



Universiteit Utrecht

*De rol van executieve functies in het niveau van
rekenvaardigheid van kinderen in groep 3*

Faculteit Sociale Wetenschappen

Masterthesis Orthopedagogiek

Student: Esther Lugthart (3011062)
Instelling: Universiteit Utrecht
Master: Orthopedagogiek
Thesisdocent: M. E. Kolkman, MSc
2^e beoordelaar: Prof. dr. J. E. H. van Luit
Datum: 24 juni 2011

Abstract

Recent research has observed a positive relation between the executive functions inhibition, shifting and updating and math ability. The aim of this study was to determine what role inhibition, shifting and updating play in the math ability of children in third grade. The executive functioning of 69 children was assessed in grade 1 and grade 3. Math ability was assessed in grade 3. A Pearson's correlation and a multiple regression analysis were used to determine the influence of the executive functions on the math ability of the children. The results showed that inhibition, verbal updating and visual updating relate significantly to and are significant predictors of math ability. Shifting was not significantly related to and is not a significant predictor of math ability. Inhibition and verbal updating in grade 1 are the strongest predictors of math ability. It can be concluded that the executive functions inhibition, verbal updating and visual updating play a role in math ability of children in third grade.

Keywords: Executive functions, math ability.

Samenvatting

Recent onderzoek toont een positieve relatie aan tussen de executieve functies inhibitie, shifting en updating en het niveau van rekenvaardigheid bij kinderen in groep 3. Het doel van dit onderzoek was te bepalen wat de rol van inhibitie, shifting en updating is in het niveau van rekenvaardigheid van kinderen in groep 3. Het executief functioneren van 69 kinderen werd onderzocht in groep 1 en groep 3. Rekenvaardigheid werd onderzocht in groep 3. Met behulp van een Pearson's correlatie en een multiële regressieanalyse werd onderzocht wat de invloed van de executieve functies in het niveau van rekenvaardigheid is. De resultaten tonen aan dat de executieve functies inhibitie, verbale updating en visuele updating significant samenhangen met en significante voorspellers zijn voor het niveau van rekenvaardigheid bij kinderen in groep 3. De executieve functie shifting hangt niet significant samen met en is geen significante voorspeller voor het niveau van rekenvaardigheid in groep 3. Inhibitie en verbale updating in groep 1 zijn de sterkste voorspellers voor rekenvaardigheid. Geconcludeerd kan worden dat de executieve functies inhibitie, verbale updating en visuele updating een rol spelen in de rekenvaardigheid van kinderen in groep 3.

Inleiding

Ongeveer vijf tot acht procent van de schoolgaande kinderen ondervindt problemen met rekenen (Geary, 2004). De laatste jaren richt wetenschappelijk onderzoek zich dan ook steeds meer op de ontwikkeling van rekenvaardigheid en de eventuele problemen hierbij. Het is belangrijk te onderzoeken hoe rekenvaardigheid zich ontwikkelt en welke onderliggende factoren ten grondslag liggen aan rekenproblemen zodat vroegtijdige onderkenning mogelijk wordt (Clark, Pritchard, & Woodward, 2010). In dit onderzoek wordt gekeken naar de rol van de executieve functies inhibitie, shifting en updating in het niveau van rekenvaardigheid van kinderen in groep 3. Er wordt onderzocht hoe de executieve functies samenhangen met het niveau van rekenvaardigheid en wat de voorspellende waarde van de executieve functies is.

Jonge kinderen worden al vroeg geconfronteerd met telwoorden en cijfersymbolen. Zij leren hun eerste telwoordjes met behulp van kinderliedjes. Hierdoor ontwikkelen zij een beter getalbegrip (Dehaene, 2001). Het ontwikkelen van deze verschillende vaardigheden is noodzakelijk voor hun verdere schoolloopbaan (Assel, Landry, Swank, Smith, & Steelman, 2003).

Vorbereidende rekenvaardigheden zijn van belang om later te leren rekenen. 'Number sense' is een belangrijke vaardigheid die kinderen al vroeg ontwikkelen (Dehaene, 2001). Het gaat daarbij om het vermogen om numerieke hoeveelheden te verwerken, begrijpen en te schatten. Dit vormt de basis voor het latere rekenen (De Smedt, Verschaffel, & Ghesquière, 2009; Passolunghi, Vercelloni, & Schadee, 2007). Ook het beheersen van telprincipes is een belangrijke vaardigheid. Samen vormen 'number sense' en telvaardigheden de basis voor de vroege rekenontwikkeling bij kleuters. Het werkgeheugen speelt een belangrijke rol in de verklaring van rekenproblemen. Dit zal hieronder worden besproken.

Het werkgeheugen is een systeem met beperkte capaciteit dat verantwoordelijk is voor het behouden en tegelijkertijd verwerken van informatie (Baddeley, 2003). Het werkgeheugen is belangrijk voor de ontwikkeling (het aanleren en toepassen) van rekenvaardigheden. Zo zijn er aanwijzingen dat kinderen met rekenproblemen een zwakker werkgeheugen hebben dan andere kinderen (Geary et al., 2009).

Baddeley (2003) beschrijft een model aan de hand waarvan de werking van het werkgeheugen uiteengezet kan worden. Binnen dit model wordt het werkgeheugen beschreven als een systeem bestaande uit een centrale uitvoeringseenheid met drie 'slaafsystemen': de fonologische lus, het visueel-ruimtelijk schetsblok en de episodische buffer. De fonologische lus zorgt voor de tijdelijke opslag en verwerking van verbale

informatie. Hiervan wordt gebruik gemaakt bij bijvoorbeeld het tellen. Het visueel-ruimtelijk schetsblok zorgt voor de tijdelijke opslag en verwerking van visuele en ruimtelijke informatie. De episodische buffer legt verbinding tussen deze verschillende bronnen van informatie. Het centraal executief systeem is primair verantwoordelijk voor het coördineren van de activiteiten van de slaafsystemen, maar haalt daarnaast bruikbare informatie op uit het lange termijngeheugen (Baddeley, 2003).

Binnen het centraal executief systeem van het werkgeheugen worden verschillende executieve functies uitgevoerd. De term executieve functies kan gezien worden als een verzamelnaam voor diverse cognitieve processen die nodig zijn voor flexibel en doelgericht gedrag, zoals planning en aandachtsregulatie (Carlson, 2005). Deze cognitieve processen zijn van belang bij het ontwikkelen van rekenvaardigheid. Binnen deze cognitieve processen kunnen inhibitie, shifting en updating als meest belangrijk beschouwd worden, omdat deze factorstructuur het meest is aangetoond bij zowel kinderen als volwassenen. Inhibitie zorgt voor het onderdrukken van dominante reacties waardoor meer doelgericht gedrag mogelijk is. Shifting houdt in dat er gewisseld kan worden tussen verschillende oplossingsstrategieën zodat de meest geschikte strategie gekozen wordt. Updating zorgt voor het opslaan en bijwerken van informatie in het werkgeheugen (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Miyake et al., 2000). Deze executieve functies zijn belangrijk bij het uitvoeren van doelgericht gedrag en spelen een grote rol in de ontwikkeling van rekenvaardigheden (Kroesbergen, van Luit, van Lieshout, van Loosbroek, & van de Rijt, 2009).

Diverse onderzoeken laten zien dat het centraal executief systeem van invloed is op het rekenen, omdat het verantwoordelijk is voor het monitoren en coördineren van verschillende stappen in het rekenproces. Rekenproblemen worden dan ook gerelateerd aan tekorten in het centraal executief systeem (Bull, Johnston, & Roy, 1999; Gathercole & Pickering, 2000; McLean & Hitch, 1999; Passolunghi & Siegel, 2004; Passolunghi et al., 2007; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004), maar ook aan tekorten in de fonologische lus en het visueel-ruimtelijk schetsblok (Meyer, Salimpoor, Wu, Geary, & Menon, 2010; Swanson & Sachse-Lee, 2001). Uit het onderzoek van De Smedt et al. (2009) komt naar voren dat het werkgeheugen significant gerelateerd is aan rekenvaardigheid en dat het werkgeheugen een duidelijke voorspeller is voor rekenvaardigheid. Het centraal executief systeem is daarbij een unieke voorspeller voor rekenvaardigheid in zowel de eerste als tweede klas van de basisschool. Passolunghi, Mammarella en Altoè (2008) vonden overeenkomstige resultaten in hun onderzoek naar voorlopers van rekenvaardigheid. Het werkgeheugen gemeten in zowel groep 1 als groep 2 voorspelde latere rekenvaardigheid, waarbij een hoge

score op metingen van werkgeheugen gerelateerd is aan een hoge rekenvaardigheid in groep 2.

Het is echter nog niet duidelijk op welke manier de verschillende executieve functies van invloed zijn op de rekenvaardigheden. Uit onderzoek van Kroesbergen, van Luit, van Lieshout, van Loosbroek en van de Rijt (2009) blijkt dat planning, updating en inhibitie 45% van de variantie in rekenvaardigheid verklaren, waarbij updating de hoogste correlatie heeft met rekenvaardigheid. Dit komt overeen met de resultaten uit het onderzoek van St Clair-Thompson en Gathercole (2006). Blair, Knipe en Gamson (2008) en Mazzocco en Kover (2007) vonden dat sterke executieve vaardigheden vroeg in de basisschool rekenvaardigheid kunnen verbeteren, omdat er een positieve relatie is gevonden tussen executieve functies en rekenvaardigheid. Tevens blijkt dat het hebben van een hoog niveau van executieve vaardigheden een voordeel is wanneer het rekenen meer complex wordt.

Ook is er onderzoek gedaan naar de specifieke executieve functies inhibitie, shifting en updating. Zo vonden Bull, Espy en Wiebe (2008) en St Clair-Thompson en Gathercole (2006) dat goede executieve functies leren in het algemeen beter voorspelt dan het verwerven van vaardigheden en kennis in specifieke domeinen als rekenvaardigheid. Blair en Razza (2007), Brock, Rimm-Kaufmann, Nathanson en Grimm (2009), Bull en Scerif (2001) en Espy et al. (2004) vonden dat inhibitie controle positief gecorreleerd is met rekenvaardigheid. Bull et al. (2008) en Clark, Pritchard en Woodward (2010) vonden in hun onderzoek dat efficiënte inhibitie en planning op vierjarige leeftijd leidt tot een hogere score van 5 à 10 punten op rekenvaardigheid twee jaar later. Deze voorsprong blijft bestaan in de eerste drie jaar van het onderwijs (Bull et al., 2008). Een achterstand in executieve functies in de voorschoolse periode leidt tot een lagere prestatie op rekenvaardigheid twee jaar later (Clark et al., 2010).

Uit meerdere onderzoeken komt een negatieve relatie naar voren tussen inhibitie en rekenvaardigheid. Het blijkt namelijk dat kinderen die moeite hebben met rekenen en probleem oplossen slechtere inhibitieprocessen laten zien (Brocki & Bohlin, 2004; Carlson, 2005; D'Amico & Guarnera, 2005; Fürst & Hitch, 2000; Passolunghi, Cornoldi, & de Liberto, 1999; Passolunghi & Siegel, 2001; Senn, Espy, & Kaufmann, 2004).

In verschillende onderzoeken werd de executieve functie shifting onderzocht. Uit onderzoek van Espy et al. (2004) bij 2 tot 5 jarige kinderen komt naar voren dat shifting niet samenhangt met rekenvaardigheid en ook geen goede voorspeller is voor rekenvaardigheid. Brock et al. (2009) vonden daarentegen in hun onderzoek bij kleuters dat shifting een significante voorspeller is voor rekenvaardigheid. Tevens blijkt dat kinderen die moeite hebben met shifting vaak rekenproblemen laten zien (D'Amico & Guarnera, 2005). Van der

Sluis, de Jong en van der Leij (2004) hebben onderzoek gedaan naar de relatie tussen de executieve functies inhibitie en shifting en rekenvaardigheid bij kinderen in groep 4 en 5. Uit hun onderzoek komt naar voren dat kinderen met een lage rekenvaardigheid geen problemen ervaren met inhibitie en shifting per se, maar het gebruiken van een combinatie van executieve functies bij complexe executieve taken resulteerde wel in slechtere prestaties op rekenvaardigheid.

Onderzoek naar het verband tussen updating en rekenvaardigheid en probleem oplossen laat zien dat kinderen die moeite hebben met rekenen en probleem oplossen slechte updating processen laten zien (Passolunghi & Pazzaglia, 2004; 2005). Uit onderzoek van van der Sluis, de Jong en van der Leij (2007) komt naar voren dat updating positief gerelateerd is aan rekenen. Zij vonden in hun onderzoek bij kinderen in groep 4 en 5 van de basisschool dat updating significant gerelateerd is aan rekenvaardigheid. Ook het onderzoek van Passolunghi et al. (2008) laat zien dat updating positief gerelateerd is aan rekenvaardigheid in bij kinderen in groep 1 en 2. Gathercole, Brown en Pickering (2003) vonden in hun onderzoek bij 4 en 5 jarige kinderen dat updating, wanneer het gemeten wordt voordat kinderen naar de basisschool gaan, een voorspellende waarde heeft op de rekenvaardigheid van kinderen tot aan het moment dat ze in groep 3 zitten.

In dit onderzoek wordt gekeken hoe de executieve functies samenhangen met het niveau van rekenvaardigheid en wat de voorspellende waarde van de executieve functies is. Onderzoek naar de rol van executieve functies is nodig om meer duidelijkheid te krijgen over de mate waarin executieve functies samenhangen met en een voorspellende waarde hebben op het niveau van rekenvaardigheid. Resultaten van onderzoeken zijn niet consistent wat betreft de aanwezigheid van samenhang tussen de verschillende executieve functies en rekenvaardigheid en de voorspellende waarde van de executieve functies op het niveau van rekenvaardigheid. Wanneer de rol van executieve functies duidelijk in kaart gebracht wordt kan dit aanwijzingen bieden voor de signalering en interventiemogelijkheden bij rekenproblemen.

In dit onderzoek staat de volgende onderzoeksvraag centraal: Wat is de rol van inhibitie, shifting en updating in het niveau van rekenvaardigheid van kinderen in groep 3? Er worden daarbij drie onderzoeksvragen onderscheiden: 1) Wat is de rol van inhibitie in het niveau van rekenvaardigheid van kinderen in groep 3?; 2) Wat is de rol van shifting in het niveau van rekenvaardigheid van kinderen in groep 3? en 3) Wat is de rol van updating in het niveau van rekenvaardigheid van kinderen in groep 3? Op basis van wetenschappelijke literatuur wordt verwacht dat de verschillende executieve functies een rol spelen in de

rekenvaardigheid: wanneer het kind hoger scoort op de metingen van executieve functies, zal het een hoog niveau van rekenvaardigheid laten zien (Blair & Razza, 2007; Brock et al., 2009; Bull & Scerif, 2001, Espy et al., 2004; van der Sluis et al., 2007). Tevens wordt verwacht dat updating en inhibitie een grotere rol spelen in rekenvaardigheid dan shifting. Uit het onderzoek van Kroesbergen et al. (2009) blijkt dat updating de meeste variantie verklaart. Ook inhibitie speelt een belangrijke rol, omdat alle executieve functies enige vorm van inhibitie delen, zodat ze goed kunnen functioneren (Bull & Scerif, 2001; Miyake et al., 2000). Zo is het bij updating nodig irrelevante binnenkomende informatie te onderdrukken en bij shifting moet de oude oplossingsstrategie onderdrukt worden zodat er geswitcht kan worden naar een nieuwe oplossingsstrategie. Binnen deze executieve functies speelt inhibitie dus ook een rol (Miyake et al., 2000).

Methoden

Onderzoeksgroep en procedure

De onderzoeksgroep bestond uit 69 leerlingen uit groep 3 van het basisonderwijs. Er namen 33 (47.8%) jongens en 36 meisjes (52.2%) deel aan het onderzoek. Alle leerlingen volgen het reguliere basisonderwijs. Er is voor zover bekend dan ook geen sprake van bepaalde ontwikkelingsachterstanden. De leerlingen worden al meerdere jaren gevolgd en zijn zowel in groep 1, 2 als 3 getest; er zijn dus al data beschikbaar.

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de data van twee meetmomenten (groep 1 en groep 3). In groep 1 hebben de leerlingen een gemiddelde leeftijd van 55.15 maanden ($sd = 3.55$) en in groep 3 hebben de leerlingen een gemiddelde leeftijd van 71.52 maanden ($sd = 2.61$).

Om een beeld te krijgen van de executieve functies en de voorbereidende rekenvaardigheden van deze leerlingen worden zij getest door middel van digitale taakjes op een laptop. De dataverzameling wordt uitgevoerd door getrainde masterstudenten van de opleiding Pedagogische Wetenschappen.

De leerlingen zijn individueel getest om de executieve functies na te gaan. De testafname bestond uit twee op zichzelf staande sessies waarbij gebruikt gemaakt is van verschillende taken. De afnameduur van een sessie bedroeg ongeveer 20 tot 30 minuten.

Onderzoeksinstrumenten en statistische analyses

Executieve functies.

Flanker taak. Bij deze taak moeten de kinderen ‘schapen voeren’ door te drukken op een knop aan de kant waar het schaap naar toe kijkt. Er zijn twee condities binnen deze taak. In de eerste conditie wordt het schaap ‘geflankeerd’ door andere schapen die dezelfde kant opkijken. In de tweede conditie wordt het schaap ‘geflankeerd’ door andere schapen die de andere kant op kijken. Beide condities worden door elkaar heen aan het kind getoond. Het aantal goed beantwoorde items uit de tweede conditie wordt gebruikt om inhibitie te meten. De validiteit van deze taak is goed (Eriksen & Schultz, 1979, zoals geciteerd in Stins, Van Baal, Polderman, Verhulst, & Boomsma, 2004).

Word Recall Backwards. Voor het meten van verbale updating wordt gebruik gemaakt van Word Recall Backwards (Alloway, 2007). In deze taak noemt een digitale stem een serie van semantisch ongerelateerde woorden, waarna het kind wordt gevraagd de woorden achterstevoren te herhalen. De taak begint met het onthouden van twee woorden en kan oplopen tot het onthouden van vijf woorden. De taak is opgebouwd uit verschillende blokken. Bij vier correcte antwoorden gaat het kind door naar het volgende blok. De taak wordt automatisch afgebroken na het geven van drie incorrecte antwoorden binnen hetzelfde blok. Het aantal correct herhaalde items wordt geteld. De diagnostische validiteit van deze taak voor kinderen met werkgeheugenproblemen is goed (Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott, 2008). De test-hertest betrouwbaarheid van deze taak is .76 (Boonen, Kolkman, & Kroesbergen, 2011).

Odd One Out. Om visuo-spatiele updating te meten wordt gebruik gemaakt van de Odd One Out taak (Alloway, 2007). Bij deze taak krijgt het kind op het scherm drie plaatjes te zien. Een van deze plaatjes heeft een andere vorm dan de andere twee. Het kind moet onthouden op welke plaats het afwijkende plaatje stond. Er worden vervolgens drie lege vakjes getoond. Het kind moet dan aanwijzen waar het afwijkende plaatje stond. De taak is opgebouwd uit verschillende blokken. De taak wordt automatisch afgebroken na het geven van drie incorrecte antwoorden binnen hetzelfde blok. Het aantal correct herhaalde items wordt geteld. De diagnostische validiteit van deze taak voor kinderen met werkgeheugenproblemen is goed (Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott, 2008). De test-hertest betrouwbaarheid van deze taak is .81 (Boonen, Kolkman, & Kroesbergen, 2011).

Dimensional Changing Card Sorting. Voor het meten van shifting wordt gebruik gemaakt van de Dimensional Changing Card Sorting taak (Zelazo, 2006). In deze taak zien de kinderen kaarten met blauwe en rode boten en konijnen. In de eerste fase moeten de kinderen

de kaarten sorteren op kleur en in de tweede fase op vorm. In de derde fase moeten de kinderen de goede sorteerregel kiezen aan de hand van een zwarte rand die wel of niet verschijnt rond de te sorteren figuur. Het aantal goed beantwoorde items in de derde fase wordt gebruikt als score voor shifting. Deze taak is betrouwbaar vanaf vijfjarige leeftijd, omdat het voor jongere kinderen moeilijk is om te switchen tussen de verschillende sorteerregels (Bialystok, Sherry, Shanker, & Codd, 2003).

Rekenvaardigheid.

CITO Rekenen. Om de rekenvaardigheid van de kinderen te meten wordt gebruik gemaakt van de scores op het onderdeel rekenen van de CITO toetsen. De toets CITO rekenen M3 is onderdeel van het leerlingvolgsysteem van CITO. Deze toets is door de scholen zelf afgenomen. De opgaven van de toets hebben betrekking op een grote hoeveelheid aan kennis, inzichten en vaardigheden. Het reken-/wiskundeonderdeel meet verschillende rekenkundige en wiskundige vaardigheden, zoals basiskennis en begrip van getallen, optellen, aftrekken, meten en tijdsbegrip. De toets voor midden groep 3 bestaat uit 50 opgaven die worden voorgelezen door de leerkracht.

Voor alle uitgevoerde toetsen geldt een alpha van .05. De analyses worden uitgevoerd voor groep 1, groep 3 en de groeiscoringen tussen groep 1 en groep 3.

Om te onderzoeken of er een relatie is tussen de verschillende executieve functies en de rekenvaardigheid wordt gebruik gemaakt van een Pearson's productmomentcorrelatie. Tevens zal onderzocht worden wat de voorspellende waarde van de executieve functies inhibitie, shifting en updating is op het niveau van rekenvaardigheid van kinderen in groep 3. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een multi-pele regressieanalyse.

Voor leerlingen die missende scores hadden is het gemiddelde van de variabele als score ingevoerd. Om de vooruitgang op de verschillende executieve functies te berekenen is er gebruik gemaakt van verschilcores. Deze zijn berekend door de score in groep 1 af te trekken van de scores in groep 3. Er is gekeken naar de aanwezigheid van outliers. Er was bij enkele variabelen sprake van outliers, maar er is voor gekozen de outliers wel mee te nemen in de analyses omdat de steekproef voldoende groot is om tot een betrouwbaar resultaat te komen.

Resultaten

De beschrijvende statistieken van de scores op de verschillende executieve functies, uitgesplitst naar meetmoment, de verschillcores en de rekenvaardigheid staan beschreven in Tabel 1.

Tabel 1.

Beschrijvende statistieken van de scores op de verschillende executieve functies, uitgesplitst naar groep, de verschillcores en de rekenvaardigheid

	Groep 1		Groep 3		Verschilscore		Theoretisch	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>min.</i>	<i>max.</i>
Inhibitie	17.07	3.52	19.15	1.73	2.08	3.59	0	30
Verbale updating	2.85	2.26	5.51	1.75	2.66	2.48	0	28
Visuele updating	7.13	2.40	11.61	2.27	4.48	2.76	0	28
Shifting	5.92	1.86	7.94	.54	2.02	3.06	0	12
Rekenvaardigheid			36.34	11.81			0	50

Uit de beschrijvende statistieken komt naar voren dat de leerlingen in zowel groep 1 als groep 3 de hoogste gemiddelde score behalen op inhibitie. Tevens is te zien dat er groei is op alle executieve functies, met de meeste groei op de executieve functie visuele updating.

Met behulp van een Pearson's productmoment correlatiecoëfficiënt wordt de samenhang tussen de executieve functies in groep 1, groep 3 en de vooruitgang tussen groep 1 en 3 binnen de verschillende executieve functies en de rekenvaardigheid van kinderen in groep 3 berekend. In Tabel 2 staan deze correlaties weergegeven.

Uit de Pearson's productmoment correlatiecoëfficiënt blijkt dat er een positieve samenhang bestaat tussen inhibitie in groep 1 en rekenvaardigheid: $r = .33$; $p = .01$. Er is geen relatie tussen inhibitie in groep 3 en rekenvaardigheid: $r = .02$; $p = .89$. Er bestaat een negatieve samenhang tussen de vooruitgang binnen de executieve functie inhibitie en de rekenvaardigheid: $r = -.32$; $p = .01$. Dit betekent dat een hogere verschillscore op inhibitie leidt tot een lagere score op rekenvaardigheid.

Tussen verbale updating in groep 1 en rekenvaardigheid bestaat een positieve samenhang ($r = .27$; $p = .03$). Er is geen relatie tussen verbale updating in groep 3 en rekenvaardigheid: $r = .20$; $p = .10$. Ook tussen de vooruitgang in verbale updating en

rekenvaardigheid is geen verband gevonden: ($r = -.11$; $p = .39$).

Er bestaat geen relatie tussen visuele updating in groep 1 en rekenvaardigheid ($r = .06$; $p = .61$). In groep 3 is er wel een verband tussen visuele updating en rekenvaardigheid ($r = .37$; $p = .00$). Ook tussen de vooruitgang in visuele updating en rekenvaardigheid bestaat positieve samenhang ($r = .25$; $p = .04$).

Zowel in groep 1 ($r = .15$; $p = .22$), groep 3 ($r = .17$; $p = .17$) als in de vooruitgang tussen groep 1 en groep 3 ($r = .05$; $p = .69$) is geen relatie gevonden tussen shifting en rekenvaardigheid.

Tabel 2.

Correlaties tussen de executieve functies in groep 1, groep 3 en de vooruitgang binnen de verschillende executieve functies tussen groep 1 en groep 3 en de rekenvaardigheid van kinderen in groep 3

	Rekenvaardigheid		
	Groep 1	Groep 3	Verschilscore
Inhibitie	.33**	.02	-.32**
Verbale updating	.27*	.20	-.11
Visuele updating	.06	.37**	.25*
Shifting	.15	.17	.05

Noot. * $p < .05$ ** $p \leq .01$

Er zijn drie multiële regressieanalyses uitgevoerd om te bekijken in hoeverre de verschillende executieve functies in groep 1, groep 3 en de verschilcores van de executieve functies de rekenvaardigheid van kinderen in groep 3 voorspellen. Alle variabelen zijn hierin tegelijk meegenomen. De resultaten van deze regressieanalyses worden gepresenteerd in Tabel 3.

Tabel 3.

Regressieanalyses van de executieve functies in groep 1, groep 3 en de verschillen en rekenvaardigheid

		Rekenvaardigheid			
		R^2	β	t	B
Groep 1	Inhibitie	.19	.34**	2.76	1.13
	Verbale updating		.25*	2.14	1.29
	Visuele updating		-.14	-1.10	-.67
	Shifting		.13	1.15	.83
Groep 3	Inhibitie	.16	.01	.06	.05
	Verbale updating		.06	.45	.39
	Visuele updating		.33**	2.63	.73
	Shifting		.14	1.20	.65
Verschil	Inhibitie	.17	-.32**	-2.80	-1.06
	Verbale updating		-.15	-1.26	-.69
	Visuele updating		.23†	1.96	.97
	Shifting		.02	.20	.09

Noot. * $p < .05$ ** $p \leq .01$ † $p < .10$

Uit de regressieanalyse blijkt dat inhibitie en verbale updating in groep 1 significante voorspellers zijn voor rekenvaardigheid. Het percentage verklaarde variantie op meetmoment één is 19%. Dit betekent dat 19% van de variantie van rekenvaardigheid in groep 3 verklaard kan worden door inhibitie en verbale updating in groep 1.

In groep 3 is alleen visuele updating een significante voorspeller voor rekenvaardigheid. Het percentage verklaarde variantie is 16%, wat betekent dat 16% van de variantie van rekenvaardigheid in groep 3 verklaard kan worden door visuele updating in groep 3.

Inhibitie is een significante voorspeller voor rekenvaardigheid in groep 3 wanneer gekeken wordt naar de vooruitgang tussen groep 1 en groep 3. Het percentage verklaarde variantie van de groei is 17%. Van de variantie in rekenvaardigheid in groep 3 wordt 17% verklaard door de vooruitgang in inhibitie tussen groep 1 en groep 3. De vooruitgang in visuele updating tussen groep 1 en groep 3 is marginaal significant.

Conclusie en discussie

Het doel van deze studie was het onderzoeken van de rol van de executieve functies inhibitie, shifting en updating in het niveau van rekenvaardigheid van kinderen in groep 3. Er werd onderzocht hoe de executieve functies samenhangen met het niveau van rekenvaardigheid en wat de voorspellende waarde van de executieve functies op rekenvaardigheid is.

Uit eerder onderzoek blijkt dat kinderen die problemen hebben in de uitvoering van de verschillende executieve functies inhibitie, shifting en updating vaker rekenproblemen laten zien (Brocki & Bohlin, 2004; Carlson, 2005; D'Amico & Guarnera, 2005; Fürst & Hitch, 2000; Passolunghi, Cornoldi, & de Liberto, 1999; Passolunghi & Pazzaglia, 2004; 2005; Passolunghi & Siegel, 2001; Senn, Espy, & Kaufmann, 2004). Het is daarom belangrijk te onderzoeken hoe rekenvaardigheid zich ontwikkelt en hoe problemen in de uitvoering van de executieve functies inhibitie, shifting en updating bijdragen aan deze problemen zodat vroegtijdige onderkenning mogelijk wordt (Clark et al., 2010).

Onderzoek naar de rol van executieve functies is nodig om meer duidelijkheid te krijgen over de mate waarin executieve functies samenhangen met en een voorspellende waarde hebben op het niveau van rekenvaardigheid. Wanneer de rol van executieve functies duidelijk in kaart gebracht wordt kan dit aanwijzingen bieden voor de signalering en interventiemogelijkheden bij rekenproblemen.

In dit onderzoek stond de volgende onderzoeksvraag centraal: Wat is de rol van inhibitie, shifting en updating in het niveau van rekenvaardigheid van kinderen in groep 3? Op basis van wetenschappelijke literatuur werd verwacht dat de verschillende executieve functies een rol spelen in de rekenvaardigheid, waarbij updating en inhibitie een grotere rol spelen dan shifting (Blair & Razza, 2007; Brock et al., 2009; Bull & Scerif, 2001, Espy et al., 2004; van der Sluis et al., 2007).

Inhibitie in groep 1 en de vooruitgang in inhibitie tussen groep 1 en groep 3 bleken significant samen te hangen met rekenvaardigheid. Voor verbale updating geldt dat er alleen een relatie met rekenvaardigheid is in groep 1. Visuele updating in groep 3 en de vooruitgang in visuele updating tussen groep 1 en groep 3 bleken eveneens significant samen te hangen met rekenvaardigheid. Voor de executieve functie shifting werd geen relatie gevonden met rekenvaardigheid.

Uit dit onderzoek bleek dat in groep 1 inhibitie en verbale updating significante voorspellers zijn voor rekenvaardigheid. In groep 3 is alleen visuele updating een significante

voorspeller voor rekenvaardigheid. Wanneer gekeken werd naar de vooruitgang in executieve functies tussen groep 1 en groep 3 bleek dat alleen inhibitie een significante voorspeller is. Shifting is geen voorspeller voor rekenvaardigheid. De resultaten voor de executieve functies inhibitie en updating zijn in overeenstemming met de verwachtingen. De resultaten voor de executieve functie shifting zijn niet in overeenstemming met de verwachtingen, omdat er werd verwacht dat shifting wel een (kleine) rol speelt in de rekenvaardigheid (Blair & Razza, 2007; Brock et al., 2009; Bull & Scerif, 2001, Espy et al., 2004; van der Sluis et al., 2007).

Met de resultaten van dit onderzoek worden de bevindingen uit eerdere onderzoeken onderbouwd. De executieve functies inhibitie, verbale updating en visuele updating hangen significant samen met en zijn significante voorspellers voor het niveau van rekenvaardigheid; de executieve functie shifting hangt niet significant samen met en is geen significante voorspeller voor het niveau van rekenvaardigheid. Uit dit onderzoek kwam eveneens naar voren dat in groep 1 sprake is van een relatie tussen verbale updating en rekenvaardigheid en dat dit tevens een significante voorspeller is voor rekenvaardigheid. In groep 3 is sprake van een relatie tussen visuele updating en rekenvaardigheid en ook is deze executieve functie dan een significante voorspeller. Dit resultaat onderschrijft de bevinding van Meyer, Salimpoor, Wu, Geary en Menon (2010), die stellen dat er een verschuiving plaatsvindt van verbaal (meer gebruik van de fonologische lus) in de vroege rekenontwikkeling naar meer visueel (meer gebruik van het visueel-ruimtelijk schetsblok) in latere fases van de rekenontwikkeling.

Dit onderzoek laat een aantal beperkingen zien. Ten eerste is er gebruik gemaakt van een kleine onderzoeksgroep. Ten tweede zijn de gegevens niet generaliseerbaar naar andere leeftijden en andere leergebieden. Ten derde is er in het onderzoek gebruikt gemaakt van correlatieve onderzoekstechnieken. Met het gebruik van deze correlaties kan echter niets gezegd worden over mogelijke causale verbanden tussen de executieve functies en rekenvaardigheid. Een vierde beperking is dat dezelfde taken op verschillende meetmomenten zijn afgenomen. Philips (1997, in Bull & Scerif, 2001) geeft aan dat een executieve functie het beste getest kan worden wanneer zowel de taak inhoudelijk als de vorm nieuw voor het kind is. In het huidige onderzoek zit steeds enkele maanden tussen de meetmomenten. Toch is er een kans dat het kind zich iets herinnert van de eerdere meetmomenten en dit kan de meting beïnvloeden. Als laatste dient opgemerkt te worden dat er binnen dit onderzoek alleen is gekeken naar de rol van de executieve functies inhibitie, shifting en updating in het niveau van rekenvaardigheid van kinderen in groep 3. Dit zijn waarschijnlijk niet de enige factoren zijn die de rekenvaardigheid kunnen beïnvloeden.

Een sterk punt van dit onderzoek is het longitudinale design. Doordat de leerlingen enkele jaren gevolgd worden kunnen de veranderingen door de tijd heen gevolgd worden. Zo kan er gekeken worden of de scores op de taken die executieve functies meten verbeteren en daarom kan er voorzichtig iets gezegd worden over causale relaties. Een ander sterk punt van dit onderzoek is dat er drie executieve functies (inhibitie, shifting en updating) in het onderzoek zijn betrokken. Door inhibitie, shifting en updating in het onderzoek te betrekken wordt duidelijk welke rol deze verschillende executieve functies in de rekenvaardigheid spelen en zijn de onduidelijkheden wat betreft de relatie met rekenvaardigheid en de voorspellende waarde van de executieve functies in rekenvaardigheid opgelost.

In een volgend onderzoek zou kunnen worden gekeken naar de rol van executieve functies in de rekenvaardigheid in de hogere klassen van de basisschool. In dit onderzoek is alleen gekeken naar de rekenvaardigheid in groep 3. Het onderzoek zou uitgebreid kunnen worden met de hogere klassen op de basisschool, zodat er beter onderbouwde voorspellingen over de rol van executieve functies in de rekenvaardigheid bij kinderen in de basisschool kunnen worden gedaan.

In dit onderzoek is vastgesteld dat de executieve functies inhibitie, verbale updating en visuele updating significant samenhangen met en significante voorspellers zijn voor het niveau van rekenvaardigheid bij kinderen in groep 3. De executieve functie shifting hangt niet significant samen met en is geen significante voorspeller voor het niveau van rekenvaardigheid in groep 3. De resultaten van dit onderzoek kunnen bijdragen aan de kennis over de rol van executieve functies in het niveau van rekenvaardigheid. Deze kennis kan aanwijzingen bieden voor de signalering van en interventiemogelijkheden bij rekenproblemen en kan ingezet worden bij de vormgeving van (voorbereidend) rekenonderwijs op de basisschool. Door bijvoorbeeld het geven van een werkgeheugentraining kunnen de executieve functies verbeteren en is er minder kans op rekenproblemen.

Referenties

- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London: Pearson Assessment. Translated and reproduced by permission of Pearson Assessment.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirtkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *Educational Psychology, 28*, 725-734.
- Assel, M. A., Landry, S. H., Swank, P., Smith, K. E., & Steelman, L. M. (2003). Precursors to Mathematical Skills: Examining the Roles of Visual-Spatial Skills, Executive Processes, and Parenting Factors. *Applied Developmental Science, 7*, 27-38.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders, 36*, 189-208.
- Bialystok, E., Sherry, S. B., Shanker, S., & Codd, J. (2003). Executive function deficits in children with autism. *Journal of Communication and Learning Disorders, 7*, 37-55.
- Blair, C., Knipe, H., & Gamson, D. (2008). Is There a Role for Executive Functions in the Development of Mathematics Ability? *Mind, Brain and Education, 2*, 80-89.
- 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*, 647-663.
- Boonen, A. J. H., Kolkman, 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.
- Brock, L. L., Rimm-Kaufmann, S. E., Nathanson, L., & Grimm, K. J. (2009). The contributions of 'hot' and 'cool' executive function to children's academic achievement, learning-related behaviors, and engagement in kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly, 24*, 337-349.
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive Functions in Children Aged 6 to 13: A Dimensional and Developmental Study. *Developmental Neuropsychology, 26*, 571-593.
- Bull, R., Espy, K., & 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.
- Bull, R., Johnston, R. S., & Roy, J. A. (1999). Exploring the Roles of the Visual-Spatial Sketch Pad and Central Executive in Children's Arithmetical Skills: Views from

- Cognition and Developmental Neuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, 15, 421-442.
- 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.
- Carlson, S. M. (2005). Developmentally Sensitive Measures of Executive Function in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, 28, 595-616.
- Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool Executive Functioning Abilities Predict Early Mathematics Achievement. *Developmental Psychology*, 46, 1176-1191.
- D'Amico, A., & Guarnera, M. (2005). Exploring working memory in children with low arithmetical achievement. *Learning and Individual Difficulties*, 15, 189-202.
- Dehaene, S. (2001). Précis of The Number Sense. *Mind & Language*, 16, 16-36.
- De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 469-479.
- 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 to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 186-201.
- Espy, K., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Meade Stalets, M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The Contribution of Executive Functions to Emergent Mathematic Skills in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 465-486.
- Fürst, A. J., & Hitch, G. J. (2000). Separate roles for executive and phonological components of working memory in mental arithmetic. *Memory & Cognition*, 28, 774-782.
- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70, 177-194.
- Gathercole, S. E., Brown, L., & Pickering, S. J. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of National Curriculum attainment levels. *Educational and Child Psychology*, 20, 109-122.
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 37, 4-15.
- Geary, D. C., Bailey, D. H., Littlefield, A., Wood, P., Hoard, M. K., & Nugent, L. (2009).

- First-grade predictors of mathematical learning disability: A latent class trajectory analysis. *Cognitive Development*, 24, 411-429.
- 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, 226-236.
- Mazzocco, M. M. M., & Kover, S. T. (2007). A Longitudinal Assessment of Executive Function Skills and Their Association with Math Performance. *Child Neuropsychology*, 13, 18-45.
- McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working Memory Impairments in Children with Specific Arithmetic Learning Difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 240-260.
- Meyer, M.L., Salimpoor, V.N., Wu, S.S., Geary, D.C., & Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, 20, 101-109.
- 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.
- Passolunghi, M. C., Cornoldi, C., & de Liberto, S. (1999). Working memory and intrusions of irrelevant information in a group of specific poor problem solvers. *Memory & Cognition*, 27, 779-790.
- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C., & Altoè, G. (2008). Cognitive Abilities as Precursors of the Early Acquisition of Mathematical Skills During First Through Second Grades. *Developmental Neuropsychology*, 33, 229-250.
- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2004). Individual differences in memory updating in relation to arithmetic problem solving. *Learning and Individual Differences*, 14, 219-230.
- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2005). A comparison of updating processes in children good or poor in arithmetic word problem-solving. *Learning and Individual Differences*, 15, 257-269.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-Term Memory, Working Memory, and Inhibitory Control in Children with Difficulties in Arithmetic Problem Solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 44-57.

- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, *88*, 348-367.
- 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.
- Senn, T. E., Espy, K., & Kaufmann, P. M. (2004). Using Path Analysis to Understand Executive Function Organization in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, *26*, 445-464.
- 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*, 745-759.
- 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*, 49.
- Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The Relationship Between Working Memory and Mathematical Problem Solving in Children at Risk and Not at Risk for Serious Math Difficulties. *Journal of Educational Psychology*, *96*, 471-491.
- Swanson, H. L., & Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: both executive and phonological processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology* *79*, 294–321.
- 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.
- 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.
- Zelazo, P. D. (2006). The dimensional change card sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, *1*, 297-301.