



Universiteit Utrecht

De Invloed van Lichamelijke Ervaringen op Getalbegrip bij Kinderen van Groep Drie en Vier van Nederlandse Basisscholen

Studiejaar 2014 – 2015

Masterthesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Floor (F.M.A.J.) Joosten (3743748)

Thesisbegeleiders: Willemijn Schot & Anne van Hoogmoed

Tweede beoordelaar: Jaccoline van 't Noordende

24-06-2015

INVLOED VAN LICHAAMELIJKE ERVARINGEN OP GETALBEGRIP

Voorwoord

Voor u ligt mijn masterthesis. Vanaf september 2014 tot en met mei 2015 heb ik onderzoek gedaan naar de invloed van lichamelijke ervaringen op getalbegrip. Hierbij stond de theorie van embodied cognition centraal. Een theorie waar ik eerder nog nooit van gehoord had, maar die mijn visie op het schoolse leren toch wel veranderd heeft.

Hoewel het afgelopen jaar soms erg zwaar was, heb ik al met al toch een ontzettend leerzame en fijne tijd gehad. Ik wil vooral Rosan Hulman bedanken voor de fijne samenwerking tijdens de dataverzameling van mijn onderzoek. Ook wil ik alle ontzettend lieve kinderen, waar Rosan en ik altijd zo om hebben kunnen lachen, bedanken voor hun inzet en gezelligheid. Verder wil ik mijn thesisgenoten Merve Karakus, Maartje van Os, José Kuijsters en Marieke van der Spek bedanken voor de fijne samenwerking. Samen hebben we een aantal mooie onderzoeken kunnen afleveren.

Tot slot wil ik Anne van Hoogmoed en Willemijn Schot bedanken voor het aanreiken van dit ontzettend interessante onderzoek en de fijne begeleiding. Zonder hen was me dit niet gelukt!

Woudrichem, 21 mei 2015

Samenvatting

Doel: Het huidige onderzoek heeft als doel inzicht te krijgen in de invloed van lichamelijke ervaringen, volgens de theorie van embodied cognition, op getalbegrip. **Methode:** 60 kinderen uit groep 3 en 4 volgden training waarbij zij op een getallenlijn een getal tussen de 0 en 100 moesten aanwijzen. 30 kinderen volgden een training met een in *real life* uitgezette getallenlijn waarbij embodied cognition een relatief grote rol speelde (embodied training). De overige 30 kinderen volgden een tablet training waarbij embodied cognition een relatief kleine rol speelde. Door het berekenen van de gemiddelde *error* voor de eerste en laatste training, en deze te vergelijken tussen de onderzoeksgroepen, kon de vooruitgang van alle kinderen worden bepaald en gekeken worden of lichamelijke ervaringen van invloed zijn op de ontwikkeling van getalbegrip. Er is een herhaalde metingen ANOVA en er zijn twee paired t-toetsen uitgevoerd. **Resultaten:** Het bleek dat de kinderen die de embodied training hebben gevolgd significant meer vooruit zijn gegaan dan de kinderen die de tablet training hebben gevolgd. De kinderen die de tablet training hebben gevolgd zijn significant achteruit gegaan. **Conclusies:** De embodied training heeft een positief effect gehad op getalbegrip. De tablet training daarentegen heeft er niet voor gezorgd dat het getalbegrip significant verbeterde. Geconcludeerd wordt dat lichamelijke ervaringen een positieve invloed hebben op getalbegrip.

Kernwoorden: numerieke representaties, lichamelijke ervaringen, embodied cognition, getallenlijn training, getalbegrip.

Abstract

Objective: The aim of the present study was to determine the influence of bodily experiences, according to the theory of embodied cognition, on numeracy. **Method:** 60 children (7 and 8 years old) participated in a training where they had to point out a number between 0 and 100 on a number line. 30 of those children followed a training in which embodied cognition played a relative big role (embodied training). The other 30 children followed a tablet training in which embodied cognition played a relative small role. The mean error for the first and last training indicated the improvement the children had made. Subsequently it could be determined if the children had improved and if there was a significant difference in improvement between the two groups. This determined whether bodily experiences had influenced the development of numeracy. A repeated measures ANOVA and two paired t-tests have been conducted. **Results:** The children who followed the embodied training made a significant larger improvement than the children who followed the tablet training. The children who followed the tablet training even showed a significant decline. **Conclusions:** The embodied training had a significant larger influence on numeracy than the tablet training. The tablet training had not ensured that the numeracy significantly improved. In conclusion, bodily experiences have an significant influence on numeracy.

Keywords: spatial magnitude representation, bodily experiences, embodied cognition, number line training, numeracy.

De Invloed van Lichamelijke Ervaringen op Getalbegrip bij Kinderen van Groep Drie en Vier van Nederlandse Basisscholen

Er bestaat veel aandacht voor de ontwikkeling van rekenkundige vaardigheden bij kinderen op de basisschool (Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010). Rekenvaardigheden zijn basisvaardigheden, zoals het lezen en schrijven van getallen, die nodig zijn bij het werken met getallen (Butterworth, 2010). Aan die rekenkundige vaardigheden liggen numerieke representaties van getallen ten grondslag (Link, Moeller, Huber, Fischer, & Nuerk, 2013). Dit houdt in dat hoeveelheden mentaal gerepresenteerd worden langs een interne mentale getallenlijn (Dehaene, Dupoux, & Mehler, 1990). Een synoniem voor numerieke representatie van getallen is de term getalbegrip. Getalbegrip, de vaardigheid om getallen non-verbaal voor te stellen en te manipuleren, is dus een belangrijke voorspeller voor rekenkundige vaardigheden (White & Bull, 2008; Steen, 1999). Het is duidelijk dat jonge kinderen numerieke vaardigheden bezitten die moeten worden gecultiveerd tijdens lessen op school (Van Nes & De Lange, 2007).

Een belangrijk onderdeel van getalbegrip, en waar in onderzoek naar getalbegrip en rekenvaardigheden vaak gebruik van wordt gemaakt, is de mentale getallenlijn taak (Booth & Siegler, 2006; Cheng & Mix, 2014). Binnen die taak moet een kind de plaats van een getal op een aanwezige getallenlijn aanwijzen (Sullivan & Barner, 2014). Met deze taak worden de onderliggende ruimtelijke aspecten van numerieke representaties van getallen bepaald (Link, Nuerk, & Moeller, 2014). De ruimtelijke representatie van de hoeveelheid van een getal naast een analoge getallenlijn wordt automatisch geactiveerd bij het zien van een getal (Link et al., 2013; Ruijsenaars, Van Luit, & Van Lieshout, 2004).

Een lineaire representatie van de hoeveelheid van een getal speelt een centrale rol bij de ontwikkeling van getalbegrip (Siegler & Ramani, 2008). Er is gebleken dat de representatie van logaritmisch naar meer lineaire representatie verschuift tijdens de eerste jaren van de basisschool (Ashcraft, 2012; Siegler & Ramani, 2008), wanneer kinderen ouder worden en meer ervaring hebben met getallen (Booth & Siegler, 2006; Moeller, Pixner, Kaufmann, & Nuerk, 2009). Deze verschuiving brengt teweeg dat kinderen afstanden tussen getallen meer gelijk gaan waarnemen en dat oudere kinderen de getallen meer holistisch verwerken dan jonge kinderen die de getallen meer in kleine stappen verwerken (Moeller et al., 2009). In het geval dat een kind een lineaire representatie van getallen heeft ontwikkeld en daarbij onderliggende basale numerieke vaardigheden (Link et al., 2014), zal de positionering van de getallen op de getallenlijn meer accuraat zijn. De accuraatheid van de positionering van

getallen op de getallenlijn taak is gerelateerd aan de huidige en toekomstige rekenprestaties (Fischer, Moeller, Bientzle, Cress, & Nuerk, 2011; Link et al., 2013).

De mentale getallenlijn taak doet een beroep op de visueel-ruimtelijke representatie van getallen (Kiefer & Trumpp, 2012). De theorie van embodied cognition benadrukt een link tussen cognities en acties (Fischer & Brugger, 2011). De theorie stelt namelijk dat menselijke cognitie wordt bepaald door lichamelijke ervaringen (Fischer et al., 2011) en dat cognitieve activiteit mede wordt bepaald door de zintuigen, de motoriek (Bloechle, Huber, & Moeller, 2015) en de omgeving (Wilson, 2002). Deze systemen dragen bij aan het monitoren en uitvoeren van lichamelijke activiteit en vormen een multimodale representatie van kennis (Bloechle et al., 2015). Vanuit de theorie van embodied cognition pleitten Link en collega's (2013) er voor om niet alleen de mentale getallenlijn taak op papier aan kinderen voor te leggen, maar om hen de ruimte te bieden om lichamelijke ervaringen op te doen binnen de taak (Link et al., 2013). De ervaringen die kinderen opdoen met bewegingen en handelingen helpen hen namelijk om zich steeds beter hun eigen positie in de ruimte voor te kunnen stellen. Dit wordt gedefinieerd als het ruimtelijke denken (Van Nes & Doorman, 2006). Gesteld wordt dat meetkundige activiteiten dit ruimtelijk denken kunnen bevorderen en andersom. Vanuit de theorie van embodied cognition werd onderzocht in hoeverre lichamelijke ervaringen een rol spelen in de verbetering van de ruimtelijke representatie van getallen. De theorie stelt dat de cognities die een rol spelen bij de ontwikkeling van basale numerieke representaties hun oorsprong vinden in sensorisch-lichamelijke processen die bepaald worden door lichamelijke ervaringen (Fischer et al., 2011). Er is beperkt onderzoek gedaan naar de invloed van een sensomotorische ruimtelijke training op getalbegrip en dus ook de invloed van lichamelijke ervaringen. Uit onderzoek van Fischer en collega's (2011) en Link en collega's (2013) bleek dat de training die aangeboden werd om de mentale representatie van getallen bij kinderen te verbeteren effectiever was dan een training waarbij lichamelijke ervaringen een beperktere rol speelden. Moeller en collega's (2012) bevestigden dat lichamelijke ervaringen positief bijdragen aan numerieke representaties van getallen. Zij wijzen op een op een functioneel voordeel van lichamelijke ervaringen bij numerieke trainingen (Moeller et al., 2012). In onderzoek naar het stimuleren van numerieke representaties door middel van een bordspel, vonden Siegler en Ramani (2009) dat de relatief achterblijvende rekenvaardigheden van kinderen uit gezinnen met een relatief laag inkomen te verklaren zijn doordat die kinderen geen lineaire representatie van hoeveelheden van getallen hanteerden. Belangrijk daarbij is dat zij in hun studie concludeerden dat de rekenvaardigheden

van deze kinderen verbeterden als gevolg van het spelen van het aangeboden bordspel (Siegler & Ramani, 2009). Indien er wordt bevestigd dat het volgen van een sensomotorisch ruimtelijke training het gebruik van juiste representatie van getallen kan stimuleren, kunnen er nieuwe effectieve interventies worden ontwikkeld die getalbegrip en rekenvaardigheden op deze manier bevorderen (Link et al., 2013). Het getalbegrip en de rekenvaardigheden van kinderen met achterblijvende rekenvaardigheden en kinderen met dyscalculie kunnen op die manier worden verbeterd. Dit zou dan ook een positief effect hebben op academische prestaties in de toekomst (Butterworth, 2005; Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009; Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010).

Het huidige onderzoek zal voortbouwen op het onderzoek van Link en collega's (2013), waarvan een deel zal worden gerepliceerd en een deel zal worden geïnnoveerd. De onderzoeksvraag luidt: Is er een significant verschil in vooruitgang tussen kinderen uit groep drie en vier die een getallenlijn training krijgen waarbij embodied cognition een relatief grote rol speelt (embodied training) en kinderen uit groep drie en vier die een getallenlijn training krijgen waarbij embodied cognition een relatief kleine rol speelt (tablet training)? Bij het onderzoek van Link en collega's (2013) werd elk kind beide trainingen aangeboden. In het huidige onderzoek bestaan er twee aparte onderzoeksgroepen die elk maar één training krijgen aangeboden. De embodied training komt vrijwel helemaal overeen, behalve dat in het huidige onderzoek het getal wordt opgemeten aan de voorkant van de voet (in plaats van tussen de voeten). Hier is voor gekozen, zodat het geschatte getal preciezer kan worden opmeten. De manier waarop de tablet training in het huidige onderzoek wordt afgenomen is afwijkend, om lichamelijke ervaringen zo beperkt mogelijk te maken. Dit is geen doelstelling binnen het onderzoek van Link en collega's (2013).

Er is een aantal verwachtingen geformuleerd met betrekking tot de resultaten. Er wordt verondersteld beide trainingen een positief effect zullen hebben op het getalbegrip van de kinderen. Activiteiten rondom getalbegrip en het stimuleren van getalbegrip zullen namelijk bijdragen aan het ontwikkelen van getalbegrip (Anders et al., 2012). Daarnaast wordt verondersteld dat de vooruitgang van leerlingen die de training volgen waarbij embodied cognition een relatief grote rol speelt significant beter zal zijn dan leerlingen die de tablet training volgen waarbij embodied cognition een relatief kleine rol speelt. Uit eerder onderzoek bleek namelijk al dat een training waarbij lichamelijke ervaringen een relatief grote rol speelden effectiever was om getalbegrip (en rekenvaardigheden) van kinderen te

verbeteren dan een training waarbij lichamelijke ervaringen een beperktere rol speelden (Fischer et al., 2011; Link et al., 2013).

Method

Participanten

De onderzoekspopulatie van het huidige onderzoek bestond uit 60 zeven en acht jarige (zie tabel 1) kinderen van groep drie of vier van twee verschillende Nederlandse basisscholen. Per basisschool werd één training aangeboden. 28 van de 30 kinderen van de embodied training hadden de Nederlandse nationaliteit. Twee kinderen waren Marokkaans. Alle 30 kinderen van de tablet training hadden de Nederlandse nationaliteit. Voor alle kinderen gold dat ouders toestemming hadden verleend voor deelname aan het onderzoek.

Tabel 1.

Aantal kinderen, geslacht, leeftijd en opleidingsniveau ouders

	N	Geslacht		Leeftijd	Opleidingsniveau ouders	
		Jongens	Meisjes	M (SD)	hoog	laag
Groep 1 (EMBODIED)	30	17	13	7.23 (0.43)	31	29
Groep 2 (TABLET)	30	15	15	7.17 (0.83)	25	35
Totaal	60	32	28	7.20 (0.66)	56	64

Noot. Laag opleidingsniveau betreft basisonderwijs, lager beroepsonderwijs, vmbo/mavo, MBO en hoog opleidingsniveau betreft havo/vwo, HBO, WO.

Meetinstrumenten

Embodied training. Deze groep kinderen moest op een getallenlijn van drie meter lopen om het aangeboden getal aan te wijzen (zie figuur 1). De getallenlijn werd gevormd door een stuk tape die aan de grond was bevestigd met aan de linkerkant op de grond het getal nul en aan de rechterkant op de grond het getal 100. De getallenlijn liep namelijk van 0 tot 100. Parallel aan het stuk tape stond een houten lat waarop de onderzoekers de getallen konden afgelezen. De getallen waren voor de kinderen niet zichtbaar. De onderzoekers konden door een kleine houten lat tegen de voet van het kind en tegen de grote houten lat aan te zetten, aflezen bij welk getal het kind was gaan staan. Soms moesten de kinderen vanaf de 0 naar het aangeboden getal lopen en soms vanaf de 100. Dit werd aangeduid door de kant waarop het getal aangeboden werd. Er werd genoteerd bij welk getal het kind was gaan staan.

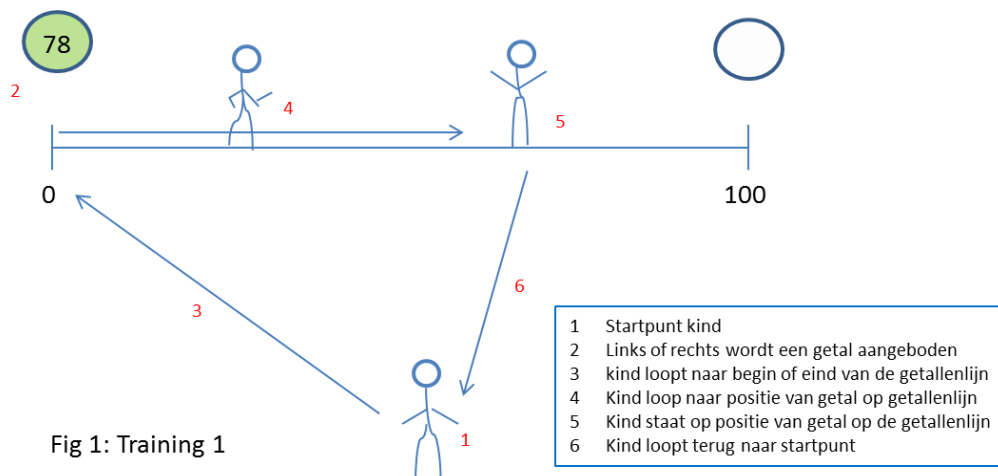
INVLOED VAN LICHAMELIJKE ERVARINGEN OP GETALBEGRIIP

Hierdoor kon het verschil worden berekend tussen het aangeboden getal en het getal wat het kind had geschat (de *error*). Om te bepalen of de training een positief effect heeft gehad op het getalbegrip van de kinderen werd er gekeken of de *error* bij de zesde training kleiner was dan bij de eerste training.

De in *real life* uitgezette taak kwam in zekere mate overeen met de taak uit het onderzoek van Link en collega's (2013) en is deels gebaseerd op de mentale getallenlijn taak, die valide en betrouwbaar is bevonden. Door de experimentele aard van de *real life* getallenlijn taak is er nog niets bekend over de betrouwbaarheid en validiteit.

Tablet training. Ook bij deze training werd genoteerd welk getal het kind had aangewezen en kon het verschil worden berekend tussen het aangeboden getal en het getal wat het kind had geschat om zo de *error* en het effect van de training te bepalen.

Bij de tablet versie van de mentale getallenlijn taak moesten kinderen direct op het scherm het gevraagde getal aanwijzen. Deze taak verschilde in beperktere mate van de mentale getallenlijn taak die gewoonlijk op papier wordt gemaakt. Het is nog niet duidelijk hoe dit de betrouwbaarheid en validiteit heeft beïnvloedt.



Procedure

De twee groepen zijn getraind van januari tot en met maart 2015. Kinderen werden bij beide trainingen individueel twee keer per week gedurende drie weken tijdens schooluren getraind. In totaal hebben zij zes trainingen gekregen. Alle kinderen kregen tijdens iedere training dezelfde 24 getallen aangeboden. De volgorde van de getallen wisselde per training, maar was voor alle kinderen gelijk. De getallen waren: 3, 6, 11, 18, 20, 26, 29, 31, 35, 39, 43, 47, 51, 58, 64, 66, 72, 75, 78, 80, 87, 89, 93, 99.

Data analyse

INVLOED VAN LICHAMELIJKE ERVARINGEN OP GETALBEGRIP

Voor statistische analyse werd een repeated measures ANOVA en werden twee paired t-toetsen uitgevoerd. De eerste onafhankelijke variabele was de between subject variabele training. Deze variabele had twee niveaus (embodied –en tablet training). De tweede onafhankelijke variabele was de within subject variabele tijd (de eerste –en de zesde training). De afhankelijke variabele was de gemiddelde *error* van de kinderen op de embodied getallenlijn training en de tablet getallenlijn training. De gemiddelde *error* werd berekend door per kind voor de eerste en laatste training (van de in totaal zes trainingen) het aangeboden en het geschatte getal van elkaar af te trekken en daar het gemiddelde van te nemen. Het betrof absolute getallen.

Resultaten

Naar aanleiding van de literatuur en uitkomsten van eerder onderzoek werd de verwachting opgesteld dat beide trainingen een positief effect zullen hebben op het getalbegrip van de kinderen. Daarnaast werd er verwacht dat de vooruitgang van leerlingen die de training volgen waarbij embodied cognition een relatief grote rol speelt significant groter zal zijn dan leerlingen die de tablet training volgen waarbij embodied cognition een relatief kleine rol speelt. Om de hypothesen te toetsen werd er een herhaalde metingen variantieanalyse (ANOVA) en werden twee paired t-toetsen uitgevoerd. Deze ANOVA maakt een vergelijking van de effectiviteit tussen de eerste en de laatste training voor de twee verschillende groepen mogelijk. Met behulp van de t-toetsen kan er per trainingsgroep gekeken worden of er een significant verschil is tussen de gemiddelde *errors* van de eerste en zesde training.

Beschrijvende statistieken

In tabel 2 staat het overzicht van de beschrijvende statistieken van de eerste en de laatste training voor de twee verschillende condities.

Tabel 2.

Aantallen, gemiddelden (error), standaardafwijkingen, minimum, maximum, op de resultaten voor de twee trainingen

Conditie	Training 1					Training 6			
	n	M	SD	min.	max.	M	SD	min.	max.
Embodied	30	8.25	6.39	3	33	5.91	4.39	3	19

training									
Tablet	30	8.27	5.29	3	21	10.97	5.79	3	22
training									
Totaal	60	8.26	5.82	3	33	8.44	5.70	3	22

Uitvoering analyse

Om de herhaalde metingen ANOVA te mogen uitvoeren, moest de verkregen data aan enkele voorwaarden voldoen, namelijk een normale verdeling van de variabelen in de populatie, homogeniteit van varianties, afwezigheid van uitschieters, een aselechte steekproef die met teruglegging is getrokken, onafhankelijke observaties en tot slot moest de afhankelijke variabele van minimaal interval meetniveau zijn (Field, 2009). Aan de voorwaarde voor normale verdeling werd, zelfs na een logaritmische transformatie, niet voldaan. Er werd ook niet voldaan aan de voorwaarden dat uitschieters afwezig moesten zijn. In de data is sprake van één uitschieter. Het is gebleken dat deze uitschieter geen significante invloed heeft op de resultaten en daarom maakt deze nog steeds deel uit van het databestand. Aan de overige voorwaarden werd voldaan. Verder werd er automatisch voldaan aan de assumptie voor *sphericity*, doordat in dit onderzoek twee metingen (trainingssessies) met elkaar werden vergeleken.

Bij het uitvoeren van de herhaalde metingen ANOVA werd leeftijd opgenomen als covariaat om het effect van leeftijd op de gemiddelde *error* op de embodied getallenlijn training en de tablet getallenlijn training te reduceren. De resultaten van de herhaalde metingen ANOVA laten zien dat er sprake was van een interactie-effect van tijd en training, $F(1, 42) = 13.11, p = .001$, partiële $\eta^2 = .24$. Deze partiële η^2 van .24 betref een groot effect. Het blijkt dat kinderen die de embodied training hebben gevolgd significant meer vooruit zijn gegaan dan de kinderen die de tablet training hebben gevolgd. Aangezien er sprake is van een interactie-effect, is het hoofdeffect moeilijk te interpreteren.

Daarnaast zijn er twee paired t-toetsen uitgevoerd om per training te kijken of er een significante vooruitgang of achteruitgang heeft plaatsgevonden op training zes vergeleken met training een. Er was een significant verschil tussen training een ($M=1.93, SD=0.56$) en training zes ($M=1.60, SD=0.54$) voor de kinderen die de embodied training hebben gevolgd. Dit verschil laat een significante vooruitgang zien; $t(29)=3.55, p = 0.001$. Er was echter een significante achteruitgang op training zes ($M=2.24, SD=0.61$) vergeleken met training een

($M=1.92$, $SD=0.62$) voor de kinderen die de tablet training hebben gevolgd; $t(29)=-3.50$, $p=0.002$.

Discussie en conclusie

Het huidige onderzoek is uitgevoerd om te kijken naar de invloed van lichamelijke ervaringen op getalbegrip. De onderzoeksvraag daarbij is of er een significant verschil is in vooruitgang tussen kinderen uit groep drie en vier die een getallenlijn training krijgen waarbij embodied cognition een relatief grote rol speelt en kinderen uit groep drie en vier die een getallenlijn training krijgen waarbij embodied cognition een relatief kleine rol speelt. Het beantwoorden van deze vraag zal bijdragen aan het vormgeven van nieuwe effectieve interventiemethoden voor het bevorderen van getalbegrip en daarmee rekenvaardigheden bij kinderen met dyscalculie en slechte rekenaars (Link et al., 2013). Het zal ook kunnen bijdragen bij het creëren van nieuwe lesmethoden voor rekenen op de basisschool om getalbegrip en rekenvaardigheden te bevorderen.

Uit de resultaten blijkt dat de kinderen die de embodied training hebben gevolgd significant meer vooruit zijn gegaan dan de kinderen die de tablet training hebben gevolgd. Een belangrijk gegeven hierbij is dat de gemiddelde *error* van de kinderen van de tablet training van training zes ten opzichte van training een omhoog is gegaan. Uit verdere analyse is dan ook gebleken dat de kinderen die de tablet training hebben gevolgd significant achteruit zijn gegaan. Dit in tegenstelling tot de kinderen die de embodied training hebben gevolgd die significant vooruit zijn gegaan. De resultaten zijn dus niet volledig in overeenstemming met de verwachtingen.

De eerste verwachting is niet waargemaakt. Hoewel getracht werd getalbegrip bij zowel de embodied als de tablet training te bevorderen, hebben de kinderen van de tablet training het bij training zes slechter gedaan dan bij training een. Het (op welke manier dan ook) stimuleren van getalbegrip betekent dus niet automatisch dat het getalbegrip ook daadwerkelijk verbetert. Een mogelijke verklaring voor deze uitkomsten, die afwijkend zijn van het onderzoek van Link en collega's (2013) en de verwachting, is dat de invloed van de trainingen op getalbegrip (en rekenvaardigheden) in het onderzoek van Link en collega's (2013) is vastgesteld aan de hand van voor- en nametingen. Een andere verklaring kan zijn dat er twee verschillende groepen van twee verschillende scholen zijn vergeleken, die ook nog eens getraind zijn door verschillende trainers.

Aan de tweede verwachting wordt wel voldaan. Een sensomotorisch ruimtelijke training, waarbij lichamelijke ervaringen een grote rol spelen, kan de juiste representatie van

getallen stimuleren en daarmee getalbegrip en rekenvaardigheden bevorderen (Fischer et al., 2011; Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010; Link et al., 2013). Moeller, Fischer, Nuerk en Cress (2015) concluderen in hun review dat een getallenlijn training, die kinderen de ruimte biedt om lichamelijke ervaringen op te doen, bijdraagt aan de ontwikkeling van getalbegrip en daarmee de rekenvaardigheden van kinderen. De getallenlijn training is volgens hen klaar om geïmplementeerd te worden in het formele rekenonderwijs (Moeller et al., 2015). Deze review onderstreept nog eens extra dat een getallenlijn training met lichamelijke ervaringen binnen het onderwijs bij zal dragen aan de ontwikkeling van getalbegrip en daarmee de rekenprestaties van kinderen. Het huidige onderzoek bevestigt dat een getallenlijn training met lichamelijke ervaringen bij zal dragen aan verbeterd getalbegrip en daarmee mogelijk ook een verbetering van de rekenvaardigheden van kinderen.

Sterke punten

Er zijn een aantal sterke punten van het huidige onderzoek te noemen. Het belangrijkste punt is dat er weinig eerder onderzoek is gedaan naar de invloed van embodied cognition op getalbegrip bij kinderen uit groep drie en vier in Nederland. Dit maakt de resultaten uit het huidig onderzoek zeer relevant en vernieuwend.

Zoals eerder al werd genoemd, bouwt het huidige onderzoek voort op het onderzoek van Link en collega's (2013). In het huidige onderzoek werden twee aparte onderzoeksgroepen onderzocht die elk maar één training aangeboden kregen. Dit heeft er voor gezorgd dat het effect van de trainingen per groep kon worden bepaald en dat de twee groepen met elkaar konden worden vergeleken. Belangrijk daarbij is dat bij de ene groep de rol van embodied cognition zo beperkt mogelijk is gehouden en bij de andere groep zo groot mogelijk is gemaakt. Dit heeft het mogelijk gemaakt om binnen het huidige onderzoek duidelijkere uitspraken te doen over de invloed van lichamelijke ervaringen op getalbegrip dan bij het onderzoek van Link en collega's (2013).

Andere sterke punten zijn dat de meeste trainingen gegeven konden worden in een rustig en relatief groot lokaal, dat kinderen vaak op dezelfde momenten de training aangeboden kregen, dat materialen van goede kwaliteit waren en dat er een duidelijke handleiding was die de trainingen uitvoerig beschreef, om zo de betrouwbaarheid van de trainingen bevorderen. Een ander sterk punt is dat vrijwel alle deelnemende kinderen zeer gemotiveerd waren en hun best deden.

Beperkingen

Belangrijke beperkingen van het huidige onderzoek zijn dat de onderzoeksgroepen select gekozen zijn van twee verschillende basisscholen en door verschillende testleiders getraind zijn, dat een heel beperkt aantal kinderen met een niet-Nederlandse achtergrond hebben meegedaan aan het onderzoek en dat er sprake van een vrij kleine steekproef van 30 kinderen per training. Hierdoor kunnen de resultaten zeer beperkt gegeneraliseerd worden naar alle kinderen uit groep 3 en 4 in Nederland, maar ook in andere landen.

Aanbevelingen vervolgonderzoek

Het huidige onderzoek heeft implicaties voor vervolgonderzoek. Het blijkt dat lichamelijke ervaringen een belangrijke invloed hebben op getalbegrip bij kinderen van groep drie en vier van Nederlandse basisscholen. Het is belangrijk om huidig onderzoek te herhalen, rekening houdend met bovengenoemde beperkingen, om met meer zekerheid vast te stellen dat lichamelijke ervaringen invloed hebben op getalbegrip. Er zal bij vervolgonderzoek ook specifiek onderzoek kunnen worden gedaan naar de invloed van een sensomotorische training op het getalbegrip en daarmee mogelijk de rekenvaardigheden van kinderen met dyscalculie of slechte rekenaars. Dit maakt het mogelijk om nieuwe effectieve interventiemethoden vorm te geven specifiek gericht op een bepaalde doelgroep (Link et al., 2013).

Kortom, het huidige onderzoek laat zien dat alleen de training waarbij embodied cognition een relatief grote rol speelt positief van invloed is geweest op getalbegrip. Deze kinderen zijn namelijk significant meer vooruit gegaan dan de kinderen die de tablet training hebben gevolgd. Het blijkt dat de kinderen die de tablet training hebben gevolgd, waarbij embodied cognition een relatief kleine rol speelt, juist een significante achteruitgang laten zien en dus heeft deze training geen positieve invloed gehad op hun getalbegrip. Het blijkt dat wanneer kinderen relatief meer lichamelijke ervaringen hebben, dit zorgt voor een (significant grote) invloed op getalbegrip. Deze resultaten en toekomstig onderzoek zullen extra antwoorden kunnen geven over de werkzame bestanddelen van een sensomotorische ruimtelijke training en zullen bijdragen aan de vormgeving van nieuwe effectieve interventie- en lesmethoden voor het bevorderen van getalbegrip en daarmee mogelijk de rekenvaardigheden. Dit kan ervoor zorgen dat alle kinderen, ook kinderen met dyscalculie en rekenproblemen, de best mogelijke ondersteuning krijgen en ze dus niet worden tegengehouden in hun academische prestaties.

Literatuur

- Anders, Y., Rossbach, H.-G., Weinert, S., Ebert, S., Kuger, S., Lehrl, S., & von Maurice, J. (2012). Home and preschool learning environments and their relations to the development of early numeracy skills. *Early Childhood Research Quarterly, 27*, 231-244. doi:10.1016/j.ecresq.2011.08.003
- Ashcraft, M. H., & Moore, A. M. (2012). Cognitive processes of numerical estimation in children. *Journal of Experimental Child Psychology, 111*, 246-267. doi:10.1016/j.jecp.2011.08.005
- Bloechle, J., Huber, S., & Moeller, K. (2015). In touch with numbers: Embodied and situated effects in number magnitude comparison. *Journal of Cognitive Psychology, 27*, 478-489. doi:10.1080/20445911.2014.1001760
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2006). Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Developmental Psychology, 41*, 189-201. doi:10.1037/0012-1649.41.6.189
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetic abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 46*, 3-18.
- Cheng, Y-L., & Mix, K. S. (2014). Spatial training improves children's mathematics ability. *Journal of Cognition and Development, 15*, 2-11. doi:10.1080/15248372.2012.725186
- Dehaene, S., Dupoux, E., & Mehler, J. (1990). Is numerical comparison digital? Analogical and symbolic effects in two-digit number comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16*, 626-641. doi:10.1037/0096-1523.16.3.626
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. Londen: SAGE Publication Ltd.

- Fischer, M. H., & Brugger, P. (2011). When digits help digits: Spatial-numerical associations point to finger counting as prime example of embodied cognition. *Frontiers in Psychology*, 2, 1-7. doi:10.3389/fpsyg.2011.00260
- Fischer, U., Moeller, K., Bientzle, M., Cress, U., & Nuerk, H. -C. (2011). Sensori-motor spatial training of number magnitude representation. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 177-183. doi:10.3758/s13423-010-0031-3
- Steen, L. A. (1999). Numeracy: The new literacy for a data-drenched society. *Redefining Literacy*, 57, 8-13.
- Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences*, 20, 82-88. doi:10.1016/j.lindif.2009.07.004
- 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.
- Kiefer, M. & Trumpp, N. M. (2012). Embodiment theory and education: The foundations of cognition in perception and action. *Trends in Neuroscience and Education*, 1, 15-20. doi:10.1016/j.tine.2012.07.002
- Link, T., Moeller, K., Huber, S., Fischer, U., & Nuerk, H. -C. (2013). Walk the number line- An embodied training of numerical concepts. *Trends in Neuroscience and Education*, 2, 75-84. doi:10.1016/j.tine.2013.06.005
- Link, T., Nuerk, N-C, & Moeller, K. (2014). On the relation between the mental number line and arithmetic competencies. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67, 1597-1613. doi:10.1080/17470218.2014.892517

- Moeller, K., Fischer, U., Link, T., Wasner, M., Huber, S., Cress, U., & Nuerk, H. –C. (2012). Learning and development of embodied numerosity. *Cognitive Process*, *13*, 271-274. doi:10.1007/s10339-012-0457-9
- Moeller, K., Fischer, U., Nuerk, H-C., & Cress, U. (2015). Computers in mathematics education – Training the mental number line. *Computers in Human Behavior*, *48*, 597-607. doi:10.1016/j.chb.2015.01.048
- Moeller, K., Pixner, S., Kaufmann, L., & Nuerk, H. C. (2009). Children's early mental number line: Logarithmic or decomposed linear? *Journal of Experimental Child Psychology*, *10*, 503-515.
- Ruijsenaars, A. J. J. M., Luit, J. E. H. van & Lieshout, E. C. D. M. van (2004). *Rekenproblemen en dyscalculie*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Siegler, R. S., & Ramani, G. B. (2008). Playing linear numerical board games promotes low-income children's numerical development. *Developmental Science*, *11*, 655-661. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00714.x
- Sullivan, J. & Barner, D. (2014). The development of structural analogy in number-line estimation. *Journal of Experimental Child Psychology*, *128*, 171-189. doi: 10.1016/j.jecp.2014.07.004
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*, 625-636. doi:10.3758/BF03196322
- Van Nes, F. T., & De Lange, J. (2007). Mathematics education and neurosciences: Relating spatial structures to the development of spatial sense and number sense. *The Montana Mathematics Enthusiast*, *4*, 210-229.
- Van Nes, F. T., & Doorman, L. M. (2006). Mathematics education and neurosciences – Een zoektocht naar de integratie van cognitief psychologisch onderzoek met

INVLOED VAN LICHAAMELIJKE ERVARINGEN OP GETALBEGRIP

neuropsychologisch onderzoek. *Reken-Wiskundeonderwijs: Onderzoek, Ontwikkeling, Praktijk*, 25, 3-10.

White, J. C. & Bull, R. (2008). Number games, magnitude representation, and basic number skills in preschoolers. *Developmental Psychology*, 44, 588-596. doi:10.1037/0012-1649.44.2.588