

Medieert exploratie het verband tussen motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen van kinderen in de leeftijd van 14 maanden?

Masterthesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

R. (Ruth) Buijs 3647277

Naam begeleider: O. (Ora) Oudgenoeg-Paz

Naam tweede beoordelaar: A. (Annika) Hellendoorn

Datum: 31-05-2014

Abstract

De embodiment benadering stelt dat kennis ontstaat door verschillende interacties, ervaringen en sensomotorische informatie die zij verzamelen door zich te bewegen in hun omgeving. Vanuit deze benadering werd in het huidige onderzoek verwacht dat kinderen de ruimtelijke cognitie niet passief leren, maar van ervaringen die zijn opdoen door middel van exploratiegedrag in de omgeving. Er werd onderzocht of er een verband is tussen zelfstandig voortbewegen, de ontwikkeling van fijne motoriek op een leeftijd van 10 maanden en het visueel ruimtelijk geheugen. Daarnaast werd gekeken of exploratiegedrag dit verband medieert. Het ruimtelijk geheugen en het exploratiegedrag werden onderzocht bij 42 Nederlandse kinderen op een leeftijd van 14 maanden. De ouders werd gevraagd de moment van het behalen van de motorische mijlpalen te rapporteren en ontwikkelingen bij te houden tot aan het onderzoek. Daarnaast werd gevraagd een vragenlijst over de fijne motorische vaardigheden in te vullen bij een leeftijd van 10 maanden. De resultaten lieten zien dat het aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen en de fijne motoriek met 10 maanden geen significante voorspeller bleken te zijn van het visueel ruimtelijk geheugen met 14 maanden. Er werd geen mediatie effect gevonden van exploratie op het verband tussen motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen. Kinderen met meer weken ervaring in zelfstandig voortbewegen en een verder ontwikkelde fijne motoriek met 10 maanden, bleken geen verder ontwikkeld ruimtelijk geheugen te hebben op een leeftijd van 14 maanden. Het verband werd niet gemedieerd door de mate en complexiteit van het exploratiegedrag. Toekomstig onderzoek kan aandacht besteden aan het verband tussen het aantal weken ervaring met de laatst verworven strategie in het zelfstandig voortbewegen en het visueel ruimtelijk geheugen, en aan de kwaliteit van objectexploratie.

Sleutelwoorden: *Visueel ruimtelijk geheugen, Zelfstandig voortbewegen, Fijne motoriek, Exploratiegedrag, Embodiment*

Abstract

According to an embodied view on development, cognition emerges from multiple interactions, experiences and sensorimotor information obtained through moving in and around their surroundings. Based on these principles, the current study expected to find that learning about spatial cognition is not a passive process, but emerges from exploration behavior within the environment. This study researched the relationship between self-locomotion, the development of the fine motor skills at an age of 10 months and visual-spatial memory. Furthermore, the mediating role of exploration behavior in this relation was investigated. Visual-spatial memory and exploration behavior were assessed in 42 Dutch children in the age of 14 months. In advance, parents reported the fine motor skills at an age of 10 months and the date or age of reaching certain motor milestones. Results showed that experience with self-locomotion and fine motor skills at an age of 10 months did not predict visual spatial memory at 14 months. Also, exploration did not mediate this relation. Children with more experience in self-locomotion and further developed fine motor skills at an age of 10 months, did not have a further developed visual-spatial memory at 14 months. Also, the complexity and amount of exploration did not mediate this relationship. Future research should pay attention to the relationship between experience with the last gained strategy in self-locomotion and visual spatial memory, and the quality of object exploration.

Keywords: Visual spatial memory, Self-locomotion, Fine motor skills, Exploration behavior, Embodiment

Exploratie speelt mogelijk een belangrijke rol in de ontwikkeling van de ruimtelijke cognitie, omdat kennis over ruimtelijkheid ontstaat door interactie met de omgeving (Campos, Anderson, Barbu-Roth, Hubbard, Hertenstein & Witherington, 2000). Kinderen doen vanaf hun geboorte fysieke, sociale en linguïstische ervaringen op die cruciaal zijn in het ontwikkelen van een flexibele en inventieve cognitie (Smith & Gasser, 2005). De *embodiment* benadering stelt dat deze ervaringen de context vormen waarbinnen cognitieve functies als geheugen, taal en emotie zich ontwikkelen (Smith & Gasser, 2005; Thelen, Schöner, Scheier & Smith, 2001). Kinderen leren dus niet passief, maar van de sensomotorische informatie die zij verzamelen door zich te bewegen in hun omgeving (Sheya & Smith, 2011). Verwacht wordt dat motorische ontwikkelingen tot nieuwe ruimtelijke cognities leiden, zoals is gebleken uit eerder onderzoek (Sheya & Smith, 2011).

De *embodiment* benadering stelt dat kennis ontstaat door de verschillende interacties en ervaringen die worden opgedaan in de omgeving (Smith, 2005; Smith & Gasser, 2005; Thelen, Schöner, Scheier & Smith, 2001). Door het ontwikkelen van perceptuele en motorische vaardigheden veranderen deze interacties en ervaringen (Thelen, Schöner, Scheier & Smith, 2001). Hierdoor ontstaat de mogelijkheid om de omgeving op een speelse en inventieve manier te exploreren. Op deze manier maken zij kennis met nieuwe problemen en leren hier oplossingen bij te bedenken (Smith & Gasser, 2005). De cognitie ontwikkelt zich dus aan de hand van ervaringen die worden opgedaan tijdens het exploreren van de omgeving.

Deze exploratie speelt ook een rol in het ontwikkelen van ruimtelijk inzicht. Ruimtelijke cognitie wordt niet geleerd door het aanleren en onthouden van abstracte concepten over ruimtelijkheid, maar door ervaringen die worden opgedaan door sensomotorische activiteiten. Het ruimtelijk geheugen is een onderdeel van de ruimtelijke cognitie. Ook dit is niet enkel een proces in het brein, maar een cognitieve functie die zich ontwikkelt aan de hand van ervaringen (Clearfield, 2004). Sensomotorische ervaringen met objecten en het bewegen langs, over, op, in en om objecten leveren nieuwe inzichten op die de kennis van objecten en de ruimte veranderen (Smith & Gasser, 2005). Wat kinderen herinneren en wat zij leren is afhankelijk van de ervaringen die zij hebben opgedaan met een object of in een ruimte. Wat een kind bijvoorbeeld van een ruimte onthoudt, is gelinkt aan de ervaringen die het heeft binnen die ruimte. Dit laat zien dat de sensomotorische ervaringen tijdens het leren ook belangrijk zijn voor datgene dat geleerd wordt (Clearfield, 2004). Er kan verwacht worden dat kinderen met verder ontwikkelde motorische vaardigheden ander exploratiegedrag zullen vertonen, in vergelijking met kinderen met minder ontwikkelde

motorische vaardigheden. Kinderen met verder ontwikkelde motorische vaardigheden hebben andere mogelijkheden om de omgeving zelfstandig te ontdekken en te verkennen, waardoor de sensomotorische ervaringen veranderen. Dit ontdekken en verkennen kan onder andere via exploratie door zelfstandig voortbewegen en manuele exploratie.

Een kind kan de omgeving exploreren door zelfstandig in een ruimte te bewegen. De mogelijkheid om zelfstandig voort te bewegen ontstaat in de leeftijd van 4 tot 12 maanden, waarin kinderen hun grove motoriek progressief ontwikkelen. Ze leren om hun spierkracht in te zetten voor het stabiliseren van hun ledematen en vergaren daarmee nieuwe motorische mogelijkheden. Voorbeelden hiervan zijn het omhoog houden van het hoofd, het rollen van rug naar buik en vice versa, zitten met ondersteuning, zelfstandig zitten, optrekken aan objecten, tijgeren, kruipen, zelfstandig staan en lopen (Kopp, 2010). Doordat de mogelijkheden voor zelfstandig voortbewegen toenemen, verandert het exploreren van de omgeving. Dit leidt tot nieuwe ruimtelijke cognities (Sheya & Smith, 2011), zoals de perceptie van afstand en het succesvol zoeken op ruimtelijke locaties (Campos et al., 2000). Met een ruimtelijke locatie wordt de locatie van een object ten opzichte van een ander object bedoeld, bijvoorbeeld op, onder, in, tussen, bij en naast. De mogelijkheid om zelfstandig voortbewegen vergroot de visuele aandacht van het kind voor ruimtelijke locaties (Campos et al., 2000; Thelen, Schöner, Scheier & Smith, 2001).

Als gevolg van deze nieuwe mogelijkheid tot exploratie ontwikkelt de ruimtelijke cognitie. Dit blijkt uit de resultaten van verschillende onderzoeken, waarin de relatie tussen zelfstandig voortbewegen en de ontwikkeling van ruimtelijke cognitie werd onderzocht. Zo werd de prestatie op een mentale rotatie taak onderzocht bij 48 kinderen in de leeftijd van 9 maanden. Er werden in dit onderzoek twee groepen vergeleken: kinderen die nog niet konden kruipen en kinderen die al wel konden kruipen. Kinderen die al wel konden kruipen waren succesvoller op een mentale rotatie taak dan kinderen die nog niet konden kruipen (Schwarzer, Freitag, Buckel, & Lofruthe, 2012). Ook de relatie tussen de kwaliteit van zelfstandig voortbewegen en de ruimtelijke kennis van kinderen werd onderzocht. Er werden hiervoor 36 kinderen in de leeftijd van 8 tot 14 maanden getest. De kinderen die ervaring hadden met zelfstandig voortbewegen, presteerden beter op een zoek-taak dan kinderen die nog nauwelijks zelfstandig voortbewogen. Opvallend was dat onervaren kruiper en lopers even slecht presteerden (Clearfield 2004). Oudgenoeg-Paz, Leseman en Volman (2014) onderzochten het verband tussen de start van zelfstandig voortbewegen, de ruimtelijke exploratie in de peutertijd en het ruimtelijk geheugen op 4 tot 6 jarige leeftijd. 51 kinderen tussen de 4 en 6 jaar werden onderzocht. Er werd gevonden dat de ruimtelijke exploratie in

de peutertijd het ruimtelijk geheugen op 4 en 6 jarige leeftijd positief voorspelde. In tegenstelling tot eerder onderzoek werd er geen verband gevonden tussen zelfstandig voortbewegen en het visueel ruimtelijk geheugen. Op basis van eerdere onderzoeken kan verwacht worden dat de ruimtelijke exploratie door zelfstandig voortbewegen bijdraagt aan de ontwikkeling van de ruimtelijke cognitie.

Net als exploratie door zelfstandig voortbewegen, leidt manuele exploratie tot een groter besef van ruimtelijkheid. Manuele exploratie betreft voornamelijk de fijne motorische vaardigheden, welke fundamenteel zijn in het begrip van objecten (Bourgeois, Khawar, Neal, & Lockman, 2005; Needham, 2000; Piaget, 1952). Door de manuele exploratie van een object verzamelt een kind kennis over de kenmerken van het object, zoals het gewicht, de vorm en de textuur (Schwarzer, Freitag & Schum, 2013; Soska, Adolph & Johnson, 2010) en het object sensomotorisch te ervaren, bijvoorbeeld er aan te voelen met de mond of handen en te luisteren naar het geluid dat het object kan maken. Door manuele exploratie worden de mogelijkheden voor activiteiten, zoals rollen en glijden van het object, grijpen en gooien verkend (Lockman, 2000; Soska, Adolph & Johnson, 2010). Deze ervaringen en activiteiten vormen de basis voor de kennis van het object (Piaget, 1952). De ervaringen die worden opgedaan met een object bepalen hoe het waargenomen wordt en hoe het wordt onthouden door het kind. Manuele exploratie leidt er toe dat een kind de overeenkomsten tussen objecten kan gaan opmerken en deze aan elkaar kan relateren (Lockman, 2000). Door in verschillende situaties activiteiten te ondernemen met zelfde soort objecten, leren kinderen de mogelijkheden van een object beter kennen. Dit vormt de basis voor het ontdekken van complexere activiteiten en het ruimtelijk combineren van objecten (Gibson & Pick, 2000). De ervaringen in manuele exploratie hangen samen met de prestaties op taken die de ruimtelijke cognitie testen (Schwarzer, Freitag & Schum, 2012), zoals een mentale rotatie taak.

Er zijn verschillende onderzoeken die het verband tussen manuele exploratie en de ontwikkeling van het visueel ruimtelijk geheugen hebben onderzocht. Het verband tussen manuele exploratie en de mentale rotatie van een object werd onderzocht aan de hand van de 'violation-of-expectation'. In dit onderzoek kreeg het kind een object te zien, waarna het hetzelfde object gespiegeld kreeg te zien. Wanneer het kind meer aandacht had voor de foutieve representatie van het object en dus de afwijking van de werkelijkheid opmerkte, liet dit zien dat het kind in staat was tot mentale rotatie. De helft van de kinderen mocht voorafgaand aan de taak met het object spelen. De kinderen die meer ervaring hadden met het object presteerden beter op de mentale rotatietaak, dan de kinderen die geen ervaring hadden met het object (Möhrling & Frick, 2013). Dit komt overeen met eerder onderzoek bij 28

kinderen in de leeftijd van 4,5 tot 8,5 maanden, waarbij de visuele-habituatie methode werd gebruikt. In dit onderzoek mocht één groep respondenten de objecten uit de taak manueel exploreren voor het onderzoek, maar de tweede groep niet. In deze taal werden eerst complete en vervolgens incomplete beelden van het object weergegeven op een scherm. Wanneer kinderen meer aandacht hadden voor de incomplete weergave, gaf dit aan dat ze de afwijking van de complete weergave opmerkte. De manuele exploratie leidde er in dit onderzoek toe dat het object vanuit verschillende hoeken bekeken kon worden, waardoor kinderen met de manuele exploratie een completere 3D-representatie van het object konden vergaren en eerder de afwijking opmerkten. Ook in dit onderzoek voorspelde het manueel exploreren van het object de prestatie op de ruimtelijke taak (Soska, Adolph & Johnson, 2010). Ook Schwarzer, Freitag en Schum (2013) onderzochten het verband tussen de manier waarop een kind een object manueel exploreert en mentale rotatie bij 48 kinderen van 9 maanden oud. De respondenten mochten vijf verschillende objecten gedurende 40 seconden manueel exploreren. Vervolgens kregen zij een mentale rotatie taak waarbij dezelfde vijf objecten werden gepresenteerd: juist gespiegeld en foutief gespiegeld. Ook hier werd gekeken of het kind de afwijking van de werkelijkheid opmerkte. De resultaten kwamen overeen met het onderzoek van Soska, Adolph en Johnson (2010) en Möhring en Frick (2013). Ook in dit onderzoek hing manuele exploratie positief samen met de prestatie op ruimtelijke taken.

Samenvattend kan er een verband verwacht worden tussen de motorische vaardigheden en het visueel ruimtelijk geheugen van kinderen. Zowel de mogelijkheid tot zelfstandig voortbewegen als de ontwikkeling van fijne motoriek maken het zelfstandig verkennen en ontdekken van de omgeving mogelijk, waardoor nieuwe ervaringen kunnen worden opgedaan (Clearfield, 2004). De resultaten van verschillende onderzoeken laten zien dat er een verband verwacht kan worden tussen de motorische vaardigheden en de ontwikkeling van ruimtelijke cognitie, door een toenemende mogelijkheid tot exploratie van de omgeving (Clearfield 2004; Möhring & Frick, 2013; Oudgenoeg-Paz, Leseman & Volman, 2014; Schwarzer, Freitag & Schum, 2013; Soska, Adolph & Johnson, 2010). Het huidige onderzoek maakt gebruik van een zoektaak waarmee het visueel ruimtelijk geheugen in het speciaal wordt onderzocht. Het visueel ruimtelijk geheugen heeft betrekking op informatie oriëntatie, richting en representeert waar objecten zich bevinden in de ruimte (Allen, 2004). In de meeste onderzoeken werd er wel een onderscheid gemaakt tussen exploratie door zelfstandig voortbewegen en manuele activiteiten, maar er zijn weinig onderzoek die schrijven over het onderscheid in grove en fijne motoriek binnen dit verband.

In het huidige onderzoek werd onderzocht hoe de fijne motorische vaardigheden op een leeftijd van 10 maanden en het aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen, de ontwikkeling van het visueel ruimtelijk geheugen bij kinderen van 14 maanden voorspellen. Hoewel eerder het verband tussen de motorische vaardigheden en de ontwikkeling van ruimtelijke cognitie, door een toenemende mogelijkheid tot exploratie van de omgeving, is onderzocht, werd er in geen van deze onderzoeken gebruik gemaakt van een mediatiemodel waarbinnen deze verbanden werden onderzocht. Het huidige onderzoek gebruikt een mediatiemodel om te onderzoeken welke mediërende rol exploratie door zelfstandig voortbewegen speelt in het verband tussen de grove motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen. Daarnaast wordt gekeken welke mediërende rol objectexploratie speelt in het verband tussen fijne motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen.

Methode

Steekproef

De steekproef bevatte 42 Nederlandse kinderen (48 % meisjes en 52 % jongens) die werden geworven via een adressenbestand dat werd opgekocht bij de gemeente Utrecht. Er was sprake van een selecte steekproef. Enkel kinderen die 14 maanden zouden worden in de periode van begin januari 2014 tot en met eind april 2014 werden geselecteerd. Er werden 650 ouders benaderd. Daarvan was de respons 19%. Daarvan werd een deel uitgenodigd voor de pilotstudie en de rest werd ingepland voor het officiële onderzoek. Van de participanten voor het officiële onderzoek was een deel afgevallen, omdat ze bij nader inzien toch niet deel wilden nemen. Er bleef een groep over van 63 participanten. Daarna viel nog een deel van de participanten af, doordat nog niet alle benodigde informatie bekend was (missing $n = 21$). De 42 gezinnen hadden gemiddeld 1 kind ($M = 1.33$, $SD = .52$). Het huidige onderzoek heeft gebruik gemaakt van een longitudinaal design met twee meetmomenten. Het eerste meetmoment vond plaats via vragenlijsten toen de kinderen ongeveer 10 maanden oud waren ($M = 10.22$ maanden, $SD = .27$). Bij het tweede meetmoment waren de kinderen ongeveer 14,5 maanden oud ($M = 14.61$ maanden, $SD = .22$) en werden de kinderen onderzocht in een lab.

Procedure

Informatie over de grove en fijne motoriek werd verkregen via twee vragenlijsten met 10 maanden werden toegestuurd aan ouders: een vragenlijst over de algehele ontwikkeling en een motorische mijlpalen vragenlijst. Er werden twee taken afgenomen die het visueel

ruimtelijk werkgeheugen maten. Het exploratiegedrag van het kind werd onderzocht aan de hand van een vrij spel situatie. Naast deze taken werden er nog twee andere taken afgenomen die niet relevant zijn voor het huidige onderzoek.

Ouders werd gevraagd om een toestemmingsformulier te tekenen bij het bezoek aan het onderzoekslab. De taken en onderzoeksmiddelen zijn afgenomen door getrainde onderzoeksassistenten in een onderzoekslab. De kinderen kregen een presentje na afloop en ouders ontvingen een reiskostendeclaratie formulier. Ouders werd een cd-rom met de filmbeelden van de taak toegestuurd.

Meetinstrumenten

Fijne motoriek

Om de fijne motoriek in kaart te brengen werd een oudervragenlijst gebruikt welke ouders bij een leeftijd van 10 maanden moesten invullen. De oudervragenlijst werd opgebouwd uit schalen van de *Ages and Stages Questionnaire* (ASQ; Bricker & Squires, 2004). De vragenlijsten van de ASQ voor kinderen van 10 maanden en 12 maanden werden beide opgenomen, omdat de ASQ bedoeld is als screeningsinstrument voor ontwikkelingsachterstanden en dus minder spreiding geeft aan de bovenkant van het spectrum. Voor het meten van de fijne motoriek werd de schaal 'fijne motoriek' gebruikt. Deze schaal bestond uit negen items en omvatte vragen als: *Pakt uw baby een kruimel of rozijntje met de toppen van zijn duim en een vinger op?* Ouders konden kiezen uit drie antwoordmogelijkheden, *ja*, *soms* of *nog niet*. De lijst resulteerde niet in een totale score, maar gaf een score op alle schalen apart. Bij *ja* kreeg het kind 2 punten, *soms* 1 punt en bij *nog niet* 0 punten. De som van de scores op de schaal 'fijne motoriek' werd genomen voor het berekenen van de totaalscore. Er kon een maximale score behaald worden van 18 punten.

Grove motoriek

Om de motorische vaardigheden in kaart te brengen werd the *Parental Check List of Motor Milestones* (Bodnarchuck & Eaton, 2004) afgenomen. Drie weken voordat het kind 10 maanden werd, werd er een brief naar de ouders gestuurd. In deze brief werd de vragenlijst verschaft en een korte uitleg. In de vragenlijst werden ouders gevraagd aan te geven wanneer hun kind bepaalde motorische mijlpalen heeft bereikt en tot aan de meting in het lab bij 14 maanden precies bij te houden wanneer hun kind nieuwe mijlpalen bereikt. De vragenlijst werd ingeleverd bij het bezoek aan het lab. Uit deze vragenlijst werden 7 items gebruikt om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van het zelfstandig voort bewegen. Alle items betroffen

een grove motorische mijlpaal, namelijk tijgeren, kruipen, optrekken tot stand, zelfstandig staan, lopen met steun, kort lopen of langer lopen. Per item kregen de ouders een beschrijving, bijvoorbeeld: *Kruipen op handen en knieën: Uw baby gebruikt alleen handen en knieën als steun. De rug van de baby is recht en buigt niet door. De knieën zijn onder de heupen en de ellebogen onder de schouders.* Ouders gaven per item de datum of leeftijd in maanden waarop de mijlpaal bereikt was en wanneer deze nog niet bereikt was kreeg het item een score van 0. Op basis van deze gegevens werd het totale aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen toegevoegd als nieuwe variabele. Dit werd gedaan door het aantal weken tussen de datum of leeftijd zoals gerapporteerd bij het item ‘tijgeren’ en de testdatum te berekenen. Tijgeren wordt in dit onderzoek gekozen als vroegste strategie van zelfstandig voortbewegen. De betrouwbaarheid van de *Parental List of Motor Milestones* is voldoende (Bodnarchuck & Eaton, 2004).

Visueel Ruimtelijk Geheugen

Het visueel ruimtelijk geheugen werd onderzocht aan de hand van een ‘geheugen voor locatie-taak’. Deze taak werd voor het onderzoek ontwikkeld aan de hand van eerdere studies (Pelphrey et al., 2004; Vicari, Caravale, Carlesimo, Casadei, & Allemand 2004). In deze zoek-taak moest het kind op de grond een voor het kind nieuwe knuffel zoeken die verstopt werd in een opstelling van zes gelijke verstoplocaties (50x44x100 cm per verstoplocatie). De knuffel werd verstopt achter één van de zes deuren (21x35cm). In de eerste conditie zat het kind drie meter voor de testopstelling terwijl de testleider de knuffel verstopte. Na het verstoppen ging de testleider achter het midden van de opstelling staan om het kind niet te leiden naar de verstoplocatie. Na een kort delay van 2 seconden waarin de testleider de aandacht van het kind trok, mocht het kind de knuffel zoeken. Er werd begonnen met een oefenitem, waarbij de knuffel half verstopt werd. Als deze goed was werd de taak vervolgend en anders werd er een tweede oefenitem afgenomen. Vervolgens begon de taak en werd de knuffel tot drie keer toe volledig verstopt. Als er sprake was van een geslaagde zoekpoging kreeg het item de score 1, wanneer dit niet het geval was 0. De uiteindelijke score werd gevormd door het gemiddelde te nemen van de scores op de drie zoekpogingen. De maximale score die behaald kon worden was 1. Kinderen die van de drie zoekpogingen meer dan twee keer niet hadden gezocht, werden niet meegenomen in de steekproef.

Exploratie

Er werden twee soorten exploratiegedrag gemeten in het huidige onderzoek: objectexploratie en exploratie door zelfstandig voortbewegen. Om het exploratiegedrag te meten werd gebruik gemaakt van een vrij spel situatie waarin voor het kind nieuw speelgoed werd aangeboden. De taak bestond uit twee onderdelen: een onderdeel met klein speelgoed voor de objectexploratie en een onderdeel met groot speelgoed voor het meten van exploratie door zelfstandig voortbewegen. Het kleine speelgoed bestond uit verschillende maten stapelbakjes, twee lege bussen en bouwstenen van foam. Het grote speelgoed bestond uit een lege emmer met deksel, een emmer met negen bouwstenen en deksel, twee hoepels, vier vloertegels van foam (30x30), twee tafels (55x55x45 cm) en twee dobbelstenen van foam (16x16x16 cm). In Figuur 1 is dit speelgoed weergegeven evenals de opstelling van het speelgoed. Zowel het speelgoed als het kind had een vaste startlocatie. De startlocatie van het kind is aangegeven met een kruis. In Figuur 1 is de opstelling van het speelgoed weergegeven.



Figuur 1 V.l.n.r.: Bovenaanzicht kleine opstelling, zijaanzicht kleine opstelling, grote opstelling

De taak begon met het kleine speelgoed. Het was de bedoeling dat zowel de ouders als de testleider zo min mogelijk interfereerden tijdens het spel. Er mocht enkel geïnterfereerd worden om onnodige frustraties te voorkomen. Er mocht enkel een verbale reactie worden gegeven als het kind ernaar vroeg. Het kind werd op een vaste startlocatie gezet en de videocamera werd direct gestart. De vrije spelsituatie duurde 3 minuten. Van deze vrije spelsituatie werd een video-opname gemaakt. Na afloop werd het kleine speelgoed weggehaald en werd het grote speelgoed klaar gelegd voor het tweede onderdeel van de afname. De procedure die hierboven beschreven staat werd herhaald en het kind mocht opnieuw 3 minuten zelf spelen.

Objectexploratie en exploratie door zelfstandig voortbewegen werden beiden als aparte variabele opgenomen in het onderzoek. De mate van exploratie door zelfstandig voortbewegen en objectexploratie werd achteraf vastgesteld door per onderdeel drie minuten

van het filmmateriaal per interval van vijf seconden te scoren. Dit werd gedaan met behulp van het programma MediaCoder. De exploratie door zelfstandig voortbewegen werd gescoord door iedere 5 seconden te scoren of het kind stationair is (score 0) of zichzelf voortbeweegt (score 1). Bij objectexploratie werd een verschillende score gegeven wanneer het kind geen objecten (score 0), één object (score 1), meerdere objecten (score 2) of combinaties van objecten (score 3) hanteerde. De score van beide soorten exploratie werd bepaald door per onderdeel de 36 afzonderlijke scores bij elkaar op te tellen. Hoe hoger de score, hoe meer exploratiegedrag er werd geobserveerd. De betrouwbaarheid per onderdeel werd bepaald door het vaststellen van de interbeoordelaarbetrouwbaarheid. Deze kwam gemiddeld boven de .70 uit.

Analyses

In het huidige onderzoek werd gekeken hoe exploratie het verband tussen de motorische vaardigheden van kinderen en het visueel ruimtelijk geheugen medieert. Het veronderstelde mediërende model werd getoetst en is uitgevoerd volgens de stappen en voorwaarden van het mediatiemodel door Baron en Kenny (Kenny, 2006). In de eerste stap van Baron en Kenny (Kenny, 2006) is getoetst of er een verband bestaat tussen de onafhankelijke variabelen grove motoriek en fijne motoriek en de afhankelijke variabele, het visueel ruimtelijk geheugen. De grove motoriek werd geoperationaliseerd als het totaal aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen. In de tweede stap werd het effect van de onafhankelijke variabelen (het aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen en de fijne motoriek) op de mediators (exploratie door zelfstandig voortbewegen en objectexploratie) getoetst. De eerste twee stappen werden getoetst aan de hand van Pearson-correlaties. In de derde stap werd getoetst of de mediators (exploratie door zelfstandig voortbewegen en objectexploratie) de afhankelijke variabele (visueel ruimtelijk geheugen) voorspelden. Hier werd een hiërarchische regressie analyse voor gebruikt. Ten slotte werd in de vierde en laatste stap de partiële correlatie berekend tussen de onafhankelijke en afhankelijke variabele met een Sobel-test.

Resultaten

Beschrijvende Statistieken

Het huidige onderzoek onderzocht of het exploratiegedrag van kinderen het verband tussen de fijne en grove motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen medieert. In Tabel 1 is een overzicht weergegeven van de gemiddelden en standaarddeviaties van de variabelen uit het

model. De uiteindelijke steekproef omvatte 27 kinderen ($n= 27$), doordat een deel van de deelnemende kinderen ($n= 15$) de zoektaak niet voldoende had uitgevoerd om opgenomen te worden in het onderzoek.

Tabel 1 Gemiddelden en standaarddeviaties voor alle variabelen uit het model ($n= 27$)

<i>Variabele</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Visueel ruimtelijk geheugen	0,43	.356
Weken ervaring zelfstandig voortbewegen	30,91	7.227
Fijne motoriek 10 maanden	12,85	3.889
Exploratie door zelfstandig voortbewegen	15,48	8.833
Objectexploratie	68,44	18.844

Er werd een Pearson-correlatie test uitgevoerd ($n = 27$) om de correlaties tussen de variabelen te onderzoeken. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Pearson correlaties voor alle variabelen uit het model

<i>Variabele</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1 Visueel ruimtelijk geheugen				
2 Weken ervaring zelfstandig voortbewegen	.152			
3 Fijne motoriek 10 maanden	.122	.316		
4 Exploratie door zelfstandig voortbewegen	-.093	-.016	.295	
5 Objectexploratie	-.072	-.042	.024	-.289

* $p < .05$, † $p < .10$

Hoofdanalyse

In het huidige onderzoek werd onderzocht hoe de fijne motorische vaardigheden op een leeftijd van 10 maanden en het aantal maanden ervaring met zelfstandig voortbewegen op een leeftijd van 14 maanden, de ontwikkeling van visueel ruimtelijk geheugen bij kinderen van 14 maanden voorspellen.

Hoofdeffecten

Tabel 2 beschrijft de voorspellende waarde van de grove motoriek en fijne motoriek op het visueel ruimtelijk geheugen. Kinderen met meer weken ervaring in zelfstandig voortbewegen

scoorden niet beter op de visueel ruimtelijke taak. Er werd geen significante positieve correlatie gevonden tussen het aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen en het visueel ruimtelijk geheugen. Dit betekent dat meer ervaring in zelfstandig voortbewegen in dit onderzoek niet samenhang met een verder ontwikkeld visueel ruimtelijk geheugen. Hierdoor kon direct al worden uitgesloten dat exploratie door zelfstandig voortbewegen het verband tussen het zelfstandig voortbewegen en het visueel ruimtelijk geheugen medieert. Daarnaast werd er geen significante correlatie gevonden tussen de fijne motoriek op 10 maanden en het visueel ruimtelijk geheugen met 14 maanden. Ook hier kon worden uitgesloten dat objectexploratie het verband tussen fijne motoriek met 10 maanden en het visueel ruimtelijkgeheugen met 14 maanden medieert, omdat ook hier het verband niet significant was.

Er werd geen significante positieve correlatie gevonden tussen het aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen en de exploratie door zelfstandig voortbewegen. Kinderen met meer weken ervaring in het zelfstandig voortbewegen, lieten niet meer exploratiegedrag door zelfstandig voortbewegen zien. Er werd geen significante correlatie gevonden tussen fijne motoriek met 10 maanden en objectexploratie. Zowel exploratie door zelfstandig voortbewegen als objectexploratie hadden geen significante voorspellende waarde voor het visueel ruimtelijk geheugen.

Exploratie als mediator

Om te onderzoeken hoe exploratie het verband tussen de motorische vaardigheden van kinderen en het ruimtelijk geheugen medieerde, werden twee hiërarchische enkelvoudige regressie analyses uitgevoerd ($n=27$). Het eerste model onderzocht de samenhang tussen het visueel ruimtelijk geheugen en het aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen. In het tweede model werden de variabelen objectexploratie en exploratie door zelfstandig voortbewegen toegevoegd. Op basis van de Pearson-correlaties werd in beide modellen voorafgaand aan de analyse verwacht dat er geen mediatie-effect zou worden gevonden.

Zoals Tabel 3 laat zien is het aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen geen significante voorspeller van het visueel ruimtelijk geheugen. Dit komt overeen met de eerdere Pearson-correlatie. Bij het opnemen van de variabele exploratie door zelfstandig voortbewegen in het model, veranderde de proportie verklaarde variantie niet significant. Dit betekent dat ook na opname van de variabele exploratie door zelfstandig voortbewegen, er geen significant verband is tussen het visueel ruimtelijk geheugen en het zelfstandig voortbewegen. Aan de hand van een Sobel-test werd getoetst of de eventuele mediator

exploratie door zelfstandig voortbewegen het verband tussen grove motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen medieert. Zoals werd verwacht aan de hand van de resultaten uit Tabel 2 en 3, bleek ook dit niet het geval te zijn ($p = 0.94$).

Tabel 3 Samenvatting van de hiërarchische regressieanalyse met grove motoriek als predictor

	R^2	ΔR^2	B	SE	β
Grove motoriek als predictor	.023	.023			
Weken ervaring zelfstandig voortbewegen			.007	.010	.152
Exploratie als mediator	.031	.008			
Weken ervaring zelfstandig voortbewegen			.007	.010	.150
Exploratie door zelfstandig voortbewegen			-.004	.008	-.091

* $p < .05$, † $p < .10$

Tabel 4 laat zien dat de fijne motoriek, zoals verwacht, eveneens geen significante voorspeller is van het visueel ruimtelijk geheugen. Na het opnemen van de variabele objectexploratie neemt de proportie verklaarde variantie niet significant toe. Aan de hand van een Sobel-test werd getoetst of een eventuele mediatie van het verband tussen fijne motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen door objectexploratie significant was. Zoals werd verwacht aan de hand van de resultaten uit Tabel 2 en 4, bleek dit eveneens niet het geval te zijn ($p = 0.99$).

Tabel 4 Samenvatting van de hiërarchische regressieanalyse met fijne motoriek als predictor

	R^2	ΔR^2	B	SE	β
Fijne motoriek als predictor	.015	.015			
Fijne motoriek 10 maanden			.011	.018	.122
Exploratie als mediator	.021	.006			
Fijne motoriek 10 maanden			.011	.018	.124
Objectexploratie			-.001	.004	-.075

* $p < .05$, † $p < .10$

Discussie

In het huidige onderzoek werd onderzocht hoe het aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen en de fijne motorische vaardigheden op een leeftijd van 10 maanden, de ontwikkeling van visueel ruimtelijk geheugen bij kinderen van 14 maanden voorspelden. Daarnaast werd gekeken welke mediërende rol het exploratiegedrag van een kind in dit verband speelt. In eerder onderzoek werd binnen de exploratie wel een onderscheid gemaakt tussen zelfstandig voortbewegen en manuele activiteiten. Echter, binnen het verband tussen motoriek en visueel ruimtelijk geheugen werd eerder nog geen onderscheid gemaakt in grove en fijne motoriek. Ook werd dit verband nog niet eerder onderzocht aan de hand van een mediatiemodel. In het huidige onderzoek werd zowel onderscheid gemaakt in fijne motoriek en de grove motoriek als in manuele exploratie en zelfstandig voortbewegen.

Het aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen bleek geen significante voorspeller van het visueel ruimtelijk geheugen op 14 maanden. Dit betekent dat kinderen met meer weken ervaring in het zelfstandig voortbewegen niet significant beter presteerden op de visueel ruimtelijke taak, wat geen verder ontwikkeld visueel ruimtelijk geheugen impliceert. Dit komt niet overeen met de verwachtingen en eerder onderzoek waarin het zelfstandig voortbewegen wel samenhang met het visueel ruimtelijk geheugen (Clearfield, 2004; Oudegnoeg-Paz, Leseman & Volman 2014). Een mogelijke verklaring is dat in het huidige onderzoek is gekeken naar het totaal aantal weken ervaring met zelfstandig voortbewegen vanaf de eerst verworven strategie. Dit is echter geen indicatie voor de manier het kind zelfstandig voortbeweegt. In eenzelfde tijd kunnen twee kinderen een verschillend aantal strategieën in het zelfstandig voortbewegen opdoen. Mogelijk heeft de grove motoriek wel een voorspellende waarde wanneer gekeken wordt naar de laatst verworven strategie in het zelfstandig voortbewegen en het aantal weken ervaring met deze strategie. Daarnaast staat het aantal weken ervaring niet gelijk aan de expertise die kinderen hebben in de manier van zelfstandig voortbewegen. Het was opvallend dat in eerder onderzoek onervaren kruipers en lopers allebei slecht presteerden bij het succesvol zoeken op locaties (Clearfield, 2004). Dit kan worden verklaard doordat een kind dat nieuw is met een strategie meer inspanning nodig heeft voor het motorische aspect van de taak, omdat het nog onervaren is. Kinderen met meer ervaring in hun manier van zelfstandig voortbewegen hoeven minder inspanning te leveren voor het motorische aspect en kunnen zich daardoor beter richten op het oplossen van het cognitieve aspect van de taak (Berger, 2010). Wanneer gekeken wordt naar het aantal weken ervaring in de laatst verworven strategie zou dit mogelijk wel een verband kunnen laten zien met het visueel ruimtelijk geheugen. Bovendien werd in het huidige onderzoek het tijgeren ook als strategie meegenomen in het zelfstandig voortbewegen. In de onderzoeken naar het

verband tussen zelfstandig voortbewegen en de visueel ruimtelijke cognitie werd voornamelijk gekeken naar kinderen die kropen of liepen en werden kinderen die tijgerden buiten beschouwing gelaten. Kermoian en Campos (1988) stelden dat kinderen die tijgerden even slecht op ruimtelijke taken presteerden als kinderen die nog niet zelfstandig voortbewogen. Zij vonden dat kinderen die tijgerden wel ruimtelijke informatie over een locatie konden onthouden, maar dit niet konden gebruiken om succesvol te zoeken. Mogelijk kan dit worden verklaard doordat tijgeren het kind veel energie kost, waardoor het zich minder goed kan richten op het oplossen van het cognitieve aspect van de taak (Berger, 2010; Kermoian & Campos, 1988; Rivière & Lécuyer, 2002). Doordat de motorische mijlpaal tijgeren wel werd meegenomen in het huidige onderzoek, heeft dit er mogelijk mede toe geleid dat er geen significant verband kon worden gevonden.

Tegen de verwachtingen in werd gevonden dat de fijne motorische vaardigheden met 10 maanden geen significante voorspeller waren voor het visueel ruimtelijk geheugen met 14 maanden. Het longitudinale design in het onderzoeken van deze hypothese is een mogelijke verklaring hiervoor. De fijne motoriek werd gemeten met 10 maanden en het visueel ruimtelijk geheugen werd gemeten met 14 maanden. De nieuwe sensomotorische ervaringen die een kind op doet in vier maanden tijd kunnen, vanuit de embodiment benadering beredeneerd, een groot verschil maken in de ontwikkeling van ruimtelijke cognitie, er van uitgaande dat iedere sensomotorische ervaring tot een verrijking van de ruimtelijke kennis leidt (Sheya & Smith, 2011). Er kunnen op een leeftijd van 10 maanden nog grote verschillen zijn geweest in de fijne motoriek tussen respondenten. Mogelijk bestaat er wel een verband tussen de fijne motoriek en visueel ruimtelijk geheugen wanneer het leeftijdsverschil tussen de twee meetmomenten kleiner is, bijvoorbeeld één maand in plaats van vier maanden.

Er werd in het huidige onderzoek geen mediatie effect gevonden van exploratie op het verband tussen motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen. Uit de hiërarchische-regressie analyse bleek al eerder dat er geen verband bestond tussen grove motoriek, fijne motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen. Deze resultaten lagen in de lijn der verwachtingen na het analyseren van Pearson-correlaties. Vanuit de literatuur werd verwacht dat ervaringen in manuele exploratie samenhangen met de prestaties op taken die de ruimtelijke cognitie testen (Möhring & Frick, 2013; Schwarzer, Freitag & Schum, 2013; Soska, Adolph & Johnson, 2010). Objectexploratie hing niet samen met visueel ruimtelijk geheugen en had geen mediatie-effect in het verband tussen de fijne motorische vaardigheden met 10 maanden en het visueel ruimtelijk geheugen met 14 maanden. Hoewel de mate van objectexploratie in kaart werd gebracht, werd er niet gekeken naar de complexiteit en combinaties van de losse

handelingen tijdens de objectexploratie. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor de gevonden resultaten. Mogelijk hangt niet de kwantiteit van objectexploratie samen met de fijne motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen, maar wel de complexiteit en combinaties van de losse handelingen tijdens de objectexploratie. Een andere verklaring voor de tegengestelde resultaten in vergelijking met eerder onderzoek, is dat er in eerder onderzoek voornamelijk is gekeken naar andere aspecten van de ruimtelijke cognitie, zoals mentale rotatie. De zoektaak die in het huidige onderzoek gebruikt werd deed een beroep op het visueel ruimtelijk geheugen, wat een heel ander deel van de ruimtelijke cognitie betreft. Mogelijk hangt objectexploratie samen met onderdelen van de ruimtelijke cognitie, maar niet met het visueel ruimtelijk geheugen.

Daarnaast was er nog een alternatieve verklaring voor de bevindingen uit het huidige onderzoek. Tijdens een zoekactie was het kind niet alleen afhankelijk van het ruimtelijk inzicht, geheugen en zijn of haar motorische vaardigheden, maar ook van aandacht, motivatie, de perceptuele input en het aantal weken ervaring met de laatst verworven motorische vaardigheden (Pelphrey et al., 2004). Dit komt overeen met de embodiment benadering, die stelt dat het ruimtelijk geheugen geen abstract concept is, maar ontstaat in samenwerking met meerdere cognitieve processen (Clearfield, 2004). De motivatie van het kind speelde onder andere ook een grote rol in de zoektaak die werd afgenomen (Pelphrey et al., 2004). Er was geregeld sprake van een verminderde motivatie doordat het kind zich ongemakkelijk voelde, omdat het in een voor hem of haar vreemde omgeving werd geplaatst. Ook hadden de stukken speelgoed die werden gebruikt tijdens de taken niet altijd de interesse van het kind en motiveerden deze het kind niet om te gaan zoeken naar het object.

Naast alternatieve verklaringen zijn er ook beperkingen aan het huidige onderzoek die de resultaten mogelijk hebben beïnvloed. Ten eerste was er sprake van een kleine steekproef ($n = 27$). Omdat tijdens de taak een groot deel van de kinderen maar een van de drie zoekpogingen uitvoerden, kon er maar een klein deel van de kinderen worden meegenomen in de steekproef. Het uitvoeren van minstens twee van de drie zoekpogingen was noodzakelijk voor de validiteit van de taak, omdat de resultaten anders een vertekend beeld zouden geven. Mogelijk kan er wel een verband worden gevonden tussen fijne motoriek en visueel ruimtelijk geheugen wanneer gebruik wordt gemaakt van een grotere steekproef. Mogelijk zou er dan ook een mediatie effect kunnen worden gevonden van exploratie op dit verband. In dat geval zou enkel gesproken kunnen worden van een klein of medium effect. Wanneer er sprake was geweest van een groot effect, had dit in het huidige onderzoek al naar voren moeten komen. Daarnaast was er in het huidige onderzoek sprake van een beperkte

heterogeniteit. De kinderen die zijn opgenomen in het onderzoek kwamen vrijwel allemaal uit een gezin met hoogopgeleide ouders. Hierdoor rijst de vraag of het onderzoek dezelfde resultaten zou opleveren, wanneer er een groep zou worden onderzocht waarbij het opleidingsniveau meer varieert. Door de beperkte heterogeniteit is er ook sprake van een beperkte mogelijkheid tot generalisatie van de resultaten op een grotere populatie.

Een sterk punt in het huidige onderzoek is dat er onderscheid werd gemaakt in fijne motoriek en grove motoriek binnen het verband tussen motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen. Ook in het exploratiegedrag is met dit onderscheid rekening gehouden en is er gekeken naar objectexploratie en exploratie door zelfstandig voortbewegen. Nog niet eerder is dit verband op deze manier bekeken. Daarnaast zorgt het gebruik van betrouwbare en valide meetinstrumenten, waaronder de *Parental Checklist of Developmental Milestones* (Bodnarchuk & Eaton, 2004) en schalen uit de *Ages and Stages Questionnaire* (ASQ; Bricker & Squires, 2004), voor betrouwbaarheid en validiteit van dit onderzoek.

Uit verder onderzoek zal moeten blijken of de resultaten die in het huidige onderzoek zijn gevonden het verband ook goed hebben weergegeven. Mogelijk zullen deze onderlinge correlaties veranderen wanneer er gebruik wordt gemaakt van een grotere steekproef. Daarnaast zou in toekomstig onderzoek meer aandacht kunnen worden besteed aan het waarborgen van de heterogeniteit van de steekproef. Ook zou in de toekomst het verband tussen het aantal weken ervaring met de laatst verworven strategie in het zelfstandig voortbewegen en het visueel ruimtelijk geheugen kunnen worden onderzocht. Ten slotte kan toekomstig onderzoek opnieuw aandacht besteden aan het verband tussen fijne motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen en de mediërende rol van objectexploratie. Het is belangrijk dat het leeftijdsverschil tussen de twee meetmomenten kleiner is en dat er aandacht komt voor de kwaliteit van objectexploratie.

Kinderen met meer ervaring in zelfstandig voortbewegen en een verder ontwikkelde fijne motoriek met 10 maanden, bleken geen verder ontwikkeld ruimtelijk geheugen te hebben op een leeftijd van 14 maanden. In het huidige onderzoek medieerde exploratie het verband tussen de motoriek en het visueel ruimtelijk geheugen van kinderen in de leeftijd van 14 maanden niet. Ook wanneer er onderscheid werd gemaakt tussen fijne en grove motoriek, objectexploratie en exploratie door zelfstandig voortbewegen, werd er geen significant verband gevonden. Ondanks deze resultaten is het belangrijk dat er aandacht blijft voor de ontwikkeling van motorische vaardigheden en exploratie. Het ontwikkelen van het ruimtelijk geheugen is namelijk geen abstract concept, maar ontwikkelt zich door ervaringen in de omgeving (Clearfield, 2004). De motorische vaardigheden en exploratie maken de

ontdekkingstocht mogelijk die ten grondslag ligt aan nieuwe ervaringen. Deze ontdekkingstocht leidt tot een verrijking van de cognitie en blijft daarom interessant in onderzoek naar de ruimtelijke cognitie.

Referenties

- Allen, G. L. (2004). *Human spatial memory. Remembering where*. Mahwah, NJ: LEA
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, *51*, 1173-1182.
doi:10.1037/0022-3514.51.6.1173
- Berger, S. E. (2010). Locomotor expertise predicts infants' perseverative errors. *Developmental Psychology*, *46*, 326–336. doi:10.1037/a0018285
- Bodnarchuk, J. L., & Eaton, W. O. (2004). Can parent reports be trusted? Validity of daily checklists of gross motor milestone attainment. *Applied Developmental Psychology*, *25*, 481-490. doi: 10.1016/j.appdev.2004.06.005
- Bourgeois, K. S., Khawar, A. W., Neal, S. A., & Lockman, J. J. (2005). Infant manual exploration of objects, surfaces, and their interrelations. *Infancy*, *8*, 233-252.
doi: 10.1207/s15327078in0803_3
- Bricker, D., & Squires J. (2004). *Ages & Stages Questionnaires (ASQ): A Parent-Completed, Child-Monitoring System*. Baltimore, MD: Brooks Publishing
- 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.
- Clearfield, M. W. (2004). The role of crawling and walking experience in infant spatial memory. *Journal Experimental Child Psychology*, *89*, 214-241.
doi: 10.1016/j.jecp.2004.07.003
- Gibson, E. J., & Pick, A. D. (2000). *An Ecological Approach to Perceptual Learning and Development*. New York, NY: Oxford University Press.
- Kermoian, R., & Campos, J. J. (1988). Locomotor experience: A facilitator of spatial cognitive development. *Child Development*, *59*, 908-917.
doi: 0.1111/j.1467-8624.1988.tb03244.x
- Kopp, C. B. (2010). Development in the early years: Socialization, motor development, and consciousness. *Annual Review Psychology*, *62*, 165-187.
doi: 10.1146/annurev.psych.121208131625
- Lockman, J. J. (2000). A perception-action perspective on tool use development. *Child Development*, *71*, 137-144. doi: 10.1111/1467-8624.00127
- Möhring, W., & Frick, A. (2013). Touching up mental rotation: Effects of manual experience on 6-month-old infants' mental object rotation. *Child Development*, *84*, 1554-1565.
doi:10.1111/cdev.12065

- Needham, A. (2000). Improvements in object exploration skills may facilitate the development of object segregation in infancy. *Journal of Cognitive Development, 1*, 131–156. doi: 10.1207/S15327647JCD010201
- Oudgenoeg-Paz, O., Leseman, P. M., & Volman, M. J. M. (2014). Can infant self-locomotion and spatial exploration predict spatial memory at school age? *European Journal of Developmental Psychology, 11*, 36-48. doi: 10.1080/17405629.2013.803470
- Piaget, J. (1952). *The Origins of Intelligence in Childhood*. New York: International Universities Press.
- Pelphrey, K. A., Reznick, J. S., Goldman, B. D., Sasson, N., Morrow, J., Donahoe, A., . . . Hodgson, K. (2004). Development of visuospatial short-term memory in the second half of the 1st year. *Developmental Psychology, 40*, 836-851. doi:10.1037/0012-1649.40.5.836
- Rivière, J., & Lécuyer, R. (2002). Spatial cognition in young children with spinal muscular atrophy. *Developmental Neuropsychology, 21*, 273-283. doi: 10.1207/S15326942DN2103_4
- Schwarzer, G., Freitag, C., Buckel, R., & Lofrute, A. (2012). Crawling is associated with mental rotation ability by 9-month-old infants. *Infancy*, Advance online publication. doi:10.1111/j.15327078.2012.00132.x
- Schwarzer, G., Freitag, C., & Schum, N. (2013). How crawling and manual object exploration are related to the mental rotation abilities of 9-month-old infants. *Developmental Psychology, 4*, 1-8. doi:10.3389/fpsyg.2013.00097
- Sheya, A., & Smith, L. B. (2011). Development through sensorimotor coordination. In J. Stewart, O. Gapenne, & E. A. Di Paolo (Eds.), *Enaction: Toward A New Paradigm For Cognitive Science* (pp. 123–144). Cambridge, MA: MIT Press.
- Smith, L. B. (2005). Cognition as a dynamic system: Principles from embodiment. *Developmental Review, 25*, 278–298. doi:10.1016/j.dr.2005.11.001
- Smith, L. B., & Gasser, M. (2005). The development of embodied cognition: Six lessons from babies. *Artificial Life, 11*, 13–29. doi:10.1162/1064546053278973
- Soska, K. C., Adolph, K. E., & Johnson, S. P. (2010). Systems in development: Motor skill acquisition facilitates 3D object completion. *Developmental Psychology, 46*, 129–138. doi:10.1037/a0014618
- Thelen, E., Schöner, G., Scheier, C., & Smith, L. B. (2001). The dynamics of embodiment: A field theory of infant preservative reaching. *Behavioral and Brain Sciences, 24*, 1–86. doi:http://dx.doi.org/10.1017/S0140525X01003910

Vicari, S., Caravale, B., Carlesimo, G. A., Casadei, A. M., & Allemand, F. (2004). Spatial working memory deficits in children at ages 3-4 who were low birth weight, preterm infants. *Neuropsychology, 18*, 673-678. doi:10.1037/0894-4105.18.4.673