

De Invloed van Motorische Vaardigheden en Ruimtelijk Inzicht op Voorbereidende  
Rekenvaardigheden bij Peuters

Masterthesis Orthopedagogiek (200500130)

Studiejaar 2014 – 2015

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Werkveld Leerlingenzorg

Naam: Simone Ketting  
Studentnummer: 3738671  
Datum: 09-06-2015  
Begeleider: Jaccoline van 't Noordende, MSc  
Tweede beoordelaar: dr. Willemijn Schot

# MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

## Voorwoord

Voor u ligt mijn masterthesis: “*De invloed van motorische vaardigheden en ruimtelijk inzicht op voorbereidende rekenvaardigheden bij peuters*”. Dit onderzoek is uitgevoerd om mijn masteropleiding Orthopedagogiek aan de Universiteit Utrecht af te ronden. De afgelopen maanden heb ik hier met plezier en enthousiasme aan gewerkt. Het was een toevoeging om de testen bij kinderen af te nemen en zo direct betrokken te raken bij het onderzoek.

Binnen de master Orthopedagogiek heb ik gekozen voor de richting Leerlingenzorg. Mijn interesse gaat uit naar leerproblemen en daarom heb ik gekozen voor een onderzoek naar de voorbereidende rekenvaardigheden. Ik wilde graag meer weten over de factoren die samenhangen met deze vaardigheden en heb gekozen om onderzoek te doen naar motorische vaardigheden en ruimtelijk inzicht.

Graag wil ik Jaccoline van 't Noordende bedanken voor de inspiratie en de geboden hulp bij het onderzoek en de mogelijkheid tot participatie in haar longitudinale onderzoek: ‘De relatie tussen getal en ruimte in de baby- en peutertijd’. Natuurlijk wil ik ook de ouders en de peuters bedanken voor deelname en inzet tijdens het onderzoek. Tot slot wil ik mijn medestudenten en ouders bedanken voor hun kritische blik, waardoor mijn thesis is geworden zoals hij nu is.

Simone Ketting BSc.

Utrecht, juni 2015

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

### Abstract

**Aim:** The aim of this study was to examine the influence of motor skills on early mathematic skills of toddlers and the possible mediating role of spatial cognition. **Method:** In this study 49 toddlers were included. The children were tested at the age of 18.76 months and 30.71 months. The motor skills are measured with the Ages and Stages Questionnaire-3 (ASQ-3), the spatial cognition with a shape sorter and the early mathematic skills by counting cubes and comparing quantities. The data were analyzed through single and multiple regressions. **Results:** Small to medium effects were found from motor skills on early mathematic skills and from motor skills on spatial cognition. Spatial cognition was no mediating factor between motor skills and early mathematic skills. From spatial skills on comparison small to medium effects were found. **Conclusion:** No relevant effects have been found from motor skills on early math skills or from spatial cognition on early math skills. In conclusion we found that children of 2,5 years of age with better motor skills, especially gross motor skills, seem to have better spatial cognition.

*Keywords:* motor skills, spatial cognition, counting, comparison, toddlers

# MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

## Samenvatting

**Doel:** Het doel van dit onderzoek is om de invloed van motorische vaardigheden op voorbereidende rekenvaardigheden bij peuters te onderzoeken en de mogelijk mediërende rol van ruimtelijk inzicht te bekijken. **Methoden:** Het onderzoek is uitgevoerd bij 49 kinderen. De kinderen zijn getest op de leeftijd van 18.76 maanden en 30.71 maanden. De motorische vaardigheden zijn gemeten met de *Ages and Stages Questionnaire-3* (ASQ-3), het ruimtelijk inzicht met een vormenstoof en de voorbereidende rekenvaardigheden met het tellen van blokjes en het vergelijken van hoeveelheden. De data is door middel van enkelvoudige en meervoudige regressies geanalyseerd. **Resultaten:** Kleine tot medium effecten zijn gevonden tussen motorische vaardigheden en voorbereidende rekenvaardigheden en tussen motorische vaardigheden en ruimtelijk inzicht. Het ruimtelijk inzicht was geen mediërende factor. Tussen ruimtelijk inzicht en comparison werden kleine tot medium effecten gevonden. **Conclusie:** Binnen het onderzoek zijn geen relevante effecten gevonden van de motorische vaardigheden op de voorbereidende rekenvaardigheden. Ook zijn geen relevante effecten gevonden van het ruimtelijk inzicht op voorbereidende rekenvaardigheden. Wel kan met enige voorzichtigheid gezegd worden dat kinderen van 2,5 jaar met betere motorische vaardigheden, met name de grof motorische vaardigheden, een beter ruimtelijk inzicht hebben.

*Trefwoorden:* motorische vaardigheden, ruimtelijk inzicht, tellen, hoeveelheden vergelijken, peuters

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

### De Invloed van Motorische Vaardigheden en Ruimtelijk Inzicht op Voorbereidende Rekenvaardigheden bij Peuters

In Nederland beheerst een kwart van de kleuters de voorbereidende rekenvaardigheden onvoldoende (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Er is steeds meer consensus dat veel rekenproblemen op de basisschool kunnen worden teruggevoerd op tekorten in de basiskennis van getalbegrip en getalrelaties (Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009; Gersten, Jordan & Flojo, 2005). Onderzoek van Van Luit en Van de Rijt (2009) heeft aangetoond dat voorbereidende rekenvaardigheden en rekenkundige vaardigheden sterk met elkaar samenhangen. Het beheersen van rekenvaardigheden is ook van belang voor andere schoolvakken (Clarke & Shinn, 2004; Duncan et al., 2007; Siegler, 2009). Kinderen die aan het begin van de basisschool beperkte rekenkennis hebben, blijven vaak gedurende de gehele schoolloopbaan laagpresteerders (Toll & Van Luit, 2014). Om achterstanden te voorkomen is het daarom belangrijk dat op jonge leeftijd een goede basis wordt gelegd (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Er is nog weinig bekend over het leggen van deze basis op rekengebied. Onderzoek naar de factoren die samenhangen met rekenkennis is dus nodig (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Uit eerder onderzoek van Losch en Dammann (2004) is gebleken dat bewegen ten goede komt aan de cognitieve prestaties van jonge kinderen. Daarnaast lijken ruimtelijke vaardigheden een belangrijke voorspeller van rekenkundige prestaties (Verdine, Irwin, Michnick Golinkoff, & Hirsch-Pasek, 2014). Daarom worden binnen dit onderzoek de factoren motorische vaardigheden en ruimtelijk inzicht bestudeerd. Het is onduidelijk hoe motorische vaardigheden, ruimtelijk inzicht en voorbereidende rekenvaardigheden zich tot elkaar verhouden en daarom staat binnen dit onderzoek de volgende vraag centraal: Hebben motorische vaardigheden invloed op voorbereidende rekenvaardigheden bij peuters en speelt ruimtelijk inzicht hierin een mediërende rol?

#### **Voorbereidende Rekenvaardigheden**

Hoewel peuters geen volledig getalbegrip hebben (Sarnecka & Carey, 2008), kunnen zij al wel aantallen vergelijken, schatten of kleine hoeveelheden optellen en zijn zij zich bewust van hoeveelheden (Curtis, Okamoto, & Weckbacher, 2009; Xu, Spelke, & Goddard, 2005). Dit worden voorbereidende rekenvaardigheden genoemd (Van Luit, 1997). Deze vaardigheden zijn essentieel voor het leren rekenen tijdens de verdere basisschoolperiode. Het vergelijken van hoeveelheden en tellen zijn hierbij de twee belangrijkste componenten (Bryant, 2005; Gersten et

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

al., 2005; Griffin, 2004). Vergelijken en tellen ontwikkelen afhankelijk van elkaar en vormen de basis voor het ontwikkelen van complexere rekenkundige vaardigheden (Aunio & Niemivirta, 2010; Griffin, 2004). Daarom worden tellen en vergelijken van hoeveelheden in dit onderzoek gebruikt als maat voor voorbereidende rekenvaardigheden.

Om correct te kunnen tellen moeten kinderen zich bewust zijn van vijf telprincipes. Ten eerste de één-op-één correspondentie, dat inhoudt dat elk element slechts eenmaal geteld moet worden. Daarnaast moeten de telwoorden in de juiste volgorde gebruikt worden. Het derde principe is kardinaliteit, dit houdt in dat het laatstgenoemde telwoord aangeeft hoeveel elementen tot dan geteld zijn (Gelman & Gallistel, 1978) en wordt gezien als het daadwerkelijk begrip van tellen (Stock, Desoete, & Roeyers, 2009; Wynn, 1990). Het vierde dat kinderen moeten begrijpen is dat ieder soort object bij elkaar genomen kan worden om te tellen. Tot slot moet het kind inzien dat de volgorde van het tellen van de objecten niet uitmaakt, mits de andere telprincipes niet geschonden worden (Gelman & Gallistel, 1978). Binnen het huidige onderzoek gaat het bij tellen over het synchroon tellen van hoeveelheden tot twintig. Synchroon tellen houdt in dat de telnamen gelijktijdig met het één voor één aanwijzen van de voorwerpen genoemd worden (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Kinderen zijn al in staat om kleine hoeveelheden objecten te vergelijken voordat ze kunnen tellen (Curtis et al., 2009; Landerl & Kölle, 2009). Bij het vergelijken van hoeveelheden gaat het om het vergelijken van objecten en wordt nagegaan of begrippen als meeste, minste, hoger of lager worden beheerst (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Binnen het huidige onderzoek gaat het bij het vergelijken om het aangeven van waar meer stippen zijn. Er wordt dus gekeken naar de niet-symbolische vergelijkingsvaardigheden van peuters. Kinderen zouden namelijk een aangeboren begrip hebben van niet-symbolische hoeveelheden (Barth, La Mont, Lipton, & Spelke), dus deze vaardigheid kan al op jonge leeftijd gemeten worden (Dehaene, 2001).

### **Motorische Vaardigheden en Voorbereidende Rekenvaardigheden**

Onderzoek toont aan dat lichamelijke activiteit voor zowel grove als fijne motoriek een positief effect heeft op cognitieve vaardigheden. Door middel van zich voortbewegen worden nieuwe ervaringen opgedaan wat ten goede komt aan de cognitieve prestaties van jonge kinderen (Losch & Dammann, 2004), waaronder schoolvaardigheden (Son & Meisels, 2006). Motoriek is een essentiële factor in de algemene ontwikkeling van jonge kinderen (Daunhauer, Coster,

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

Tickle-Degnen, & Cermak, 2010) en wordt gedefinieerd als het vermogen om bewegingen te coördineren en controleren (Netelenbos, 2009). Hierbinnen worden grove en fijne motoriek onderscheiden. Grove motoriek zijn de grote bewegingen, zoals springen (Kohnstamm, 2009). De controle over en de coördinatie van kleinere bewegingen die met de handen en vingers worden gemaakt is de fijne motoriek (Von Hofsten, 2004; Netelenbos, 2009). Bushnell en Boudreau (1993) ontdekten dat sommige motorische vaardigheden een voorwaarde kunnen zijn voor het verwerven of het uitoefenen van andere ontwikkelingsfuncties zoals het cognitieve vermogen. Ook Son en Meisels (2006) hebben aangetoond dat motorische vaardigheden sterk geassocieerd worden met latere cognitieve prestaties met betrekking tot schoolvaardigheden. Wat betreft de afzonderlijke effecten van fijne en grove motoriek zijn er verschillende bevindingen. Zo laat onderzoek zien dat alleen de grove motoriek significant van invloed is op de cognitieve vaardigheden (Piek, Dawson, Smith, & Gasson, 2008). Terwijl ander onderzoek laat zien dat juist de fijne motoriek van invloed is op de rekenvaardigheden in groep drie (Funk, Sturner, en Green, 1986). Ook over het verloop van de ontwikkeling van motorische vaardigheden is weinig consensus. Zo benoemen verschillende onderzoeken dat de motorische ontwikkeling van kinderen over het algemeen in een vaste volgorde verloopt (Haydari, Askari, & Nezhad, 2009; Netelenbos, 2009), terwijl ander onderzoek laat zien dat kinderen de motorische vaardigheden niet in een vaste volgorde of op hetzelfde tempo ontwikkelen (Smith & Gasser, 2005).

### **Motorische Vaardigheden en Ruimtelijk Inzicht**

Complexere motorische vaardigheden kunnen van belang zijn voor latere cognitieve vaardigheden, waaronder het ruimtelijk inzicht (Jansen, Titze, en Heil, 2009; Moreau, Clerc, Mansy-Dannay, & Guerrien 2012). Ook blijkt dat de prestaties van kinderen op ruimtelijke taken verbeteren wanneer zij kunnen lopen. Zich kunnen voortbewegen blijkt een cruciale factor bij de ontwikkeling van ruimtelijk inzicht (Clearfield, 2004). Meer bewijs wordt gegeven door een studie van Loh, Piek, en Barrett (2011). Zij vonden een significant slechter perceptueel redeneervermogen bij kinderen met DCD (Developmental Coordination Disorder, [DCD]) wat een tekort in visueel-ruimtelijke vaardigheden weergeeft (Lehmann & Jansen, 2012). Visueel-ruimtelijke vaardigheden staan in relatie met het ruimtelijk inzicht (Braams, 2000). Het tekort in deze vaardigheden kan worden veroorzaakt door de verminderde motorische vaardigheden van kinderen met DCD (Lehmann & Jansen, 2012).

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

### **Ruimtelijk Inzicht en Voorbereidende Rekenvaardigheden**

Ook ruimtelijke vaardigheden blijken een belangrijke voorspeller te zijn van rekenkundige prestaties (Verdine et al., 2014). Zo is het herkennen van hoeveelheden en het koppelen hiervan aan groottes of plaatsen op een mentale getallenlijn mogelijk door het ruimtelijk inzicht, wat een belangrijk onderdeel is binnen vroege rekenvaardigheid (LeFevre et al., 2010). Ruimtelijk inzicht omvat het vermogen om zich te oriënteren en plaats te bepalen en heeft betrekking op figuren, vormen, relaties en verhoudingen tussen objecten. Ook gaat het om het ordenen, beschrijven en vergelijken van fysieke groottes. Kinderen kunnen hun eigen positie in de ruimte steeds beter voorstellen door de ervaringen die ze opdoen met bewegingen en handelingen (Van Nes & Doorman, 2006). In het tweede levensjaar zijn kinderen gefascineerd door relaties tussen objecten. Ze stapelen objecten, zetten deksels op pannen en steken voorwerpen in gaten. Dit weerspiegelt de ontwikkeling van ruimtelijke perceptie en cognitie. Zo moet het kind begrijpen hoe een tweedimensionale opening gerelateerd is aan het driedimensionale voorwerp. Om deze relatie te vinden moet het kind verschillende weergaven van het object kunnen maken. Ook moet het kind begrijpen hoe het object gedraaid kan worden zodat het in een opening past (Örnkloo & Von Hofsten, 2007).

### **Mediatie**

Uit de literatuur blijken motorische vaardigheden geassocieerd te zijn met cognitieve prestaties. Daarnaast lijken de prestaties van kinderen op taken voor ruimtelijk inzicht te verbeteren wanneer zij kunnen lopen en is gevonden dat ruimtelijk inzicht een belangrijke voorspeller is van rekenkundige prestaties. Gezien de gevonden literatuur wordt verwacht dat de motorische vaardigheden van invloed zijn op de voorbereidende rekenvaardigheden en dat ruimtelijk inzicht hierbij een mediërende rol speelt.

### **Methode**

#### **Participanten**

De steekproef bestond uit 49 kinderen waarvan 22 jongens (44.90%) en 27 meisjes (55.10%). Er is gebruik gemaakt van twee meetmomenten. De gemiddelde leeftijd tijdens het eerste meetmoment was 18.67 maanden ( $SD = 0.48$ ) en tijdens het tweede meetmoment 30.71 maanden ( $SD = 0.71$ ). De ouders waren over het algemeen hoogopgeleid. 73.50% van de



## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

moeders en 59.20% van de vaders heeft een universitaire opleiding gevolgd. Het merendeel van de kinderen was Nederlands (91.80%) en kwam uit de stad Utrecht (81.63%).

### **Procedure**

De ouders van de peuters zijn geworven door middel van brieven en berichten op opvoedfora. Voorwaarde was dat er geen medische bijzonderheden waren met de kinderen. De testafnames vonden plaats aan de Universiteit Utrecht in het Labyrint babylab van de afdeling Pedagogiek. Voorafgaand aan elk meetmoment werden vragenlijsten toegestuurd. De testafnames verliepen volgens een gestructureerde volgorde. De ouder van de peuter mocht gedurende de gehele testafname aanwezig zijn en werd vooraf geïnstrueerd geen aanwijzingen te geven.

### **Onderzoeksinstrumenten**

*Ages and Stages Questionnaire-3 (ASQ-3)*. De motorische vaardigheden zijn gemeten aan de hand van de *Ages and Stages Questionnaire-3 (ASQ-3)*. Deze vragenlijst bestaat uit 30 vragen over activiteiten die het kind al dan niet uit kon voeren en werd ingevuld door de ouders. In het huidige onderzoek zijn de categorieën grove motoriek en fijne motoriek meegenomen. Iedere categorie bestond uit zes vragen. Deze vragen waren per leeftijdscategorie verschillend. Op de leeftijd van 1,5 jaar werd bijvoorbeeld gevraagd: “Kan uw kind goed lopen en valt hij zelden?” en op de leeftijd van 2,5 jaar: “Kan uw kind met twee voeten tegelijk van de grond omhoog springen?” De antwoordmogelijkheden waren ja, soms of nog niet en hieraan werden respectievelijk 0, 5 of 10 punten toebedeeld. De psychometrische kwaliteiten, waaronder validiteit, interne consistentie, test-hertest betrouwbaarheid en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid zijn als goed beoordeeld (Squires, Bricker & Potter, 1995).

**Vormenstoof.** Het ruimtelijk inzicht werd gemeten met een *Vormenstoof*. Hierbij moesten kinderen een aangeboden figuur in de vormenstoof doen. Deze taak is afgenomen op beide leeftijden. De figuur werd op een dichte deksel aangeboden en daarnaast zat het gat waar het figuur ingedaan moest worden. De figuren die gebruikt werden, zijn cilinder, gelijkzijdige driehoek, rechthoekige driehoek, vierkant, elipse, gelijkbenige driehoek en rechthoek. Alle figuren werden een keer liggend en een keer staand aangeboden. De eindscore was het aantal figuren dat het kind in de vormenstoof deed. Naar de betrouwbaarheid en validiteit van de vormenstoof als middel om ruimtelijk inzicht te meten is nog geen onderzoek gedaan. Wel is een soortgelijke vormenstoof in ander onderzoek gebruikt door Örnkloo en Von Hofsten (2007).

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

Deze onderzoekers benoemen dat het een goed instrument is, omdat het niet enkel gaat om het waarnemen van de geometrische eigenschappen van de voorwerpen, maar dat het kind ook moet zien hoe de voorwerpen gebruikt kunnen worden (Örnkloo & Von Hofsten, 2007).

**Teltaak.** Bij deze taak werden blokjes in een rij voor de peuter geplaatst met de vraag of zij de blokjes aanwijzend konden tellen. Er werd begonnen met vijf blokjes. Als het kind het aantal kon tellen werden er steeds vijf blokjes toegevoegd. Als het kind niet in staat was het aantal blokjes te tellen werd er steeds één blokje weggenomen. Het hoogste aantal blokjes dat een peuter aanwijzend kon tellen vormde de eindscore, met een maximum van 20. Deze taak werd alleen op 2,5-jarige leeftijd afgenomen.

**Comparison.** Deze taak werd op de computer afgenomen. De taak werd alleen op 2,5-jarige leeftijd afgenomen. Er verscheen een afbeelding met links en rechts verschillende hoeveelheden munten met een minimum van één en een maximum van 16 munten. Het kind werd gevraagd waar meer munten te zien waren en moest dit aanwijzen. Doordat de afbeelding na twee seconden verdween, moest het kind de hoeveelheid schatten. De totaalscore was het totaal aantal juist beantwoorde items met een maximum van 26.

### Data-analyse

Eerst werd gekeken naar correlaties tussen de variabelen. Richtlijnen hierbij zijn:  $r = .10$  is een kleine correlatie,  $r = .30$  is een medium correlatie en  $r = .50$  is grote correlatie (Cohen, 1988). Daarnaast werd gebruik gemaakt van een mediatie-analyse. Dit gebeurde door middel van een meervoudige regressieanalyse. De onafhankelijke variabelen binnen dit onderzoek waren de motorische vaardigheden en de afhankelijke variabelen waren de voorbereidende rekenvaardigheden. Het ruimtelijk inzicht was de mediator. Bij de analyses werd de relatie tussen de verschillende variabelen op hetzelfde meetmoment bekeken en over tijd. Ten eerste werd door middel van een meervoudige regressie gekeken of er een significante relatie was tussen motorische vaardigheden en voorbereidende rekenvaardigheden en tussen motorische vaardigheden en ruimtelijk inzicht. Een significante relatie of een relevant effect was een voorwaarde om de mediatieanalyse voort te zetten. Wanneer niet aan de voorwaarde werd voldaan zouden de relaties tussen de variabelen bekeken worden door middel van enkelvoudige en meervoudige regressieanalyses. De relevantie van het effect werd bekeken aan de hand van de

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

criteria van Cohen (1988):  $R^2 = .02$  is een klein effect,  $R^2 = .13$  is een medium effect en  $R^2 = .26$  is een groot effect.

### Missende Waarden

Per mediatie-analyse werden alleen de kinderen meegenomen die een score hadden op alle variabelen in de betreffende analyse. Uitschieters werden binnen het onderzoek weggelaten.

### Resultaten

In Tabel 1 worden de beschrijvende statistieken weergegeven.

Tabel 1

*Beschrijvende Statistieken Motorische Vaardigheden, Ruimtelijk Inzicht en Voorbereidende Rekenvaardigheden*

	1,5 jaar			2,5 jaar		
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Motorische vaardigheden						
Fijne motoriek	48	50.21	8.31	49	47.45	11.60
Grove motoriek	48	46.88	13.79	49	55.18	7.72
Ruimtelijk inzicht						
Vormenstoof	46	10.39	1.92	49	13.41	0.76
Voorbereidende rekenvaardigheden						
Teltaak		-	-	28	2.64	3.46
Comparison		-	-	40	14.18	3.36

De Pearsoncorrelaties tussen motorische vaardigheden, ruimtelijk inzicht en voorbereidende rekenvaardigheden zijn weergegeven in Tabel 2. Er is een significante samenhang gevonden tussen ruimtelijk inzicht en fijne motoriek op 2,5-jarige leeftijd, er is sprake van een grote correlatie. Er is een kleine tot medium correlatie gevonden tussen het ruimtelijk inzicht op 2,5-jarige leeftijd en de voorbereidende rekenvaardigheden en tussen grove motoriek en het ruimtelijk inzicht op 1,5-jarige leeftijd en tot slot tussen fijne motoriek op 1,5-jarige leeftijd en het ruimtelijk inzicht op 2,5-jarige leeftijd.

MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

Tabel 2

*Pearson Correlatiematrix Motorische Vaardigheden, Ruimtelijk Inzicht en Voorbereidende Rekenvaardigheden*

	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Fijne motoriek 1,5 jaar	--							
2. Fijne motoriek 2,5 jaar	.31*	--						
3. Grove motoriek 1,5 jaar	-.08	-.04	--					
4. Grove motoriek 2,5 jaar	.34*	.16	.27	--				
5. Ruimtelijk inzicht 1,5 jaar	.10	-.11	.19	.06	--			
6. Ruimtelijk inzicht 2,5 jaar	.24	.53**	-.01	.09	-.01	--		
7. Teltaak 2,5 jaar	-.14	-.14	.09	.09	-.01	.19	--	
8. Comparison 2,5 jaar	-.14	.12	.17	.01	-.01	.22	.43*	--

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

### Motorische Vaardigheden en Voorbereidende Rekenvaardigheden

Door middel van meervoudige regressieanalyses is gekeken of motorische vaardigheden invloed hebben op voorbereidende rekenvaardigheden.

**Motorische vaardigheden op 1,5-jarige leeftijd en de teltaak.** Er is geen relevant effect gevonden tussen de motorische vaardigheden op 1,5-jarige leeftijd en de teltaak. De motorische vaardigheden op de leeftijd van 1,5 jaar verklaren 0.40% van het resultaat op de teltaak  $F(2,22) = 0.04$ ,  $p = .96$  (Tabel 3).

**Motorische vaardigheden op 2,5-jarige leeftijd en de teltaak.** De motorische vaardigheden op 2,5-jarige leeftijd verklaren voor 7.60% het resultaat op de teltaak  $F(2, 21) = 0.86$ ,  $p = .44$ . Er is sprake van een klein tot medium effect (Tabel 3).

**Motorische vaardigheden op 1,5-jarige leeftijd en comparison.** Hierbij is sprake van een klein effect. De motorische vaardigheden op de leeftijd van 1,5 jaar verklaren 4.80% van het resultaat op comparison  $F(2, 35) = 0.88$ ,  $p = .43$  (Tabel 4).

**Motorische vaardigheden op 2,5-jarige leeftijd en comparison.** Er is sprake van een klein effect van motorische vaardigheden op comparison op 2,5-jarige leeftijd. De motorische vaardigheden op de leeftijd van 2,5 jaar verklaren 2.70% van het resultaat op comparison  $F(2, 31) = 0.43$ ,  $p = .65$  (Tabel 4).

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

Aangezien er geen relevant of significant effect is gevonden van motorische vaardigheden op voorbereidende rekenvaardigheden kan geen mediatieanalyse worden uitgevoerd. Wel is het interessant om de relatie tussen motorische vaardigheden en ruimtelijk inzicht en de relatie tussen ruimtelijk inzicht en voorbereidende rekenvaardigheden te bekijken, aangezien de variabelen van invloed kunnen zijn op de voorbereidende rekenvaardigheden.

Tabel 3

*Meervoudige Regressieanalyse: Motorische Vaardigheden als Voorspeller van de Teltaak*

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>p</i>
Fijne Motoriek 1,5 jaar	-0.02	0.08	-.06	.80
Grove Motoriek 1,5 jaar	-0.01	0.04	-.03	.88
Fijne Motoriek 2,5 jaar	-0.08	0.07	-.25	.25
Grove Motoriek 2,5 jaar	-0.17	0.21	-.18	.42

*Noot.* Motorische vaardigheden 1,5 jaar:  $N = 25$ , Motorische vaardigheden 2,5 jaar:  $N = 24$

Tabel 4

*Meervoudige Regressieanalyse: Motorische Vaardigheden als Voorspeller van Comparison*

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>p</i>
Fijne Motoriek 1,5 jaar	-0.06	0.09	-.11	.52
Grove Motoriek 1,5 jaar	0.05	0.05	.19	.26
Fijne Motoriek 2,5 jaar	0.05	0.07	.13	.48
Grove Motoriek 2,5 jaar	0.13	0.21	.11	.55

*Noot.* Motorische vaardigheden 1,5 jaar:  $N = 38$ , Motorische vaardigheden 2,5 jaar:  $N = 34$

### **Motorische Vaardigheden en Ruimtelijk Inzicht**

Vervolgens is door middel van meervoudige regressie de invloed van motorische vaardigheden op ruimtelijk inzicht bekeken.

**Motorische vaardigheden en ruimtelijk inzicht op 1,5-jarige leeftijd.** De motorische vaardigheden verklaren 7.20% van het resultaat op ruimtelijk inzicht op 1,5-jarige leeftijd  $F(2, 40) = 1.55, p = .23$ . Er is sprake van een klein tot medium effect (Tabel 5).

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

**Motorische vaardigheden op 1,5-jarige leeftijd en ruimtelijk inzicht op 2,5-jarige leeftijd.** Hierbij is sprake van een klein effect. De motorische vaardigheden op 1,5-jarige leeftijd verklaren 4.60% van het resultaat op ruimtelijk inzicht op 2,5-jarige leeftijd  $F(2, 43) = 1.04, p = .36$  (Tabel 6).

**Motorische vaardigheden en ruimtelijk inzicht op 2,5-jarige leeftijd.** Binnen dit model verklaren de motorische vaardigheden 17.40% van het resultaat op ruimtelijk inzicht op de leeftijd van 2,5 jaar  $F(2, 36) = 3.79, p = .032$ . Er is sprake van een medium effect. Wanneer hierbij gekeken wordt naar de afzonderlijke invloed van grove en fijne motoriek is te zien dat de grove motoriek hierbij van invloed is op het ruimtelijk inzicht (Tabel 6).

Tabel 5

*Meervoudige Regressieanalyse: Motorische Vaardigheden (1,5 jaar) als Voorspeller van Ruimtelijk Inzicht (1,5 jaar) (N=43)*

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>p</i>
Fijne Motoriek 1,5 jaar	0.05	0.03	.21	.18
Grove Motoriek 1,5 jaar	0.03	0.02	.20	.20

Tabel 6

*Meervoudige Regressieanalyse: Motorische Vaardigheden als Voorspeller van Ruimtelijk Inzicht (2,5 jaar)*

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>p</i>
Fijne Motoriek 1,5 jaar	0.02	0.01	.19	.21
Grove Motoriek 1,5 jaar	-0.00	0.01	-.07	.65
Fijne Motoriek 2,5 jaar	-0.03	0.03	-.17	.28
Grove Motoriek 2,5 jaar	0.03	0.01	.41	.01

*Noot.* Motorische vaardigheden 1,5 jaar:  $N = 46$ , Motorische vaardigheden 2,5 jaar:  $N = 39$

### **Ruimtelijk Inzicht en Voorbereidende Rekenvaardigheden**

Tot slot is door middel van een enkelvoudige regressieanalyse gekeken of ruimtelijk inzicht van invloed is op de voorbereidende rekenvaardigheden.

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

**Ruimtelijk inzicht op 1,5-jarige leeftijd en de teltaak.** Het ruimtelijk inzicht op 1,5-jarige leeftijd verklaart 0.50% van het resultaat op de teltaak  $F(1,23) = 0.12$ ,  $p = .73$ . Er is geen relevant effect (Tabel 7).

**Ruimtelijk inzicht op 2,5-jarige leeftijd en de teltaak.** Op de leeftijd van 2,5 jaar verklaart het ruimtelijk inzicht voor 0.10% het resultaat op de teltaak  $F(1,24) = 0.03$ ,  $p = .86$ . Ook hier is geen relevant effect gevonden (Tabel 7).

**Ruimtelijk inzicht op 1,5-jarige leeftijd en comparison.** Het ruimtelijk inzicht op de leeftijd van 1,5 jaar verklaart bij comparison 1.10% van het resultaat  $F(1,33) = 0.37$ ,  $p = .55$ . Er is geen relevant effect (Tabel 8).

**Ruimtelijk inzicht op 2,5-jarige leeftijd en comparison.** Ruimtelijk inzicht op de leeftijd van 2,5 jaar verklaart 5.00% van het resultaat op comparison  $F(1,37) = 1.95$ ,  $p = .17$ . Er is sprake van een klein tot medium effect (Tabel 8).

Tabel 7

### *Enkelvoudige Regressieanalyse: Ruimtelijk Inzicht als Voorspeller van de Teltaak*

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>p</i>
Ruimtelijk inzicht 1,5 jaar	-0.11	0.31	-.07	.73
Ruimtelijk inzicht 2,5 jaar	0.17	0.96	.04	.86

*Noot.* Ruimtelijk inzicht 1,5 jaar:  $N = 25$ , Ruimtelijk inzicht 2,5 jaar:  $N = 26$

Tabel 8

### *Enkelvoudige Regressieanalyse: Ruimtelijk Inzicht als Voorspeller van Comparison*

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>p</i>
Ruimtelijk inzicht 1,5 jaar	-0.21	0.35	-.11	.55
Ruimtelijk inzicht 2,5 jaar	1.11	0.80	.22	.17

*Noot.* Ruimtelijk inzicht 1,5 jaar:  $N = 35$ , Ruimtelijk inzicht 2,5 jaar:  $N = 39$

## **Discussie en Conclusie**

Het doel van dit onderzoek was nagaan of motorische vaardigheden van invloed zijn op voorbereidende rekenvaardigheden bij peuters en de mogelijk mediërende rol van ruimtelijk inzicht hierin nagaan. Door middel van de resultaten van het huidige onderzoek kunnen mogelijk

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

stagnaties in de ontwikkeling van rekenkundige prestaties voorkomen worden. Er is namelijk aangetoond dat voorbereidende rekenvaardigheden en rekenkundige vaardigheden sterk met elkaar samenhangen (Van Luit & Van de Rijt, 2009).

### **Motorische Vaardigheden en Voorbereidende Rekenvaardigheden**

Verwacht werd dat motorische vaardigheden van invloed zijn op voorbereidende rekenvaardigheden. Uit het onderzoek blijkt dat motorische vaardigheden op 1,5- en 2,5-jarige leeftijd geen significante invloed hebben op voorbereide rekenvaardigheden op 2,5-jarige leeftijd. Wel is er een klein tot medium effect gevonden van motorische vaardigheden op de teltaak op 2,5-jarige leeftijd. Deze resultaten zijn niet in overeenstemming met de literatuur. Volgens Campos et al. (2000) en Son en Meisels (2006) zouden de vroege motorische ervaringen essentieel zijn voor het verder ontwikkelen van de cognitieve vaardigheden. Mogelijk zijn motorische vaardigheden van invloed op andere cognitieve vaardigheden dan de rekenvaardigheden. Een andere verklaring ligt in het feit dat kinderen de motorische vaardigheden in een verschillend tempo en in een andere volgorde ontwikkelen (Smith & Gasser, 2005). Mogelijk zijn de cruciale motorische vaardigheden die samenhangen met de voorbereidende rekenvaardigheden nog niet ontwikkeld. Ook is de ontwikkeling van een kind niet vast te leggen op één meetmoment. Er is sprake van een momentopname wat sterk kan afhangen van verschillende omgevingsfactoren (Feldman, 2010). Er kan dus ook gedacht worden aan andere variabelen die van invloed zijn op de relatie tussen motorische vaardigheden en voorbereidende rekenvaardigheden, zoals werkgeheugen of activiteiten die ouders thuis ondernemen met de kinderen.

### **Motorische Vaardigheden en Ruimtelijk Inzicht**

Er is in het huidige onderzoek geen sprake van een significante relatie tussen motorische vaardigheden en ruimtelijk inzicht. Wanneer wordt gekeken naar de relevantie van de effecten is sprake van een klein tot medium effect van motorische vaardigheden op het ruimtelijk inzicht op 1,5-jarige leeftijd. En wordt een medium effect van de motorische vaardigheden op het ruimtelijk inzicht op 2,5-jarige leeftijd gevonden, waarbij met name de grof motorische vaardigheden van invloed zijn op het ruimtelijk inzicht. Met enige voorzichtigheid kan gezegd worden dat kinderen van 2,5 jaar met betere motorische vaardigheden, met name de grof motorische vaardigheden, een beter ruimtelijk inzicht hebben. Op de leeftijd van 1,5 jaar is dit



## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

resultaat niet gevonden, mogelijk zijn er tussen de leeftijd van 1,5 jaar en 2,5 jaar cruciale veranderingen in de motorische ontwikkeling die van invloed zijn op het ruimtelijk inzicht. Huidig onderzoek ondersteunt de eerdere aanwijzingen dat de motorische vaardigheden van invloed zijn op het ruimtelijk inzicht.

### **Ruimtelijk Inzicht en Voorbereidende Rekenvaardigheden**

Tot slot is gekeken of ruimtelijk inzicht van invloed is op voorbereidende rekenvaardigheden. Er is geen relevant effect gevonden op 1,5-jarige leeftijd tussen ruimtelijk inzicht en comparison of tussen ruimtelijk inzicht en de teltaak, Op 2,5-jarige leeftijd is sprake van een klein tot medium effect van ruimtelijk inzicht op comparison. Uit eerder onderzoek naar de samenhang tussen ruimtelijk inzicht en voorbereidende rekenvaardigheden is gebleken dat ruimtelijke vaardigheden een belangrijke voorspeller zijn van rekenkundige prestaties (Verdine et al., 2014). In huidig onderzoek is wel een klein tot medium effect gevonden maar niet zo sterk als eerder onderzoek laat zien. Gebleken is dat kinderen in het tweede levensjaar gefascineerd zijn door relaties tussen objecten, wat de ontwikkeling van ruimtelijke perceptie en cognitie weerspiegelt (Örnkloo & Von Hofsten, 2007). Mogelijk is de ruimtelijke perceptie en cognitie op 1,5-jarige leeftijd onvoldoende ontwikkeld, waardoor geen effecten zijn gevonden. De literatuur noemt daarnaast dat het herkennen van hoeveelheden en het koppelen hiervan aan groottes of plaatsen op een mentale getallenlijn, wat mogelijk is door het ruimtelijk inzicht, een belangrijk onderdeel is binnen vroege rekenvaardigheid (LeFevre et al., 2010). De sterkere relatie tussen het ruimtelijk inzicht en comparison dan tussen ruimtelijk inzicht en de teltaak lijkt overeen te komen met de literatuur, hoewel ook de relatie met comparison binnen het huidige onderzoek klein is. Verder onderzoek zou dit uit moeten wijzen.

### **Limitatie**

Een eerste kanttekening die bij dit onderzoek geplaatst kan worden, is de steekproefgrootte. Er is binnen dit onderzoek gebruik gemaakt van een kleine steekproef, waardoor mogelijk geen significante resultaten gevonden zijn. Door de kleine steekproef is namelijk sprake van een lage power, waardoor mogelijk aanwezige effecten onderbelicht blijven (Hox, 1999). Daarnaast komt het grootste deel van de participanten uit Utrecht en is het merendeel van de ouders hoogopgeleid. Door deze eenzijdige steekproef is er mogelijk een beperkt bereik gemeten van motorische vaardigheden, ruimtelijk inzicht en voorbereidende

## MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE REKENVAARDIGHEDEN

rekenvaardigheden, waardoor een deel van de populatie onderbelicht blijft. Een nadeel is dat de externe validiteit van dit onderzoek niet gegarandeerd kan worden en men voorzichtig moet zijn met generalisatie van de resultaten. Voor vervolgonderzoek wordt aangeraden om een meer representatieve steekproef te nemen.

Ondanks de limitaties kan aan de hand van de resultaten met enige voorzichtigheid gezegd worden dat kinderen van 2,5 jaar met betere motorische vaardigheden, met name de grof motorische vaardigheden, een beter ruimtelijk inzicht hebben.

**Referenties**

- Aunio, P., & Niemivirta, M. (2010). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy. *Learning and Individual Differences, 20*, 427-435.  
doi:10.1016/j.lindif.2010.06.003
- Barth, H., La Mont, K., Lipton, J., & Spelke, E. S. (2005). Abstract number and arithmetic in preschool children. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102*, 14116-14121. doi:10.1073/pnas.0505512102
- Braams, T. (2000). Dyscalculie: Een verzamelnaam voor uiteenlopende rekenstoornissen. *Tijdschrift voor Remedial Teaching, 4*, 6-11.
- Bryant, D. P. (2005). Commentary on early identification and intervention for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 340-345.  
doi:10.1177/00222194050380041001
- Bushnell, E. W., & Boudreau, J. P. (1993). Motor development and the mind: The potential role of motor abilities as a determinant of aspects of perceptual development. *Child Development, 64*, 1005-1021. doi:10.1111/j.1467-8624.1993.tb04184.x
- Campos, J. J., Anderson, D. I., Barbu-Roth, M. A., Hubbard, E. M., Hertenstein, M. J., & Witherington, D. (2000). Travel broadens the mind. *Infancy, 1*, 149-219.  
doi:10.1207/S15327078IN0102\_1
- Clarke, B., & Shinn, M. R. (2004). A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review, 33*, 234-248.
- Clearfield, M. W. (2004). The role of crawling and walking experience in infant spatial memory. *Journal of Experimental Child Psychology, 89*, 214-241. doi:10.1016/j.jecp.2004.07.003
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Curtis, R., Okamoto, Y., & Weckbacher, L. M. (2009). Preschoolers' use of count information to judge relative quantity. *Early Childhood Research Quarterly, 24*, 325-336.  
doi:10.1016/j.ecresq.2009.04.003

MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE  
REKENVAARDIGHEDEN

- Daunhauer, L. A., Coster, W. J., Tickle-Degnen, L., & Cermak, S. A. (2010). Play and cognition among young children reared in an institution. *Physical & Occupational Therapy in 24 Pediatrics, 31*, 83-97. doi:10.3109/0194263090354368
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind and Language, 16*, 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., ... Duckworth, K. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology, 43*, 1428-1446. doi:10.1037/0012-1649.43.6.1428
- Feldman, J. (2010). Embodied language, best-fit analysis, and formal compositionality. *Physics of Life Reviews, 7*, 385-410. doi:10.1016/j.plrev.2010.06.006
- Funk, S. G., Sturner, R. A., & Green, J. A. (1986). Preschool prediction of early school performance: Relationship of McCarthy scales of children's abilities prior to school entry to achievement in kindergarten, first, and second grades. *Journal of School Psychology, 24*, 181-194. doi:10.1016/0022-4405(86)90009-9
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge: Harvard University Press
- Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 293-304. doi:10.1177/00222194050380040801
- Griffin, S. (2004). Building number sense with number worlds: A mathematics program for young children. *Early Childhood Research Quarterly, 19*, 173-180. doi:10.1016/j.ecresq.2004.01.012
- Haydari, A., Askari, P., & Nezhad, M. Z. (2009). Relationship between affordances in the home environment and motor development in children age 18-42 months. *Journal of Social Sciences, 5*, 319-328. doi:10.3844/jssp.2009.319.328
- Hox, J. J. (1999). Principes en toepassing van structurele modellen. *Kind en Adolescentie, 3*, 136-146. doi:10.1007/BF03060740
- Jansen, P., Titze, C., & Heil, M. (2009). The influence of juggling on mental rotation performance. *International Journal of Sport Psychology, 40*, 351-259.

MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE  
REKENVAARDIGHEDEN

- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology, 45*, 850-867. doi:10.1037/a0014939
- Kohnstamm, R. (2009). *Kleine ontwikkelingspsychologie I. Het jonge kind*. Houten, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.
- Landerl, K., & Kölle, C. (2009). Typical and atypical development of basic numerical skills in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 546-565. doi:10.1016/j.jecp.2008.12.006
- LeFevre, J. A., Fast, L., Skwarchuk, S. L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development, 81*, 1753-1767. doi:10.1111/j.14678624.2010.01508.x
- Lehmann, J., & Jansen, P. (2012). The influence of juggling on mental rotation performance in children with spina bifida. *Brain and Cognition, 80*, 223-229. doi:10.1016/j.bandc.2012.07.004
- Loh, P. R., Piek, J. P., & Barrett, N. C. (2011). Comorbid ADHD and DCD: Examining cognitive functions using the WISC-IV. *Research in Developmental Disabilities, 32*, 1260-1269. doi:10.1016/j.ridd.2011.02.008
- Losch, H., & Dammann, O. (2004). Impact of motor skills on cognitive test results in very low-birthweight children. *Journal of Child Neurology, 19*, 318-322. doi:10.1177/088307380401900502
- Moreau, D., Clerc, J., Mansy-Dannay, A., & Guerrien, A. (2012). Enhancing spatial ability through sport practice: Evidence for an effect of motor training on mental rotation performance. *Journal of Individual Differences, 33*, 83-88. doi:10.1027/1614-0001/a000075
- Netelenbos, J. B. (2009). *Motorische ontwikkeling van kinderen: Handboek 1 introductie*. Amsterdam: Uitgeverij Boom
- Örnkloo, H., & Von Hofsten, C. (2007). Fitting objects into holes: On the development of spatial cognition skills. *Developmental Psychology, 43*, 404-416. doi:10.1037/0012-1649.43.2.404

MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE  
REKENVAARDIGHEDEN

- Piek, J. P., Dawson, L., Smith, L. M., & Gasson, N. (2008). The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability. *School of Psychology, 27*, 668-681. doi:10.1016/j.humov.2007.11.002
- Ruijsenaars, A. J. J. M., Van Luit, J. E. H., & Van Lieshout, E. C. D. M. (2006). *Rekenproblemen en dyscalculie. Theorie, onderzoek, diagnostiek en behandeling*. Rotterdam: Lemniscaat
- Sarnecka, B. W., & Carey, S. (2008). How counting represents number: What children must learn and when they learn it. *Cognition, 108*, 662-674. doi:10.1016/j.cognition.2008.05.007
- Siegler, R. S. (2009). Improving the numerical understanding of children from low-income families. *Child Development Perspectives, 3*, 118-124. doi:10.1111/j.1750-8606.2009.00090.x
- Smith, L., & Gasser, M. (2005). The development of embodied cognition: Six lessons from babies. *Artificial Life, 11*, 13-29. doi:10.1162/1064546053278973
- Son, S., & Meisels, S. J. (2006). The relationship of young children's motor skills to later reading and math achievement. *Merrill-Palmer Quarterly, 52*, 755-778. doi:10.1353/mpq.2006.0033
- Stock, P., Desoete, A., & Roeyers, H. (2009). Mastery of the counting principles in toddlers: A crucial step in the development of budding arithmetic abilities? *Learning and Individual Differences, 19*, 419-422. doi:10.1016/j.lindif.2009.03.002
- Squires, L., Bricker, D., & Potter, L. (1995). Revision of a parent- completed developmental screening tool: Ages and Stages Questionnaires. *Journal of Pediatric Psychology, 22*, 313-328. doi:10.1093/jpepsy/22.3.313
- Toll, S. W. M. & Van Luit, J. E. H. (2014). Structurele ondersteuning aan kleuters met een achterstand in getalbegrip. *Pedagogische Studiën, 91*, 82-96.
- Van Luit, J. E. H. (1997). *Kinderen en vroege (leer)problemen*. Doetinchem: Graviant
- Van Luit, J. E. H., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). De Utrechtse Getalbegrip Toets-Revised: Het belang van vroegtijdige signalering. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek, 48*, 255-270.
- Van Nes, F. T., & Doorman, L. M. (2006). Mathematics education and neuro-sciences: Een zoektocht naar de integratie van cognitief psychologisch onderzoek met

MOTORISCHE VAARDIGHEDEN, RUIMTELIJK INZICHT EN VOORBEREIDENDE  
REKENVAARDIGHEDEN

neuropsychologisch onderzoek. *Panama-Post - Reken-wiskundeonderwijs: onderzoek, ontwikkeling, praktijk*, 25, 3-10.

Verdine, B. N., Irwin, C. M., Michnick Golinkoff, R., & Hirsh-Pasek, K. (2014). Contributions of executive function and spatial skills to preschool mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 126, 37-51. doi:10.1016/j.jecp.2014.02.012

Von Hofsten, C. (2004). An action perspective on motor development. *Trends in Cognitive Science*, 8, 266-272. doi:10.1016/j.tics.2004.04.002

Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, 36, 155–193.  
doi:10.1016/0010-0277(90)90003-3

Xu, F., Spelke, E. S., & Goddard, S. (2005). Number sense in human infants. *Developmental Science*, 8, 88–101. doi:10.1111/j.1467-7687.2005.00395.x