheid van de kinderen heeft ervoor gezorgd dat enkele resultaten onbruikbaar waren en kan geleid hebben tot vertekeningen in de bruikbare eye-tracking data. Daarnaast blijken de executieve functies inhibitie en shifting ook een updating element te bevatten (Van der Ven et al., 2012). Hierdoor is het mogelijk dat er met de specifieke executieve functie taken meer is gemeten dan alleen de beoogde executieve functie. Een van de sterke punten van het onderzoek is dat er gecorrigeerd is voor de achtergrondvariabelen sekse, leeftijd en het opleidingsniveau van moeder. Hierdoor is uitgesloten dat de significante samenhang van de onderzochte variabelen in werkelijkheid verklaard kan worden door deze demografische kenmerken.

Ondanks bovengenoemde beperkingen is het huidige onderzoek wel van toegevoegde waarde. Allereerst biedt het huidige onderzoek nieuwe kennis over de manier waarop het gebruik van eye-tracking data kan bijdragen aan inzicht in de mate waarin non-symbolisch getalbegrip bij kinderen is ontwikkeld. Daarnaast bieden de resultaten aanknopingspunten voor vroegtijdige signalering van achterblijvend non-symbolisch getalbegrip. Mogelijk kunnen er vroegtijdig interventies worden ingezet op tekorten in de inhibitie en updating. Er is echter verder onderzoek nodig naar met welke interventies, gericht op inhibitie en updating, het non-symbolisch getalbegrip verbeterd kan worden. Tevens wordt voor toekomstig onderzoek aanbevolen het huidige onderzoek bij een grotere steekproef te repliceren en meerdere individuele kind- en omgevingsfactoren in het onderzoek te betrekken die mogelijk gerelateerd zijn aan de ontwikkeling van non-symbolisch getalbegrip. Wanneer de voorspellende waarde van meerdere factoren helder is, zal achterblijvend non-symbolisch getalbegrip nog eerder gesignaleerd worden. Hierdoor kunnen latere problemen in de rekenvaardigheid verminderd of voorkomen worden.

Literatuurlijst

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *School of Education, 28*(7), 725-734. doi:10.1080/01443410802243828
- 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
- Bryant, D. P. (2005). Commentary on early identification and intervention for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Difficulties, 38*(4), 340-345. doi:10.1177/00222194050380041001
- Bull, R., & Epsy, 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. doi:10.1080/875665640801982312
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives, 8*(10), 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*(3), 273-293. doi:10.1207/S15326942DN1903\_3
- Carneiro, P., Meghir, C., & Parey, M. (2013). Maternal education, home environments, and the development of children and adolescents. *Journal of the European Economic Association, 11*, 123-160. doi:10.1111/j.1542-4774.2012.01096.x
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language, 16*(1), 16-36. doi: 10.1111/1468-0017.00154.
- Desoete, A., Ceulemans, A., De Weerd, F., & Pieters, S. (2012). Can we predict mathematical learning disabilities from symbolic and non-symbolic comparison tasks in kindergarten? Findings from a longitudinal study. *British Journal of Educational Psychology, 82*(1), 64-81. doi:10.1348/2044-8279.002002
- Epsy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematical skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology, 26*(1), 465-486. doi:10.1207/s15326942dn2601\_6
- Friso-van den Bos, I., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2014). Number sense in



- kindergarten children: Factor structure and working memory predictors. *Learning and Individual Differences*, 33, 23-29. doi:10.1016/j.lindif.2014.05.003
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Kirkwood, H. J., Elliott, J. G., Holmes, J., & Hilton, K. A. (2008). Attentional and executive function behaviours in children with poor working memory. *Learning and Individual Differences*, 18(2), 214–223. doi:10.1016/j.lindif.2007.10.003
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 37(1), 4–15. doi: 10.1177/00222194040370010201
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2013). Adolescents' functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge. *PLoS ONE*, 8(1): e54651. doi:10.1371/journal.pone.0054651
- Gilmore, C., Attridge, N., Clayton, S., Cragg, L., Johnson, S., Marlow, N., Simms, V., & Inglis, M. (2013). Individual differences in inhibitory control, not non-verbal number acuity, correlate with mathematics achievement. *PLoS ONE*, 8(6), e67374. doi:10.1371/journal.pone.0067374
- Gilmore, C. K., McCarthy, S. E., & Spelke, E. S. (2010). Non-symbolic arithmetic abilities and mathematics achievement in the first year of formal schooling. *Cognition*, 115(3), 394-406. doi:10.1016/j.cognition.2010.02.002
- Hayhoe, M. M. (2004). Advances in relating eye movements and cognition. *Infancy*, 6(2), 267-274. doi:10.1207/s15327078in0602\_7
- Hassinger-Das, B., Jordan, N., C., Glutting, J., Irwin, C., & Dyson, N. (2014). Domain-general mediators of the relation between kindergarten number sense and first-grade mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 118, 78-92. doi:10.1016/j.jecp.2013.09.008
- Jordan, N. C., Glutting, J., Dyson, N., Hassinger-Das, B., & Irwin, C. (2012). Building kindergartners' number sense: A Randomized Controlled Study. *Journal of Educational Psychology*, 104(3), 647-660. doi:10.1037/a0029018
- 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(1), 49–100.
- Moeller, K., Neuburger, S., Kaufmann, L., Landerl, K., & Nuerk, H.-C. (2009). Basic number processing deficits in developmental dyscalculia: Evidence from eye tracking. *Cognitive Development*, 24(4), 371-386. doi:10.1016/j.cogdev.2009.09.007

- Parsons, S., & Bynner, J. (2005). *Does numeracy matter more?* London: National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy.
- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2004). Individual differences in memory updating in relation to arithmetic problem solving. *Learning and Individual Differences, 14*(4), 219-230. doi: 10.1016/j.lindif.2004.03.001
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin, 124*(3), 372–422. doi:10.1037/0033-2909.124.3.372
- Rueda, M. R., Fan, 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
- Schneider, M., Heine, A., Thaler, V., Torbeyns, J., De Smedt, B., Verschaffel, L., Jacobs, A. M., & Stern, E. (2008). A validation of eye movements as a measure of elementary school children's developing number sense. *Cognitive Development, 23*(3), 309-422. doi:10.1016/j.cogdev.2008.07.002
- Steele, A., Karmiloff-Smith, A., Cornish, K., & Scerif, G. (2012). The multiple subfunctions of attention: Differential developmental gateways to literacy and numeracy. *Child Development, 83*(6), 2028–2041. doi:10.1111/j.1467-8624.2012.01809.x
- Stins, J. F., Van Baal, G. C. M., Polderman, T. J. C., Verhulst, F. C., & Boomsma, D. I. (2004). Heritability of stroop and flanker performance in 12 year old children. *BMC Neuroscience, 5*, 1-8. doi:10.1186/1471-2202-5-49
- 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 der Sluis, S., De Jong, P., F., & Van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence, 35*(5) 427-449. doi:10.1016/j.intell.2006.09.001
- Van der Sluis, S., De Jong, P., F., & Van der Leij, A. (2004). Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of Experimental Child Psychology, 87*(3), 239–266. doi: 10.1016/j.jecp.2003.12.002
- Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., Boom, J., & Leseman, P. P. M. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology, 82*(1), 100-119. doi:10.1111/j.2044-8279.2011.02035.x

- Wilson, A.J., & Dehaene, S. (2007). Number sense and developmental dyscalculia. In Coch, D., Dawson, G. en Fischer, K. (Eds.), *Human Behavior, Learning and the Developing Brain: A typical Development* (pp. 212-238). New York: Guilford Publications.
- Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, *1*(1), 297-301. doi:10.1038/nprot.2006.46