

De Relatie tussen Oogbewegingspatronen, Executieve Functies en het Symbolisch
Getalbegrip

Masterthesis
Universiteit Utrecht
Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen
Masterprogramma Orthopedagogiek

Student: Alice P. M. van der Horst (4252314)
Thesisbegeleidster: A. H. van Hoogmoed
Tweede beoordelaar: J. E. van 't Noordende
Datum: 03-06-2015

Voorwoord

Dit onderzoeksrapport is geschreven ter afsluiting van mijn Master Orthopedagogiek aan de Universiteit Utrecht. Het afgelopen jaar heb ik hiervoor onderzoek gedaan naar de relatie tussen executieve functies, oogbewegingspatronen en het symbolisch getalbegrip. Het meten van oogbewegingen met behulp van een eye-tracker om cognitieve functies bij kinderen te onderzoeken, leek mij een interessante uitdaging.

Gedurende het schrijven van deze masterthesis heb ik kennis kunnen toepassen die ik tijdens de opleiding heb opgedaan. Bovendien heb ik verdiepende kennis opgedaan over de ontwikkeling van getalbegrip en de concepten die hierin een rol spelen. Tevens heb ik, voornamelijk in het analyseren van de resultaten, mijn onderzoeksvaardigheden verder kunnen ontwikkelen.

Mijn dank gaat uit naar Anne van Hoogmoed voor de waardevolle begeleiding en feedback gedurende dit onderzoek. Verder wil ik graag alle betrokken scholen en kinderen bedanken voor hun medewerking, waardoor dit onderzoek mogelijk is gemaakt. Tot slot wil ik mijn medestudent Meggie Verhappen bedanken voor het uitwisselen van feedback.

Ik wens u veel leesplezier.

Alice van der Horst

Utrecht, juni 2015

Samenvatting

In het huidige onderzoek is de relatie tussen oogbewegingspatronen, executieve functies en het symbolisch getalbegrip bij kleuters in kaart gebracht. Het symbolisch getalbegrip is een belangrijke voorspeller van elementaire rekenprestaties. Er is nog weinig bekend over de rol van oogbewegingspatronen en de rol van de verschillende executieve functies in de ontwikkeling van het symbolisch getalbegrip. Bij 52 kinderen van vier tot zes jaar is het symbolisch getalbegrip gemeten met de *symbolic comparison task*. Gedurende het uitvoeren van de *symbolic comparison task* zijn de oogbewegingspatronen, met betrekking tot het aantal oogfixaties, de gemiddelde fixatieduur en het aantal saccades, gemeten met een eye-tracker. Er zijn verschillende taken afgenomen om inhibitie, shifting en updating te meten. Resultaten van hiërarchische multipale regressieanalyses geven geen significant verband aan tussen oogbewegingspatronen en de prestatie op de *symbolic comparison task*. Daarnaast blijkt er geen significante relatie te zijn tussen inhibitie en shifting en de prestatie op de *symbolic comparison task*. Er is wel een positieve relatie gevonden tussen updating en de prestatie op de *symbolic comparison task*. Kleuters die in staat zijn oude informatie te verwerken en vervangen met relevantere informatie, kunnen dus beter presteren op het symbolisch getalbegrip. Oogbewegingspatronen, het inhiberen van impulsen en het schakelen tussen spelen hierin (nog) geen rol. Verder presteren kleuters beter op de *symbolic comparison task* naarmate zij ouder worden. Vervolgonderzoek waarin oogbewegingspatronen worden bekeken in verband met het symbolisch getalbegrip en waarin aandacht wordt besteedt aan het ‘task impurity problem’ is wenselijk.

Kernwoorden: symbolisch getalbegrip, eye-tracking, executieve functies, rekenen, kleuters

Abstract

In this study is the relationship examined between eye movements, executive functions and symbolic number sense of kindergartners. The symbolic number sense is an important predictor of basic math performance. Little is known about the role of eye movements and the role of the different executive functions in the development of the symbolic number sense. Of 52 children aged four to six years, the symbolic number sense is measured by the symbolic comparison task. During the execution of this task the eye movements; the number of eye fixations, the average fixation duration and the number of switches, were measured with an eye-tracker. Different tasks were used to measure inhibition, shifting and updating. Results of regression analysis show that there is no significant relationship between eye movements and the performance on the symbolic comparison task. Furthermore, no significant relationship was found between inhibition and shifting and the performance on the symbolic comparison task. There is a positive relationship between updating and the performance on the symbolic comparison task. Kindergartners who are able to process old information and replace it with relevant information, perform better at symbolic number sense. Eye movements, inhibition and shifting between strategies do not (yet) play a role. Also, kindergartners perform better on the symbolic comparison task as they get older. Further research in which eye movements be viewed in relationship with the symbolic number sense and in which attention is given to the task impurity problem, is desirable.

Keywords: symbolic number sense, eye-tracking, executive functions, mathematics, kindergartners

De Relatie tussen Oogbewegingspatronen, Executieve Functies en het Symbolisch Getalbegrip

Rekenen is, naast lezen en schrijven, één van de basisvaardigheden die men nodig heeft in onze samenleving (Saracho & Spodek, 2009). Aan kleuters worden daarom al voorbereidende rekenvaardigheden aangeboden (Kroesbergen & Van Luit, 2003). Dahaene (2001) geeft aan dat het getalbegrip de basis van het leren rekenen vormt. Een niet goed ontwikkeld getalbegrip kan leiden tot latere rekenproblemen (Gersten, Jordan, & Flojo, 2005; Siegler & Ramani, 2009). Uit onderzoek blijkt dat vijf tot tien procent van de schoolgaande kinderen rekenproblemen heeft (Bryant, 2005; Kroesbergen & Van Luit, 2003). Aandacht voor factoren die bijdragen aan de ontwikkeling van getalbegrip is daarom van belang.

Schneider en collega's (2008) stellen dat de eye-tracking methode bruikbare informatie op kan leveren over de ontwikkeling van getalbegrip bij kinderen. Er is echter nog weinig onderzoek gedaan naar het verband tussen oogbewegingen en het getalbegrip van kinderen (Moeller, Neuburger, Kaufmann, Landerl, & Nuerk, 2009). Verder blijkt uit studies dat de executieve functies een goede voorspeller zijn voor de ontwikkeling van getalbegrip (De Smedt et al., 2009; Swanson, 2006). Over de rol van de afzonderlijke executieve functies in de ontwikkeling van getalbegrip is nog weinig bekend (Friso-van den Bos, Kroesbergen, & Van Luit, 2014; Hassinger-Das, Jordan, Glutting, Irwin, & Dyson, 2014). Het in beeld brengen van de relatie tussen oogbewegingen en het getalbegrip, kan helpen om problemen in getalbegrip vroegtijdig te signaleren. Door tevens meer zicht te krijgen op de bijdrage van de verschillende executieve functies in de ontwikkeling van getalbegrip, kunnen gericht interventies worden ingezet op deze tekorten. Hierdoor kunnen problemen in het getalbegrip en latere rekenproblemen verminderd of voorkomen worden.

Onder getalbegrip wordt de vaardigheid om numerieke hoeveelheden snel te begrijpen, te benaderen en te manipuleren verstaan. Dit kan worden onderverdeeld in symbolisch en non-symbolisch getalbegrip (Dahaene, 2001). Recente studies tonen aan dat het symbolisch getalbegrip een belangrijkere voorspeller is van elementaire rekenprestaties dan het non-symbolisch getalbegrip (Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013; Toll, Van Viersen, Kroesbergen, & Van Luit, 2015). Het huidige onderzoek zal zich daarom specifiek richten op het symbolisch getalbegrip. Dit betreft het kennen van de telrij en het gebruik van het Arabische numerieke systeem (Dahaene, 2001).

Er wordt in dit onderzoek rekening gehouden met relevante achtergrondgegevens die mogelijk van invloed zijn op de ontwikkeling van het symbolisch getalbegrip. Ivrendi (2011)

toont aan dat een toename in de leeftijd gepaard gaat met een toename in het getalbegrip. Tevens blijkt de ontwikkeling van het getalbegrip beïnvloedt te worden door de sekse van het kind, ten gunste van jongens aan het einde van de kleuterklas (Jordan, Kaplan, Oláh, & Locuniak, 2006). Verder hangt het opleidingsniveau van moeder positief samen met de prestaties van het kind op rekenen (Carneiro, Meghir, & Parey, 2013).

Om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen het symbolisch getalbegrip en de oogbewegingen wordt de eye-tracking methode in het huidige onderzoek gebruikt. Rayner (1998) stelt dat het analyseren van oogbewegingen informatie geeft over hoe kinderen een bepaalde taak benaderen. Naast het percentage correct en de reactietijd bieden oogbewegingen een veelzijdige meting van prestaties, zoals de locatie van oogfixaties, de duur van oogfixaties en het aantal saccades (Hayhoe, 2004).

In deze studie zal worden onderzocht welke oogbewegingspatronen samenhangen met de prestatie op de symbolic comparison task bij kleuters. Over de relatie tussen oogbewegingspatronen en de prestatie op de symbolic comparison task is geen onderzoek bekend. Uit studies waarin de oogbewegingen zijn gemeten tijdens het uitvoeren van een non-symbolische taak en het uitvoeren van getallenlijntaken, blijkt dat kinderen met dyscalculie meer identificeerbare oogfixaties laten zien dan kinderen zonder dyscalculie (Moeller et al., 2009; Van Viersen, Slot, Kroesbergen, Van 't Noordende, & Leseman, 2013). Hierom wordt verwacht dat kinderen met een lage prestatie op de symbolic comparison task meer oogfixaties laten zien tijdens de uitvoering van deze taak, dan kinderen met een hoge prestatie op de symbolic comparison task. Onderzoeken tonen aan dat twee cijfers vergeleken worden ten opzichte van een referentiepunt. Daarbij zijn de reactietijden korter, als de cijfers die worden vergeleken dicht bij een bepaald referentiepunt voor de desbetreffende persoon liggen (Dahaene, 1989; Holyoak & Mah, 1982). Wanneer kinderen een beter symbolisch getalbegrip beheersen, zullen zij mogelijk gemakkelijker en meer referentiepunten voor ogen zien, waardoor zij de getallen sneller kunnen vergelijken. Er wordt daarom verwacht dat bij kinderen met een hoge prestatie op de symbolic comparison task de gemiddelde fixatieduur op het scherm lager is, dan bij kinderen met een lage prestatie op de symbolic comparison task. Het lijkt logisch dat kinderen met een lage prestatie op de symbolic comparison task een hoger aantal saccades van het ene getal naar het andere getal laten zien, dan kinderen met een hoge prestatie op de symbolic comparison task. Hierover is echter geen onderzoek bekend.

In de ontwikkeling van het getalbegrip spelen de executieve functies een belangrijke rol (De Smedt et al., 2009; Swanson, 2006). De executieve functies zijn noodzakelijk bij het

uitvoeren van doelgerichte activiteiten, zoals rekentaken (Welsh, 2002). In het werkgeheugenmodel van Baddeley (2003) zijn binnen het centraal executief systeem drie executieve functies te onderscheiden, te weten inhibitie, shifting en updating (Miyake et al., 2000). Inhibitie is het vermogen om een dominante respons te onderdrukken. Shifting refereert naar de vaardigheid om te schakelen tussen taken en strategieën, zodat er een passende strategie gebruikt kan worden (Van der Sluis, De Jong, & Van der Leij, 2004). Daarnaast wordt updating gedefinieerd als de vaardigheid om inkomende informatie te reguleren en te verwerken. Hierbij wordt de oude informatie vervangen door relevantere informatie (Miyake et al., 2000). Er kan onderscheid gemaakt worden tussen visuele en verbale updating, waarbij er sprake is van het manipuleren en verwerken van visuele of verbale informatie (Passolunghi & Pazzaglia, 2004).

In het huidige onderzoek zal tevens worden onderzocht welke executieve functies samenhangen met de prestatie op de symbolic comparison task bij kleuters. Er is zeer beperkt onderzoek verricht naar de rol van de afzonderlijke executieve functies in de ontwikkeling van het symbolisch getalbegrip. Aangezien het symbolisch getalbegrip een sterke voorspeller is van rekenprestaties, wordt verwacht dat de resultaten vergelijkbaar zijn met onderzoeken naar rekenvaardigheid. Uit diverse onderzoeken blijkt een positieve relatie tussen inhibitie en rekenvaardigheid te bestaan (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Bull & Scerif, 2001; Espy et al., 2004). Daarentegen wordt in de studie van Van der Sluis en collega's (2004) uitsluitend een positief verband gevonden bij rekentaken waar een combinatie van inhibitie en shifting vereist is. Op basis van deze bevindingen wordt in het huidige onderzoek een matige positieve relatie verwacht tussen inhibitie en de prestatie op de symbolic comparison task.

Bull en collega's (2008) tonen aan dat shifting een voorspellende waarde heeft voor rekenvaardigheid. Uit meerdere onderzoeken blijkt echter geen verband tussen shifting en rekenvaardigheid (Espy et al., 2004; Van der Sluis, De Jong, & Van der Leij, 2007). Er wordt daarom geen relatie verwacht tussen shifting en de prestatie op de symbolic comparison task.

Verscheidene studies tonen een verband aan tussen updating en rekenvaardigheid (Bull et al., 2008; Bull & Scerif, 2001; Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2013). Bovendien bevestigen diverse onderzoeken dat updating, vergeleken met inhibitie en shifting, de beste voorspeller is van de rekenvaardigheid (Bull et al., 2008; Van der Ven et al., 2013). Op grond hiervan wordt verwacht dat updating het sterkst positief samenhangt met de prestatie op de symbolic comparison task.

De onderzoeksvragen van dit onderzoek luiden als volgt: “Wat is de relatie tussen oogbewegingspatronen en de prestatie op de symbolic comparison task bij kinderen van vier tot zes jaar?” en “Wat is de relatie tussen inhibitie, shifting en updating en de prestatie op de symbolic comparison task bij kinderen van vier tot zes jaar?”

Methode

Participanten

Aan dit onderzoek namen 52 kleuters deel van twee reguliere basisscholen in Nederland. De data was bruikbaar van 52 respondenten voor de eerste onderzoeksvraag en van 51 respondenten voor de tweede onderzoeksvraag. De respondenten bestonden uit 30 jongens en 22 meisjes van vier tot zes jaar ($M = 5.29$ jaar, $SD = 7.68$ maanden). Het merendeel (75%) van de moeders van deze respondenten waren hoogopgeleid (HBO of hoger).

Procedure

De ouders hebben schriftelijk toestemming gegeven voor de deelname van hun kind aan het onderzoek. In het voorjaar van 2015 zijn de participanten individueel getest in een aparte ruimte op de eigen school. De taken die gerelateerd zijn aan de executieve functies zijn op een laptop uitgevoerd. Vervolgens is met de eye-tracker en de bijbehorende computer de taak met betrekking tot het symbolisch getalbegrip afgenomen.

Meetinstrumenten

Binnen het huidige onderzoek is het symbolisch getalbegrip gemeten met de symbolic comparison task. Deze taak bestaat uit vier blokken van getallen in verschillende categorieën, van lage en hoge getallen. Per trial worden twee getallen gelijktijdig weergegeven, waarbij het kind wordt gevraagd om op de knop te drukken van het grootste getal. In de eerste blokken met lage en hoge getallen blijven de getallen op het scherm totdat het kind reageert. In de tweede blokken gaan de getallen weg wanneer het kind niet snel genoeg reageert. De betrouwbaarheid van deze taak kan geclassificeerd worden als goed ($\alpha = .60$) en heeft een goede constructvaliditeit (Fazio, Bailey, Thompson, & Siegler, 2014). Voor de score van het symbolisch getalbegrip is het percentage van correcte antwoorden gebruikt.

Tijdens de uitvoering van deze taak zijn de oogbewegingspatronen van het kind, met betrekking tot het aantal oogfixaties, de gemiddelde fixatieduur en het aantal saccades, gemeten met een eye-tracker. Over de betrouwbaarheid en validiteit van het meten van oogbewegingen bij de uitvoering van de symbolic comparison task is weinig bekend (Schneider et al., 2008).

Inhibitie is gemeten met de *Flanker* taak (Rueda et al., 2004). Hierbij moet het kind het schaap in het midden voeden, door op de knop te drukken waar het schaap naar toe kijkt. Het schaap wordt in de congruente conditie geflankeerd door schapen die dezelfde kant op kijken en in de incongruente conditie door schapen die de andere kant op kijken. 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). Bij deze taak is de verschilscore bij de congruente en de incongruente condities op accuratesse en reactietijd gebruikt.

Shifting is gemeten met de taak *Dimensional Change Card Sorting* (DCCS; Zelazo, 2006). Tijdens deze taak worden er afbeeldingen van rode en blauwe boten en konijnen getoond. In de eerste fase moet het kind de afbeeldingen sorteren op kleur, in de tweede fase op vorm en in de derde fase op basis van een sorteerregel. Bij de sorteerregel moet het kind, afhankelijk van een zwarte rand om de afbeelding, de afbeeldingen op kleur of vorm sorteren. DCCS heeft een goede validiteit (Zelazo, 2006). Informatie over de betrouwbaarheid is niet voorhanden. Het aantal goede antwoorden in de derde fase van de DCCS is in dit onderzoek voor shifting meegenomen.

Om updating te meten is er gebruik gemaakt van twee taken. De eerste taak is *Word Recall Backwards* (WRB; Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott, 2008), waarbij de verbale updating wordt gemeten. Bij deze taak krijgt het kind een reeks woorden te horen en wordt gevraagd om deze woorden te herhalen in omgekeerde volgorde. De tweede taak is *Odd One Out* (OOO; Alloway et al., 2008), waarbij de visuele updating wordt gemeten. Hierbij moet het kind uit drie geometrische figuren, het figuur kiezen dat er anders uit ziet. De plek van het afwijkende figuur moet het kind onthouden en vervolgens aanwijzen. Beide taken zijn oplopend in moeilijkheid en op basis van het aantal fouten wordt bepaald wanneer er wordt afgebroken. De betrouwbaarheid van WRB ($\alpha = .76$) en OOO ($\alpha = .81$) kan geclassificeerd worden als goed (Gathercole et al., 2008). Tevens is de validiteit van deze taken goed (Alloway et al., 2008). De totaalscore van het aantal goed herhaalde trials op de WRB en OOO is in deze studie gebruikt.

Data-analyse

In het huidige onderzoek zijn twee hiërarchische multipiele regressieanalyses uitgevoerd om te toetsen welke oogbewegingspatronen en welke executieve functies samenhangen met de prestatie op de symbolic comparison task. In het eerste blok van de regressieanalyses is gecorrigeerd voor de achtergrondvariabelen leeftijd, sekse en

opleidingsniveau van moeder. Voor het opleidingsniveau van moeder is een dummyvariabele gemaakt. In de eerste regressieanalyse zijn in het tweede blok de variabelen aantal oogfixaties, gemiddelde fixatieduur en het aantal saccades toegevoegd. Daarnaast zijn in het tweede blok van de tweede regressieanalyse de variabelen inhibitie accuratesse, inhibitie reactietijd, shifting en updating toegevoegd.

Resultaten

In tabel 1 zijn de beschrijvende statistieken weergegeven. Vooraf aan het interpreteren van de resultaten van de hiërarchische multiële regressieanalyses zijn een aantal assumpties getest. De variabelen van de prestatie op de symbolic comparison task, de oogbewegingspatronen en de executieve functies zijn normaal verdeeld en vrij van uitschieters. Tevens geven de ‘normal probability plots’ en de ‘scatterplots’ aan dat er voldaan wordt aan de assumpties van normaliteit, lineariteit en homoscedasticiteit van de residuen. Verder is er tussen de onafhankelijke variabelen geen sprake van multicollineariteit, behalve op het aantal oogfixaties en het aantal saccades.

Tabel 1

Beschrijvende Statistieken van de Prestatie op de Symbolic Comparison Task, de Oogbewegingspatronen en de Executieve Functies

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Proportie correct op symbolic comparison task	52	.71	.15
Aantal oogfixaties	52	2.64	1.76
Gemiddelde fixatieduur	52	.18	.12
Aantal saccades	52	.81	.68
Inhibitie			
Accuratesse ^a	52	.07	.35
Reactietijd ^b	51	-1938.72	1518.99
Shifting	52	.61	.18
Updating	52	21.00	6.01

Noot. ^a Een positieve score op deze variabele betekent een lagere vaardigheid op de incongruente trials dan op de congruente trials. ^b Een negatieve score op deze variabele betekent een hogere reactietijd op de incongruente trials dan op de congruente trials.

Allereerst is een hiërarchische multiële regressieanalyse uitgevoerd om te toetsen of de oogbewegingspatronen een significant deel van de variantie verklaren in de prestatie op de symbolic comparison task. In blok 1 van deze hiërarchische multiële regressieanalyse verklaren de achtergrondvariabelen leeftijd, sekse en het opleidingsniveau van moeder significant 36,6% van de variantie in de prestatie op de symbolic comparison task, $R^2 = .366$, $F(3, 48) = 9.23$, $p < .001$. In blok 2 zijn de oogbewegingspatronen (aantal oogfixaties, gemiddelde fixatieduur en het aantal saccades) toegevoegd, die 7,1% bijkomende niet-significante variantie verklaren in de prestatie op de symbolic comparison task, $\Delta R^2 = .071$, $\Delta F(3, 45) = 1.90$, $p = .143$. Er is dus geen significante relatie tussen de oogbewegingspatronen en de prestatie op de symbolic comparison task. De effectgrootte is berekend met de formule van Cohen's f^2 en deze kan voor blok 1 worden beschouwd als groot ($f^2 = .58$) en voor de toegevoegde niet-significante verklaarde variantie in blok 2 als klein ($f^2 = .08$). In tabel 2 zijn de resultaten van blok 1 van de eerste hiërarchische multiële regressieanalyse weergegeven.

Tabel 2

Ongestandaardiseerde (B) en Gestandaardiseerde (β) Regressiecoëfficiënten, en de Gekwadrateerde Semi-Partiële Correlaties (sr^2) van de Hiërarchische Multiële Regressieanalyse van de Achtergrondvariabelen en de Prestatie op de Symbolic Comparison Task

Variabele	B [95% BI]	β	sr^2
Blok 1			
Leeftijd	.011 [.007, .016]*	.603	.317
Sekse	-.001 [-.073, .070]	-.004	.000
Opleidingsniveau moeder	.080 [-.001, .161]	.233	.052

Noot. BI = betrouwbaarheidsinterval.

* $p < .05$

Zoals te zien is in tabel 2, is leeftijd de enige significante onafhankelijke variabele in de prestatie op de symbolic comparison task, $t(48) = 4.90$, $p < .001$. Er is sprake van een positieve relatie. Dit betekent dat hoe ouder kinderen zijn, hoe beter zij presteren op symbolic comparison task.

Ten tweede is een hiërarchische multiële regressieanalyse uitgevoerd om te toetsen of de executieve functies een significant deel van de variantie in de prestatie op de symbolic comparison task verklaren. In blok 1 van deze hiërarchische multiële regressieanalyse verklaren de achtergrondvariabelen leeftijd, sekse en het opleidingsniveau van moeder significant 32% van de variantie in de prestatie op de symbolic comparison task, $R^2 = .32$, $F(3, 47) = 7.38$, $p < .001$. In blok 2 zijn de executieve functies inhibitie, shifting en updating toegevoegd, die 20,9% bijkomende variantie verklaren in de prestatie op de symbolic comparison task, $\Delta R^2 = .209$, $\Delta F(4, 43) = 4.88$, $p = .003$. De achtergrondvariabelen en de executieve functies verklaren samen 52,9% van de variantie in de prestatie op de symbolic comparison task, $R^2 = .529$, aangepaste $R^2 = .452$, $F(7, 43) = 6.90$, $p < .001$. De effectgrootte van de toegevoegde significante verklaarde variantie in blok 2 is berekend met de formule van Cohen's f^2 en deze kan worden beschouwd als medium ($f^2 = 0.26$). De resultaten van deze hiërarchische multiële regressieanalyse zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3

Ongestandaardiseerde (B) en Gestandaardiseerde (β) Regressiecoëfficiënten, en de Gekwadrateerde Semi-Partiële Correlaties (sr^2) van de Hiërarchische Multiële Regressieanalyse van de Executieve Functies en de Prestatie op de Symbolic Comparison task

Variabele	B [95% BI]	β	sr^2
Blok 1			
Leeftijd	.010 [.005, .015]*	.559	.252
Sekse	.015 [-.058, .088]	.053	.002
Opleidingsniveau moeder	.058 [-.026, .143]	.174	.028
Blok 2			
Leeftijd	.007 [.002, .011]*	.358	.082
Sekse	.009 [-.059, .076]	.031	.001
Opleidingsniveau moeder	.020 [-.065, .105]	.060	.003
Inhibitie accuratesse	.023 [-.096, .141]	.050	.002
Inhibitie reactietijd	1.78 [.000, .000]	.195	.024
Shifting	-.118 [-.294, .058]	-.155	.020
Updating	.009 [.003, .016]*	.412	.100

Noot. BI = betrouwbaarheidsinterval.

* $p < .05$

In het uiteindelijke regressiemodel zijn leeftijd, $t(43) = 2.73, p = .009$, en updating, $t(43) = 3.03, p = .004$, de significante onafhankelijke variabelen in de prestatie op de symbolic comparison task. Beide betreffen een positieve relatie. Dit duidt aan hoe kinderen ouder zijn, hoe beter zij presteren op de symbolic comparison task. Daarbij hangt updating het sterkst positief samen met de prestatie op de symbolic comparison task ($sr^2 = .100$). Dit betekent dat hoe beter kinderen hun geheugen kunnen updaten, hoe beter zij presteren op de symbolic comparison task, indien de leeftijd constant blijft.

Discussie en conclusie

In dit onderzoek is de relatie tussen oogbewegingspatronen, executieve functies en het symbolisch getalbegrip bij kleuters in kaart gebracht. Gezien de achtergrondkenmerken van kinderen blijkt dat naarmate kleuters ouder worden, zij beter presteren op de symbolic comparison task. De sekse en het opleidingsniveau van moeder spelen hierin geen rol.

Ondanks dat Schneider en collega's (2008) stellen dat de eye-tracking methode bruikbare informatie op kan leveren over de ontwikkeling van getalbegrip bij kinderen, wordt er in dit onderzoek geen significant verband gevonden tussen oogbewegingspatronen en de prestatie op de symbolic comparison task. De resultaten zijn dus tegenstrijdig met de verwachting dat het aantal oogfixaties, de gemiddelde fixatieduur en het aantal saccades samenhangen met de prestatie op de symbolic comparison task. Doordat er nog weinig onderzoek is gedaan naar het verband tussen oogbewegingspatronen en het symbolisch getalbegrip, geeft dit beperkingen om de resultaten van het huidige onderzoek met betrekking tot dit niet-significante verband te verklaren. Echter, gedurende het uitvoeren van de symbolic comparison task hadden meerdere kleuters moeite om de gehele taak stil te blijven zitten. De beweeglijkheid van de kleuters kan geleid hebben tot vertekeningen in de bruikbare eye-tracking data, waardoor dit een mogelijke verklaring is voor het niet gevonden verband tussen oogbewegingspatronen en de prestatie op de symbolic comparison task.

Uit het huidige onderzoek blijkt er tevens tussen inhibitie en het symbolisch getalbegrip geen significante samenhang te zijn. Dit komt niet overeen met de verwachting vanuit eerdere onderzoeken, waarin een positieve relatie tussen inhibitie en rekenvaardigheid werd gevonden (Bull et al., 2008; Bull & Scerif, 2001; Espy et al., 2004). Een verklaring hiervoor kan liggen in het feit dat inhibitie relevanter wordt bij meer complexe getalbegripstaken, die pas later in de basisschool aan de orde komen (Van der Sluis et al., 2004). Kleuters beschikken wellicht nog niet over de focus om een taak zo snel mogelijk en

accuraat uit te voeren. Verder blijkt shifting niet significant gerelateerd te zijn aan de prestatie op de symbolic comparison task, dat overeen stemt met de verwachting op basis van eerder onderzoek (Espy et al., 2004; Van der Sluis et al., 2007). In de kleuterklas zijn de complexe vaardigheden van shifting nog niet vereist op het gebied van rekenen (Bull & Scerif, 2001). Tijdens het voorbereidend rekenen worden de verschillende rekenstrategieën bij het uitvoeren van een getalbegripstaak nog niet aangeboden, waardoor kleuters hierover mogelijk nog niet beschikken en dus niet kunnen schakelen tussen strategieën. Zodoende spelen inhibitie en shifting nog geen rol in het symbolisch getalbegrip bij kleuters, maar mogelijk wel bij kinderen in de latere schoolloopbaan. Bovendien kan dit de verschillen in eerdere onderzoeksresultaten omtrent de relatie tussen executieve functies en rekenvaardigheid verklaren, waarin diverse leeftijden van kinderen zijn onderzocht.

Daarentegen is er een positieve samenhang aangetoond tussen updating en de prestatie op de symbolic comparison task. Dit wil zeggen dat wanneer een kind oude informatie kan verwerken en vervangen met relevantere informatie, het kind beter presteert op het symbolisch getalbegrip. Op grond van eerdere studies werd dit ook verwacht (Bull et al., 2008; Bull & Scerif, 2001; Van der Ven et al., 2013). Deze positieve relatie kan verklaard worden doordat kinderen voor het uitvoeren van symbolische getalbegripstaken in staat moeten zijn om de gepresenteerde informatie te encoderen in het werkgeheugen (DeStefano & Le Fevre, 2004). Een vereiste hiervoor is dat deze informatie in het geheugen vast gehouden kan worden. Wanneer kinderen beter hun geheugen kunnen updaten, kunnen zij ook beter de informatie vasthouden (Kroesbergen, Van der Ven, Kolkman, Van Luit, & Leseman, 2009). Hierdoor kunnen kinderen met betere updating vaardigheden beter presteren op de symbolic comparison task.

Op grond van onderzoeken van Bull en collega's (2008) en Van der Ven en collega's (2013) waaruit blijkt dat updating, vergeleken met inhibitie en shifting, de beste voorspeller van rekenvaardigheid is, wordt in het huidige onderzoek voldaan aan de verwachting dat updating het sterkst samenhangt met de prestatie op de symbolic comparison task. Door het huidige onderzoek is echter nu ook de mate bekend waarin updating specifiek samenhangt met het symbolisch getalbegrip van kleuters. Daarnaast is updating in dit onderzoek gemeten met een andere taak die in de eerdere studies niet is gebruikt, dit betreft de Word Recall Backwards. Hierdoor voegt dit onderzoek nieuwe kennis toe aan dat wat al bekend was.

Er zijn een aantal kanttekeningen te plaatsen bij de resultaten van dit onderzoek. De scholen van de kinderen zijn op selecte wijze geworven en zijn gevestigd in het zuiden en het

midden van Nederland. Hierdoor zijn de resultaten niet generaliseerbaar naar de Nederlandse populatie. Daarnaast is er bij het meten van de executieve functies mogelijk sprake van het ‘task impurity problem’. Dit geeft aan dat de afzonderlijke executieve functies moeilijk direct te meten zijn (Kroesbergen et al., 2009; Van der Sluis et al., 2007). Wellicht zijn de afzonderlijke executieve functies dus onzuiver gemeten, waardoor de resultaten met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd dienen te worden.

Ondanks de tekortkomingen in het huidige onderzoek, is deze studie wel van toegevoegde waarde. Naast de kennis over de rol van de verschillende executieve functies in het symbolisch getalbegrip, kunnen deze resultaten gebruikt worden als aanknopingspunt voor vroegtijdige signalering van achterblijvend symbolisch getalbegrip. Friso-van den Bos (2014) toont aan dat het trainen van het werkgeheugen in de kleuterklas een positief effect heeft op de ontwikkeling van het symbolisch getalbegrip. Daarom kunnen er vroegtijdig interventies worden ingezet op de tekorten in de executieve functie updating, om problemen in het symbolisch getalbegrip en latere rekenproblemen te verminderen of voorkomen. Verder zijn er in het onderzoek achtergrondgegevens als de leeftijd, de sekse en het opleidingsniveau van moeder meegenomen. Hierdoor is uitgesloten dat de significante relatie tussen de executieve functies en het symbolisch getalbegrip in werkelijkheid verklaard kan worden door deze achtergrondkenmerken.

Er behoeft verder onderzoek naar de relatie tussen oogbewegingspatronen en het symbolisch getalbegrip. Daarnaast zal er in vervolgonderzoek aandacht moeten worden besteedt aan de onzuiverheid van de te meten executieve taken, door de verschillende executieve functies te meten met meerdere taken of vragenlijsten, zoals de *Behavior Rating Inventory of Executive Function* (BRIEF; Huizinga & Smidts, 2009). Hierbij kan de representatie tevens verhoogd worden door een grotere steekproef verspreid over scholen in Nederland af te nemen. Op deze wijze zal een verdere bijdrage geleverd kunnen worden aan de ontwikkeling van getalbegrip en latere rekenvaardigheid.

Referenties

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *School of Education, 28*, 725-734. doi:10.1080/01443410802243828
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders, 36*, 189-208. doi:10.1016/S0021-9924(03)00019-4
- Bryant, D. P. (2005). Commentary on early identification and intervention for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Difficulties, 38*, 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*, 205-228. doi:10.1080/875665640801982312
- 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
- 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 and Language, 16*, 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154
- Dahaene, S. (1989). The psychophysics of numerical comparison: A reexamination of apparently incompatible data. *Perception and Psychophysics, 45*, 557-566. doi:10.3758/BF03208063
- DeStefano, D., & LeFevre, J. O. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology, 16*, 352-386. doi:10.1080/09541440244000328
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 186-201. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.004
- 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, 465–486.
doi:10.1207/s15326942dn2601_6
- Fazio, L. K., Bailey, D. H., Thompson, C. A., & Siegler, R. S. (2014). Relations of different types of numerical magnitude representations to each other and to mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 123, 53-72.
doi:10.1016/j.jecp.2014.01.013
- Friso-van den Bos, I. (2014). *Making sense of numbers: Early mathematics achievement and working memory in primary school children*. Ede: GVO drukkers & vormgevers.
- 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, 214–223.
doi:10.1016/j.lindif.2007.10.003
- 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.
doi:10.1177/00222194050380040301
- 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
- Hayhoe, M. M. (2004). Advances in relating eye movements and cognition. *Infancy*, 6, 267-274. doi:10.1207/s15327078in0602_7
- Holyoak, K. J., & Mah, W. A. (1982). Cognitive reference points in judgments of symbolic magnitude. *Cognitive Psychology*, 14, 328-352. doi: 10.1016/0010-0285(82)90013-5
- Huizinga, M., & Smidts, D. (2009). *Vragenlijst executieve functies voor 5 tot 18 jarigen (BRIEF)*. Amsterdam: Hogrefe.
- Ivrendi, S. (2011). Influence of self-regulation on the development of children's number sense. *Early Childhood Education Journal*, 39, 239–247. doi:10.1007/s10643-011-0462-0

- 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. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00862.x
- Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. M. (2013). Early numerical development and the role of non-symbolic and symbolic skills. *Learning and Instruction, 25*, 95-103. doi:10.1016/j.learninstruc.2012.12.001
- Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs. A meta-analysis. *Remedial and Special Education, 24*, 97-114. doi:10.1177/07419325030240020501
- 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.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41*, 49-100. doi:10.1006/copg.1999.0734
- Moeller, K., Fischer, M. H., Nuerk, H. C., & Willmes, K. (2009). Sequential or parallel decomposed processing of two-digit numbers? Evidence from eye-tracking. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 62*, 323-334. doi:10.1080/17470210801946740
- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2004). Individual differences in memory updating in relation to arithmetic problem solving. *Learning and Individual Differences, 14*, 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*, 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*, 1029-1040. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.012
- Saracho, O. N., & Spodek, B. (2009). Educating the young mathematician: The twentieth century and beyond. *Early Childhood Education Journal, 36*, 305-312. doi:10.1007/s10643-008-02939
- Schneider, M., Heine, A., Thaler, V., Torbeyns, J., De Smedt, B., Verschaffel, L., . . . Stern, E.

- (2008). A validation of eye movements as a measure of elementary school children's developing number sense. *Cognitive Development*, 23, 409-422.
doi:10.1016/j.cogdev.2008.07.002
- Siegler, R. S., & Ramani, G. B. (2009). Playing linear number board games—but not circular ones—improves low-income preschoolers' numerical understanding. *Journal of Educational Psychology*, 101, 545–560. doi:10.1037/a0014239
- 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
- Swanson, H. L. (2006). Cross-sectional and incremental changes in working memory and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 98, 265-281.
- Toll, S. W. M., Van Viersen, S., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2015). The development of (non-)symbolic comparison skills throughout kindergarten and their relations with basic mathematical skills. *Learning and Individual Differences*, 38, 10-17. doi:10.1016/j.lindif.2014.12.006
- 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, 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, 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. (2013). The structure of executive functions in children: A closer examination of inhibition, shifting, and updating. *British Journal of Developmental Psychology*, 31, 70-87.
doi:10.1111/j.2044-835X.2012.02079.x
- Van Viersen, S., Slot, E. M., Kroesbergen, E. H., Van 't Noordende, J. E., & Leseman, P. P. M. (2013). The added value of eye-tracking in diagnosing dyscalculia: A case study. *Frontiers in Psychology*, 4, 679. doi:10.3389/fpsyg.2013.00679
- Welsh, M. C. (2002). Development and clinical variations in executive functions. In D. L. Molfese & V. J. Molfese (Eds.). *Developmental variations in learning. Applications to social, executive function, language, and reading skills*, 36, 139-185.
- 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