

**De Relatie tussen Rekenangst en Rekenvaardigheden bij 7 tot 10 Jaar Oude Kinderen: de
Mediatie van het Werkgeheugen en de Moderatie van Geslacht.**

Boukje Droogh (u1267571)

Departement Ontwikkelingspsychologie, Tilburg University

Masterscriptie Klinische Kinder- en Jeugdpsychologie

Supervisor: T.M.J. Schleepen

Tweede Beoordelaar: I.J. de Zeeuw

8799 woorden

21 juni 2021

Samenvatting

Adequaat ontwikkelde rekenvaardigheden zijn cruciaal voor een functionele participatie in de hedendaagse technologie gedreven maatschappij. Eerdere studies hebben aangetoond dat er een negatieve relatie bestaat tussen rekenangst en rekenvaardigheden bij alle leeftijdscategorieën, welke met name voor jonge kinderen grote nadelige gevolgen kan hebben op de lange termijn. Verdiepende studies bestudeerden het mediërende effect van het werkgeheugen of het modererende effect van geslacht in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden voornamelijk bij adolescenten en volwassenen. Studies onder jonge kinderen zijn tot op heden zeer beperkt gebleven. Om het gat in de bestaande literatuur in te vullen, bestudeert de huidige studie de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden, het mediërende effect van het werkgeheugen in deze relatie en de mogelijke geslachtsverschillen in 7 tot 10 jaar oude Nederlandse kinderen.

Aan de hand van een correlatieve analyse en de PROCESS methode zijn de gegevens van 75 kinderen (49,3% jongens; $M_{\text{leeftijd}} = 9;1$ jaar) geanalyseerd. De correlatieve analyse bevestigt het bestaan van een negatieve relatie tussen rekenangst (CMAQ-R) en rekenvaardigheden (TTR) bij jonge kinderen. De PROCESS analyses lieten geen significante mediatie van het werkgeheugen (RST) of moderatie van geslacht zien in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden bij jonge kinderen. Longitudinale studies naar de het ontstaan van de negatieve relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden zijn noodzakelijk om mogelijke negatieve gevolgen voor jonge kinderen in de toekomst te voorkomen. Verdere implicaties van de resultaten worden uiteengezet.

Trefwoorden: rekenangst, rekenvaardigheden, werkgeheugen, geslacht, jonge kinderen

Summary

It is crucial to acquire proper arithmetic skills to participate in our current technology driven society. Previous studies showed the existence of a negative relationship between math anxiety and arithmetic skills within all ages, of which particularly young children tend to experience negative long term effects. Other studies have investigated the possible mediation of working memory or the moderation of gender in the relation between math anxiety and arithmetic skills, mainly in adolescents and adults. Studies which include young children are limited up until now. To fill the gap in literature, the current study focuses on the relationship between math anxiety and arithmetic skills, the mediation of working memory and possible gender differences in Dutch children aged 7 till 10.

The data of 75 children (49,3% boys; $M_{\text{age}} = 9;1$ years) has been analyzed using correlation analyses and the PROCESS method. The correlation analysis showed a negative correlation between math anxiety (CMAQ-R) and arithmetic skills (TTR) in young children. The PROCESS analysis showed no significant mediation of working memory (RST) or moderation of gender in the relation between math anxiety and arithmetic skills in young children. Longitudinal studies considering the negative relation between math anxiety and arithmetic skills are necessary to limit the possible negative effects for future generations. Further implications of the results will be discussed.

Keywords: math anxiety, arithmetic skills, working memory, gender, young children

De Relatie tussen Rekenangst en Rekenvaardigheden bij 7 tot 10 Jaar Oude Kinderen: de

Mediatie van het Werkgeheugen en de Moderatie van geslacht.

De ontwikkelingen van de hedendaagse technologie-gedreven maatschappij en de daarmee gepaarde groeiende vraag naar wetenschappers, technologen, ingenieurs en wiskundigen (STEM-professionals) (Ahmed, 2018; Beilock & Maloney, 2015; Ferguson et al., 2015) benadrukken het belang van het aanleren van en beschikken over goede rekenvaardigheden (Beilock & Maloney, 2015). Ondanks dit belang van rekenvaardigheden bestaat bij veel mensen een negatieve houding tegenover rekenen (Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2013). Tevens wordt het vak rekenen vaak ervaren als een moeilijk vak dat angstige gevoelens oproept (Carey et al., 2019). Bekend is dat angstige gevoelens specifiek voor rekengerelateerde situaties, ook wel rekenangst genoemd, kunnen interfereren met het rekenkundig leren en presteren van jonge kinderen (Cargnelutti et al, 2017; Lauer et al., 2018; Wu et al., 2012), bij met name meisjes (Van Mier et al, 2019). Bovendien kan het ervaren van rekenangst op jonge leeftijd mogelijk ook op de lange termijn nadelige gevolgen hebben (Aarnos & Perkkilä, 2012; Cargnelutti et al, 2017). Aangezien rekenen een steeds grotere rol speelt in de technologie-gedreven maatschappij, is het belangrijk te onderzoeken welke invloed rekenangst heeft op de rekenvaardigheid van jonge kinderen die aanvankelijk leren rekenen. Uit eerdere studies bleek dat het werkgeheugen een rol speelt in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden bij alle leeftijdscategorieën (Dowker et al., 2016; Ganley & Vasilyeva, 2014; Justicia-Galiano et al., 2017; Miller & Bichel, 2004; Skagerlund et al., 2019), echter is in de enige studie naar deze relatie bij jonge kinderen geen rekening gehouden met eventuele geslachtsverschillen (Justicia-Galiano et al., 2017). Verder onderzoek is dan ook noodzakelijk. Om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden

bij jonge kinderen, heeft de huidige studie als doel bij 7 tot 10 jaar oude kinderen de mediërende rol van het werkgeheugen te onderzoeken en de mogelijke invloed van geslacht hierop.

Rekenangst en rekenvaardigheden

Rekenangst wordt gedefinieerd als een negatieve emotionele reactie die sommige individuen ervaren in situaties die betrekking hebben op getallen of rekenactiviteiten (Suárez-Pellicioni et al., 2016); zoals het volgen van wiskundige vakken, het maken van rekenhuiswerk, het toetsen van rekenvaardigheden en zelfs het uitrekenen van wisselgeld aan de kassa (Dowker et al., 2016). Een hogere mate van rekenangst wordt in verband gebracht met lagere scores op rekentoetsen, lagere cijfers bij vakken waar rekenen onderdeel van uitmaakt, lager zelfvertrouwen, een negatieve houding tegenover rekenen en het vermijden van rekengerelateerde activiteiten zoals het volgen van een rekenvak of het nastreven van een STEM-carrière (Choe et al., 2019; Foley et al., 2017; Furner, 2019; Maloney et al., 2013). Veelvuldig onderzoek is uitgevoerd naar de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden (o.a. Ashcraft & Moore, 2009; Ashcraft & Kirk, 2001; Ashkenazi & Danan, 2017; Chang & Beilock, 2016; Dew et al., 1984; Foley et al., 2017; Hill et al., 2016; Ma & Xu, 2004; OECD, 2013 en Skagerlund et al., 2019). Veruit de meeste van de studies naar deze relatie zijn uitgevoerd onder adolescenten en volwassenen en tonen een negatieve correlatie aan tussen rekenangst en rekenvaardigheden (o.a. Ashcraft & Kirk, 2001; Ashkenazi & Danan, 2017; Dew et al., 1984; Hill et al., 2016; OECD, 2013 en Skagerlund et al., 2019); hoe meer rekenangst een persoon ervaart, hoe lager deze persoon scoort op rekenvaardigheden en vice versa. De studies die zijn uitgevoerd bij basisschoolkinderen (bij met name leerlingen van groep 6 en hoger) vonden dezelfde negatieve relatie (Devine et al., 2018; Erturan & Jansen, 2015; Lukowski et al., 2019; Schleepen & Van Mier, 2016; Sorvo et al., 2017 (groep 4 - 7); Zhang et al., 2019). Tot op heden

zijn studies naar rekenangst beperkt gebleven bij jonge kinderen in groep 3, 4 en 5 van het basisonderwijs, de aanvangsjaren van het formeel leren rekenen (Sorvo et al., 2017; Van Mier et al., 2019). Dit terwijl rekenangst zich al kan manifesteren vanaf het moment dat kinderen net beginnen met formeel rekenen in groep 3 (Ganley en McGraw, 2016; Jameson, 2013; Ramirez et al., 2013). De studies die uitgevoerd zijn bij jonge kinderen vinden gemixte resultaten wat betreft de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden. Waar sommige studies bewijs vonden voor de negatieve relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden in jonge kinderen (Cargnelutti et al., 2017 (groep 5 leerlingen); Ramirez et al., 2013; Wood et al., 2012; Wu et al., 2012; Wu et al., 2014; Vukovic et al., 2013), vonden andere studies geen aanwijzingen voor het bestaan van deze negatieve relatie in deze leeftijdsgroep (Cargnelutti et al., 2017 (groep 4 leerlingen); Haase et al., 2012). In de meta-analyse van Zhang et al. (2019) wordt gesteld dat deze gemixte resultaten mogelijk verklaard kunnen worden door het feit dat de moeilijkheidsgraad van rekenen toeneemt met de leeftijd, waardoor de mate van rekenangst tevens toeneemt en dus beter te observeren is in oudere kinderen, adolescenten en volwassenen. Het ontwikkelen van rekenangst in de aanvangsjaren van het formeel leren rekenen heeft mogelijk levenslange nadelige gevolgen; het vormen van een negatieve houding tegenover rekenen en het daarmee gepaarde ontwijken van rekengerelateerde situaties, kan leiden tot minder oefening van en ervaring met rekenen en uiteindelijk tot lagere rekenprestaties en rekenvaardigheden (Aarnos & Perkkilä, 2012; Ashcraft, 2002; Dowker et al. 2016; Hembree, 1990; Maloney et al., 2013; Van Mier et al., 2019). Kennis over de manifestatie van rekenangst en rekenvaardigheden bij jonge kinderen is dus van belang voor het adequaat signaleren van en het interveniëren op rekenangst zodat negatieve houdingen tegenover rekenen of zelfs rekenangst beperkt kunnen blijven met de gevolgen van dien (Aarnos en Perkkilä 2012; Cargnelutti et al., 2016; Sorvo et al., 2017). Om bij te dragen aan de tot op

heden beperkte, doch essentiële kennis over de manifestatie van de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden, focust de huidige studie zich op deze relatie in jonge kinderen van 7 tot 10 jaar oud.

Rekenangst, rekenvaardigheden en werkgeheugen

Hoewel de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden veelvuldig onderzocht is, met name bij volwassenen, toonde de meta-analyse van Barroso et al. (2020) aan dat verschillende studies naar de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden uiteenlopende correlaties en effectgroottes aantoonde. Bovendien was er een significante hoeveelheid onverklaarde variantie binnen de uiteenlopende effectgroottes bij veel van de geïnccludeerde studies. De uiteenlopende correlaties, effectgroottes en de significante onverklaarde varianties kunnen erop wijzen dat er andere factoren of mechanismen zijn die de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden (deels) kunnen verklaren. Echter, zijn de mogelijke mechanismen onderliggend aan de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden vooralsnog beduidend minder bestudeerd dan de relatie zelf (Skagerlund et al., 2019).

Het werkgeheugen is een van de factoren die tot op heden het meest wordt genoemd in de literatuur als mogelijk onderliggend mechanisme in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden (Dowker et al., 2016; Namkung et al., 2019; Suárez-Pellicioni, 2016). Het werkgeheugen is een cognitief systeem met een beperkte capaciteit (Best & Miller, 2010) waarin informatie wordt vastgehouden in het kortetermijngeheugen en tegelijkertijd gemanipuleerd wordt (Diamond, 2013). Het werkgeheugen is cruciaal voor begrip van gebeurtenissen en de daarbij vereiste handelingen; door terug te zoeken in het langetermijngeheugen naar wat zich eerder heeft voorgedaan en vervolgens deze informatie op de juiste manier toe te passen in de huidige situatie (Diamond, 2013). Het adequaat functioneren van het werkgeheugen maakt

cognitieve processen mogelijk, zoals het kunnen redeneren, plannen en oplossen van problemen. Dit geldt ook voor het oplossen van rekenkundige problemen; om een rekensom uit te rekenen, moet men de som in het kortetermijngeheugen op kunnen slaan en tegelijkertijd een relevante strategie voor het oplossen van de som uit het langetermijngeheugen op halen (Alloway et al., 2008).

Verschillende studies lieten zien dat de werkgeheugencapaciteit een voorspeller is van rekenvaardigheden en rekenkundig leren bij kinderen (Alloway et al., 2008; Bull et al., 2008; Ching, 2017; Friso-van den Bos et al., 2013; Raghubar et al., 2010); hoe beperkter de werkgeheugencapaciteit, hoe lager de rekenvaardigheden. Bull et al. (2008) concluderen dat beperkingen in het werkgeheugen vooral problematisch kunnen zijn voor de vroege ontwikkeling van non-verbale numerieke vaardigheden, zoals kunnen schatten en het gebruik en begrip van een getallenlijn, wat voorspellers zijn voor latere rekenvaardigheden. In de meta-analyse van Friso-van den Bos et al. (2013) werd gesteld dat jonge kinderen meer op hun werkgeheugen bouwen tijdens het oplossen van rekenkundige problemen dan oudere kinderen, wat impliceert dat jonge kinderen extra kwetsbaar zijn voor de negatieve gevolgen van een beperkte werkgeheugencapaciteit. Kort samengevat, is het werkgeheugen een cognitief systeem met een beperkte capaciteit, welke cruciaal is voor het oplossen van rekenkundige problemen bij met name jonge kinderen.

Naast de link tussen het werkgeheugen en rekenvaardigheden, is ook de relatie tussen rekenangst en het werkgeheugen onderzocht, doch bij volwassenen (Klados et al., 2019; Skagerlund et al., 2019) en kinderen (Justicia-Galiano et al., 2017; Owens et al., 2008; Passolunghi et al., 2016). Deze studies lieten, veelal gebaseerd op de *attentional control theory* (Eysenck et al., 2007), zien dat rekenangst angst een negatieve invloed kan hebben op het

functioneren van het werkgeheugen (Barroso et al., 2020). Volgens de attentional control theory, hebben angstige mensen vaak zorgen die afleidende gedachten veroorzaken, welke beslag leggen op de capaciteit van het werkgeheugen. Wanneer de door rekenangst gegenereerde zorgelijke gedachten de werkgeheugencapaciteit beperken, is het dus niet mogelijk om de volledige werkgeheugencapaciteit te gebruiken voor taakgerichte prestaties, zoals het oplossen van rekenkundige problemen.

De mediërende rol van het werkgeheugen in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden is door verschillende studies bestudeerd bij zowel volwassenen (Ganley & Vasilyeva, 2014; Skagerlund et al., 2019) als bij kinderen (Justicia-Galiano et al., 2017 (8 - 12 jaar); Ng & Lee, 2015 (11-jaar); Owens et al., 2008 (11-12 jaar); Owens et al., 2012 (12-13 jaar)). Deze studies lieten inderdaad zien dat werkgeheugen de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden medieert; het ervaren van rekenangst beperkt de werkgeheugencapaciteit met verminderde rekenvaardigheden als gevolg (Skagerlund et al., 2019). De studies naar het werkgeheugen als mediator zijn tot op heden beperkt uitgevoerd onder jonge kinderen (Justicia-Galiano et al., 2017), terwijl dit mediërende effect voor jonge kinderen wellicht voor een nog grotere verslechtering van rekenvaardigheden kan zorgen dan voor oudere kinderen en volwassenen (Bull et al., 2008; Friso-van den Bos et al., 2013). Om bij te dragen aan de tot op heden beperkte, doch essentiële kennis over de mechanismen onderliggend aan de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden bij jonge kinderen, tracht de huidige studie de bevestigende resultaten van het bestaan van een mediërende rol van het werkgeheugen door Justicia-Galiano et al. (2017) te repliceren bij jonge Nederlandse kinderen van 7 tot 10 jaar oud.

Geslacht als moderator

Waar studies naar rekenangst bij jonge kinderen en de mediërende rol van het werkgeheugen nog in opkomst zijn, is de modererende rol van geslacht in het ervaren van rekenangst en rekenvaardigheden veelvuldig onderzocht (Barroso et al., 2020; Devine et al., 2012; Dowker et al., 2016; Else-Quest et al., 2010; Erturan & Jansen, 2015; Van Mier et al., 2019). Hoewel er tegenwoordig in de westerse landen nauwelijks meer verschillen zijn tussen volwassen mannen en vrouwen in de rekenprestaties, rapporteren vrouwen nog altijd een hogere mate van rekenangst ongeacht hun leeftijd (Devine et al., 2012; Else-Quest et al., 2010; Hill et al., 2016; Mammarella et al., 2019; Sorvo et al., 2017). In de meta-analyse van Else-Quest et al. (2010) wordt de discrepantie tussen man en vrouw toegeschreven aan het verschil in onder andere zelfconcept, houding en genderstereotypes. Vrouwen hebben doorgaans een lager zelfconcept als het om rekenen gaat, een negatievere houding tegenover rekenen, ervaren minder positieve emoties bij rekenen en hebben meer last van genderstereotypen omtrent rekenen. Tevens bleek uit verschillende studies bij zowel volwassenen als bij kinderen dat een hogere mate van rekenangst, voornamelijk bij vrouwen, een negatief effect heeft op hun rekenvaardigheden (Devine et al., 2012; Jansen et al., 2016; Reali et al., 2016; Van Mier et al., 2019). Uit de studie van Jansen et al. (2016) kwam bovendien naar voren dat zelfs bij hoogopgeleide vrouwen een hogere mate van rekenangst, negatief gerelateerd is aan het gebruik van rekenvaardigheden in het dagelijks leven. Vrouwen kiezen daarom nog steeds minder vaak rekengerelateerde vakken op school, of voor een carrière in het STEM-werkveld (Amato, 2019). Om mogelijke barrières voor een adequate ontwikkeling en deelname aan de maatschappij te beperken, is het van belang om geslachtsverschillen mee te nemen in de studies naar rekenangst en rekenvaardigheden.

Hoewel het bestuderen van geslachtsverschillen van belang is, hebben enkel Ganley en Vasilyeva (2014) dit tot op heden geïnccludeerd in een mediërend model met het werkgeheugen, rekenangst en rekenvaardigheden. Zij vonden geslachtsverschillen in het beschreven mediërende model bij volwassenen; de hogere mate van rekenangst die vrouwen ervaren, legt mogelijk beslag op hun werkgeheugencapaciteit en de daaruit voortkomende geslachtsverschillen in het werkgeheugen waren gecorreleerd met lagere scores op de rekentoets. Vooralsnog zijn er geen studies bij kinderen bekend die de mediërende rol van het werkgeheugen in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden bestuderen waarbij rekening wordt gehouden met eventuele geslachtsverschillen. Daarom is het niet mogelijk om aan te nemen dat het verklarende mechanisme, de mediatie van het werkgeheugen zoals gevonden bij Ganley en Vasilyeva (2014), toepasbaar is bij jonge kinderen. Verdiepend onderzoek is dan ook noodzakelijk. Wat eerdere studies weliswaar hebben aangetoond, is het modererende effect van geslacht op de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden bij kinderen (Huang et al., 2019; Van Mier et al., 2019; Zhang et al., 2019); het ervaren van rekenangst heeft voor meisjes een groter negatief effect op rekenvaardigheden dan het heeft voor jongens. Daarnaast kwam uit eerdere studies naar voren dat vrouwen meer geneigd zijn om zich zorgen te maken dan mannen (Dugas et al., 2001; Robichaud et al., 2003), wat impliceert dat het ervaren van rekenangst voor meisjes grotere negatieve gevolgen kunnen hebben voor de werkgeheugencapaciteit, dan het heeft voor jongens.

Huidige studie

Voortbouwend op de eerder besproken studies naar rekenangst en rekenvaardigheden bij jonge kinderen en de mediërende rol van het werkgeheugen evenals de modererende rol van geslacht, onderzoekt de huidige studie de mediërende rol van het werkgeheugen in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden bij jonge kinderen van 7 tot 10 jaar oud, waarbij

rekening wordt gehouden met eventuele geslachtsverschillen (zie Figuur 1). Dit gemodereerde mediatie model, gebaseerd op Hayes (2017), wordt in de huidige studie getoetst middels drie hypothesen.

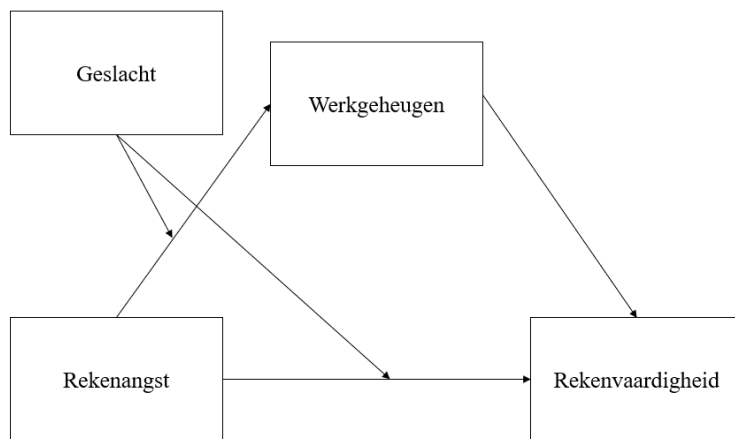
De eerste algemene hypothese stelt dat er een negatieve correlatie is tussen rekenangst en rekenvaardigheden. Zoals hierboven besproken, blijkt uit eerdere studies bij jonge kinderen dat rekenangst en rekenvaardigheden negatief samenhangen (Ramirez et al., 2013; Wu et al., 2012), wat betekent dat een hogere mate van rekenangst correspondeert met lagere scores op rekenvaardigheid.

De tweede algemene hypothese stelt dat het werkgeheugen een mediërende rol speelt in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden. Dit is overeenkomstig met eerdere studies naar dit model bij jonge kinderen (Justicia-Galiano et al., 2017); een hogere mate van rekenangst, hangt samen met lagere scores op werkgeheugencapaciteit, welke vervolgens samenhangt met lagere scores op rekenvaardigheden. Om deze hypothese te onderbouwen zijn twee deelhypothesen opgesteld. Allereerst de deelhypothese dat er een negatieve relatie bestaat tussen rekenangst en werkgeheugencapaciteit; een hogere mate van rekenangst, hangt samen met lagere scores op werkgeheugencapaciteit. Volgens de attentional control theory (Eysenck et al., 2007) beperken de door rekenangst gegenereerde zorgelijke gedachten de werkgeheugencapaciteit. Ten tweede de deelhypothese dat er een positieve correlatie is tussen de werkgeheugencapaciteit en de scores op rekenvaardigheden; een lagere score op werkgeheugencapaciteit hangt samen met een lagere score op rekenvaardigheden. Bij een beperkte werkgeheugencapaciteit is er een beperkte ruimte voor het oplossen van rekenkundige problemen, met lagere scores op rekenvaardigheid als gevolg (Skagerlund et al., 2019).

De derde algemene hypothese stelt dat er verschillende geslachtseffecten zijn in het mediërende model van rekenangst rekenvaardigheden en werkgeheugen. Hiervoor zijn er twee deelhypotheses opgesteld. Allereerst de deelhypothese dat een hogere mate van rekenangst voor meisjes een negatiever effect heeft op de rekenvaardigheden dan voor jongens. De tweede deelhypothese stelt dat een hogere mate van rekenangst voor meisjes een negatiever effect heeft op de werkgeheugencapaciteit dan voor jongens. Een schematische weergave van deze hypothese is te zien in Figuur 1.

Figuur 1

Het gehypothetiseerde gemodereerde mediatiemodel van Rekenangst, Werkgeheugen, Rekenvaardigheden en Geslacht



Methode

Deelnemers

Aan de huidige studie hebben in totaal 78 normaal ontwikkelde kinderen deelgenomen. Voor de analyses is gebruikgemaakt van de data van 75 kinderen (37 jongens, 38 meisjes) met een leeftijd tussen de 7 en 10 jaar ($M = 9;1$ jaar, $SD = 0;6$ jaar), aangezien twee kinderen de

Running Span Task niet hadden gemaakt en één kind gemarkeerd werd als een *outlier* (zie Statistische analyse). Om een power van 80% te bereiken waren er 85 kinderen nodig ($f^2 = 0.15$; $p = 0.05$), dit aantal is echter niet behaald in de huidige studie. Dit kwam doordat de huidige studie is gebaseerd op de data van een eerdere pilotstudie, waarvoor 78 participanten doorgaans een geaccepteerd aantal is.

De kinderen zaten in groep 5 van vijf verschillende basisscholen in het zuiden van de provincie Limburg, Nederland. Geen van de deelnemende kinderen was, volgens hun leerkracht, gediagnosticeerd met een ontwikkelingsstoornis.

Procedure

Na goedkeuring van de ethische commissie van de Faculteit Psychologie en Neurowetenschappen van Maastricht University zijn potentiële scholen benaderd. Na schriftelijke goedkeuring van de schoolhoofden voor het uitvoeren van de huidige studie, kregen de kinderen van groep 5 een informatiebrief en een informed consent-formulier, welke voor hun ouders bedoeld was. Aangezien de kinderen jonger dan twaalf jaar waren, was toestemming voor deelneming van de ouders noodzakelijk. De data is verzameld in maart en april 2016, na het ontvangen van de schriftelijke toestemming van de ouders.

De kinderen werden op hun eigen school getest. Aangezien de huidige studie deel uitmaakt van een grotere pilotstudie waarin meerdere testen en vragenlijsten zijn afgenomen, was de afname van de onderdelen verdeeld over twee momenten. Tijdens het eerste afnamemoment werden computertaken afgenomen, waaronder de *Running Span Task* (RST). De kinderen voerden de computer taken uit in een afgelegen en stil klaslokaal. Ondanks dat de test werd afgenomen in een stil lokaal, kregen de kinderen een koptelefoon op om er zeker van te zijn dat de kinderen niet werden afgeleid door willekeurige geluiden. De kinderen zaten recht voor

een 17-inch HP-notebook computer en keken naar de stimuli die verschenen op het scherm. De kinderen zaten op een stoel voor de computer met hun gezicht richting de muur, zodat de kinderen minimaal afgeleid konden raken door visuele prikkels. De kinderen kregen de instructie om zo snel en zo nauwkeurig mogelijk te werken. De instructies voor alle testen waren gestandaardiseerd en er was een oefen-item voor elke taak, waarbij terugkoppeling werd gegeven. De taken werden in een vaste volgorde afgenomen en het geheel duurde ongeveer 45 minuten.

Tijdens het tweede afnamemoment werden de overige testen met pen en papier afgenomen, waaronder de *Child Math Anxiety Questionnaire Revised* (CMAQ-R) en de Tempo Test Rekenen (TTR). De CMAQ-R werd in een één-op-één situatie afgenomen, om ervoor te zorgen dat de kinderen wisten wat er van ze werd verwacht, om te controleren of ze de vragen goed begrepen en of de smileyschaal op de juiste manier werd gebruikt. De TTR kan zowel individueel als klassikaal worden afgenomen. In de huidige studie werd de TTR individueel afgenomen, waarbij elk kind de antwoorden invulde op zijn of haar eigen antwoordformulier, tegelijkertijd met de rest van de kinderen in het lokaal. Het tweede afnamemoment duurde in totaal ongeveer één uur. De twee sessies vonden meestal plaats in dezelfde week. De kinderen werden beloond voor deelname met een klein presentje.

Instrumenten

Rekenangst

Rekenangst werd gemeten aan de hand van Nederlandse vertaling van de Child Math Anxiety Questionnaire Revised (CMAQ-R; Ramirez et al., 2013). Deze vragenlijst kan met pen en papier ingevuld worden en bestaat uit zestien items die elk een situatie beschrijven die te maken heeft met rekenen. De situaties in de CMAQ-R zijn zo beschreven dat ze voor kinderen

vanaf groep 3 begrijpelijk zijn. Zo werd er bijvoorbeeld gevraagd: “Hoe voel jij je wanneer je $27 + 15$ moet oplossen?” of “Hoe voel jij je wanneer de meester/ juffrouw jou vraagt om een rekensom op het bord uit te leggen?”. De kinderen gaven aan de hand van vijf smileys aan hoe ze zich bij het item voelen (zie Bijlage A). De vijf smileys corresponderen met een 5-punt Likert schaal van 1 tot 5, met 1 (helemaal niet zenuwachtig), 2 (een beetje zenuwachtig), 3 (best zenuwachtig), 4 (erg zenuwachtig), en 5 (heel erg zenuwachtig). Voor elk kind is er een gemiddelde score van de 16 items berekend, met een minimale score van 1 en een maximale score van 5. Hoe hoger de gemiddelde score, hoe meer rekenangst en vice versa.

De CMAQ-R heeft een goede interne betrouwbaarheid van variërend van $\alpha = .84$ tot $.82$ (Maloney et al., 2015).

Rekenvaardigheid

De Tempo Test Rekenen (TTR; De Vos, 1992) is een veelgebruikt instrument om basis rekenvaardigheid te meten. De TTR is een gestandaardiseerde schooltoets en bestaat uit 200 sommen, verdeeld over vijf kolommen met ieder 40 sommen. De eerste kolom bestaat uit optelsommen (+), de tweede kolom uit aftreksommen (-), de derde kolom uit vermenigvuldigingen ($\times$), de vierde kolom uit deelsommen ($\div$), en de vijfde kolom uit gemengde sommen (+, -, $\times$ en $\div$). Kinderen moeten per kolom zo veel mogelijk sommen maken binnen één minuut. De antwoorden kunnen direct op het antwoordformulier achter de som worden geschreven. Het gebruik van kladpapier of een rekenmachine is niet toegestaan tijdens de afname van de TTR. Als vijf kolommen worden afgenomen, duurt de totale afname van de TTR dus vijf minuten in totaal.

De TTR kan worden afgenomen bij leerlingen van groep 3 tot en met groep 8 van de basisschool. Kinderen van groep 3 maken alleen de eerste twee kolommen, hogere groepen

maken alle kolommen. Voor de huidige studie hebben de kinderen alle kolommen gemaakt, aangezien zij in groep 5 zaten.

Per correct beantwoorde som kreeg het kind één punt. Het maximaal aantal haalbare punten per kolom is 40, en in totaal zijn er 200 punten te behalen. Een hoger score correspondeert met een hogere rekenvaardigheid. Voor de huidige studie, zijn van ieder kind de gemiddelde scores van alle kolommen samen gebruikt voor de analyses. De reden hiervoor is dat alleen algemene rekenvaardigheid relevant is voor deze studie. De gemiddelde score is berekend door de scores van de vijf kolommen bij elkaar op te tellen en vervolgens te delen door vijf. De minimale gemiddelde score is 0 en de gemiddelde maximale score is 40.

Ondanks dat de TTR een veel gebruikt instrument is in het onderwijs, zijn de psychometrische eigenschappen beperkt onderzocht. Desoete, Stock, Schepens, Baeyens, en Roeyers (2009) vonden in hun studie bij basisschoolkinderen echter een uitstekende interne betrouwbaarheid van $\alpha = .89$.

Werkgeheugen

In de huidige studie is een cijfer versie van de Running Span Task (RST) gebruikt om de werkgeheugencapaciteit te meten (Pollack et al., 1959). Bij deze test werd deelnemende kinderen gevraagd om een reeks cijfers variërend in lengte te onthouden die zij te zien kregen op het computerscherm. Voorafgaand aan een reeks kregen de kinderen de volgende zin te zien: “Hier volgt de volgende reeks cijfers, als je er klaar voor bent druk op ENTER”. De kinderen kregen de cijfers één voor één te zien in het midden van het computerscherm. Het kind kreeg elk cijfer één seconde te zien met een interval van 500 ms tussen de cijfers. Na de weergave van de hele reeks, kreeg het kind het begin van de reeks te zien gevolgd door vraagtekens op plekken waar

de ontbrekende cijfers moesten worden ingevuld, in de volgorde van verschijning, op basis van wat het kind had onthouden. Van elke serie moesten de laatste drie cijfers worden ingevuld.

Het kind moest de ontbrekende cijfers invullen door de cijfers op het toetsenbord in te drukken en vervolgens ENTER in te drukken. Als een kind een fout maakte, kon hij of zij met behulp van de BACKSPACE toets het cijfer weghalen. Een voorbeeld van een reeks van cijfers was: “1 5 3 6 8”, waarbij vervolgens “1 5 ? ? ?” werd getoond. In dit voorbeeld moest het kind de cijfers “3, 6 en 8” intypen.

De reeksen in de huidige studie waren vier, vijf of zes cijfers lang. De huidige studie bestond daarbij uit twaalf cijferreeksen, vier reeksen van elke lengte (vier, vijf of zes cijfers) welke in willekeurige volgorde getoond werden. Voorafgaand aan de test kreeg het kind een instructie op het computerscherm, gevolgd door twee oefenreeksen, zodat het kind vertrouwd raakte met de test. Tijdens de afname van de test kreeg het kind geen feedback op de ingevulde antwoorden, ook wist het kind niet welke lengte de volgende cijferreeks zou zijn. Voor de analyse zijn alleen het totaal aantal correct beantwoorde reeksen van de Running Span Task gebruikt. Hierbij is de accuraatheid bepaald met een minimale score van 0 en een maximale score van 1. Hoe hoger de accuraatheid, hoe hoger de werkgeheugencapaciteit. Omdat het kind tegelijkertijd cijfers moet onthouden en updaten met nieuw gepresenteerde cijfers, is het een geschikte test om het werkgeheugen te meten.

Statistische analyse

De data werd geanalyseerd met IBM SPSS Statistics, versie 27. De variabelen die zijn gebruikt, zijn: rekenangst (CMAQ-R, onafhankelijke variabele), rekenvaardigheden (TTR, afhankelijke variabele), werkgeheugen (RST, mediator) en geslacht (moderator). In de huidige studie wordt bij de analyses een tweezijdig significantieniveau van $\alpha = .05$ aangehouden.

Voorafgaand aan de analyses werden eventuele outliers verwijderd aan de hand van Mahalanobis-afstanden. Aan de hand van de Mahalanobis-afstanden wordt voor elke participant de afstand tot het kruispunt van de gemiddelden van de voorspellende variabelen berekend. In het geval van de huidige studie zijn dat rekenangst en werkgeheugen. Er is ervoor gekozen om geslacht niet mee te nemen in de voorspellende variabelen, aangezien geslacht een categorische variabele is waarbij aan de waardes van de categorieën gebaseerd zijn op zelfbedachte waardes (1 en 2). In de huidige studie wordt de Mahalanobis-afstand dus berekend tussen rekenangst en werkgeheugen. Een participant is een outlier wanneer de Mahalanobis-afstand extreem groot is, namelijk groter dan de kritieke Chi-2-waarde die hoort bij $p < .001$, met het aantal voorspellende variabelen als vrijheidsgraden. De kritieke Chi-2-waarde voor 2 variabelen is gelijk aan 13.82. Een participant is een outlier als de Mahalanobis-afstand van die participant groter is dan 13.82.

Naast het detecteren van eventuele outliers, is onderzocht of de data voldeden aan de assumpties van een mediatie analyse (multivariate normaliteit, multivariate lineariteit, multicollineariteit en homoscedasticiteit). Verder worden de beschrijvende statistieken van de gebruikte instrumenten (gemiddelde en standaarddeviatie) en de resultaten van een onafhankelijke t-toets met bijbehorende effectgroottes opgevraagd. Een effectgrootte $d = .20$ wordt beschouwd als een kleine effectgrootte, $d = .50$ als een gemiddelde effectgrootte, $d = .80$ als een grote effectgrootte (Cohen, 1988). Tevens wordt een correlatiematrix opgesteld om de relaties tussen de variabelen te onderzoeken.

De eerste algemene hypothese “er bestaat een negatieve correlatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden” wordt getoetst door de bivariate correlatie tussen de variabelen te berekenen. Een correlatie van $r \leq .29$ wordt beschouwd als een zwakke correlatie, een correlatie van $.30 \leq r$

$\leq .49$ als een middelmatige correlatie, en $r > .49$ als een sterke correlatie (Cohen, 1988). Om de tweede en derde algemene hypothesen te toetsen is gebruik gemaakt van de PROCESS v3.5 macro van Hayes (Hayes, 2017); een bootstrapanalyse macro in SPSS. De tweede algemene hypothese “het werkgeheugen medieert de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden” is getoetst met het vierde model van de PROCESS methode, een simpel mediatiemodel, met 5000 samples. Om de derde algemene hypothese “geslacht modereert het mediatiemodel” te toetsen, is gebruik gemaakt van het achtste model, een gemodereerd mediatiemodel, van de PROCESS methode, tevens met 5000 samples.

Resultaten

Beschrijvende statistiek

Om inzicht te krijgen in de dataset zijn de beschrijvende statistieken (gemiddelde en standaarddeviatie), eventuele verschillen tussen jongens en meisjes in de variabelen en correlaties van de gebruikte instrumenten in kaart gebracht (zie Tabel 1). Aan de hand van de gegevens van de onafhankelijke *t*-toets in Tabel 1, konden er drie conclusies getrokken worden. Ten eerste hadden jongens een significant kleinere werkgeheugencapaciteit dan. Ten tweede hadden jongens een significant hogere rekenvaardigheid dan meisjes. En ten derde was er geen significant verschil in mate van rekenangst. De effectgrootte van rekenangst werd volgens de richtlijnen van Cohen (1988) beschouwd als gemiddeld, van werkgeheugen als klein en van rekenvaardigheid als groot.

Tabel 1

Beschrijvende statistieken, correlaties en t-toets van Rekenangst, Werkgeheugen en Rekenvaardigheden.

	Onafhankelijke t-test				Correlaties	
	Totaal ^a	Jongens ^b	Meisjes ^c	Jongens vs. meisjes		
	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	1. 2.
1. Rekenangst	1.70 (.45)	1.64 (.45)	1.75 (.44)	-1.12	.45	
2. Werkgeheugen	.52 (.32)	.43 (.22)	.60 (.21)	-3.34**	.22	.18
3. Rekenvaardigheid	16.08 (4.71)	17.32 (5.23)	14.87 (3.83)	2.33*	4.57	-.26* .26*

^a*N* = 75, ^b*n* = 37, ^c*n* = 38

p* < .05, *p* < .01

Outlier identificatie en assumptie controle

Voorafgaand aan de analyses zijn eventuele outliers geïdentificeerd aan de hand van Mahalanobis-afstanden. Hierbij werd één outlier gevonden, waardoor één extra participant is geëxcludeerd, naast de twee participanten met missende data op de Running Span Task. In de huidige studie werden uiteindelijk 75 participanten (waarvan 37 jongens en 38 meisjes) meegenomen in de analyses.

Vervolgens werden de assumpties van multivariate normaliteit, multivariate lineariteit, multicollineariteit en homoscedasticiteit gecontroleerd. Om multivariate normaliteit en homoscedasticiteit te controleren werden er respectievelijk een histogram en een *Normal Probability Plot* van de gestandaardiseerde residuen gemaakt (zie Bijlage B). Hierin was te zien dat er sprake was van normaliteit en homoscedasticiteit. Uit de *Partial Regression Plots* van de

variabelen bleek de lineariteit (zie Bijlage B). Bovendien was van multicollineariteit geen sprake (alle $VIF < 4$). Samengevat werd geen van de bovengenoemde assumpties geschonden in de huidige dataset.

Toetsende statistiek

Correlatie rekenangst en rekenvaardigheden

De eerste algemene hypothese veronderstelde een significant negatieve relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden. Deze hypothese werd bevestigd door de resultaten van de correlatieanalyses die weergegeven zijn in Tabel 1. De correlatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden toont aan dat een hogere mate van rekenangst samenhangt met een lagere rekenvaardigheid en vice versa in 7 tot 10 jaar oude kinderen. Volgens de richtlijnen van Cohen (1988) kan de correlatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden in de huidige studie geïnterpreteerd worden als een zwakke correlatie.

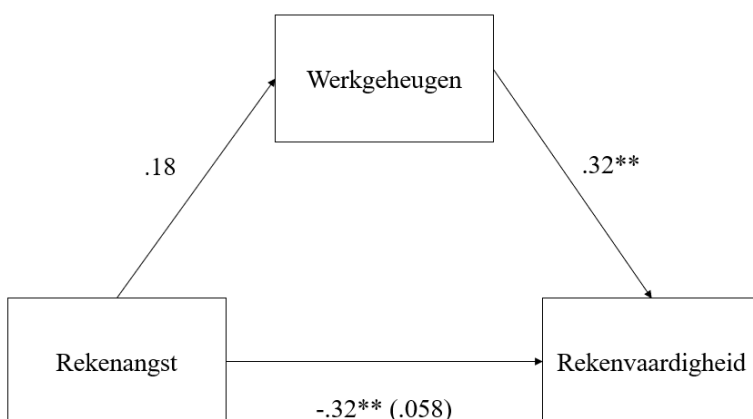
Mediatie van het werkgeheugen

De tweede algemene hypothese, welke bestond uit twee deelhypotheses, was dat het werkgeheugen een mediërende rol speelt in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden. Aan de hand van een 5000 samples bootstrap-mediatieanalyse door de PROCESS macro van Hayes (2017) werd de hypothese getest. De resultaten lieten zien dat de eerste deelhypothese, die een negatieve relatie tussen rekenangst en werkgeheugen veronderstelde, niet werd ondersteund in de huidige studie, zoals te zien is in Figuur 2. Daarentegen is in Figuur 2 te zien, dat er in de huidige resultaten wel ondersteuning werd gevonden voor de tweede deelhypothese, die veronderstelde dat er een positieve correlatie is tussen de werkgeheugencapaciteit en de scores op rekenvaardigheden.

Zoals te zien is in Figuur 2, is er met behulp van de PROCESS methode geen significant indirect effect van de werkgeheugencapaciteit gevonden in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden ($b = .61$; 95% $CI = -.10$; 1.62). Dus, de tweede algemene hypothese diende te worden verworpen, aangezien het werkgeheugen geen significante mediator was in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden. Opvallend was het gegeven dat rekenvaardigheid wel voor 16,36% ($p = .002$) verklaard wordt door rekenangst en werkgeheugencapaciteit, wat bovendien een significante toename is in verklaarde variantie in vergelijking met het model waarbij enkel rekenangst als voorspeller is meegenomen. Enkel rekenangst verklaart voor 6,70% ($p = .025$) rekenvaardigheidsscores.

Figuur 2

Gestandaardiseerde Regressiecoëfficiënten voor de relatie tussen Rekenangst en Rekenvaardigheden gemedieerd door werkgeheugencapaciteit.



Noot. De Regressiecoëfficiënt tussen Rekenangst en Rekenvaardigheden, controlerend voor werkgeheugencapaciteit staat tussen haakjes.

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

Moderatie van geslacht

Om de derde algemene hypothese te toetsen, werd geslacht geïnccludeerd als moderator in zowel de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden (eerste deelhypothese) als de relatie tussen rekenangst en werkgeheugencapaciteit (tweede deelhypothese). Aan de hand van een 5000 samples bootstrap gemodereerde mediatie analyse door de PROCESS macro van Hayes (2017) werd de hypothese getest. De resultaten lieten zien dat er geen significante interactie-effecten waren van geslacht, zowel wat betreft de eerste deelhypothese ($b = .07$; $p = .54$; 95% $CI = -.16; .30$) als de tweede deelhypothese ($b = 1.67$; $p = .44$; 95% $CI = -2.58; 5.92$). De derde algemene hypothese diende dan ook verworpen te worden; er was geen verschil wat betreft het directe en indirecte effect (via werkgeheugen) van rekenangst op rekenvaardigheden tussen jongens en meisjes. Hierdoor kon het hoofdeffect hetzelfde geïnterpreteerd worden voor beide geslachten; een hogere mate van werkgeheugencapaciteit hangt samen met hogere rekenvaardigheid ($b = 9.16$; $p < .001$; 95% $CI = 4.72; 13.60$). Hoewel er geen interactie-effecten waren van geslacht voor beide deelhypothesen, werd de werkgeheugencapaciteit wel voor 15,54% ($p = .007$) verklaard door geslacht en rekenangst, waarbij rekenangst op zichzelf geen significante voorspeller was ($p = .117$). Bovendien werden rekenvaardigheden voor 30,10% ($p < .001$) verklaard door rekenangst, werkgeheugencapaciteit en geslacht.

Verder ingaand op de directe relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden en de moderatie van geslacht (eerste deelhypothese), was de relatie alleen significant voor jongens ($b = -3.88$; $p = .01$; 95% $CI = -6.85; -.91$) en niet voor meisjes ($b = -2.21$; $p = .16$; 95% $CI = -5.27; .86$). Dit liet zien dat een hogere mate van rekenangst alleen voor jongens significant samenhangt met verminderde rekenvaardigheden. Echter, aangezien de interactie niet significant was, was er geen verschil in mediatie tussen jongens en meisjes.

Discussie

In de huidige cross-sectionele studie is de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden en de mediërende rol van het werkgeheugen bestudeerd, waarbij rekening werd gehouden met eventuele geslachtsverschillen. De huidige studie onderscheidde zich van eerdere studies door te focussen op jonge Nederlandse kinderen van 7 tot 10 jaar oud.

De huidige studie bestudeerde drie hypothesen. De eerste hypothese, dat er een negatieve relatie bestaat tussen rekenangst en rekenvaardigheden bij 7 tot 10 jaar oude kinderen, is aan de hand van een bivariaat correlationele analyse getoetst. De eerste hypothese kon worden bevestigd door de huidige data. De tweede hypothese, dat het werkgeheugen deze relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden medieert, is getoetst met behulp van de PROCESS methode. De tweede hypothese kon niet worden bevestigd door de huidige resultaten. Tot slot de derde hypothese dat geslacht modereert in het mediatiemodel met het werkgeheugen, rekenangst en rekenvaardigheden. Gegeven de resultaten van de PROCESS methode, kan de derde hypothese niet bevestigd worden.

Rekenangst en rekenvaardigheden

In lijn met de eerste opgestelde hypothese is er in de huidige studie een significant negatieve correlatie gevonden tussen rekenangst en rekenvaardigheden; een hogere mate van rekenangst hangt samen met een lagere mate van rekenvaardigheden bij jonge kinderen van 7 tot 10 jaar oud. Deze resultaten komen overeen met de bevindingen in eerdere studies bij jonge kinderen (Cargnelutti et al., 2017 (groep 5); Ching, 2017; Ramirez et al., 2013; Vukovic et al., 2013; Wu et al., 2012). Tevens vindt de huidige studie dat rekenangst een significant deel (6,7 %) van de variantie verklaart in de rekenvaardigheid van jonge Nederlandse kinderen. Dit

komt overeen met de mondiale studie van OECD (2013) waarbij rekenvaardigheden voor 14% significant verklaard werd door rekenangst, zelfs onder de best presterende leerlingen.

De eerdergenoemde studies naar de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden bij jonge kinderen zijn uitgevoerd in het buitenland (USA, China en Italië). De huidige studie breidt daarmee de bestaande kennis uit, over het al dan niet bestaan een negatieve relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden onder jonge Nederlandse kinderen. De negatieve relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden lijkt dus een universeel, cultuur overstijgend concept te zijn, welke tevens in landen bestaat die tegenover andere landen wereldwijd boven gemiddeld (zoals Nederland) of hoog (zoals China) scoren op rekenvaardigheden (OECD, 2013). Echter, is de kennis die tot op heden verworven is over de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden met name gebaseerd op Noord-Amerikaanse studies; westerse landen, welke tegenover andere landen wereldwijd gemiddeld scoren op rekenvaardigheid (OECD, 2013). Gezien de mondiaal aangetoonde negatieve relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden, is cross-cultureel onderzoek naar het al dan niet bestaan van deze negatieve relatie in diverse landen met uiteenlopende rekenprestaties noodzakelijk om kennis effectief te kunnen generaliseren en externe validiteit van studies te verhogen. Bovendien is de kennis over de negatieve relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden in verschillende culturen en uiteenlopend presterende landen tevens van belang voor het interveniëren op rekenangst om lange termijn consequenties te beperken (Aarnos & Perkkilä, 2012). Verschillende culturen, evenals uiteenlopend presterende landen, behoeven wellicht verschillende of aangepaste interventies voor hetzelfde universele probleem. Dit wordt bevestigd door de studies van Cardemil (2010) en Benuto et al. (2020), zij stellen dat een interventie afgestemd moet worden op de doelgroep waar de interventie ingezet wordt, waarbij onder andere culturele factoren in acht genomen moeten worden. Samenvattend,

cross-culturele vervolgstudies zijn noodzakelijk voor het effectiever kunnen generaliseren van en adequater kunnen interveniëren op de negatieve relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden.

Om specifiek (jonge) Nederlandse kinderen doeltreffend te kunnen ondersteunen, zijn vervolgstudies naar rekenangst en rekenvaardigheden met een jonge Nederlandse populatie van belang.

Ten behoeve van efficiënte interventies is kennis over factoren die de negatieve relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden verklaren, tevens van belang om de uiteindelijke rekenvaardigheden te bevorderen. Eerdere studies naar mogelijke verklarende factoren vonden verschillende individuele factoren, zoals werkgeheugen, aandacht, fysiologisch en motivatie, en omgevingsfactoren, zoals rekenangst van ouders of leerkrachten (Maloney et al., 2015; Ramirez et al., 2013; Suárez-Pellicioni et al., 2015; Wang et al., 2015; Young et al., 2012). Deze factoren lijken gezamenlijk de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden te verklaren (Chang & Beilock, 2016). In de huidige studie is getracht de gevonden negatieve relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden te verklaren door de mogelijke mediërende rol van het werkgeheugen in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden bij jonge kinderen te bestuderen.

De mediatie van het werkgeheugen

Om de mogelijke mediërende rol van het werkgeheugen in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden te bestuderen, is getracht de resultaten van Justicia-Galiano et al. (2017) te repliceren. Zij vonden dat het werkgeheugen de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden medieert bij jonge kinderen (8 tot 12 jaar). Echter, wordt het bestaan van een mediatie door het werkgeheugen niet ondersteund door de resultaten van de huidige studie, aangezien er geen significante relatie bestaat tussen de mate van rekenangst en de werkgeheugencapaciteit. Dit impliceert dat een mediatie effect niet mogelijk is.

Het afwezig zijn van een mediërende rol van het werkgeheugen in de huidige studie zou allereerst verklaard kunnen worden door de verschillen in de gebruikte instrumenten om rekenangst te meten tussen de huidige studie en de studie van Justicia-Galiano et al. (2017). In de studie van Justicia-Galiano et al. (2017) is gebruik gemaakt van de Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS) (Hopko et al., 2003), deze vragenlijst is ontwikkeld voor gebruik onder studenten. De CMAQ-R, de vragenlijst waarmee rekenangst in de huidige studie is gemeten, is daarentegen ontworpen voor kinderen vanaf groep 3. Dit impliceert dat de situaties die in de CMAQ-R zijn geschetst, wellicht niet beangstigend genoeg zijn geweest voor de groep 5 leerlingen van de huidige studie om daadwerkelijk angstige gevoelens te ervaren. Dit wordt ook ondersteund door de scores op de CMAQ-R van de huidige studie, deze zijn bij benadering normaal verdeeld, echter ligt de gemiddelde score ($M(SD) = 1.70(.45)$) een stuk dichterbij de minimaal haalbare ($min = 1$) score dan bij de maximaal haalbare score ($max = 5$).

Ten tweede is het mogelijk dat de huidige populatie per toeval minder rekenangstig is dan de gemiddelde (Nederlandse) populatie. De gemiddelde CMAQ-R scores van de huidige studie liggen namelijk relatief lager dan in eerdere studies bij jongere kinderen (Gunderson et al., 2018 (groep 3-4) ; Maloney et al., 2015 (groep 3 - 4); Ramirez et al., 2016 (groep 3-4); Van Mier et al., 2019 (groep 4)). Dit impliceert dat de kinderen in de huidige studie relatief minder rekenangstig waren dan de kinderen in eerdere studies, waardoor de kinderen uit de huidige studie wellicht te weinig zorgelijke gedachten ervoeren welke kunnen interfereren met het werkgeheugen.

Een derde verklaring voor het afwezig zijn van een mediatie van het werkgeheugen in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden, zou de relatief jongere leeftijd van de populatie in de huidige studie kunnen zijn. De leeftijdsrange van de huidige studie lag immers wat lager (7

tot 10 jaar) dan die van Justicia-Galiano et al. (2017) (8 tot 12 jaar). Het zou kunnen zijn dat rekenangst zich pas significant gaat ontwikkelen in de loop van de tijd en dat er dus eerst een periode van slechte rekenvaardigheden aan vooraf moet gaan. De hiervoor besproken verwachting dat rekenangst lagere rekenvaardigheden veroorzaakt, zou derhalve mogelijk in tegengestelde richting kunnen werken. Kinderen die slechter presteren op rekentaken, gaan wellicht in de loop van de tijd een angst voor rekenen ontwikkelen, aangezien ze bang zijn om opnieuw tekort te schieten. In dat geval zou er alvorens het ontwikkelen van rekenangst een periode van slechte rekenprestaties plaats moeten vinden. De suggestie dat rekenangst zich pas na enige tijd significant ontwikkeld, lijkt in lijn met de resultaten van eerdere studies. De studie van Ramirez et al. (2013) onder jongere kinderen van vijf tot acht jaar vindt geen verband tussen rekenangst en het werkgeheugen, waar studies met een oudere populatie deze relatie wel vinden (Justicia-Galiano et al., 2017 (8-12 jaar); Owens et al., 2012 (12-13 jaar)). Bovendien vinden Cargnelutti et al. (2017) in hun longitudinale studie, dat rekenangst toe neemt over de tijd bij jonge kinderen. De mogelijke verklaring die zij geven is dat rekenangst zich ontwikkeld als gevolg van opeenstapeling van negatieve ervaringen met rekenen, het toenemen van de moeilijkheidsgraad van rekentoetsen. Op basis van deze studies is het aannemelijk dat in de huidige studie geen relatie wordt gevonden tussen rekenangst en het werkgeheugen, aangezien de kinderen in de huidige studie nog niet voldoende rekenangst hebben ontwikkeld, welke zodanig zorgelijke gedachten genereert om de werkgeheugencapaciteit daadwerkelijk te beperken.

Ten vierde zou, evenals de mate van rekenangst, de mate waarin een kind zich zorgen maakt kunnen toenemen met de leeftijd en duurt het wellicht een aantal jaar voor de zorgen aanzienlijk genoeg zijn om beslag te kunnen leggen op het werkgeheugen. Dit wordt bevestigd

door de meta-analyse van Kertz en Woodruff-Borden (2011). Zij stellen dat de mate waarin een kind zich zorgen maakt over (school)prestaties toeneemt vanaf het zevende levensjaar, piekt in de puberteit en daarna stabiliseert. De mate van zorgen maken van de 7 tot 10 jaar oude kinderen van de huidige studie, zouden in het licht van de aanname van Kertz en Woodruff-Borden (2011), nog niet aanzienlijk genoeg kunnen zijn om de werkgeheugencapaciteit daadwerkelijk te kunnen beperken. Longitudinaal onderzoek zou meer inzicht moeten geven in de vraag of het ontwikkelen van rekenangst daadwerkelijk een gevolg is van slechte rekenprestaties en de toenemende mate waarin een kind zich zorgen maakt.

Ondanks het afwezig zijn van een significant negatief verband tussen rekenangst en werkgeheugencapaciteit, wordt in de huidige studie wel ondersteuning gevonden voor de deelhypothese dat er een positieve relatie bestaat tussen werkgeheugencapaciteit en rekenvaardigheden, waarbij de rekenvaardigheidsscores significant verklaard worden door de werkgeheugencapaciteit. Dit betekent dat een grotere werkgeheugencapaciteit samenhangt met betere rekenvaardigheid scores bij jonge kinderen. De uitkomsten van de huidige studie zijn in overeenstemming met de resultaten van eerdere studies bij kinderen in het buitenland (Alloway et al., 2008; Bull et al., 2008; Ching, 2017; Friso-van den Bos et al., 2013; Raghubar et al., 2010). De bestaande kennis over het aanwezig zijn van een relatie tussen het werkgeheugen en rekenvaardigheid was tot op heden gebaseerd op studies uit het buitenland (Engeland, Schotland, China). De resultaten van de huidige studie laten zien dat het bestaan van een positieve relatie tussen werkgeheugen en rekenvaardigheden bij jonge kinderen ook van toepassing is binnen een Nederlandse populatie. Zoals eerder besproken zijn cultuur (en wellicht land) specifieke vervolgstudies van belang om vergaarde kennis adequaat te kunnen inzetten en uiteindelijke rekenvaardigheden te bevorderen.

De moderatie van geslacht

Naast het afwezig zijn van een mediërend effect van het werkgeheugen, laten de resultaten van de huidige studie tevens zien dat er geen moderatie van geslacht bestaat in zowel de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden als in de relatie tussen rekenangst en het werkgeheugen bij jonge kinderen van 7 tot 10 jaar oud. Dit is tegenstrijdig met de resultaten van Ganley en Vasilyeva (2014) naar het eerder beschreven gemodereerde mediatie model bij volwassenen. Dat geslacht een rol speelt in de mediatie van het werkgeheugen kan derhalve niet gegeneraliseerd worden naar jonge kinderen. Bovendien komen de resultaten van de huidige studie niet overeen met de resultaten van eerdere studies bij jonge kinderen naar de moderatie van geslacht in de relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden (Huang et al., 2019; Van Mier et al., 2019; Zhang et al., 2019) en de verwachting dat meisjes zich meer zorgen maken dan jongens (Dugas et al., 2001; Robichaud et al., 2003).

De hypothese stelde dat het verband tussen rekenangst en werkgeheugen en tussen rekenangst en rekenvaardigheden sterker was voor meisjes, aangezien meisjes over het algemeen hoger scoren op rekenangst en zich meer zorgen maken (Devine et al., 2012; Else-Quest et al., 2010; Hill et al., 2016; Mammarella et al., 2019; Sorvo et al., 2017). Als deze redenering klopt, dan zou het niet significant verschillen van rekenangst scores tussen jongens en meisjes in de huidige studie een verklaring kunnen geven voor het niet vinden van geslacht als moderator. Dat er geen geslachtsverschillen in rekenangst zijn gevonden, zou verklaard kunnen worden door het gegeven dat participanten van de huidige studie over het algemeen jonger waren dan de kinderen die deel hebben genomen aan eerdere studies die wel geslachtsverschillen vinden (Devine et al., 2012; Jansen et al., 2016; Reali et al., 2016; Van Mier et al., 2019). Evenals de hiervoor besproken mogelijke toenemende mate van rekenangst met de leeftijd, zou het verschil in mate

van rekenangst tussen de geslachten groter kunnen worden naarmate kinderen ouder worden. Dit zou kunnen komen doordat vanaf het begin van de pubertijd genderstereotypen zoals “jongens zijn beter dan meisjes in rekenen” en geslachtsverschillen waarbij meisjes makkelijker hun gevoel uiten dan jongens, en dus eerder zouden toegeven dat ze rekenangst ervaren, een grotere rol gaan spelen (Else-Quest et al., 2010). Wellicht bestaat er dus op jonge leeftijd nog geen significant verschil in rekenangst, waardoor de invloed van geslacht niet goed bestudeerd kan worden in deze jonge populatie. Eerdere studies bij oudere kinderen vanaf groep 6 (Devine et al., 2018; Erturan & Jansen, 2015; Lukowski et al., 2019; Schleepen & Van Mier, 2016; Zhang et al., 2019) vonden meer variantie in rekenangst scores dan in de huidige studie werd gevonden, waardoor er de verschillen tussen jongens en meisjes beter zichtbaar waren. Wellicht is rekenangst al te meten vanaf jongs af aan, maar worden de geslachtsverschillen pas op latere leeftijd significant. Longitudinaal onderzoek zou hier meer inzicht in kunnen bieden.

Overige resultaten

Een nog onbesproken opvallendheid, is dat er geen geslachtsverschillen in rekenvaardigheid werden verwacht op basis van resultaten uit eerdere studies (Devine et al., 2012; Else-Quest et al., 2010; Hill et al., 2016; Mammarella et al., 2019; Sorvo et al., 2017), echter zijn deze wel gevonden in de huidige studie, waarbij jongens een significant hogere rekenvaardigheid hadden dan meisjes. Desalniettemin zijn deze resultaten in overeenstemming met de resultaten van het TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study), welke wereldwijd sinds 1995 om de vier jaar het niveau van 10- en 14-jarige leerlingen in exacte vakken in kaart brengt. De resultaten van de TIMSS-studie laten al sinds 1995 zien dat zowel Nederlandse jongens, als jongens uit vergelijkbare landen (Vlaanderen, Duitsland, Engeland, Frankrijk, Denemarken en Zweden) significant betere rekenvaardigheden hebben dan

meisjes. Een mogelijke verklaring voor deze tegenstrijdige resultaten wordt gegeven door de longitudinale studie van Kersey et al. (2018), waarin zij geslachtsverschillen in de aanleg voor rekenvaardigheden van jonge kinderen vanaf de leeftijd van zes maanden tot acht jaar oud volgden. Kersey et al. (2018) concludeerden dat er geen verschil in aanleg of talent is voor rekenvaardigheden tussen jongens en meisjes; beide geslachten kunnen (uiteindelijk) even goed rekenen. Echter, vonden zij dat jongens en meisjes een andere leercurve hebben wat betreft specifieke rekenonderdelen, zoals schatten, tellen en patroonherkenning. Afhankelijk van de soort toets en het toets moment kunnen er hierdoor verschillen tussen jongens en meisjes gemeten worden. Het kan dus zijn dat de studies die geen geslachtsverschillen vonden in rekenvaardigheden (Devine et al., 2012; Else-Quest et al., 2010; Hill et al., 2016; Mammarella et al., 2019; Sorvo et al., 2017) de kinderen toetsten op een ander moment in de leercurve dan de studies die wel geslachtsverschillen vonden (TIMSS en de huidige studie).

Naast het ontkrachten van het bestaan van geslachtsverschillen in de aanleg voor rekenvaardigheden, stellen Kersey et al. (2018) dat externe factoren (zoals socio-economische status, genderstereotypen of de houding van ouders en leerkrachten tegenover rekenen) wel invloed kunnen hebben op de uiteindelijke rekenvaardigheden van jonge kinderen. De invloed van externe factoren evenals interne factoren (zoals motivatie, zelfeffectiviteit en eigen houding tegenover rekenen) op rekenvaardigheden wordt tevens onderschreven door andere studies (Gunderson et al., 2012; Hutchison et al., 2018; Parker et al., 2018). Bovendien lijken er geslachtsverschillen te bestaan in mate waarin jongens en meisjes beschikken over deze factoren of (negatieve) gevolgen ervaren van deze factoren (Gunderson et al., 2012; Hutchison et al., 2018; Parker et al., 2018). Zo ervaren jongens bijvoorbeeld minder nadelen van stereotypering, waar meisjes meer voordeel halen uit hun interne motivatie. De interne en externe factoren die

invloed kunnen hebben op rekenvaardigheden in combinatie met verschillen in leercurve tussen jongens en meisjes onderschrijven het belang van longitudinaal vervolgonderzoek. Inzicht in welke interne en externe factoren een rol spelen en specifieker wanneer jongens en meisjes hier het meest kwetsbaar zijn in combinatie met hun leercurve, kan zeer waardevol zijn voor het (reken)onderwijs waarin elk kind het uiterste uit zichzelf kan halen.

Limitaties en Vervolgonderzoek

Er zijn verschillende aspecten van de huidige studie die aanbevelingen genereren voor vervolgonderzoek. Allereerst pioniert de huidige studie door rekenangst bij de jonge Nederlandse kinderen te bestuderen. De resultaten bevestigen dat rekenangst ook in Nederland een belangrijk gegeven is om in acht te nemen bij de ontwikkeling en uiteindelijke rekenvaardigheden van alle jonge kinderen. Echter is de tot op heden bestaande kennis met name gebaseerd op Noord-Amerikaanse studies. Omwille van culturele verschillen en rekenprestatie discrepanties, zijn vervolgstudies bij jonge Nederlandse kinderen noodzakelijk voor een adequate interventie op rekenangst, rekenvaardigheden en het werkgeheugen in specifiek deze doelgroep.

Ten tweede is de huidige studie een cross-sectionele studie, waardoor er geen causale verbanden gelegd kunnen worden tussen de bestudeerde factoren. Zoals eerder beschreven, kunnen longitudinale vervolgstudies mogelijk inzicht geven in hoe rekenangst, geslachtsverschillen in rekenangst, net als rekenvaardigheden en mogelijk bedreigende factoren zich ontwikkelen vanaf de aanvang van het formeel leren rekenen in groep drie tot in de volwassenheid. De huidige studie bewijst wederom dat eerdere studies bij adolescenten en volwassen niet vanzelfsprekend gegeneraliseerd kunnen worden naar een jongere populatie. Longitudinaal vervolgonderzoek specifiek bij jonge kinderen is van belang voor kennis over de

manifestatie van rekenangst, de leercurve van rekenvaardigheden en hoe uiteindelijk te kunnen interveniëren. Voor vervolgonderzoek is het met name van belang dat onderzocht wordt wanneer en hoe de ontwikkeling van rekenangst plaatsvindt en de verschillen tussen geslacht ontstaan, zodat duidelijk wordt welke leeftijd cruciaal is voor het tegengaan van problemen op rekengebied. Bovendien is het van belang dat wordt onderzocht wanneer jongens en meisjes het meest kwetsbaar zijn voor welke interne en externe factoren en hoe dit samenhangt met hun rekenleercurve. Het is van belang om reken- en rekenangst problemen zo vroeg mogelijk te signaleren, aangezien kinderen nog volop in ontwikkeling zijn en dit hun uiteindelijke rekenniveau kan beïnvloeden.

Ten derde is het van belang dat bij vervolgonderzoek een power van ten minste 80% wordt bereikt. In de huidige studie werden namelijk verschillende resultaten gevonden, waarbij er wel een moderatie van geslacht werd gevonden wanneer de outlier geïnccludeerd werd in de analyses. Met een groter steekproef en een power van ten minste 80% zijn de resultaten in het vervolg niet afhankelijk van outliers.

Conclusies

Samenvattend kan er gesteld worden dat de negatieve relatie tussen rekenangst en rekenvaardigheden die in eerder onderzoek wordt gevonden, onder met name adolescenten en volwassenen, ook wordt gevonden in de huidige populatie bij Nederlandse 7 tot 10-jarigen. Tegen verwachting in, wordt echter geen mediatie van het werkgeheugen of moderatie van geslacht gevonden. Vervolgonderzoek in verschillende longitudinale onderzoeksopzetten moeten uitwijzen wat er voorafgaat aan het ontwikkelen van rekenangst en of rekenangst toeneemt met de leeftijd, evenals de verschillen tussen jongens en meisjes. Longitudinale studies zijn essentieel bij het verwerven van inzichten over de ontwikkeling van rekenangst, zodat interventies daarop

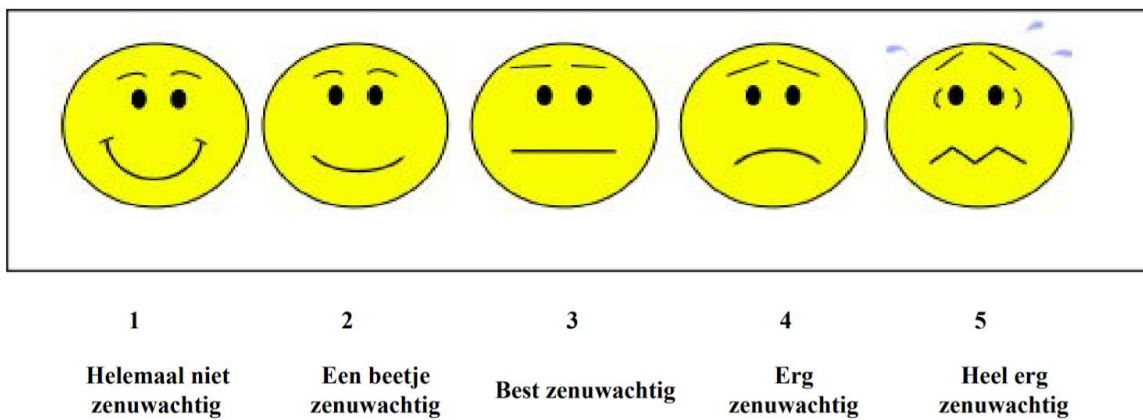
toegespitst kunnen worden en de (lange termijn) gevolgen zo beperkt mogelijk kunnen blijven.

Opdat rekenangst voor zowel jongens als meisjes geen barrière vormt voor een adequate ontwikkeling en deelname aan de hedendaagse technologie-gedreven maatschappij.

Bijlage A

Smileyschaal

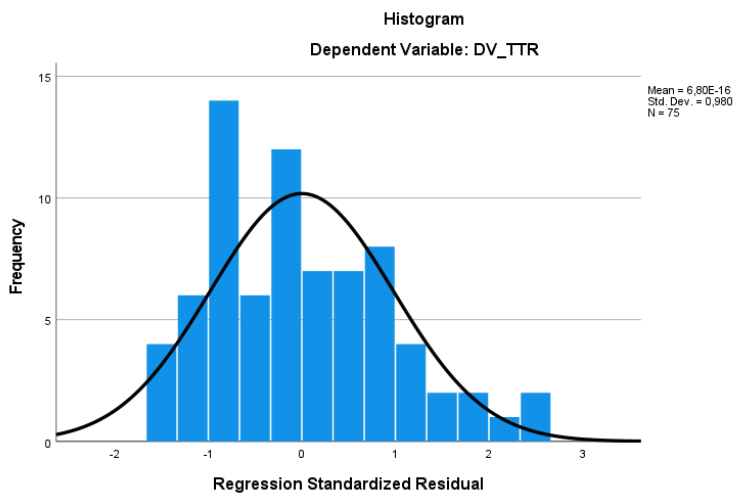
Smileyschaal gebruikt bij de afname van de CMAQ-R



Bijlage B

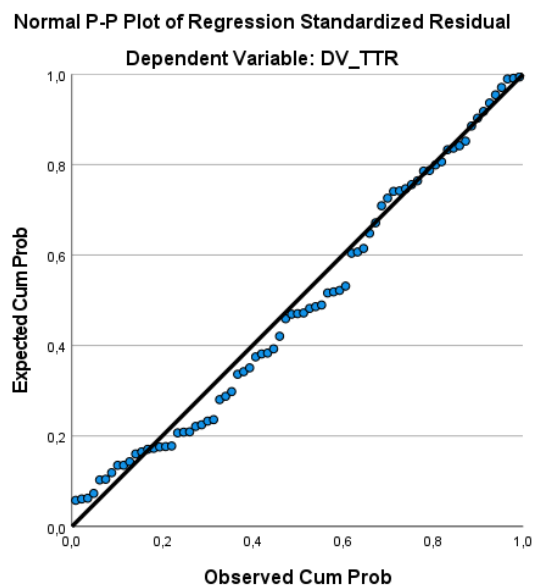
Histogram

Histogram van de gestandaardiseerde residuen



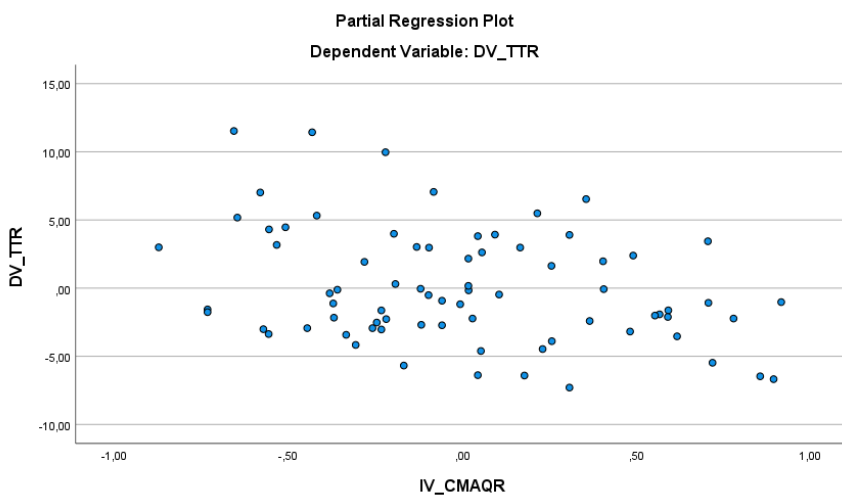
Normal Probability Plot

Normal Probability Plot van de gestandaardiseerde residuen

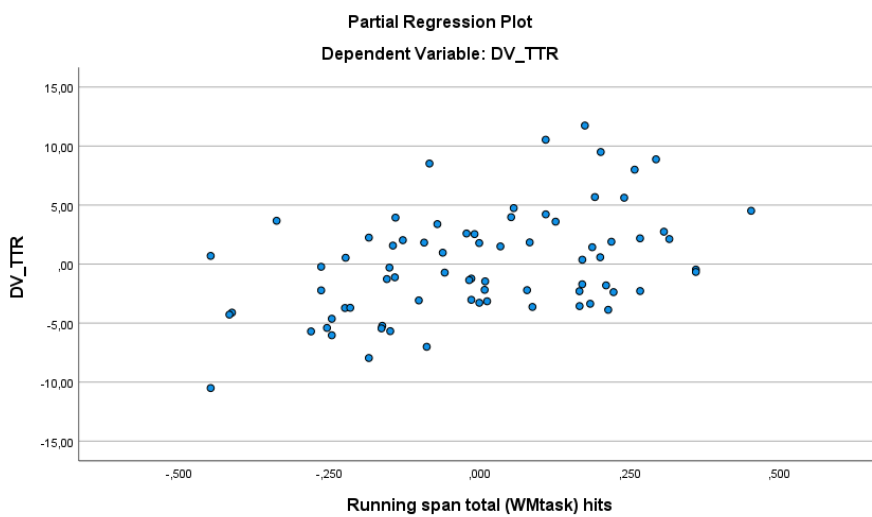


Partial Regression Plots

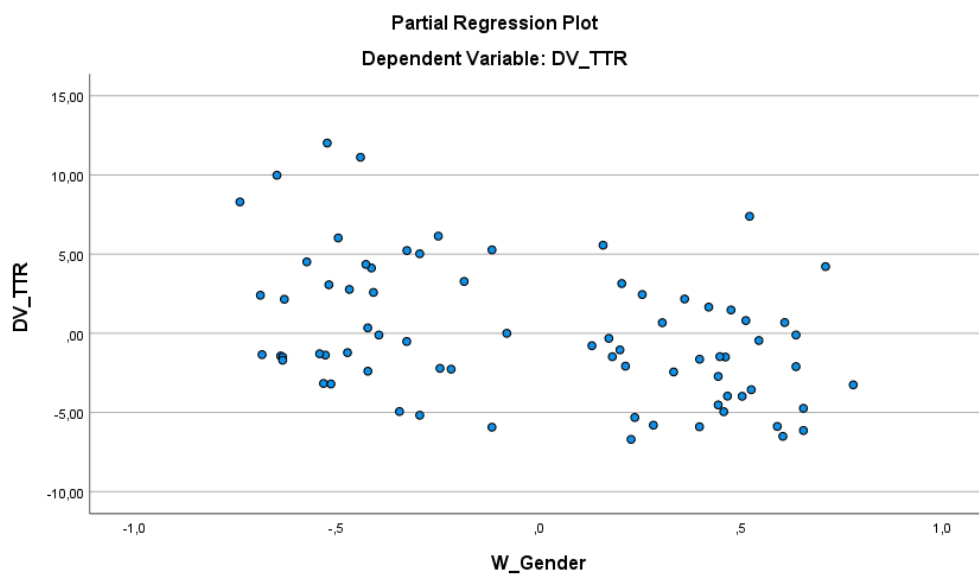
Partial Regression Plot van rekenvaardigheden en rekenangst



Partial Regression Plot van rekenvaardigheden en werkgeheugen



Partial Regression Plot van rekenvaardigheden en geslacht



Literatuur

- Aarnos, E., & Perkkilä, P. (2012). Early signs of mathematics anxiety?. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 1495-1499. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.328>
- Ahmed, W. (2018). Developmental trajectories of math anxiety during adolescence: Associations with STEM career choice. *Journal of Adolescence*, 67, 158-166.
<https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2018.06.010>
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the automated working memory assessment. *Educational Psychology*, 28, 725-734.
<https://doi.org/10.1080/01443410802243828>
- Amato, L. M. (2019). Barriers to a STEM Career: Math Anxiety and the Adult Female. In L. M. Amato (ed.), *Handbook of Research on Social Inequality and Education* (pp. 64-90). IGI Global.
- Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 224.
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.224>
- Ashcraft, M. H., & Moore, A. M. (2009). Mathematics anxiety and the affective drop in performance. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27, 197-205.
<https://doi.org/10.1177/0734282908330580>
- Ashkenazi, S., & Danan, Y. (2017). The role of mathematical anxiety and working memory on the performance of different types of arithmetic tasks. *Trends in Neuroscience and Education*, 7, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2017.05.001>
- Barroso, C., Ganley, C. M., McGraw, A. L., Geer, E. A., Hart, S. A., & Daucourt, M. C. (2020). A meta-analysis of the relation between math anxiety and math achievement.

- Psychological Bulletin*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1037/bul0000307>
- Beilock, S. L., & Maloney, E. A. (2015). Math anxiety: A factor in math achievement not to be ignored. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 2, 4-12.
<https://doi.org/10.1177/2372732215601438>
- Benuto L.T., Singer J., Gonzalez F.R. (2020) Cultural Factors in Behavioral Health: Training, Practice, and Future Directions. In: Benuto L., Gonzalez F., Singer J. (eds) *Handbook of Cultural Factors in Behavioral Health*. Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-32229-8_1
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child development*, 81, 1641-1660. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology*, 33, 205-228.
<https://doi.org/10.1080/01443410802243828>
- Cardemil, E. V. (2010). Cultural adaptations to empirically supported treatments: A research agenda. *The Scientific Review of Mental Health Practice*, 7, 8-21.
- Carey, E., Devine, A., Hill, F., Dowker, A., McLellan, R., & Szucs, D. (2019). *Understanding Mathematics Anxiety: Investigating the experiences of UK primary and secondary school students*. Cambridge. <https://doi.org/10.17863/CAM.37744>
- Cargnelutti, E., Tomasetto, C., & Passolunghi, M. C. (2017). How is anxiety related to math performance in young students? A longitudinal study of Grade 2 to Grade 3 children. *Cognition and Emotion*, 31, 755-764. <https://doi.org/10.1080/02699931.2016.1147421>
- Chang, H., & Beilock, S. L. (2016). The math anxiety-math performance link and its relation to

- individual and environmental factors: A review of current behavioral and psychophysiological research. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 10, 33-38.
<https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.04.011>
- Ching, B. H. H. (2017). Mathematics anxiety and working memory: Longitudinal associations with mathematical performance in Chinese children. *Contemporary Educational Psychology*, 51, 99-113. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.06.006>
- Chinn, S. (2009). Mathematics anxiety in secondary students in England. *Dyslexia*, 15, 61-68.
<https://doi.org/10.1002/dys.381>
- Choe, K. W., Jenifer, J. B., Rozek, C. S., Berman, M. G., & Beilock, S. L. (2019). Calculated avoidance: Math anxiety predicts math avoidance in effort-based decision-making. *Science Advances*, 5, eaay1062. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay1062>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge Academic.
<https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Desoete, A., Stock, P., Schepens, A., Baeyens, D., & Roeyers, H. (2009). Classification, seriation, and counting in grades 1, 2, and 3 as two-year longitudinal predictors for low achieving in numerical facility and arithmetical achievement?. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27, 252-264. <https://doi.org/10.1177/0734282908330588>
- Devine, A., Fawcett, K., Szűcs, D., & Dowker, A. (2012). Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance while controlling for test anxiety. *Behavioral and Brain Functions*, 8, 33. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-8-33>
- Devine, A., Hill, F., Carey, E., & Szűcs, D. (2018). Cognitive and emotional math problems largely dissociate: Prevalence of developmental dyscalculia and mathematics anxiety. *Journal of Educational Psychology*, 110, 431. <https://doi.org/10.1037/edu0000222>

- Dew, K. H., Galassi, J. P., & Galassi, M. D. (1984). Math anxiety: Relation with situational test anxiety, performance, physiological arousal, and math avoidance behavior. *Journal of Counseling Psychology*, 31, 580. <https://doi.org/10.1037/0022-0167.31.4.580>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dowker, A., Bennett, K., & Smith, L. (2012). Attitudes to mathematics in primary school children. *Child Development Research*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/124939>
- Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. *Frontiers in Psychology*, 7, 508. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00508>
- Dugas, M. J., Gosselin, P., & Ladouceur, R. (2001). Intolerance of uncertainty and worry: Investigating specificity in a nonclinical sample. *Cognitive Therapy and Research*, 25, 551-558. <https://doi.org/10.1023/A:1005553414688>
- Else-Quest, N. M., Hyde, J. S., & Linn, M. C. (2010). Cross-national patterns of gender differences in mathematics: a meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 136, 103–127. <https://doi.org/10.1037/a0018053>
- Erturan, S., & Jansen, B. (2015). An investigation of boys' and girls' emotional experience of math, their math performance, and the relation between these variables. *European Journal of Psychology of Education*, 30, 421-435. <https://doi.org/10.1007/s10212-015-0248-7>
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. *Emotion*, 7, 336–353. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.2.336>
- Ferguson, A. M., Maloney, E. A., Fugelsang, J., & Risko, E. F. (2015). On the relation between

- math and spatial ability: The case of math anxiety. *Learning and Individual Differences*, 39, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.02.007>
- Foley, A. E., Herts, J. B., Borgonovi, F., Guerriero, S., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2017). The math anxiety-performance link: A global phenomenon. *Current Directions in Psychological Science*, 26, 52-58. <https://doi.org/10.1177%2F0963721416672463>
- Friso-Van den Bos, I., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational research review*, 10, 29-44. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.05.003>
- Furner, J. M. (2019). Math anxiety trends: A poor math attitude can be a real disability. *Journal of Advances in Education Research*, 4, 75-85. <https://doi.org/10.22606/jaer.2019.42004>
- Ganley, C. M., & McGraw, A. L. (2016). The development and validation of a revised version of the math anxiety scale for young children. *Frontiers in Psychology*, 7, 1181. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01181>
- Ganley, C. M., & Vasilyeva, M. (2014). The role of anxiety and working memory in gender differences in mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 106, 105. <https://doi.org/10.1037/a0034099>
- Gierl, M. J., & Bisanz, J. (1995). Anxieties and attitudes related to mathematics in grades 3 and 6. *The Journal of Experimental Education*, 63, 139-158. <https://doi.org/10.1080/00220973.1995.9943818>
- Gunderson, E. A., Park, D., Maloney, E. A., Beilock, S. L., & Levine, S. C. (2018). Reciprocal relations among motivational frameworks, math anxiety, and math achievement in early elementary school. *Journal of Cognition and Development*, 19, 21-46. <https://doi.org/10.1080/15248372.2017.1421538>

- Gunderson, E. A., Ramirez, G., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2012). The Role of Parents and Teachers in the Development of Gender-Related Math Attitudes. *Sex Roles*, 66, 153–166.
<https://doi.org/10.1007/s11199-011-9996-2>
- Haase, V. G., Julio-Costa, A., Pinheiro-Chagas, P., Oliveira, L. D. F. S., Micheli, L. R., & Wood, G. (2012). Math self-assessment, but not negative feelings, predicts mathematics performance of elementary school children. *Child Development Research*, 2012:982672.
<https://doi.org/10.1155/2012%2F982672>
- Harari, R. R., Vukovic, R. K., & Bailey, S. P. (2013). Mathematics anxiety in young children: An exploratory study. *The Journal of Experimental Education*, 81, 538-555.
<https://doi.org/10.1080/00220973.2012.727888>
- Hayes, A. F. (2012). PROCESS: A versatile computational tool for observed variable mediation, moderation, and conditional process modeling.
<http://www.afhayes.com/public/process2012.pdf>
- Hayes, A. F. (2017). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach*. Guilford Publications. <https://doi.org/10.1111/jedm.12050>
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21, 33–46. <https://doi.org/10.2307/749455>
- Hill, F., Mammarella, I. C., Devine, A., Caviola, S., Passolunghi, M. C., & Szűcs, D. (2016). Maths anxiety in primary and secondary school students: Gender differences, developmental changes and anxiety specificity. *Learning and Individual Differences*, 48, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.02.006>
- Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. K. (2003). The abbreviated math

- anxiety scale (AMAS) construction, validity, and reliability. *Assessment*, 10, 178-182.
<https://doi.org/10.1177/1073191103010002008>
- Huang, X., Zhang, J., & Hudson, L. (2019). Impact of math self-efficacy, math anxiety, and growth mindset on math and science career interest for middle school students: the gender moderating effect. *European Journal of Psychology of Education*, 34, 621-640.
<https://doi.org/10.1007/s10212-018-0403-z>
- Hutchison, J. E., Lyons, I. M., & Ansari, D. (2019). More similar than different: Gender differences in children's basic numerical skills are the exception not the rule. *Child development*, 90, e66-e79. <https://doi.org/10.1111/cdev.13044>
- Jameson, M. M. (2013). The development and validation of the Children's Anxiety in Math Scale. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 31, 391-395.
<http://doi.org/10.1177/0734282912470131>
- Jansen, B. R., Schmitz, E. A., & van der Maas, H. L. (2016). Affective and motivational factors mediate the relation between math skills and use of math in everyday life. *Frontiers in Psychology*, 7, 513. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00513>
- Jordan, N. C., Glutting, J., Ramineni, C., & Watkins, M. W. (2010). Validating a number sense screening tool for use in kindergarten and first grade: Prediction of mathematics proficiency in third grade. *School Psychology Review*, 39, 181-195.
<https://doi.org/10.1080/02796015.2010.12087772>
- Justicia-Galiano, M. J., Martín-Puga, M. E., Linares, R., & Pelegrina, S. (2017). Math anxiety and math performance in children: The mediating roles of working memory and math self-concept. *British Journal of Educational Psychology*, 87, 573-589.
<https://doi.org/10.1111/bjep.12165>

- Kersey, A. J., Braham, E. J., Csumitta, K. D., Libertus, M. E. & Cantlon, J.F. (2018). No intrinsic gender differences in children's earliest numerical abilities. *Science Learning*, 3, 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41539-018-0028-7>
- Kertz, S. J., & Woodruff-Borden, J. (2011). The developmental psychopathology of worry. *Clinical Child and Family Psychology Review*, 14, 174-197. <https://doi.org/10.1007/s10567-011-0086-3>
- Klados, M. A., Paraskevopoulos, E., Pandria, N., & Bamidis, P. D. (2019). The impact of math anxiety on working memory: A cortical activations and cortical functional connectivity EEG study. *IEEE Access*, 7, 15027-15039. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2892808>
- Krinzinger, H., Kaufmann, L., & Willmes, K. (2009). Math anxiety and math ability in early primary school years. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27, 206–225. <https://dx.doi.org/10.1177%2F0734282908330583>
- Kucian, K., & von Aster, M. (2015). Developmental dyscalculia. *European Journal of Pediatrics*, 174, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s00431-014-2455-7>
- Kyttälä, M., & Lehto, J. E. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education*, 23, 77. <https://doi.org/10.1007/BF03173141>
- Lauer, J. E., Esposito, A. G., & Bauer, P. J. (2018). Domain-specific anxiety relates to children's math and spatial performance. *Developmental Psychology*, 54, 2126–2138. <https://doi.org/10.1037/dev0000605>
- Lukowski, S. L., DiTrapani, J., Jeon, M., Wang, Z., Schenker, V. J., Doran, M. M., Hart, S. A., Mazzocco, M. M. M., Willcutt, E. G., Thompson, L. A., & Petrill, S. A. (2019).

- Multidimensionality in the measurement of math-specific anxiety and its relationship with mathematical performance. *Learning and Individual Differences*, 70, 228-235.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.07.007>
- Ma, X., & Xu, J. (2004). The causal ordering of mathematics anxiety and mathematics achievement: a longitudinal panel analysis. *Journal of Adolescence*, 27, 165-179.
<https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2003.11.003>
- Maloney, E. A., Schaeffer, M. W., & Beilock, S. L. (2013). Mathematics anxiety and stereotype threat: shared mechanisms, negative consequences and promising interventions. *Research in Mathematics Education*, 15, 115-128. <https://doi.org/10.1080/14794802.2013.797744>
- Maloney, E. A., Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2015). Intergenerational effects of parents' math anxiety on children's math achievement and anxiety. *Psychological Science*, 26, 1480-1488.
<http://doi.org/10.1177/0956797615592630>
- Mammarella, I. C., Caviola, S., & Dowker, A. (Eds.). (2019). *Mathematics anxiety: What is known, and what is still missing*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429199981>
- Miller, H., & Bichsel, J. (2004). Anxiety, working memory, gender, and math performance. *Personality and Individual Differences*, 37, 591-606.
<http://doi.org/10.1016/j.paid.2003.09.029>
- Namkung, J. M., Peng, P., & Lin, X. (2019). The relation between mathematics anxiety and mathematics performance among school-aged students: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 89, 459-496. <https://doi.org/10.3102%2F0034654319843494>
- Ng, E., & Lee, K. (2015). Effects of trait test anxiety and state anxiety on children's working

memory task performance. *Learning and Individual Differences*, 40, 141-148.

<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.04.007>

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2013). PISA 2012 Results:

Ready to Learn: Students' Engagement, Drive and Self-Beliefs (Volume III): Preliminary
Version. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264201170-en>

Owens, M., Stevenson, J., Norgate, R., & Hadwin, J. A. (2008). Processing efficiency theory in
children: Working memory as a mediator between trait anxiety and academic
performance. *Anxiety, Stress & Coping: An International Journal*, 21, 417-430.

<http://doi.org/10.1080/10615800701847823>

Owens, M., Stevenson, J., Hadwin, J. A., & Norgate, R. (2012). Anxiety and depression in
academic performance: An exploration of the mediating factors of worry and working
memory. *School Psychology International*, 33, 433-449.

<http://doi.org/10.1177/0143034311427433>

Parker, P. D., Van Zanden, B., & Parker, R. B. (2018). Girls get smart, boys get smug: Historical
changes in gender differences in math, literacy, and academic social comparison and
achievement. *Learning and Instruction*, 54, 125-137.

<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.09.002>

Passolunghi, M. C., Caviola, S., De Agostini, R., Perin, C., & Mammarella, I. C. (2016).

Mathematics anxiety, working memory, and mathematics performance in secondary-
school children. *Frontiers in Psychology*, 7, 42. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00042>

Peng, P., Namkung, J., Barnes, M., & Sun, C. (2015). A meta-analysis of mathematics and

- working memory: Moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *Journal of Educational Psychology*, 108, 455–473.
<https://doi.org/10.1037/edu0000079>
- Pollack, I., Johnson, L. B., & Knaff, P. R. (1959). Running memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 57, 137. <https://doi.org/10.1037/h0046137>
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20, 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.10.005>
- Ramirez, G., Chang, H., Maloney, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2016). On the relationship between math anxiety and math achievement in early elementary school: The role of problem solving strategies. *Journal of Experimental Child Psychology*, 141, 83–100. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.07.014>
- Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2013). Math anxiety, working memory, and math achievement in early elementary school. *Journal of Cognition and Development*, 14, 187–202. <https://doi.org/10.1080/15248372.2012.664593>
- Realí, F., Jiménez-Leal, W., Maldonado-Carreño, C., Devine, A., & Szücs, D. (2016). Examining the link between math anxiety and math performance in Colombian students. *Revista Colombiana de Psicología*, 25, 369–379.
<http://doi.org/10.15446/rcp.v25n2.54532>
- Robichaud, M., Dugas, M. J., & Conway, M. (2003). Gender differences in worry and associated cognitive-behavioral variables. *Journal of Anxiety Disorders*, 17, 501–516.
<https://doi.org/10.1007/s10802-005-1826-y>
- Schleepen, T. M., & Van Mier, H. I. (2016). Math anxiety differentially affects boys' and girls'

- arithmetic, reading and fluid intelligence skills in fifth graders. *Psychology*, 7, 1911-1920. <https://doi.org/10.4236/PSYCH.2016.714174>
- Skagerlund, K., Östergren, R., Västfjäll, D., & Träff, U. (2019). How does mathematics anxiety impair mathematical abilities? Investigating the link between math anxiety, working memory, and number processing. *PloS One*, 14, e0211283. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211283>
- Sorvo, R., Koponen, T., Viholainen, H., Aro, T., Räikkönen, E., Peura, P., Dowker, A., & Aro, M. (2017). Math anxiety and its relationship with basic arithmetic skills among primary school children. *British Journal of Educational Psychology*, 87, 309-327. <https://doi.org/10.1111/bjep.12151>
- Sorvo, R., Koponen, T., Viholainen, H., Aro, T., Räikkönen, E., Peura, P., Tolvanen, A., & Aro, M. (2019). Development of math anxiety and its longitudinal relationships with arithmetic achievement among primary school children. *Learning and Individual Differences*, 69, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.12.005>
- Sowinski, C., LeFevre, J. A., Skwarchuk, S. L., Kamawar, D., Bisanz, J., & Smith-Chant, B. (2015). Refining the quantitative pathway of the Pathways to Mathematics model. *Journal of Experimental Child Psychology*, 131, 73-93. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.11.004>
- Suárez-Pellicioni, M., Núñez-Peña, M. I., & Colomé, À. (2015). Attentional bias in high math-anxious individuals: evidence from an emotional Stroop task. *Frontiers in Psychology*, 6, 1577. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01577>
- Suárez-Pellicioni, M., Núñez-Peña, M. I., & Colomé, À. (2016). Math anxiety: A review of its cognitive consequences, psychophysiological correlates, and brain bases. *Cognitive*,

- Affective, & Behavioral Neuroscience*, 16, 3-22. <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0370-7>
- Wood, G., Pinheiro-Chagas, P., Julio-Costa, A., Micheli, L. R., Krinzinger, H., Kaufmann, L., Willmes, K., & Haase, V. G. (2012). Math anxiety questionnaire: similar latent structure in Brazilian and German school children. *Child Development Research*, 2012: 610192. <https://doi.org/10.1155/2012/610192>
- Wu, S. S., Amin, H., Barth, M., Malcarne, V., & Menon, V. (2012). Math anxiety in second and third graders and its relation to mathematics achievement. *Frontiers in Psychology*, 3, 162. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00162>
- Wu, S. S., Willcutt, E. G., Escovar, E., & Menon, V. (2014). Mathematics achievement and anxiety and their relation to internalizing and externalizing behaviors. *Journal of Learning Disabilities*, 47, 503-514. <https://doi.org/10.1177/0022219412473154>
- Van Mier, H. I., Schleepen, T. M., & Van den Berg, F. C. (2019). Gender differences regarding the impact of math anxiety on arithmetic performance in second and fourth graders. *Frontiers in psychology*, 9, 2690. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02690>
- Vukovic, R. K., Kieffer, M. J., Bailey, S. P., & Harari, R. R. (2013). Mathematics anxiety in young children: Concurrent and longitudinal associations with mathematical performance. *Contemporary Educational Psychology*, 38, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2012.09.001>
- Wang, Z., Lukowski, S. L., Hart, S. A., Lyons, I. M., Thompson, L. A., Kovas, Y., ... & Petrill, S. A. (2015). Is math anxiety always bad for math learning? The role of math motivation. *Psychological Science*, 26, 1863-1876. <https://doi.org/10.1177/0956797615602471>
- Young, C. B., Wu, S. S., & Menon, V. (2012). The neurodevelopmental basis of math anxiety.

Psychological Science, 23, 492-501. <https://doi.org/10.1177/0956797611429134>

Zhang, J., Zhao, N., & Kong, Q. P. (2019). The relationship between math anxiety and math performance: a meta-analytic investigation. *Frontiers in Psychology*, 10, 1613.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01613>