

De Relatie Tussen De Executieve Functies Shifting, Inhibitie En Updating En

Rekenvaardigheid Nader Bekeken

Master thesis

Utrecht University

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

Rowan Valkenburg 3905772

Supervisor: Helene Vos

Tweede beoordelaar: Lex Wijnroks

Datum: 2019-2020

Voorwoord

Met veel enthousiasme ben ik begonnen aan dit onderzoek. Gedurende het proces van schrijven, analyseren en interpreteren ben ik tegen een aantal problemen aangelopen. Met behulp van mijn begeleidster, maar ook zelfstandig heb ik deze problemen kunnen oplossen. Zo was het op het begin lastig om een goede onderzoeksvraag op te stellen die echt iets toevoegt aan de wetenschap. Daarnaast was het lastig om een keuze te maken tussen de verschillende analysemethoden om niet te kort te doen aan het onderzoek. Uiteindelijk is alles op tijd rondgekomen, mede door fijne hulp van mijn begeleidster.

Graag wil ik mijn dank uiten naar Helene. Ik heb veel geleerd van de begeleiding van Helene. De communicatie verliep soepel en wanneer ik haar nodig had, stond ze altijd klaar om te helpen. Ze heeft mij inzichten gegeven in hoe ik mijn stuk kon verbeteren en waar ik scherper kon formuleren. Al met al was de samenwerking heel prettig. Daarnaast ook een korte dank naar Marije. De algemene bijeenkomsten waren goed gestructureerd en het afnemen van de taken bij de verschillende scholen was goed geregeld. Alles stond klaar en de afspraken waren helder. Daarnaast is er door beide, Helene en Marije, goed ingespeeld op de sluiting van de Universiteit.

Tot slot wil ik alle leerlingen en de scholen bedanken die hebben meegedaan met het onderzoek. Zonder hen geen resultaten en dus geen scriptie. Het vergt een of soms twee dagen van een klas, wat niet altijd makkelijk is in te plannen. De scholen zijn heel flexibel geweest, waardoor alle taken soepel konden worden afgenomen.

Samenvatting

Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat rekenvaardigheid is gerelateerd aan het werkgeheugen en de daarbij horende executieve functies. De onderzoeksresultaten zijn echter inconsistent en het is onduidelijk welke executieve functie rekenvaardigheid voorspelt. Het doel van dit onderzoek is het onderzoeken van de relatie tussen executieve functies (d.w.z. inhibitie, shifting en updating) en rekenvaardigheid. De steekproef bestond uit 156 basisschoolleerlingen tussen 7 en 12 jaar. De leerlingen zijn jaarlijks in drie waves getest. Drie multiële regressieanalyses zijn uitgevoerd om te onderzoeken welke executieve functies belangrijke voorspellers zijn voor rekenvaardigheid. In iedere wave bleek dat updating een unieke voorspeller is voor rekenvaardigheid. De resultaten bevestigen voorgaand onderzoek. Omdat updating zich blijft ontwikkelen tot in de jonge volwassenheid, zal toekomstig onderzoek zich moeten richten op kinderen boven de leeftijd van 12 jaar om de rol van updating in rekenvaardigheid verder te onderzoeken.

Sleutelwoorden: Rekenvaardigheid, Executieve functies, inhibitie, shifting, updating

Abstract

Various studies have shown that mathematical ability is related to working memory and the associated executive functions. However, research results are inconsistent and it is still unclear which executive function predicts mathematical ability. Therefore, the aim of this longitudinal study was to investigate whether there is a relationship between executive functions (i.e. inhibition, shifting and updating) and mathematical ability. The sample included 156 primary school students between 7 and 12 years of age. The students were tested annually for three waves. Three multiple regression analyses were used to examine whether executive functions are relevant predictors of mathematical ability. In every wave, the results indicated that only updating was a unique predictor of mathematical ability. The students' accuracy score on updating were linked to high scores on mathematical ability. The results confirm previous research. Because updating develops into early adulthood, future research should focus on children above the age of 12 to further examine the role of updating in mathematic ability.

Keywords: Mathematical ability, executive functions, inhibition, shifting, updating

RUNNING HEAD: EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

De relatie tussen executieve functies en rekenvaardigheid: een longitudinale studie

Rekenvaardigheid is belangrijk in dagelijkse activiteiten en bij het maken van belangrijke beslissingen (Ancker & Kaufman, 2007). Rekenvaardigheden zijn bijvoorbeeld belangrijk bij het uitrekenen van prijzen in supermarkten, maar ook bij medische beslissingen, zoals het berekenen van een lager cholesterolgehalte bij het ontbijt om de kans op hartfalen te verkleinen (Reyna, Nelson, Han & Dieckmann, 2009). Sommige onderzoekers zijn ervan overtuigd dat men wordt geboren met een gevoel voor getallen: number sense (Dehaene, 2001). Vanaf jonge leeftijd maken mensen kennis met getallen. Zo is het leren tellen een voorloper van latere rekenvaardigheid (Aunola, Leskinen, Lerkkanen, & Nurmi, 2004). Rekenvaardigheid bestaat uit conceptuele en procedurele vaardigheden (Rittle-Johnson & Siegler, 1998). Conceptuele kennis betreft inzicht dat nodig is voor rekenen, zoals causale verbanden doorzien en het zien van verschillen en overeenkomsten. Procedurele kennis is de manier waarop er wordt gerekend. Deze rekenvaardigheden worden ondersteund door verschillende cognitieve systemen, zoals het werkgeheugen (Geary, 2004; Kattou, Kontoyianni, Pitta-Pantazi & Christou, 2013). Vanwege het belang van rekenvaardigheid, is onderzoek naar onderliggende cognitieve processen wenselijk.

Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat rekenvaardigheid samenhangt met het werkgeheugen en de daarbij horende executieve functies [EF] (Bull, Espy, Wiebe, Sheffield, & Nelson, 2011; Lee, Ng, & Ng, 2009; Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012). Een van de bekendste werkgeheugenmodellen is die van Baddeley (1986, 1996, 2000). Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen vier componenten: het centraal executief systeem, de fonologische lus, het visueel-ruimtelijke schetsblok en de episodische buffer. Het centraal executieve systeem controleert en coördineert binnenkomende informatie en daarnaast de drie andere componenten. De fonologische lus regelt de tijdelijke opslag van verbale informatie, het visueel-ruimtelijke schetsblok regelt de tijdelijke opslag van visueel-ruimtelijke informatie en de episodische buffer integreert verschillende soorten informatie. Het centrale executieve systeem bestaat uit verschillende EF die informatie uit het langetermijngeheugen ophalen en bewerken (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howeter, & Wager, 2000). EF zijn hogere orde processen in de hersens die betrokken zijn bij de uitvoering van complexe cognitieve taken (Lindsay, Tomazic, Levine, & Accardo, 1999; Miyake et al., 2000). Ook zorgen EF voor onderdrukking van geautomatiseerde responsen. Een aantal onderzoeken beschrijven een driedeling van EF die met elkaar in verband worden gebracht: inhibitie, shifting en updating (Espy, McDiarmid, Cwik, Stalets, Hamby & Senn, 2004; Miyake et al., 2000; Pennington, 1997).

RUNNING HEAD: EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

Inhibitie is één van deze drie EF. Inhibitie is het stoppen of ongedaan maken van een mentaal proces, waarbij afleidingen worden genegeerd (De Haan, Mareschal, Butterworth, & Tolmie, 2013; Macleod, 2007; Bari & Robbins, 2013). Uit onderzoek blijkt dat inhibitie samenhangt met rekenvaardigheid (Blair & Razza, 2007; Bull & Scerif, 2001; Kroesbergen, Van der Ven, Kolkman, Van Luit & Leseman, 2009; Rotzer, Loenneker, Kucian, Martin, Klaver & Von Aster, 2009). Onderzoek bij jonge kinderen liet zien dat inhibitie gerelateerd is aan voorbereidende rekenvaardigheid en een goede inhibitie zou leiden tot een voorsprong op rekengebied (Bull et al., 2011; Bull & Scerif, 2001). Andere onderzoeken lieten zien dat er geen relatie is tussen inhibitie en rekenvaardigheid (Andersson, 2008; Rasmussen & Bisanz, 2005). De tegenstrijdigheden kunnen worden verklaard door de gebruikte meetinstrumenten en de leeftijd van de participanten. Inhibitie werd in het onderzoek van Andersson (2008) gemeten door de stroop-taak bij kinderen van zes en zeven jaar. Deze taak bleek al eerder heel moeilijk bij kinderen tot zeven jaar doordat de taak een sterk beroep doet op aandacht (Gerstadt, Hong & Diamond, 1994). Ook ander onderzoek (Toll, Van der Ven, Kroesbergen & Van Luit, 2011) met kinderen van gemiddeld 6.5 jaar, vond geen samenhang tussen inhibitie en rekenvaardigheid. Dit kan mede komen door de jonge leeftijd en de relatief minder complexe rekentaken op deze leeftijd. Vanaf groep drie leren kinderen steeds complexere taken uit te voeren op het gebied van rekenen en moeten geautomatiseerde reacties steeds meer onderdrukt worden bij bijvoorbeeld optellen (Kroesbergen et al., 2009). Nieuw onderzoek is nodig, waarbij leeftijdsadequate meetinstrumenten worden gebruikt of waarbij de participanten een oudere leeftijd hebben dan zeven, omdat veel onderzoek gedaan is naar deze leeftijd of jonger.

Naast inhibitie speelt mogelijk shifting een rol bij rekenvaardigheid (Kroesbergen et al., 2009; Yeniad, Malda, Mesman, Marinus, Van IJzerdoorn & Pieper, 2012). Shifting is het kunnen wisselen tussen taken en/of strategieën. Dit is van belang bij het uitvoeren van complexere rekentaken, waarbij er geschakeld moet worden tussen optellen/ aftrekken of wanneer keersommen aan de orde komen (Kroesbergen et al., 2009). De resultaten wat betreft shifting en rekenvaardigheid lopen uiteen, waarbij een aantal onderzoeken geen relatie vonden tussen rekenvaardigheid en shifting (Toll. et al., 2011; Van der Sluis, Van der Leij & De Jong, 2005). Blair en Razza (2007) suggereerden dat het gebrek aan verklaarde variantie wellicht kan worden verklaard door overlap met een andere executieve functie: inhibitie. Ook zou leeftijd een rol kunnen spelen, omdat de onderzochte leeftijd vaak jong is (tot zeven jaar). Dit argument wordt versterkt door een andere studie die wel een relatie aantoonde tussen shifting en rekenvaardigheid, waarbij de leeftijd lag op gemiddeld 10 jaar (Andersson, 2007).

Shifting zou mogelijk belangrijker worden op latere leeftijd, wanneer bij complexe rekentaken afwisselend optellen en aftrekken moet worden gebruikt (Kroesbergen et al., 2009).

Tot slot is updating gerelateerd aan rekenvaardigheid (Rasmussen & Bisanz, 2005; Passolunghi & Pazzaglia, 2005). Updating is het wijzigen van opgeslagen informatie in het werkgeheugen wanneer nieuwe input wordt gegeven en is van belang bij de bewerking en verwerking van deze informatie (Kroesbergen et al., 2009; Morris & Jones, 1990). Updating kan worden verdeeld in visueel- en verbaal updatingsvermogen (Oberauer, Süß, Wilhelm & Wittman, 2003). Visuele updating is van belang bij het onthouden van locaties van plaatjes. Verbale updating is belangrijk bij het onthouden van tussenantwoorden van sommen, zodat de uiteindelijke som kan worden uitgerekend. Beide vormen van updating zijn gerelateerd aan rekenvaardigheid (De Smedt, Janssen, Bouwens, Verschaffel, Boets & Ghesquière, 2009; Passolunghi, Mammarella & Altoè, 2008; Passolunghi & Pazzaglia, 2004), echter correleert verbale updating niet altijd met rekenvaardigheid (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Van der Sluis et al., 2005).

Verschillende verklaringen zijn mogelijk voor de tegenstrijdige resultaten wat betreft de relatie tussen EF en rekenvaardigheid. Ten eerste zouden de tegenstrijdige resultaten te wijten kunnen zijn aan leeftijd. EF ontwikkelen zich tot in de adolescentie (Fisk & Sharp, 2004; Huizinga, Dolan & Van der Molen, 2006; Huizinga, 2007). De ontwikkeling verloopt niet synchroon bij de verschillende EF. Shifting blijkt tot de leeftijd van 15 nog in ontwikkeling te zijn, inhibitie verbetert tot 11 jaar en de ontwikkeling van updating loopt door tot in de jongvolwassenheid (Huizinga et al., 2006). Ten tweede worden de rekentaken complexer op latere leeftijd, waardoor de rol van EF groter kan worden, naarmate kinderen in een hogere groep komen. Tot nu toe is weinig gebruik gemaakt van longitudinale studies wanneer rekenvaardigheid wordt gerelateerd aan EF (Kroesbergen et al., 2009). Vanwege de ontwikkeling van EF over leeftijd is een longitudinale studie wenselijk. Ten derde kunnen de soort taken die worden afgenomen bij kinderen ook een rol spelen. Standaardtesten hebben een bepaalde complexiteit en moeilijkheidsgraad, terwijl CITO-scores per leerjaar in complexiteit toenemen (Hop, Scheltens, Janssen & Engelen, 2016). Ook de taken waarmee EF gemeten, zullen de uitkomsten beïnvloeden.

Op basis van de opvallende tegenstrijdige resultaten van de relatie tussen EF en rekenvaardigheid en de ontwikkeling van EF naarmate men ouder wordt, is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: ‘Wat is de relatie tussen de executieve functies inhibitie, shifting en updating en rekenvaardigheid in de groepen vijf, zes en zeven?’. Doordat er gebruik

gemaakt wordt van een longitudinale studie kan de ontwikkeling van de EF naast die van de rekenvaardigheid worden gelegd. Ook kan naar de rol van leeftijd worden gekeken en wordt er onderzoek gedaan bij kinderen in de leeftijd van zeven tot en met twaalf jaar. De meeste onderzoeken hebben positieve relaties gevonden tussen de EF rekenvaardigheid (o.a. Bull et al., 2011; Lee et al., 2009; Van der Ven et al., 2012), waardoor wordt verwacht dat (H1) er een positieve relatie is tussen inhibitie en rekenvaardigheid, (H2) er een positieve relatie is tussen shifting en rekenvaardigheid en dat (H3) er een positieve relatie is tussen updating en rekenvaardigheid. Daarnaast wordt verwacht dat (H4) er een positieve relatie is tussen leeftijd en EF.

Methode

Participanten

Voor dit onderzoek zijn 550 scholen benaderd. Negen daarvan hebben toegezegd mee te doen. Op deze scholen deden elf groepen vijf mee in het eerste jaar. Tijdens de eerste meting deden 156 kinderen mee en deze zijn over drie jaar heen getest. De groep bestaat uit 76 jongens (49%) en 80 meisjes (51%). De leeftijden op wave één liggen tussen de zeven en tien jaar met een gemiddelde leeftijd $M = 8.40$. De gemiddelde leeftijd op wave twee $M = 9.40$. De gemiddelde leeftijd op wave drie $M = 10.40$. Voor dit onderzoek zijn er geen exclusiecriteria.

Procedure

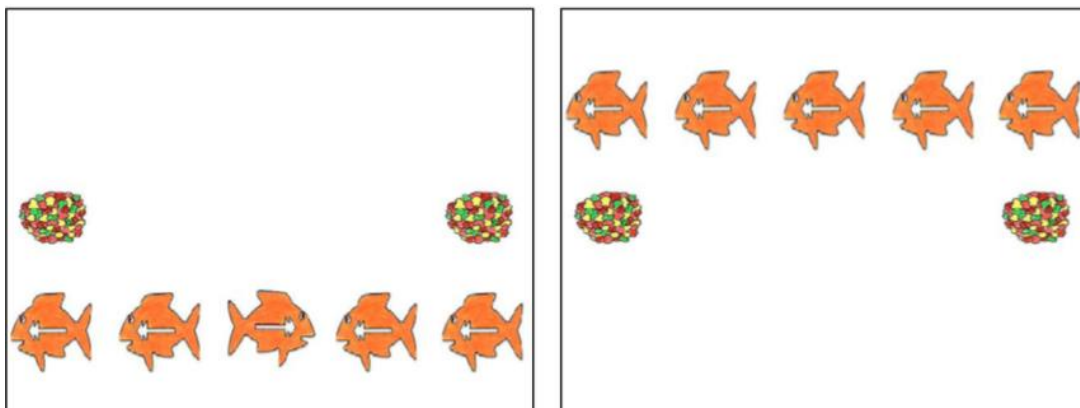
Deze studie draagt bij aan een overkoepelende studie waarbij is gekeken naar de relatie tussen EF, rekenvaardigheid en creativiteit. Er is gebruik gemaakt van informed consent. De school geeft als eerste toestemming voor het onderzoek, waarna ouders een informatiebrief en een toestemmingsverklaring krijgen. Een ingevulde en teruggekeerde toestemmingsverklaring betekent participatie van de leerling in het onderzoek. Voor de start van het onderzoek is er toestemming verleend door de ethische commissie van de Universiteit van Utrecht.

Voor ieder kind bestaat de afname uit driemaal twee testdagen gedurende drie jaar. De afname begon klassikaal met opgaven uit het opgaveboekje (Tempo Test Rekenen, Nederlandse Intelligentietest Onderwijs, Rakit Woordbetekenis en Tekening Afmaken) en duurde een uur. Deze onderdelen worden niet meegenomen in deze studie. Na het klassikale gedeelte, maakten de kinderen in 30 minuten de laptotaken (Leeuwenspel, Vissenspel en Apenspel) in groepjes van zes, waarbij twee testleiders aanwezig waren. Op dag twee werd de Utrechtse Reken- en Creativiteitstaak klassikaal gemaakt in 30 minuten. Deze is niet meegenomen in huidige studie. Ook hierna was de mogelijkheid om de laptotaken te maken.

Naast deze taken hebben leerkrachten en ouders verschillende vragenlijsten ingevuld. Dit heeft onder andere betrekking op verschillende stoornissen, creativiteit en werkhouding. Ook zijn de Cito-scores rekenen van de kinderen opgevraagd. Deze scores worden meegenomen in huidig onderzoek.

Meetinstrumenten

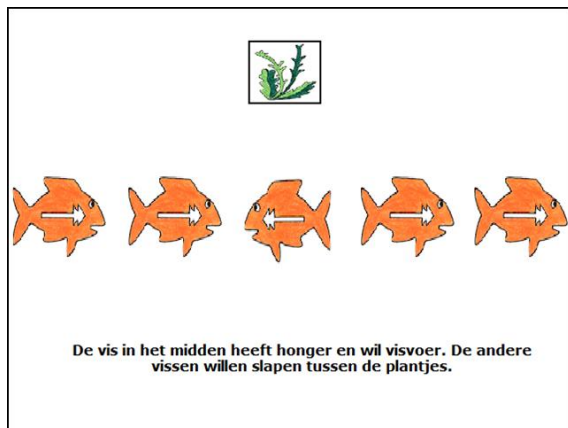
Inhibitie. Voor inhibitie is gebruik gemaakt van de aangepaste versie van de ‘Flankertask’: het vissenspel (Eriksen & Eriksen, 1974). De kinderen moeten de middelste vis identificeren en kijken welke kant deze vis opzwemt (zie figuur 1). De taak begint met vijf oefenopgaven, waarbij er feedback wordt gegeven. Hierna volgen willekeurig twintig congruente opgaven, twintig incongruente opgaven en zestien neutrale opgaven waarbij één vis te zien is. De reactietijd wordt gemeten in milliseconden. Door de reactietijd van de neutrale opgaven (algemene verwerkingssnelheid) af te trekken van de incongruente opgaven wordt inhibitie gemeten. Hier komt een gemiddelde reactietijd uit. Cronbach’s alpha voor de neutrale taken $\alpha = .84$; congruente taken $\alpha = .87$; incongruente taken $\alpha = .88$.



Figuur 1. Voorbeeld van een congruente (links) en incongruente (rechts) taak.

Shifting. Shifting is ook gemeten door middel van de aangepaste versie van de ‘Flanker task’ (Eriksen & Eriksen, 1974). Door middel van shift-taken, moeten de kinderen afwisselend van strategie wisselen. Op het moment dat een plaatje van voer (niet-shift) wordt getoond, moeten de kinderen reageren op de middelste vis. Op het moment dat er een plaatje van een plant (shift) in beeld komt, moeten de kinderen reageren op de andere vissen (zie figuur 2). Er zijn achttien voer-opgaven en 22 plant-opgaven. De reactietijd wordt in milliseconden gemeten voor de shift-plant taken. De voer-taken blijven buiten beschouwing, omdat de kinderen door het inhibitieblok al geconditioneerd zijn om op te middelste vis te reageren. Hierdoor zal de reactietijd altijd lager liggen. Uiteindelijk komt hieruit een

gemiddelde reactietijd. Cronbach's alpha in deze studie voor de reactietijd van de shift taken $\alpha = .94$.



Figuur 2. Voorbeeld shifting taak

Updating. Het verbale updatingsvermogen is gemeten door het apenspel (Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen, Jolani & Van Luit, 2016). De kinderen horen verschillende woorden en moeten deze achterstevoren aanklikken op het beeldscherm. Het aantal woorden wordt steeds meer, van twee tot zes woorden. Hier komt een gemiddeld percentage goede antwoorden uit. Voor het visuele updatingsvermogen is het leeuwenspel gebruikt (Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen, Prast & Van Luit, 2015). Hierbij moeten kinderen onthouden waar de leeuw verschijnt op het scherm in een van de zestien vakjes. In het begin moeten de kinderen één leeuw onthouden, later vijf. Ook hier komt een gemiddeld percentage goede antwoorden uit. Zowel het apenspel als het leeuwenspel duurt gemiddeld tien tot vijftien minuten. In dit onderzoek wordt een gemiddelde genomen van verbale- en visuele updating. Om een gemiddelde van beide scores te krijgen worden de scores gedeeld door twee, waardoor er een gemiddeld percentage goede antwoorden uitkomt. Beide testen zijn betrouwbaar gebleken: Cronbach's alpha $\alpha = .87$ voor zowel en apenspel als het leeuwenspel (Van de Weijer-Bergsma et al., 2016; Van de Weijer-Bergsma et al., 2015).

Rekenvaardigheid. Cito is standaard gebruikt door Nederlandse basisscholen voor onder anderen begrijpend lezen en rekenen (Janssen, Scheltens, & Kraemer, 2007). De Cito ondervangt verschillende rekencategorieën, zoals meten, percentages, verhoudingen, etc. en wordt moeilijker naarmate kinderen een klas hoger komen. Een voorbeeldvraag is: 'Met 20% korting is de prijs €3.95, wat was de oude prijs?' Voor de huidige studie zijn de somscores van de Cito gebruikt, waarbij de Cronbach's alpha ligt tussen $\alpha = .91$ en $\alpha = .94$ voor de groepen vijf en zeven (Janssen, Verhelst, Engelen & Scheltens, 2010).

Statistische analyse.

Als statistische analyse is ervoor gekozen om drie multiële regressieanalyses uit te voeren. De afhankelijke variabele in de multiële regressieanalyses is de vaardigheidsscore CITO rekenen. Voor elke wave wordt een aparte analyse uitgevoerd om daarna de verschillende waves te kunnen vergelijken. De onafhankelijke variabelen zijn inhibitie, shifting en updating.

Door onder andere ziekte van kinderen en fouten in de computertaken, zijn er in de verschillende waves random missende waarden, lopend van 7,8% tot 10,4% van de gehele dataset. Er is voor gekozen om de missende waarden te imputeren door middel van multiële imputatie, waarbij de data vijfmaal wordt geïmputeerd. Deze manier van imputatie is krachtig en betrouwbaar (Lodder, 2013). Na imputatie worden de outliers die 3 of 4 standaardafwijkingen van het gemiddelde afliggen pairwise verwijderd. Tot slot worden de assumpties getoetst voor het gebruik van multiële regressie.

Resultaten

Assumpties.

Voor het uitvoeren van multiële regressies, zullen de bijbehorende assumpties na imputatie worden gecontroleerd voor elke wave. De Assumpties voor *wave 1* zijn getoetst en de aanname van multicollineariteit blijkt niet geschonden (VIF-waarden van 1.003 tot 1.049). Normaliteit en ongecorrleerde residuen worden getoetst met de Shapiro-Wilk test (vanaf .90 normaal verdeeld) en de Durbin-Watson test (waarden tussen 1 en 3 betekent ongecorrleerd). Deze blijken voor *wave 1* niet geschonden (Durbin-Watson waarden van 1.752 tot 2.191; Shapiro-Wilk waarden boven de .97). De aannames van homoscedasticiteit en lineariteit zijn door middel van plots gecontroleerd en blijken niet geschonden. De aannames voor *wave 2* zijn eveneens niet geschonden (VIF waarden van 1.007 tot 1.059, Durbin-Watson test waarden tussen 2.014 en 2.280 en de Shapiro-Wilk boven .93). Ook de aannames voor *wave 3* zijn niet geschonden (VIF waarden van 1.017 tot 1.105, Durbin-Watson waarden tussen 1.897 en 2.149, Shapiro-Wilk boven .99).

Beschrijvende statistieken.

Tabel 1, 2 en 3 geven de gemiddelden en standaarddeviaties weer. Tabel 4, 5 en 6 tonen de Pearson correlatiecoëfficiënten.

RUNNING HEAD: EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

Tabel 1

Gemiddelden en standaarddeviaties wave 1 (N = 156)

	7-8 j (N = 94)		9-10 j (N = 62)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Inhibitie	86.84	125.07	78.05	120.70
Shifting	1461.68	271.78	1413.22	284.14
Updating	0.62	0.10	0.58	0.13
Rekenvaardigheid	0.04	0.87	-0.08	1.18

Tabel 2

Gemiddelden en standaarddeviaties wave 2 (N = 151)

	8-9 j (N = 89)		10 -11 j (N = 57)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Inhibitie	70.31	64.37	68.88	95.41
Shifting	1274.82	229.92	1314.49	246.12
Updating	0.68	0.11	0.64	0.11
Rekenvaardigheid	0.17	0.90	-0.23	1.04

Tabel 3

Gemiddelden en standaarddeviaties wave 2 (N = 125)

	9 - 10 j (N = 77)		11 -12 j (N = 41)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Inhibitie	66.75	64.70	71.95	90.35
Shifting	1167.57	180.44	1264.99	203.42
Updating	0.71	0.10	0.70	0.11
Rekenvaardigheid	-0.04	0.94	-0.20	0.98

RUNNING HEAD: EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

Tabel 4

Pearson Correlatiecoëfficiënten wave 1 (N = 156)

	1	2	3	4	5
1. Inhibitie	-	.03	-.09	-.17	-.03
2. Shifting	.03	-	.05	.01	-.07
3. Updating	-.09	.05	-	.45**	-.15
4. Rekenvaardigheid	-.17	.01	.45**	-	-.12
5. Leeftijd	-.03	-.07	-.15	-.12	-

*Noot. * p < .05; ** p < .01.*

Tabel 5

Pearson Correlatiecoëfficiënten wave 2 (N = 151)

	1	2	3	4	5
1. Inhibitie	-	.09	.00	-.19*	-.06
2. Shifting	.09	-	.08	-.19*	0.05
3. Updating	.00	.08	-	.35**	-.19*
4. Rekenvaardigheid	-.19*	-.19*	.35**	-	-.22**
5. Leeftijd	-.06	-.05	-.19*	-.22**	-

*Noot. * p < .05; ** p < .01.*

Tabel 6

Pearson Correlatiecoëfficiënten wave 3 (N = 125)

	1	2	3	4	5
1. Inhibitie	-	.01	-.29**	-.12	.04
2. Shifting	.01	-	-.09	-.20*	.20
3. Updating	-.29**	-.09	-	.46**	-.09
4. Rekenvaardigheid	-.12	-.20*	.46**	-	-.13
5. Leeftijd	.04	.20	-.09	-.13	-

*Noot. * p < .05; ** p < .01.*

Hierna zal worden verdergegaan met de geïmputeerde data. De resultaten van de regressieanalyse zijn het resultaat van de gepoolde data.

Wave 1.

In tabel 4 is af te lezen dat er een positieve significante correlatie is tussen updating en rekenvaardigheid. Dit betekent dat kinderen die hoog scoren op updating, ook hoog scoren op rekenvaardigheid. De correlaties tussen inhibitie, shifting, leeftijd en rekenvaardigheid, zijn niet significant. Daarnaast blijkt leeftijd niet significant te correleren met de EF.

Hypothese 1, 2 en 3 veronderstellen dat er een positief verband is tussen de EF en rekenvaardigheid. Deze hypothesen zijn getoetst met behulp van een multiële regressie, waarbij rekenvaardigheid de afhankelijke variabele is en de EF de onafhankelijke variabelen zijn. In tabel 7 zijn de regressie coëfficiënten te zien van de gepoolde data. Het regressiemodel is bij alle imputaties significant, evenals bij de originele data ($F(3, 102) = 6.028, p = .001$). De geïmputeerde data laat zien dat de EF samen 39 tot 49% van de totale variantie verklaren van rekenvaardigheid. Daarnaast blijkt updating een unieke voorspeller te zijn voor rekenvaardigheid ($B = 3.11, t = 4.09, p < .001$).

Tabel 7

Gepoolde coëfficiënten wave 1.

	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
1. Inhibitie	.00	.00	-.56	.58
2. Shifting	.00	.00	.05	.96
3. Updating	3.11	.78	4.09	<.001

Wave 2.

In tabel 5 is af te lezen dat er een positieve significante correlatie is tussen updating en rekenvaardigheid. Inhibitie, shifting en leeftijd zijn negatief gecorreleerd met rekenvaardigheid. Een hoge score op reactietijd (langzame reactietijd) hangt samen met een lage score op rekenvaardigheid. Daarnaast blijkt leeftijd negatief significant te correleren met updating.

Ook bij wave 2 is er gebruikgemaakt van een multiële regressie, waarbij rekenvaardigheid de afhankelijke variabele is en de EF de onafhankelijke variabelen zijn. In tabel 8 zijn de regressie coëfficiënten te zien van de gepoolde data. Het regressiemodel is bij alle imputaties significant, evenals bij de originele data ($F(3, 103) = 5.943, p = .001$). De geïmputeerde data laat zien dat de EF 32 tot 38% van de totale variantie verklaren van rekenvaardigheid. Daarnaast blijkt updating een unieke voorspeller te zijn voor rekenvaardigheid ($B = 2.84, t = 3.99, p < .001$).

Tabel 8

Gepoolde coëfficiënten wave 2.

	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
1. Inhibitie	-.00	.00	-1.02	.31
2. Shifting	.00	.00	-.88	.38
3. Updating	2.84	.71	3.99	<.001

Wave 3.

In tabel 6 is af te lezen dat er een positieve significante correlatie is tussen updating en rekenvaardigheid. Er is een negatieve correlatie tussen inhibitie en updating. Ook is er een negatieve correlatie tussen shifting en rekenvaardigheid. Een hoge score op reactietijd (langzame reactietijd) hangt samen met een lage score op rekenvaardigheid.

Ook bij wave 3 is er gebruikgemaakt van een multipele regressie, waarbij rekenvaardigheid de afhankelijke variabele is en de EF de onafhankelijke variabelen zijn. In tabel 9 zijn de regressie coëfficiënten te zien van de gepoolde data. Het regressiemodel is bij alle imputaties significant, evenals bij de originele data ($F(3, 100) = 10.51, p < .01$). De geïmputeerde data laat zien dat de EF 47 tot 52% van de totale variantie verklaren van rekenvaardigheid. Daarnaast blijkt updating een unieke voorspeller te zijn voor rekenvaardigheid ($B = 3.45, t = 4.95, p < .001$).

Tabel 9

Gepoolde coëfficiënten wave 3.

	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
1. Inhibitie	.00	.00	-.35	.73
2. Shifting	-.00	.00	-1.59	.11
3. Updating	3.45	.70	4.95	<.001

Conclusie en discussie

Huidig onderzoek was gericht op de samenhang van cognitieve processen met rekenvaardigheid. Verschillende onderzoeken tonen een verband tussen EF en rekenvaardigheid (o.a. Bull et al., 2011). Het doel van huidig onderzoek was de samenhang tussen EF (d.w.z. inhibitie, shifting en updating) en rekenvaardigheid nader te bekijken in een longitudinale studie met kinderen van 7 tot en met 12 jaar.

RUNNING HEAD: EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

De verwachting was dat (H1) er een positieve relatie zou zijn tussen inhibitie en rekenvaardigheid (o.a. Blair & Razza, 2007; Bull & Scerif, 2001). Ook was de verwachting dat (H2) er een positieve relatie zou zijn tussen shifting en rekenvaardigheid (Kroesbergen et al., 2009; Yeniad et al., 2012). De resultaten van huidig onderzoek laten zien dat zowel in wave 1 als wave 3 geen significante correlatie gevonden is tussen inhibitie en rekenvaardigheid. In wave 2 blijkt dat inhibitie negatief correleert met rekenvaardigheid, maar deze relatie is zwak. De resultaten laten ook zien dat in wave 1 geen significante correlatie is gevonden tussen shifting en rekenvaardigheid. In zowel wave 2 als wave 3 blijkt dat shifting een zwakke negatieve correlatie heeft met rekenvaardigheid. Ook werd (H3) verwacht dat updating positief correleert met rekenvaardigheid (o.a. De Smedt et al., 2009; Passolunghi & Pazzaglia, 2005). Voor zowel wave 1, als wave 2 en 3 geldt dat er een significante positieve correlatie is gevonden. Dit betekent dat wanneer kinderen hoog scoren op updating ook hoog scoren op rekenvaardigheid. Tot slot was de verwachting dat (H4) leeftijd positief correleert met de EF (o.a. Huizinga et al., 2006). Voor zowel wave 1, als wave 2 en 3 blijkt er geen of een negatieve relatie te zijn. Hypothese 4 is op basis van deze resultaten verworpen.

Een model met de drie genoemde EF als voorspellers blijkt in iedere wave significant te zijn en daarmee een bruikbaar model, waarmee de relatie tussen EF en rekenvaardigheid wordt aangetoond. Wanneer men inzoomt op de EF, valt op dat updating in iedere wave een unieke voorspeller is voor rekenvaardigheid. Uit de meta-analyse van Friso - Van den Bos (2013) kwam al naar voren dat updating voor meerdere leeftijdsgroepen een unieke voorspeller is. Dat updating een unieke voorspeller is, is echter niet in ieder onderzoek gevonden (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Van der Sluis et al., 2005). Het longitudinale karakter van huidig onderzoek geeft meer zekerheid dan voorgaand onderzoek, omdat meerdere meetmomenten zijn gebruikt ten opzichte van één meetmoment. Dit onderzoek bevestigt daarmee voorgaand onderzoek, waaruit bleek dat updating verband houdt met rekenkundige problemen oplossen (Passolunghi & Pazzaglia, 2005).

In tegenstelling tot voorgaand onderzoek (o.a. Blair & Razza, 2007; Yeniad et al., 2012) is in huidig onderzoek geen tot een zwak verband gevonden tussen shifting, inhibitie en rekenvaardigheid. Een eerste verklaring voor de tegenstrijdige resultaten is dat shifting niet altijd als derde executieve functie is gevonden. Zo is door middel van factoranalyse een driedeling aangetoond van EF (Espy et al., 2004, Miyake et al., 2000; Pennington, 1997), echter is deze driedeling niet in ieder onderzoek bevestigd (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Shifting werd niet als derde, aparte executieve functie gevonden en daardoor is het

RUNNING HEAD: EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

onzeker of shifting wel apart kan worden gemeten. Een tweede verklaring voor de tegenstrijdige resultaten is dat de soort afgenomen taak uitkomsten kunnen beïnvloeden. Onderzoek waar geen verband werd gevonden tussen inhibitie en rekenvaardigheid (Andersson, 2008), lijkt verband te houden met de afname van een stroop-taak. De afgenomen stroop-taak leek een hoog beroep te doen op volgehouden aandacht (Gerstadt et al., 1994). Voor zowel inhibitie als shifting is in huidig onderzoek het vissenspel afgenomen, waarbij kinderen de aandacht lang moeten vasthouden en dit lijkt een grote rol te spelen in de taak (Diamond, 2013). Ook is alleen de reactiesnelheid van inhibitie en shifting onderzocht, waardoor snelle kinderen een hoge score op inhibitie kunnen behalen en visa versa, terwijl deze kinderen inaccuraat kunnen zijn. De vergelijking met updating moet voorzichtig worden geïnterpreteerd, omdat voor updating alleen accuratesse kon worden onderzocht. Ten derde blijkt in huidig onderzoek dat leeftijd geen positieve relatie heeft met de EF. Naast de argumenten over de soort taken die zijn afgenomen en de manier van meten van de EF, kan ook de asynchrone ontwikkeling hier een oorzaak van zijn. Met name shifting en updating ontwikkelen zich nog door tot minimaal 15 jaar (o.a. Fisk & Sharp, 2004).

Aansluitend op bovenstaande zijn er enkele suggesties voor vervolgonderzoek. Ten eerste kan op methodologisch gebied onderzoek zich richten op verschillende taken die EF meten. De taken die zijn gebruikt blijken mogelijk ook aandacht te meten (Diamond, 2013; Gerstadt et al., 1994). Vervolgonderzoek kan methodes vergelijken en de resultaten interpreteren in het licht van de afgenomen taak. Daarnaast is in huidig onderzoek geen rekening gehouden met testeffecten en scores over de tijd heen. Door middel van een mixed-models design in plaats van multiële regressies, kan worden gecontroleerd voor de individuele variantie om de resultaten met meer zekerheid te interpreteren (West, 2009). Ten tweede kan vervolgonderzoek zich richten op de praktijk. Het blijkt uit voorgaand onderzoek dat EF zich ontwikkelen naarmate kinderen ouder worden (Diamond, 2002; Huizinga, 2007; Welsh, Pennington & Groisser, 1991). Met name updating ontwikkelt zich tot in de jong volwassenheid (Huizinga et al., 2006), waardoor vervolgonderzoek bij kinderen na groep 7 de steeds belangrijker wordende rol van updating kan aantonen. De input van rekenproblemen wordt steeds complexer op latere leeftijd en daarmee wordt het proces van informatie updaten steeds ingewikkelder. Het onthouden van grotere tussenantwoorden en het gebruik van relevantie informatie om tot een oplossing te kunnen komen wordt steeds belangrijker (Dowker, 2005)

Uit huidig onderzoek kunnen echter wel degelijk belangrijke conclusies worden getrokken. Doordat rekenvaardigheid van belang is bij beslissingen in het dagelijkse leven

RUNNING HEAD: EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

(Ancker & Kaufman, 2007) kan de samenhang tussen updating en rekenvaardigheid belangrijke implicaties geven voor onderwijs. In de klas kan bijvoorbeeld rekening worden gehouden met tekorten in updating door uitleg op te delen in kleine stukjes om zo het proces van representeren en vasthouden van informatie didactisch te ondersteunen. Daarnaast ontwikkelt zich rekenkundig inzicht al vroeg (Geary, Hoard & Hamson, 1999), waardoor vroege interventies op het gebied van EF, rekenproblemen kunnen verminderen. Aangetoond is dat EF te trainen zijn (Dovis, Van der Oord, Wiers, & Prins, 2015; Van der Oord, Ponsioen, Geurts, Ten Brink & Prins, 2014). Met name training van updating lijkt een positief effect te hebben op rekenvaardigheid (Ten Voorde, 2008; Van der Molen, 2009).

Tot slot kan worden geconcludeerd dat uit huidig onderzoek blijkt dat EF gerelateerd zijn aan rekenvaardigheid. Met name updating blijkt een belangrijke voorspeller voor rekenvaardigheid. Interventies vroeg in de basisschool op het gebied van EF kunnen rekenproblemen wellicht voorkomen en algemeen bekend is dat voorkomen beter is dan genezen.

Literatuurlijst

- Ancker, J. S. & Kaufman, D. (2007). Rethinking health numeracy: A multidisciplinary literature review. *Journal of American Medical Association*, *14*(6), 713-721. doi:10.1197/jamia.M2464.
- Andersson, U. (2007). The contribution of working memory to children's mathematical word problem solving. *Applied Cognitive Psychology*, *21*(9), 1201-1216. doi:10.1002/acp.1317. doi:10.1002/acp.1317.
- Andersson, U. (2008). Working memory as a predictor of written arithmetic skills in children: The importance of executive functions. *British Journal of Educational Psychology*, *78* (2), 181–203. doi:10.1348/000709907X209854.
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M. K., & Nurmi, J. E. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to grade 2. *Journal of Educational Psychology*, *96*(4), 699-711. doi:10.1037/0022-0663.96.4.699.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *49*(1), 5-28. doi:10.1080/09637459608400005.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 417-423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2.
- Bari, A., & Robbins, T. W. (2013). Inhibition and impulsivity: behavioral and neural basis of response control. *Progress in neurobiology*, *108*, 44-79. doi:10.1016/j.pneurobio.2013.06.005.
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, *78*(2), 647-663. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x.
- Bull, R., Espy, K.A., Wiebe, S., Sheffield, T.D., & Nelson, J.M. (2011). Using confirmatory Factor analysis to understand executive control in preschool children: Sources of variation in emergent mathematic achievement. *Developmental Science*, *14*(4), 679-692. doi:10.1111/j.1467-8624.2011.01012.x.
- 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.
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind and Language*, *16*(1), 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154.
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. In D.T. Stuss & R.T.

- Knight (eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 466–503). New York: Oxford University Press.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*, 135–168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750.
- De Haan, M., Mareschal, D., Butterworth, B., & Tolmie, A. (2013). Attention and executive control. *Educational neuroscience*, 325-348.
- 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*(2), 186–201. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.004
- Dovis, S., Van der Oord, S., Wiers, R. W., & Prins, P. J. M. (2015). Improving executive functioning in children with ADHD: Training multiple executive functions within the context of a computer game. A randomized double-blind placebo controlled trial. *PLoS ONE*, *10*(4), Article e0121651
- Dowker, A. (2005). *Individual differences in arithmetic. Implications for psychology, neuroscience and education*. New York: Psychology press.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, *16*(1), 143–149. doi:10.3758/BF03203267.
- Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Developmental neuropsychology*, *26*(1), 465-486. doi:10.1207/s15326942dn2601_6.
- Fisk, J. E., & Sharp, C. A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: Updating, inhibition, shifting, and access. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, *26*(7), 874-890. doi:10.1080/13803390490510680.
- Friso-van den Bos, I. (2013). Het verband tussen executieve functies en getalbegrip bij basisschoolkinderen: Een meta-analyse. *Orthopedagogiek: Onderzoek en Praktijk*, *52* (6), 295, 308.
- 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., & Hamson, C. O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, *74*(3), 213-239.

doi:10.1006/jecp.1999.2515.

Gerstadt, C. L., Hong, Y. J., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 312–7 years old on a stroop-like day-night test.

Cognition, 53(2), 129-153. doi:10.1016/0010-0277(94)90068-X.

Hop, M., Scheltens, F., Janssen, J., & Engelen, R. (2016). Wetenschappelijke verantwoording Rekenen-Basisbewerkingen voor groep 3 tot en met 8 van het primair onderwijs.

Arnhem, The Netherlands: Cito.

Huizinga, M., Dolan, C. V., & Van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis.

Neuropsychologia, 44(11), 2017-2036. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010.

Huizinga, M. (2007). De ontwikkeling van executieve functies tussen kindertijd en jongvolwassenheid. *Neuropraxis*, 11(3), 69-76. doi:10.1007/BF03079129

Janssen, J., Scheltens, F., & Kraemer, J. (2007). Rekenen-wiskunde. Handleiding. [Arithmetic-mathematics. Manual]. Arnhem, The Netherlands: Cito.

Janssen, J., Verhelst, N., Engelen, R., & Scheltens, F. (2010). Wetenschappelijke verantwoording van de toetsen LOVS rekenen-wiskunde voor groep 3 tot en met 8.

Arnhem, The Netherlands: Cito.

Kattou, M., Kontoyianni, K., Pitta-Pantazi, D., & Christou, C. (2013). Connecting mathematical creativity to mathematical ability. *ZDM Mathematics Education*, 45(2), 167–181. doi:10.1007/s11858-012-0467-1.

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 studies*, 86(5), 334-349. Retrieved from <http://pedagogischestudien.nl/download?type=document&identificer=616391>.

Lee, K., Ng, E. L., & Ng, S. F. (2009). The contributions of working memory and executive functioning to problem representation and solution generation in algebraic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 101(2), 373–387.

doi:10.1037/a0013843.

Lindsay, R. L., Tomazic, T., Levine, M. D., & Accardo, P. J. (1999). Impact of attentional dysfunction in dyscalculia. *Developmental medicine and child neurology*, 41(9), 639-642. doi:10.1017/S0012162299001309.

Lodder, P. (2013). To impute or not impute: That's the question. *Advising on research methods: Selected topics*. Huizen: Johannes van Kessel Publishing.

MacLeod, C. M. (2007). The concept of inhibition in cognition. In D. S. Gorfein & C. M.

- MacLeod (Eds.), *Inhibition in cognition* (p. 3–23). American Psychological Association.
- 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*(1), 49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734.
- Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British journal of psychology*, *81*(2), 111-121. doi:10.1111/j.2044-8295.1990.tb02349.x.
- Oberauer, K., Süß, H. –M., Wilhelm, O., & Wittman, W. W. (2003). The multiple faces of working memory: Storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence*, *31*(2), 167–193. doi:10.1016/S0160-2896(02)00115-0.
- 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.
- 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*(4), 257-269. doi:10.1016/j.lindif.2005.03.001.
- 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*(3), 229–250. doi:10.1080/87565640801982320.
- Pennington, B. F. (1997). Dimensions of executive functions in normal and abnormal development. In N. A. Krasnegor, G. R. Lyon, & P. S. Goldman-Rakic (Eds.), *Development of the prefrontal cortex: Evolution, neurobiology, and behavior* (pp. 265–282). Baltimore: Brookes.
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, *91*(2), 137-157. doi:10.1016/j.jecp.2005.01.004.
- Reyna, V. F., Nelson, W. L., Han, P. K., & Dieckmann, N. F. (2009). How numeracy influences risk comprehension and medical decision making. *Psychological bulletin*, *135*(6), 943. doi:10.1037/a0017327.
- Rittle-Johnson, B., & Siegler, R. S. (1998). The relation between conceptual and procedural knowledge in learning mathematics: A review. In C. Donlan (Eds.), *Studies in*

- developmental psychology. The development of mathematical skills* (p. 75–110). UK: Psychology Press/Taylor & Francis.
- Rotzer, S., Loenneker, T., Kucian, K., Martin, E., Klaver, P., & Von Aster, M. (2009). Dysfunctional neural network of spatial working memory contributes to developmental dyscalculia. *Neuropsychologia*, *47*(13), 2859-2865. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.06.009.
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly journal of experimental psychology*, *59*(4), 745-759. doi:10.1080/17470210500162854
- Ten Voorde, R. (2008). *De invloed van een interventie op de rekenvaardigheid van rekenzwakke kleuters: Tellen versus werkgeheugen. Masterthesis*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Toll, S. W., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2011). Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, *44*(6), 521-532. doi:10.1177/0022219410387302.
- Van der Molen, M.J. (2009). *Working memory in children with mild intellectual disabilities: Abilities and training potential*. Utrecht University
- Van der Oord, S., Ponsioen, A. J. G. B., Geurts, H. M., Ten Brink, E., & Prins, P. J. M. (2014). A pilot study of the efficacy of a computerized executive functioning remediation training with game elements for children with ADHD in an outpatient setting: outcome on parent-and teacher-rated executive functioning and ADHD behavior. *Journal of Attention Disorders*, *18*(8), 699-712. doi:10.1177/1087054712453167.
- Van der Sluis, S., Van der Leij, A., De Jong, P. F. (2005). Working memory in Dutch children with reading and arithmetic related learning deficits. *Journal of Learning Disabilities*, *38*(3), 207-221. doi:10.1177/2F00222194050380030301.
- 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.20448279.2011.02035.x.
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., Jolani, S., & Van Luit, J. E. (2016). The Monkey game: A computerized verbal working memory task for self-reliant administration in primary school children. *Behavior research methods*, *48*(2), 756-771. doi:10.3758/s13428-015-0607-y.

- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., Prast, E. J., & Van Luit, J. E. (2015). Validity and reliability of an online visual–spatial working memory task for self-reliant administration in school-aged children. *Behavior research methods*, *47*(3), 708-719. doi:10.3758/s13428-014-0469-8.
- Welsh, M.C., Pennington, B.F. & Groisser, D.B. (1991). A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, *7*(2), 131–149.
- West, B. T. (2009). Analyzing longitudinal data with linear mixed models procedure in SPSS. *Evaluation & the Health professions*, *32*(3), 207-228.
doi:10.1177/0163278709338554
- Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van IJzendoorn, M. H., & Pieper, S. (2012). Shifting ability predicts math and reading performance in children: A meta-analytical study. *Learning and Individual Differences*, *23*(1), 1-9. doi:10.1016/j.lindif.2012.10.004.