

Effect van embodied training op de representatie van de mentale getallenlijn

Onderzoek naar het verschil tussen embodied training en computertraining op de representatie van de mentale getallenlijn en rekenvaardigheden onder kinderen van groep 3 en 4

Masterthesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Student: J. P. C. M. Kuijsters
Student nummer: 36 44 898
Begeleider: Anne van Hoogmoed
Tweede begeleider: Jaccoline van 't Noordende
Datum: 4 juni 2015

Voorwoord

Met het schrijven van deze masterthesis sluit ik mijn studie aan de Universiteit van Utrecht af. Bij aanvang van mijn studie was ik op zoek naar een nieuwe intellectuele uitdaging na 15 jaar als pedagoog werkzaam te zijn geweest op HBO niveau. De intellectuele uitdaging heb ik gevonden in deze studie waarin ik veel nieuwe kennis heb verworven. Na het afronden van deze studie richt ik mijn blik op de toekomst waarin ik graag deze kennis integreer in mijn werk.

Deze masterthesis betreft het afstudeeronderzoek naar de effecten van embodied training op de representatie van de mentale getallenlijn en rekenvaardigheden van kinderen uit groep 3 en 4 van de basisschool. Als voormalig leerkracht heb ik vele jaren les gegeven aan groep 3 en 4. Vanuit deze achtergrond vond ik het erg boeiend om verschillende aspecten van rekenvaardigheden te onderzoeken. Hierdoor heb ik meer inzicht gekregen in de onderliggende mechanismen die invloed hebben op de rekenprestaties van kinderen.

Ik wil graag mijn dank uitspreken naar iedereen die een bijdrage heeft geleverd aan de tot standkoming van deze thesis. In de eerste plaats wil ik mijn begeleider Anne van Hoogmoed bedanken voor haar geduldige en plezierige manier van begeleiden. Ook ben ik dank verschuldigd aan de directie, leerkrachten en kinderen van de basisschool, zonder wie het onderzoek niet had kunnen plaatsvinden. Ik dank mijn studiegenoten, met name Marieke, voor het verzamelen van de data en het ondersteunen tijdens moeilijke momenten. Tot slot wil ik mijn dank uitspreken naar mijn man, ouders, zus, stiefzonen en vrienden voor hun steun, vertrouwen, geduld en liefde.

Samenvatting

In deze studie is onderzoek gedaan naar het trainen van rekenvaardigheden vanuit een zogenaamd embodied cognitie perspectief: kinderen leren rekenvaardigheden aan de hand van lichamelijke ervaringen met getallen. Rekenvaardigheden ontwikkelen zich bij kinderen op basis van basale representaties van getallen. De mentale getallenlijn is één van deze basale representaties van getallen. Onderzoeken laten zien dat de mentale getallenlijn getraind kan worden. Embodied training zou daarbij een effectieve methode zijn.

Het huidige onderzoek richt zich op de vraag of deze effectiviteit kan worden verklaard door de ruimtelijkheid van de embodied training. Op basis van eerder onderzoek worden er transfereffecten verwacht naar andere rekenvaardigheden namelijk optellen en symbolisch vergelijken. In totaal hebben 60 kinderen deelgenomen, 27 jongens en 33 meisjes ($M = 7.18$), verdeeld over twee groepen: embodied training en computertraining.

De resultaten lieten zien dat alle kinderen vooruit zijn gegaan in de representatie van de mentale getallenlijn na de trainingen. Deze vooruitgang was echter niet te danken aan het soort training. Conform de verwachting waren er transfereffecten gevonden bij optellen en symbolisch vergelijken.

Mogelijke verklaringen voor het feit dat er geen significant verschil is gevonden in vooruitgang in de representatie van de mentale getallenlijn tussen de trainingen kunnen betrekking hebben op de mate van ruimtelijkheid van de embodied training in het huidige onderzoek, de ongelijkheid van de groepen en het proportioneel denken als onderliggend mechanisme dat ten grondslag zou liggen aan de ontwikkeling van de mentale representatie van de getallenlijn.

Trefwoorden: embodied cognitie, training, representatie van de mentale getallenlijn, rekenvaardigheden, groep 3 en 4

Abstract

The current study examined training of mathematical skills based on the embodied cognition perspective: children learn better mathematical skills through body experiences with numbers. Children develop mathematical skills based on basic representations of numbers. The mental number line is one of these basic representations of numbers. Several studies indicated that it is possible to train the mental number line. Embodied training appeared to be more effective.

This study examined if this effect can be explained by the spaciousness of the embodied training. In line with results of previous studies we expected transfer effects to other mathematical tasks for example addition and number comparison. Sixty first and second graders, 27 boys and 33 girls ($M = 7.18$) participated in two groups: one following an embodied training and the other a computer training.

Children improved their mental spatial representation both after the embodied and the computer training. This improvement can not be traced back to the kind of training. As expected transfer effects were found to addition and number comparison.

That no significant differences has been found in progress of the mental spatial representation between both trainings, can be explained by the degree of spaciousness of the embodied training in the current study, the differences between the groups and the use by children of adequate proportion judgment strategies as underlying mechanism which may be the basis of the development of the spatial numerical representation of the number line.

Keywords: embodied cognition, training, representation mental number line, mathematic skills, first and second graders

Inleiding

Het beheersen van goede rekenvaardigheden is een belangrijke voorspeller voor de schoolcarrière van een kind en essentieel voor het kunnen slagen in de maatschappij (Geary, Hoard, Nugent, & Bailey, 2013; Mazzocco, Feigenson, & Halberda, 2011).

Rekenvaardigheden ontwikkelen zich bij kinderen op basis van basale representaties van getallen. De mentale getallenlijn is één van deze basale representaties van getallen (Moeller, Pixner, Zuber, Kaufmann, & Nuerk, 2011). De mentale getallenlijn is een ruimtelijke voorstelling van de betekenis van een getal op een analoge lijn in de hersenen. Deze voorstelling wordt geactiveerd bij het zien van een getal (Ruijsenaars, Van Luit, & Van Lieshout, 2006).

Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat het mogelijk is de ruimtelijke voorstellingen van getallen te trainen (Siegler & Opfer, 2003; Siegler & Ramani, 2008; Siegler & Ramani, 2009; Whyte & Bull, 2008). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de getallenlijntaak (Siegler & Opfer, 2003). Bij deze taak worden kinderen gevraagd om de positie te bepalen van een getal op een lege getallenlijn met links 0 en rechts 100. Booth en Siegler (2008) hebben in hun onderzoek aangetoond dat er een positief en oorzakelijk verband bestaat tussen de mate van accuraatheid waarmee kinderen uit groep 3 een positie kunnen aangeven op een getallenlijn en hun vermogen rekenkundige problemen op te lossen.

Bueti en Walsh (2009) stellen dat deze ruimtelijke representatie van de mentale getallenlijn de gedachte ondersteunt dat er sprake is van een zogenaamde embodied cognitie waarbij lichamelijke ervaringen een centrale rol spelen. Deze veronderstelling is naar voren gebracht door Wilson (2002). Zij stelde dat de menselijke cognitie zich ontwikkelt door senso-motorische processen die gevoed worden door interactie met de fysieke omgeving. Abstracte begrippen leren kinderen derhalve door lichamelijke ervaringen. Door de mentale getallenlijn te trainen middels interactie met de fysieke omgeving wordt de abstracte voorstelling van getallen verbeterd.

Deze veronderstelling werd bevestigd in het onderzoek van Fischer, Moeller, Bientzle, Cress, en Nuerk (2011). In het onderzoek gaven de kinderen bij de embodied training met een stap naar links of rechts aan of een getal respectievelijk kleiner of groter was dan een bepaald getal. Deze kinderen bleken na de training beter een getal te kunnen positioneren op een getallenlijn van 0 tot 10 dan de kinderen die een computertraining hadden gevolgd. Tevens waren er transfereffecten zichtbaar: de kinderen die de embodied training hadden gevolgd scoorden beter op taken waar onder andere tellen centraal stond.

Link, Moeller, Huber, Fischer & Nuerk (2013) hebben de embodied (ruimtelijke) training verder uitgewerkt. Zij maakten gebruik van een getallenlijn op de grond waarbij alleen de 0 en 100 was aangegeven. De mentale getallenlijn van de kinderen werd getraind door hen vanaf 0 of vanaf 100 over deze fysieke getallenlijn naar het aangeboden getal te laten lopen. Door hiermee het element afstand te introduceren werd de ruimtelijke representatie van getallen verder versterkt. Tevens bleek uit dit onderzoek dat de embodied training grotere invloed had op de ontwikkeling van de mentale getallenlijn dan een training waarbij kinderen de positie van een getal moesten aanwijzen op een tablet (Link et al., 2013). De kinderen die de embodied training hadden gevolgd konden beter de positie aangeven van een getal op de getallenlijn dan de kinderen die de computertraining hadden gevolgd.

Uit het onderzoek van Link et al. (2013) blijkt dat er na het trainen van de mentale getallenlijn tevens transfereffecten optraden op andere taken die niet specifiek getraind waren, zoals optellen en symbolisch vergelijken van getallen. Transfereffecten zijn mogelijk omdat men veronderstelt dat de mentale getallenlijn wordt gebruikt bij rekenvaardigheden zoals optellen en symbolisch vergelijken (Hubbard, Piazza, Pinel, & Dehaene, 2005; McCrink, Dehaene, & Dehaene-Lambertz, 2007).

Link et al. (2013) verklaren hun bevindingen aan de hoge mate van ruimtelijke ervaringen die de kinderen op doen bij de embodied training. Echter in het onderzoek van Link et al. (2013) zijn twee verschillen tussen de embodied training en de computertraining. Het eerste verschil betreft de ruimtelijkheid: bij de embodied training is sprake van een intensievere interactie met de omgeving, doordat de getallenlijn op de vloer wordt gepresenteerd. Het tweede verschil betreft de wijze waarop het kind de positie van het getal bepaalt: bij de embodied training loopt het kind over de lijn naar het getal. Dit element van afstand ontbreekt bij de computertraining.

Het huidige onderzoek richt zich op de vraag of de ruimtelijkheid het effectieve element van de training is door het verschil in vooruitgang in de representatie van de mentale getallenlijn te meten tussen de groep die de embodied training heeft gevolgd en de computergroep. De embodied training verschilt met die van Link et al. (2013): een groep kinderen krijgt de embodied training aangeboden waarbij ze direct vanaf de voorkant van de lijn naar de positie moeten lopen van het getal op de lijn, die met tape op de vloer geplakt. Bij het onderzoek van Link et al. (2013) starten de kinderen bij 0 of 100 en lopen vanaf dat punt over de lijn naar de positie van het getal. Tevens richt dit onderzoek zich op de vraag of training van de mentale getallenlijn zorgt voor transfereffecten naar andere rekenvaardigheden zoals optellen en symbolisch vergelijken van getallen en of dit effect

groter is na het volgen van een embodied of een computertraining. Op grond van de literatuur is de verwachting dat na het volgen van de embodied training transfereffecten meetbaar zijn (Link et al., 2013).

Method

Participanten

De participanten zijn 60 kinderen van groep 3 en 4 ($M = 7.18$ SD in maanden = 8.55), die werden gekozen uit een *convenience* sample van basisscholen over het gehele land. De 60 kinderen zijn verdeeld over drie scholen. De steekproef bestaat uit 27 jongens en 33 meisjes en verdeeld in twee groepen van 30 kinderen. De eerste groep volgt de embodied training (experimentele groep), de tweede groep volgt de computertraining (controle groep). De ouders van de kinderen geven toestemming voor deelname aan het onderzoek door middel van een door hen ondertekende brief.

Procedure

Meetinstrumenten voor- en nameting

In dit onderzoek wordt een voor- en nameting afgenomen, iedere meting bestaat uit drie taken. Deze taken komen overeen met de taken uit het onderzoek van Link et al. (2013). De eerste taak is een paper en pencil versie van de getallenlijn en is gebaseerd op de getallenlijntaak van Siegler en Opfer (2003). De kinderen moeten op een getallenlijn van 20 centimeter met links het getal 0 en rechts het getal 100 een aangeboden getal positioneren. Dit doen zij voor 20 verschillende getallen. Het antwoord van het kind wordt vergeleken met de juiste plaats van het getal op de getallenlijn. Per getal wordt er een overzicht gemaakt van het aangeboden getal, het geschatte getal en de fout tussen beide getallen. Uit onderzoek van Booth & Siegler (2008) blijkt dat de getallenlijntaak een valide instrument is om de mentale getallenlijn in beeld te brengen.

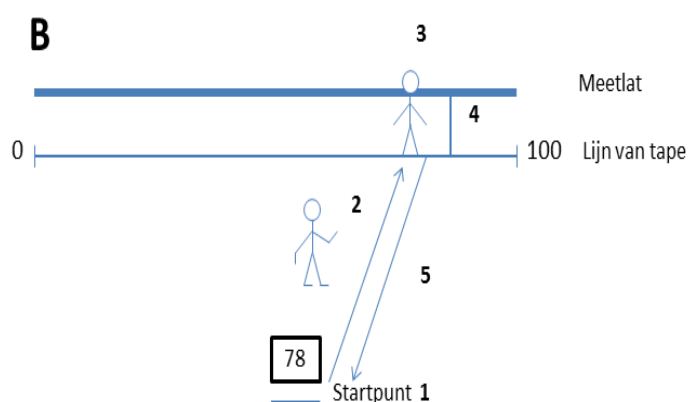
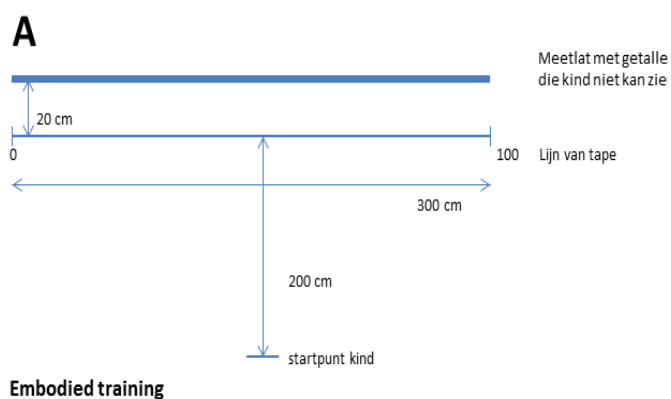
De tweede taak is een opteltaak (E-prime programma) op de computer. De kinderen krijgen 30 sommen aangeboden met twee antwoorden waarvan er één correct is. Door het drukken op een toets, gemarkeerd met een kleine sticker, geven ze het juiste antwoord aan. Er zijn 10 sommen zoals $4 + 4$ (optelling van twee enkelvoudige cijfers resulterend in een enkelvoudig cijfer onder de 10), 10 sommen zoals $8 + 9$ (optelling van twee enkelvoudige cijfers resulterend in een dubbelvoudig cijfer boven de 10) en 10 sommen zoals $13 + 6$ (optelling van een dubbelvoudig en enkelvoudig cijfer resulterend in een dubbelvoudig cijfer onder de 20). Indien het kind geen reactie geeft binnen zeven seconden, komt automatisch de volgende som op het scherm. Ieder goed antwoord geeft een score van één. Overeenkomstig

de berekeningswijze in het onderzoek van Link et al. (2013) wordt de totale score berekend door de totale reactietijd te delen door het percentage van de correcte antwoorden. De opteltaak is gebaseerd op het onderzoek van Link et al. (2013). Er zijn geen gegevens bekend over betrouwbaarheid en validiteit.

De derde taak is een symbolische vergelijkingstaak (E-prime) op de computer. De kinderen krijgen twee getallen te zien tussen de 1 en 100 en moesten hieruit het grootste getal kiezen door op een van de twee toetsen, gemarkeerd met een kleine sticker, te drukken. Indien het kind geen reactie geeft binnen zeven seconden, komen automatisch de volgende twee getallen op het scherm. Ieder goed antwoord geeft een score van één. Net als in het onderzoek van Link et al. (2013) wordt de totale score berekend door de totale reactietijd te delen door het percentage van de correcte antwoorden. De taak bestaat uit 60 items. Uit onderzoek blijkt dat deze taak betrouwbaar en valide is (Clarke & Shinn, 2004).

Trainingen

Na de voormeting volgen de kinderen de embodied of de computertraining. De trainingen vinden plaats onder schooltijd en worden individueel afgenomen in een afzonderlijke ruimte. De training bestaat uit zes sessies: twee sessies per week, gedurende drie weken. Tijdens elke sessie krijgen de kinderen 24 getallen aangeboden. De kinderen krijgen bij beide trainingen dezelfde getallen aangeboden, per sessie verandert de volgorde van de getallen. De getallen zijn: 3, 6, 11, 18, 20, 26, 29, 31, 35, 39, 43, 47, 51, 58, 64, 66, 72, 75, 78, 80, 87, 89, 93, 99.



Embodied training

Het kind krijgt het getal gepresenteerd op een blad en loopt vanaf de voorkant van de lijn (drie meter) rechtstreeks naar de positie van het getal op de (getallen)lijn die met tape op de vloer is geplakt. Bij de getallenlijn zijn alleen de getallen 0 en 100 aangegeven.

Met behulp van een meetlat waarbij het kind niet de getallen kan zien en een klein latje van 20 centimeter, wordt het getal genoteerd waar de voet van het kind staat. Vervolgens wordt aan het kind met het kleine latje getoond wat de goede positie is van het aangeboden getal op de getallenlijn. Het kind loopt

daarna weer terug naar de voorkant van de lijn waar een blad ligt met een nieuw getal (zie figuur 1).

Computertraining

Het kind krijgt het getal gepresenteerd op een tablet.

Onder het getal staat een lijn met links het getal 0 en rechts het getal 100. Met een cursor die midden onder de lijn staat sleept het kind een groene streep naar de positie van het getal op de lijn. Na positionering van de streep, verschijnt automatisch een gele streep op de lijn die de juiste plaats van het getal

aangeeft. De cursor gaat vanzelf weer terug naar het startpunt. De computer registreert automatisch de positie van het geschatte getal. Vervolgens verschijnen er een nieuw getal en een getallenlijn (zie figuur 1). Drie testleiders nemen de voor- en nameting en de training af volgens een strikt afnameprotocol.

Data analyse

Om de onderzoeksvragen, die betrekking hebben op het verschil tussen beide trainingen wat betreft de drie verschillende taken, te beantwoorden zal er een herhaalde metingen variantieanalyse (MANOVA) worden uitgevoerd. Hierbij wordt gekeken naar de

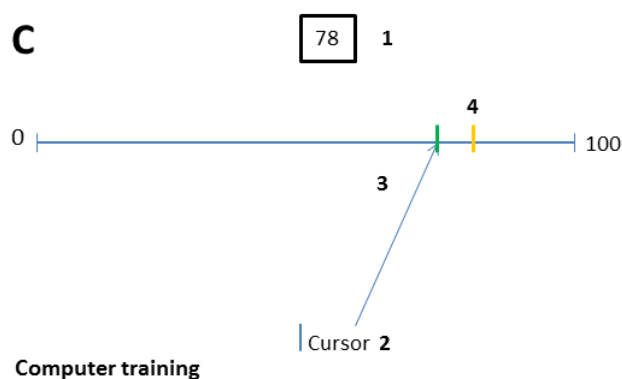


Fig. 1. Schematische illustratie van de embodied (B) en de computer training (C).

Opstelling getallenlijn van tape en meetlat (A). Embodied training (B): het kind begint bij het startpunt en kijkt naar het aangeboden getal op een blad (1). Het kind loopt naar de positie van het aangeboden getal op de lijn (2). Het kind plaatst één voet op de lijn bij geschatte positie (3). De geschatte positie wordt genoteerd. Daarna wordt met een klein latje van 20 cm. de juiste positie van het getal aangegeven door de testleider (4). Het kleine latje ligt dan tussen de meetlat en de lijn op de vloer. Het kind loopt terug naar de startpositie (5). Er ligt een blad klaar met een ander getal.

Computertraining (C): het kind heeft een tablet voor zich met daarop een getallenlijn en het aangeboden getal (1). Het kind gebruikt een cursor om de positie van het getal aan te geven (2). Het kind sleept de cursor naar de positie van het aangeboden getal (3). Op de geschatte positie komt een groen streepje tevoorschijn (4). De juiste positie wordt vervolgens automatisch met een geel streepje

twee verschillende trainingen en de vooruitgang in tijd (voor- en nameting). Bij de analyse worden twee factoren gecombineerd, namelijk de factor training en de factor tijd. De factor training is ‘between subjects’, de factor tijd is ‘within subjects’. De afhankelijke variabelen zijn de representatie van de mentale getallenlijn, optellen en symbolisch vergelijken van getallen.

Resultaten

Beschrijvende statistieken

De beschrijvende statistieken zijn terug te vinden in Tabel 1. Een afname van de scores bij de nameting duidt op een vooruitgang.

Tabel 1

Aantal Kinderen, Gemiddelde Error, Standaardafwijkingen op de Resultaten van de Embodied Training en Computertraining op de Voor- en Nameting van de Getallenlijn, Optellen en Symbolisch Vergelijken

Variabele	n	Voormeting				Nameting				
		M	SD	Min.	Max.	n	M	SD	Min.	Max.
Getallenlijn										
Embodied	30	10.11	5.95	3.30	28.45	30	7.82	6.64	2.85	31.35
Computer	30	11.39	7.76	2.85	35.70	30	10.03	5.31	2.85	22.10
Optellen*										
Embodied	30	48.65	17.77	26.19	98.59	30	40.36	13.77	20.47	70.45
Computer	30	45.72	20.47	14.20	114.29	30	36.75	15.39	67.50	36.75
Symbolisch vergelijken*										
Embodied	30	28.78	24.41	12.48	147.83	30	22.87	8.21	11.77	41.66
Computer	30	26.39	12.67	11.57	62.95	30	23.58	9.06	7.97	39.66

Noot. * Totaal reactietijd/ percentage alle correcte antwoorden.

Bewerkingen en voorwaarden

Voor het uitvoeren van de herhaalde metingen MANOVA moet de verkregen data aan enkele voorwaarden voldoen, namelijk homogeniteit van varianties, variabelen zijn multivariaat normaal verdeeld en tenminste van interval meetniveau, afwezigheid van

uitschieters, aselecte steekproef die met teruglegging is getrokken en onafhankelijke waarnemingen (Field, 2009).

Aan de voorwaarde van afwezigheid van uitschieters is niet voldaan. Uitschieters (z score + 3) zijn bij alle variabelen geïdentificeerd. De zes uitschieters bleken geen sterke invloed uit te oefenen op de hoogte van gemiddelden en standaarddeviaties van de variabelen. Om deze reden zijn de uitschieters niet verwijderd. Daarnaast waren er geen grondige redenen aanwezig om data te verwijderen (Field 2009). Aan de voorwaarde van normaalverdeling, onafhankelijke waarnemingen en aselecte steekproef met teruglegging getrokken, werd niet voldaan. Aan de voorwaarden van homogeniteit van varianties en meetniveau werd voldaan. Aangezien ANOVA's redelijk robuust zijn tegen violations of assumptions en aan de andere voorwaarden wel werd voldaan, zullen de onderzoeksvragen toch worden getoetst door middel van de herhaalde metingen MANOVA.

Uitvoering analyse

De herhaalde metingen MANOVA is uitgevoerd om te testen of er sprake is een significante vooruitgang op de getallenlijntaak, opteltaak en symbolisch vergelijkingstaak na het volgen van de embodied training en de computer training. De resultaten laten zien dat er sprake is van een significant hoofdeffect van tijd $F(3, 56) = 9.40, p < .05, \eta^2 = .34$. Deze vooruitgang heeft met een η^2 van .34 een grote relevantie. De univariate testen laten ook zien dat de vooruitgang op de getallenlijntaak significant is $F(1, 58) = 10.41, p < .05, \eta^2 = .15$ (grote relevantie), de vooruitgang op de opteltaak significant is $F(1, 58) = 15.89, p < .05, \eta^2 = .21$ (grote relevantie) en ook de vooruitgang op de symbolisch vergelijkingstaak significant is $F(1, 58) = 4.18, p < .05, \eta^2 = .07$ (grote relevantie) na het volgen van de embodied training en de computer training.

Uit de test blijkt dat er geen significant hoofdeffect van training is, $F(3, 56) = .83, p = .49$ en geen significant interactie effect $F(3, 56) = .49, p = .69$.

Discussie

In het huidige onderzoek is het effect van embodied training op de representatie van de mentale getallenlijn en rekenvaardigheden onderzocht, waarbij de controle groep een computertraining heeft gehad. Er werd verwacht dat het volgen van de embodied training zou resulteren in meer vooruitgang in de representatie van de mentale getallenlijn en rekenvaardigheden dan het volgen van een computertraining (Link et al., 2013).

Bij beide groepen is er een significant effect van tijd gevonden. Na beide trainingen scoren de groepen beter op het positioneren van een getal op een getallenlijn, het optellen en het symbolisch vergelijken van getallen. In tegenstelling tot het onderzoek van Link et al. (2013) is er echter geen significant verschil in vooruitgang gevonden tussen de embodied training en de computertraining. Deze bevindingen zijn niet in overeenstemming met de verwachtingen. Een aantal redenen kunnen ten grondslag liggen aan de gevonden resultaten.

Op de eerste plaats verschilt de embodied training van het huidige onderzoek op een aantal punten met de embodied training uit het onderzoek van Link et al. (2013). In het huidige onderzoek liepen de kinderen vanaf de voorkant van een lijn, rechtstreeks naar de positie van het getal op de lijn. In het onderzoek van Link et al. (2013), liepen de kinderen over de lijn startend bij 0 of 100 naar de positie van het getal. In dit onderzoek werd de kinderen de juiste positie getoond van het aangeboden getal, nadat zij hun voet hadden geplaatst bij de (door de kinderen geschatte) positie van het getal. De kinderen liepen niet opnieuw naar de juiste positie van het getal, in tegenstelling tot het onderzoek van Link et al. (2013). Door deze verschillen is de ruimtelijkheid van de embodied training in dit onderzoek kleiner dan in het onderzoek van Link et al. (2013). Dit zou kunnen verklaren dat de embodied training niet effectiever is gebleken dan de computertraining.

Op de tweede plaats is niet onderzocht in hoeverre beide groepen gelijk zijn aan elkaar bij aanvang van het onderzoek. Er is geen onderzoek gedaan naar de cognitieve vermogens van de kinderen. Uit onderzoek (Link et al., 2013) blijkt dat kinderen met hogere cognitieve capaciteiten minder profiteren van een embodied training. In dit onderzoek bleken een groot aantal ouders HBO of universitair geschoold te zijn, waarvan aannemelijk is dat hun kinderen hoger zouden scoren bij de voormeting en dus minder profijt zouden hebben gehad van de training. Ook waren de kinderen afkomstig van drie verschillende scholen. Iedere school heeft zijn eigen rekenaanbod, waarbij het niet ondenkbaar is dat de getallenlijn op een eerder moment wordt aangeboden dan op de andere school. Hierdoor zouden kinderen beter of juist minder kunnen presteren op de voor- en nameting.

De derde reden heeft betrekking op het aantal testleiders. In totaal zijn drie testleiders ingezet om de twee trainingen te geven. Iedere testleider heeft zijn eigen benadering van de kinderen. Dit kan de resultaten beïnvloed hebben. In dit onderzoek is geprobeerd dit te ondervangen door gebruik te maken van een strikt trainings- en afnameprotocol.

De vierde reden heeft betrekking op de overeenkomst qua formaat van de getallenlijntaak (paper en pencil versie) bij de voor- en nameting en de computertraining. Bij de voor- en nameting zetten de kinderen met een potlood een streep bij de positie van het

getal op een lijn van 20 centimeter. Bij de computertraining krijgen de kinderen een tablet met een lijn van circa 20 centimeter waarbij ze met een cursor de positie moeten aangeven van het getal. De formaten liggen dichtbij elkaar, wat er wellicht toe kan leiden dat de kinderen van de computertraining voordeel hebben genoten van deze wijze van afname van de getallenlijntaak.

Tenslotte dient erop gewezen te worden dat in de literatuur (Fischer et al., 2011; Ramani & Siegler, 2011) ook wel de vraag wordt opgeworpen of de getallenlijntaak wel een valide instrument is om de ontwikkeling van de mentale representatie van de getallenlijn te meten bij kinderen van 7/8 jaar. Link et al. (2013) verwijzen in hun artikel naar het onderzoek van Slusser, Santiago en Barth (2013). Uit dit onderzoek komt naar voren dat kinderen op de leeftijd van 7/8 jaar gebruik maken van strategieën gebaseerd op proportioneel denken. Vanuit dit perspectief meet de getallenlijntaak in welke mate kinderen in staat zijn om deze strategieën toe te passen en niet zozeer de ontwikkeling van de mentale representatie van de getallenlijn (Link et al., 2013). Interessant in dit verband is dat uit diverse onderzoeken (Ashcraft, 2012; Booth & Siegler, 2006; Siegler & Ramani, 2009) blijkt dat er tijdens de eerste jaren van de basisschool een verschuiving plaatsvindt van een logaritmische naar een meer lineaire representatie van getallen. Dit zou kunnen samenhangen met het proportioneel denken dat kinderen op deze leeftijd ontwikkelen. Wel dient de kanttekening te worden gemaakt dat het gebruik maken van proportioneel denken minder evident is bij optellen en symbolisch vergelijken. Het feit dat het huidige onderzoek geen verschil laat zien tussen de embodied en de computertraining zou ook een indicatie kunnen zijn dat de getallenlijntaak minder valide is. Wellicht zou training zich meer op het proportioneel denken moeten richten.

De beperkingen van het onderzoek hebben betrekking op het feit dat aan de voorwaarden van onafhankelijke observaties en aselechte steekproef met teruglegging getrokken, niet wordt voldaan. De participanten nemen immers deel op vrijwillige basis en bovendien zijn de scholen niet willekeurig gekozen. Zoals eerder vermeld kan dit effect hebben gehad op de mate van de vergelijkbaarheid van de groepen (Landsheer, Hart, De Goede, & Van Dijk, 2003).

Bij vervolgonderzoek is het aan te raden de groepen zoveel mogelijk gelijk te laten zijn wat betreft cognitieve capaciteiten en de social economische status. Tevens is het wenselijk dat alle kinderen afkomstig zijn van dezelfde school, waardoor zij hetzelfde rekenaanbod krijgen aangeboden. Om te bepalen of de vooruitgang in de representatie van de mentale getallenlijn is te danken aan de training, is het noodzakelijk om te werken met een controlegroep die geen training volgt.

Toekomstig onderzoek zou zich kunnen richten op de mogelijk beperkte validiteit van de getallenlijntaak bij kinderen van 7/8 jaar om de ontwikkeling van de mentale representatie van de getallenlijn te meten. Tevens is vervolgonderzoek wenselijk naar de cognitieve processen die ten grondslag liggen aan ontwikkeling van de mentale representatie van de getallenlijn.

Conclusie

Dit onderzoek richtte zich op de mogelijke meerwaarde van embodied training ten opzichte van computertraining voor de ontwikkeling van de mentale representatie van de getallenlijn en rekenvaardigheden. Op grond van de literatuur was de verwachting dat de embodied training deze meerwaarde heeft doordat er na het volgen van deze training meer vooruitgang in de representatie van de mentale getallenlijn en rekenvaardigheden is waar te nemen dan na het volgen van de computertraining (Link et al., 2013). Het huidige onderzoek was een variant op de embodied en computertraining zoals beschreven in het onderzoek van Link et al. (2013), waarbij onderzocht is in hoeverre de ruimtelijke component van de embodied training zorgt voor meer vooruitgang in de representatie van de mentale getallenlijn dan de kinderen die de getallenlijn gepresenteerd krijgen op een tablet.

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat zowel na de embodied als de computertraining de kinderen beter presteren op de mentale getallenlijn, optellen en symbolisch vergelijken. Deze vooruitgang is niet te danken aan het soort training. De gevonden resultaten zijn te verklaren door de ongelijkheid van de groepen, de beperktere mate van ruimtelijkheid van de embodied training in dit onderzoek in vergelijking met het onderzoek van Link et al. (2013) en het proportioneel denken als onderliggend mechanisme dat ten grondslag zou liggen aan de ontwikkeling van de mentale representatie van de getallenlijn.

Toekomstig onderzoek zou zich moeten richten op de mogelijk beperkte validiteit van de getallenlijntaak bij 7/8 jarigen. De onderliggende mechanismen die ten grondslag zouden liggen aan de ontwikkeling van de mentale representatie van de getallenlijn zouden in kaart gebracht moeten worden.

Referenties

- American Psychological Association. (2010). Publication manual of the American Psychological Association (6th ed.). Washington, DC: Author
- 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
- 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
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development, 79*, 1016-1031, doi.org/10.1111/j.1467-8624.2008.01173.x
- Bueti, D., & Walsh, V. (2009). The parietal cortex and the representation of time, space, number and other magnitudes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 364*, 1831-1840
- Clarke, B., & Shinn, M. R. (2004). A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review, 33*(2), 234-248
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. Londen: SAGE Publication Ltd.
- Fisher, 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
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2013). Adolescents' functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge. *PLoS ONE, 8*, e54651, doi: 10.1371/journal.pone.0054651
- Hubbard, E. M., Piazza, M., Pinel, P., & Dehaene, S. (2005). Interactions between number and space in parietal cortex. *Nature Reviews Neuroscience, 6*, 435-448, doi.org/10.1038/nrn1684
- Landsheer, H., 't Hart, H., De Goede M., & Van Dijk, J. (2003). *Praktijkgestuurd onderzoek: Methoden van praktijkonderzoek*. Amsterdam: Stenfert-Kroese.
- 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* (2), 74-84, doi: 10.1016/j.tine.2013.06.005
- Mazzocco, M. M. M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Preschoolers' precision of the

- approximate number system predicts later school mathematics performance. *PLoS ONE*, 6, e23749, doi: 10.1371/journal.pone.0023749
- McCrink, K., Dehaene, S., & Dehaene-Lambertz, G. (2007). Moving along the mental number line: operational momentum in nonsymbolic arithmetic. *Perception and Psychophysics*, 69, 1324-1333, doi.org/10.3758/BF03192949
- Moeller, K., Pixner, S., Zuber, J., Kaufmann, L., & Nuerk, H. C. (2011). Early place-value understanding as a precursor for later arithmetic performance - A longitudinal study on numerical development. *Research in developmental disabilities*, 32 (5), 1837-1851, doi: 10.1016/j.ridd.2011.03.012
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2011). Reducing the gap in numerical knowledge between low-and middle-income preschoolers. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 32, 146-159, doi.org/10.1016/j.appdev.2011.02.005
- 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
- Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). The development of numerical estimation: evidence for multiple representation of numerical quantity. *Psychological Science*, 14, 237-243, doi: 10.1111/1467-9280.02438
- Siegler, R. S., & Ramani, G. B. (2008). Playing linear numerical board games promotes low-income children's numerical development. *Developmental Science, Special Issue on Mathematical Cognition*, 11, 655-661, doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00714.x
- Siegler, R. S., & Ramani, G. B. (2009). Playing linear number boardgames – but not circular ones – improves low-income preschoolers' numerical understanding. *Journal of Educational Psychology*, 101, 545-560, doi.org/10.1037/a0014239
- Slusser, E., Santiago, R., Barth, H. (2013). Developmental change in numerical estimation. *Journal of Experimental Psychology*, 142, 193-208, doi.org/10.1037/a0028560
- Whyte, J. C., & Bull, R. (2008). Number games, magnitude representation, and basic number skills in preschoolers. *Developmental Psychology*, 44, 588-596, doi.org/10.1037/0012-1649.44.2.588
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9 (4), 625-636, doi.org/10.3758/BF03196322