

Mediërende Rol van Exploratie in de Relatie tussen Loopervaring en Visueel-Ruimtelijk  
Werkgeheugen

Masterthesis  
Universiteit Utrecht  
Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen  
Masterprogramma Orthopedagogiek

Naam student: José van den Berg  
Studentnummer: 3722961  
Naam begeleider: Ora Oudgenoeg-Paz  
Naam tweede beoordelaar: Annika Hellendoorn  
Datum: 07-07-2014

### Samenvatting

De relatie tussen motorische en cognitieve ontwikkeling in de vroege kindertijd kent vele dimensies. De ‘embodiment’ theorie stelt dat cognitie ontstaat door een voortdurende dynamische interactie tussen het fysieke lichaam en de fysieke omgeving. Uit eerder onderzoek lijkt er een relatie te bestaan tussen loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen, ook lijkt er een relatie te bestaan tussen loopervaring en exploratie. Daarom werd in huidig onderzoek onderzocht of er een mediërende rol van exploratie is in de relatie tussen loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden. Aan het onderzoek deden 44 kinderen en hun ouder(s) mee. Loopervaring werd gemeten middels een vragenlijst voor de ouders. Exploratie en visueel-ruimtelijk werkgeheugen werden gemeten met taken die in het babylaboratorium werden afgenomen. Regressieanalyses wezen uit dat zowel loopervaring als exploratie positieve voorstellers zijn voor de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Op basis van de ‘embodiment’ theorie werd verwacht dat exploratie deze relatie medieerde. Er werd geen mediërende rol van exploratie gevonden. In de discussie worden hiervoor verklaringen gegeven.

*Sleutelwoorden:* motorische ontwikkeling, cognitieve ontwikkeling, loopervaring, exploratie, visueel-ruimtelijk werkgeheugen

### Abstract

The relation between motor and cognitive development in early childhood consists many dimensions. The embodiment theory states that cognition emerges from ongoing dynamic interaction between the physical body and physical environment. From previous studies it appears that a relation exists between walking experience and visuo-spatial working memory as well as between walking experience and exploration. Therefore this study has focused on the mediating role of exploration in relation between walking experience and visuo-spatial working memory in infants of 14 months old. In this study 44 infants and their parents have participated. Walking experience was measured by a questionnaire for parents. Exploration and visuo-spatial working memory were measured by tasks at the babylaboratory. Regression analyses have shown that both walking experience like exploration are positive predictors of visuo-spatial working memory. Based on the ‘embodiment’ theory it is expected exploration mediated this relation. However no mediating effect of exploration has been found. In the discussion possible explanations are provided.

*Keywords:* motor development, cognitive development, walking experience, exploration, visuo-spatial working memory

## Mediërende Rol van Exploratie in de Relatie tussen Loopervaring en Visueel-Ruimtelijk Werkgeheugen

Visueel-ruimtelijke cognitie is een belangrijke voorspeller voor academisch functioneren (Aunola, Leskinnen, Lerkkanen, & Nurmi, 2004; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Visueel-ruimtelijke cognitie blijkt namelijk een rol te spelen bij schoolvakken als taal, rekenen en techniek. Een voldoende niveau op het gebied van taal en rekenen is cruciaal voor het behalen van academisch succes (Romano, Babchishin, Pagani, & Kohen, 2010). Het is daarom van belang om inzicht te krijgen in factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van visueel-ruimtelijke cognitie. Met dit inzicht kunnen interventies zich richten op deze factoren, zodat visueel-ruimtelijke cognitie zich zo goed als mogelijk kan ontwikkelen.

De manier waarop visueel-ruimtelijke cognitie ontwikkelt, kan uitgelegd worden aan de hand van de ‘embodiment’ theorie. De ‘embodiment’ theorie stelt dat cognitie ontstaat door een voortdurende dynamische interactie tussen het fysieke lichaam en de fysieke omgeving (Smith, 2005; Smith & Gasser, 2005; Wilson, 2002). Volgens deze theorie spelen beweging en motorische controle een grote rol bij de cognitieve ontwikkeling van kinderen. Motorische vaardigheden stellen kinderen in staat om actief de omgeving te ontdekken en te manipuleren. Kinderen ontvangen informatie dus niet passief, maar ze reageren op hun omgeving en dat beïnvloedt de sensomotorische informatie die zij ontvangen en wat zij ervan leren. Deze voortdurende wisselwerking tussen perceptie en reactie resulteert in veranderingen in cognitie (Hockema & Smith, 2009; Smith, 2005; Smith & Gasser, 2005).

De ‘embodiment’ theorie wordt bevestigd door empirisch onderzoek waaruit blijkt dat het bereiken van grove motorische mijlpalen, zoals lopen, een belangrijke voorspeller is voor het cognitief functioneren (Murray, Jones, Kuh, & Richards, 2007; Piaget, 1953; Piek, Dawson, Smith, & Gasson, 2008). Motorische mijlpalen veranderen de manier waarop mensen om kunnen gaan met de omgeving en zijn bepalend voor het opdoen van nieuwe ervaringen.

Dit onderzoek richtte zich op één onderdeel van visueel-ruimtelijke cognitie, namelijk visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Visueel-ruimtelijk werkgeheugen kan gedefinieerd worden als de mogelijkheid om visueel-ruimtelijk informatie, zoals locaties en aantallen, op te slaan en op te halen. Deze informatie wordt opgeslagen in het geheugen om het waar nodig te gebruiken (Baddeley, 1996; Mohr & Linden, 2005). Een voorbeeld hiervan is dat een kind onthoudt waar een speelgoed is verstopt om het later weer terug te vinden. Visueel-ruimtelijk werkgeheugen is al merkbaar tijdens het eerste levensjaar (Reznick et al., 2004). Daarna

ontwikkelt het visueel-ruimtelijk werkgeheugen zich verder, waarbij capaciteit, werksnelheid, efficiëntie en precisie toenemen (Pickering, 2001). Visueel-ruimtelijk werkgeheugen is, naast de algemeen visueel-ruimtelijke cognitie, ook een belangrijke voorspeller voor academisch succes (Alloway & Alloway, 2010; Passolunghi & Siegel, 2004; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Het blijkt dat visueel-ruimtelijk werkgeheugen een belangrijke rol speelt bij de ontwikkeling van taalvaardigheid op de basisschool (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Ander onderzoek laat zien dat visueel-ruimtelijk werkgeheugen ook een grote rol speelt bij rekenen (Alloway & Alloway, 2010; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Passolunghi & Siegel, 2004) en techniek op de basisschool (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Wanneer de ontwikkeling van het geheugen verstoord wordt, kan dit dus gevolgen hebben voor de latere ontwikkeling. Het is daarom van belang om zicht te krijgen op factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Ondanks dat duidelijk is dat tijdens de kindertijd een enorme verbetering plaatsvindt van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen (Pickering, 2001; Reznick, Morrow, Goldman, & Snyder, 2004), is er weinig bekend over welke onderliggende factoren hieraan ten grondslag liggen. Toch blijkt uit wetenschappelijke literatuur dat er mogelijk twee factoren een rol spelen in de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen. De eerste factor is motorische ontwikkeling (Clearfield, 2004; Herbert, Gross, & Hayne, 2007). Een tweede factor is exploratie (Caruso, 1993; Choudhury & Gorman, 2000; Schuetze, Lewis, & DiMartino, 1999). Deze twee factoren zijn gebaseerd op hypothesen vanuit de ‘embodiment’ theorie.

In het huidige onderzoek werd onderzocht of de twee factoren motorische ontwikkeling en exploratie voorspellers zijn voor de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Er werd gekeken of er een relatie was tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen en tussen exploratie en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden. Deze leeftijdscategorie was gekozen omdat kinderen gemiddeld zelfstandig leren lopen wanneer zij tussen de 8 en 18 maanden oud zijn (WHO Multicentre Growth Reference Study Group, 2006). Hierom werd verwacht dat de steekproef zal bestaan uit kinderen zonder loopervaring en kinderen met enkele weken loopervaring.

Zoals al eerder vermeld speelt motorische ontwikkeling mogelijk een rol in de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Binnen dit onderzoek werd specifiek gekeken naar de relatie tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Het bereiken van nieuwe motorische mijlpalen zorgt niet alleen voor meer ervaringen op het gebied van motoriek, maar ook voor vooruitgang op het gebied van visueel-ruimtelijke taken (Clearfield, 2004; Herbert et al., 2007; Murray et al., 2006). Volgens de ‘embodiment’ theorie

is motoriek een belangrijke voorwaarde voor cognitieve ontwikkeling. Wanneer kinderen nieuwe motorische vaardigheden aanleren, zoals lopen, biedt dit nieuwe mogelijkheden om zich te verplaatsen, maar ook nieuwe mogelijkheden ten opzichte van objecten in de omgeving. Een voorbeeld hiervan is dat kinderen niet meer alleen kruipend bij de spullen onder een tafel kunnen, maar ook naar de spullen op de tafel kunnen reiken omdat zij over nieuwe motorische vaardigheden beschikken, zoals staan. De ontwikkeling van lopen gaat samen met een grote verandering in de benadering van en omgang met objecten (Karasik, Tamis-LeMonda, & Adolph, 2011). Hierdoor leren kinderen meer over ruimtelijke relaties. Ook hebben kinderen die al kunnen lopen, ten opzichte van kinderen die dit nog niet kunnen, een andere kijk op de wereld. De ooghoogte van lopende kinderen is anders dan van kruipende kinderen, namelijk hoger (Campos et al., 2000). Dit komt omdat het lichaam van lopende kinderen verder van de grond is verwijderd dan van kruipende kinderen. Kruipende kinderen kijken meer naar de vloer dan lopende kinderen (Kretch, Franchak, & Adolph, 2013). Hierdoor kunnen kinderen die al lopen naar hun doel blijven kijken terwijl zij zich ernaar toe voortbewegen. Hierdoor kunnen zij mogelijk beter doelmatig gedrag laten zien dan kruipende kinderen. Dit kan de ontwikkeling van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen aanzienlijk vergroten. Op basis van de 'embodiment' theorie zou verondersteld kunnen worden dat de mate van loopervaring samenhangt met de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

Empirisch onderzoek is in lijn met de hypothesen vanuit deze theorie. Uit onderzoek blijkt namelijk dat nieuwe mogelijkheden tot zelfstandig voortbewegen samenhangen met een beter visueel-ruimtelijk werkgeheugen (Clearfield, 2004; Herbert et al., 2007). Uit onderzoek van Herbert, Gross en Hayne (2007) blijkt dat kruipende kinderen beter scoren op geheugentaken dan kinderen die nog niet in staat zijn om te kruipen. Ander onderzoek laat zien dat hoe meer loopervaring kinderen hebben des te beter ze zijn in het vinden van een speelgoed dat verstopt is (Clearfield, 2004). Weer ander onderzoek toont aan dat een vertraagde motorische ontwikkeling bij kinderen gerelateerd is aan een slechter visueel-ruimtelijk werkgeheugen wanneer zij volwassen zijn (Murray et al., 2006). In tegenstelling tot voorgaande onderzoekresultaten toont onderzoek van Oudgenoeg-Paz, Leseman en Volman (2014) aan dat de leeftijd waarop mijlpalen voor zelfstandig voortbewegen worden bereikt geen voorspeller is voor ruimtelijk werkgeheugen op de leeftijd van vier en zes jaar. Dit onderzoek heeft echter niet gekeken naar de ontwikkeling van het ruimtelijk werkgeheugen wanneer de kinderen een leeftijd hebben bereikt waarop zij gaan lopen. Wanneer dit wel gedaan was, was er mogelijk wel een voorspeller gevonden van de leeftijd waarop de

mijlpalen van zelfstandig voortbewegen worden bereikt en de ontwikkeling van ruimtelijk geheugen. Daarom wordt ondanks de verschillende onderzoekresultaten met in achtneming van de 'embodiment' theorie verondersteld dat er een positieve relatie is tussen de mate van loopervaring en de ontwikkeling van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden.

Een tweede factor die mogelijk een rol speelt bij de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen is exploratie. Exploratie kan gedefinieerd worden als het actief verzamelen van informatie over de fysieke omgeving door interactie met die omgeving (Gibson, 1988). 'Affordances' is een belangrijk begrip bij de uitleg van exploratie. 'Affordances' kunnen omschreven worden als de mogelijkheden tot acties. Deze mogelijkheden zijn afhankelijk van de omgeving en degene die handelt. Door de omgeving te exploreren kan geleerd worden wat de 'affordances' zijn. Een stoel in een ruimte biedt de mogelijkheid om op de stoel te zitten, dit is echter alleen mogelijk als het kind in staat is om te zitten. De mogelijkheden die een voorwerp bieden zijn dus afhankelijk van de motorische vaardigheden die een kind bezit. Er zijn meerdere vormen van exploratie. Dit onderzoek richtte zich specifiek op objectexploratie. Objectexploratie kan gedefinieerd worden als de mogelijkheid om te reiken en te grijpen naar objecten. Objecten kunnen worden geëxploreerd zodat er geleerd kan worden over de 'affordances'. Zo kunnen objecten geëxploreerd worden door ze bijvoorbeeld naar de mond te brengen om er vervolgens op de kauwen of ermee te schudden om zo te leren over het geluid dat ze maken (Gibson, 1988). De relatie tussen exploratie en visueel-ruimtelijk werkgeheugen kan ook uitgelegd worden aan de hand van de 'embodiment' theorie. Zoals eerder vermeld ontstaat cognitie volgens de 'embodiment' theorie door voortdurende interactie tussen het lichaam en de omgeving (Smith & Gasser, 2005; Wilson, 2002). Die interactie tussen het lichaam en de omgeving kan gezien worden als exploratie. Door middel van exploratie leren kinderen meer over ruimtelijke relaties van objecten en ruimten (Caruso, 1993; Gibson, 1988), waardoor de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen wordt bevorderd. Op basis van de 'embodiment' theorie zou verondersteld kunnen worden dat exploratie samenhangt met de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

Empirisch onderzoek is in lijn met de hypothesen vanuit deze theorie. Onderzoek laat zien dat er een relatie is tussen exploratie en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Het blijkt namelijk dat zowel de kwantiteit (Caruso, 1993; Choudhury & Gorman, 2000; Schuetze et al., 1999) als de kwaliteit van explorerend gedrag (Schuetze et al., 1999) positief samenhangt met het probleemoplossend vermogen bij cognitieve taken. Ander onderzoek toont aan dat een

hogere mate van exploratie tijdens de kindertijd samenhangt met een hogere mate van visueel-ruimtelijk geheugen bij kinderen in de leeftijd van vier en zes jaar oud (Oudgenoeg-Paz, Leseman, & Volman, 2014). Deze onderzoeksresultaten met in achtname van de ‘embodiment’ theorie veronderstellen een positieve relatie tussen exploratie en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden.

Het lijkt er dus op dat zowel loopervaring als exploratie voorspellers zijn voor de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Daarnaast blijkt uit onderzoek dat er ook een relatie lijkt te bestaan tussen loopervaring en exploratie (Karasik et al., 2011). Vanuit de ‘embodiment’ theorie kan de relatie tussen loopervaring en exploratie worden uitgelegd. Exploratie begint bij baby’s vooral door kijken naar objecten, gezichten en ruimten in de nabije omgeving (Caruso, 1993; Gibson, 1988). Kinderen tot ongeveer vier maanden oud kunnen alleen kijken naar de objecten, gezichten en ruimten die voorkomen binnen hun kleine blikveld (Gibson, 1998). Later kan een kind een object grijpen en vasthouden, omdat de motoriek dan zover ontwikkeld is dat dit mogelijk is. Kleine kinderen leren eigenschappen van objecten door hun handen en mond. Wanneer kinderen ouder worden, nemen ook de motorische vaardigheden toe; ze kunnen zich bijvoorbeeld zelfstandig door de ruimte voortbewegen. Dit heeft tot gevolg dat er meer exploratiemogelijkheden zijn zoals gooien en gericht kijken naar het object. Hierdoor krijgen kinderen steeds meer informatie over de objecten en wat je ermee kan doen (Gibson, 1988; Gustafson, 1984). Op basis van de ‘embodiment’ theorie zou verondersteld kunnen worden dat de mate van loopervaring samenhangt een verandering van exploratiemogelijkheden. Daarnaast zou op basis van de theorie verondersteld worden dat exploratie een mediërende rol zou kunnen spelen in de relatie tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

Empirisch onderzoek is in lijn met de hypothesen vanuit deze theorie. Onderzoek toont namelijk aan dat lopende kinderen anders exploreren dan kruipende kinderen. (Karasik et al., 2011). Kinderen die kunnen lopen exploreren objecten op grotere afstand, verplaatsen zich naar anderen om objecten te delen en dragen objecten. Kruipende kinderen delen de objecten met anderen wanneer zij stationair zijn en prefereren objecten in de nabije omgeving. Ander onderzoek laat zien dat baby’s die zitten meer exploreren dan baby’s die liggen (Soska & Adolph, 2014). Een ander onderzoek toont aan dat kinderen die op een andere manier objecten kunnen exploreren meer explorerend gedrag laten zien (Needham, Barrett, & Peterman, 2002). Een groep kinderen van drie maanden oud heeft wanten aangekregen met klittenband, de controlegroep niet. De kinderen zijn allen nog niet in staat om gericht objecten te pakken. Door de wanten met klittenband ervaren kinderen dat objecten eraan blijven

plakken, waardoor er nieuwe mogelijkheden tot objectexploratie ontstaan. Het blijkt dat de kinderen met de wanten meer nieuwe ervaringen op hebben gedaan op het gebied van exploratie. Ze hebben bijvoorbeeld langer gekeken naar de objecten en meer slaande bewegingen gemaakt. Deze empirische informatie met in achtneming van de theorie veronderstellen een positieve relatie tussen de mate van loopervaring en exploratie bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden. Daarnaast kan verondersteld worden dat de relatie tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen gemedieerd wordt door exploratie bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden.

Samenvattend kan gesteld dat er werd verwacht dat de mate van loopervaring positief samenhangt met de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden oud en dat exploratie deze relatie medieert. De vraagstelling die hierbij hoort is: “Is er een mediërende rol van exploratie in de relatie tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden?”

## **Methode**

### **Steekproef**

Op basis van een adreslijst verkregen van de gemeente Utrecht waren 650 ouders/verzorgers van kinderen in de leeftijd van tien tot 14 maanden aselect benaderd middels een brief. Er hadden 127 ouders/verzorgers gereageerd om mee te doen met het onderzoek. Uiteindelijk hadden 77 kinderen met hun ouder(s)/verzorger(s) deelgenomen aan het onderzoek. Voor dit specifieke onderzoek werd gebruik gemaakt van een dataset van 44 kinderen, omdat op het moment van schrijven van dit onderzoek nog niet alle 77 kinderen naar het laboratorium waren geweest. Ook werd het aantal kinderen dat betrokken kon worden in dit onderzoek beperkt vanwege enkele missende data. Het huidige onderzoek maakte gebruik van één meetmoment waarop de kinderen 14 maanden oud zijn. De steekproef bestond uit 24 jongens en 20 meisjes. De gemiddelde leeftijd van de kinderen was 14.63 maanden met een bijbehorende standaardafwijking van .20.

Van 40 ouders was het opleidingsniveau bekend. Van de moeders heeft 2.28% een Mbo-opleiding, 22.73% een Hbo-opleiding en 65.9% een Universitaire opleiding als hoogst afgeronde opleiding. Van de vaders heeft 2.28% een Vwo-opleiding, 9.09% een Mbo-opleiding, 34.09% een Hbo-opleiding en 45.45% een Universitaire opleiding afgerond. Van 42 ouders was de nationaliteit bekend. Ruim 88% van de ouders heeft een Nederlandse nationaliteit.

### **Procedure**



Voorafgaand aan de testafnames in het laboratorium vulden ouders online twee vragenlijsten in. Voor de eerste vragenlijst hielden ouders bij welke motorische mijlpalen hun kind tussen de tien en 14 maanden heeft bereikt. Een tweede vragenlijst vulden ouders in wanneer hun kind 14 maanden oud was. Met behulp van deze vragenlijst werden achtergrondgegevens en het ontwikkelingsniveau op verschillende domeinen verzameld.

Vervolgens kwamen ouders met hun kind van 14 maanden oud naar het laboratorium van de Universiteit Utrecht. Getrainde onderzoeksassistenten namen middels een vaste procedure een serie taken af bij het kind. Er werd onder andere een zoektaak afgenomen waarbij de 'Head mounted eye-tracker' werd ingezet om de oogbewegingen van het kind te registreren. Daarnaast zijn er twee vrij spel momenten van drie minuten geweest waarop het kind kon spelen met klein en met groot speelgoed. De totale testafname duurde ongeveer een uur. Wanneer ouders toestemming gaven, werd de hele testafname opgenomen op video.

### **Meetinstrumenten**

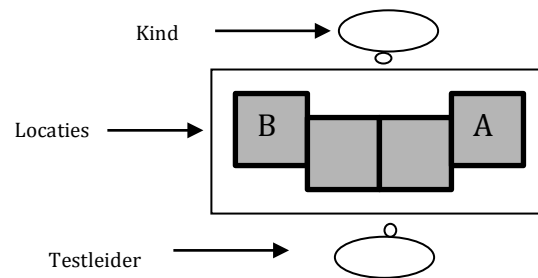
**Mate van loopervaring.** Deze onafhankelijke variabele werd gemeten aan de hand van de oudervragenlijst 'Motorische Mijlpalen' (Bodnarchuk & Eaton, 2004). De vragenlijst omvat tien motorische mijlpalen. De ouders kregen een beschrijving van de mijlpalen en op basis van deze beschrijving konden ze bepalen of hun kind de mijlpaal wel of niet bereikt had. Wanneer het kind de mijlpaal had behaald, vulde de ouder in op welke leeftijd in maanden of op welke datum dit werd behaald. Voor het meten van loopervaring werd in dit onderzoek gebruik gemaakt van de mijlpaal 'lopen langer' wat betekent dat lopen als belangrijkste wijze van verplaatsing en zonder steun van ouder of ander steunpunt wordt gebruikt. Het aantal weken dat het kind mijlpaal tien heeft bereikt, werd gehanteerd als score voor de mate van loopervaring. Onderzoek waarin ouderrapportage over het behalen van motorische mijlpalen is vergeleken met de 'Alberta Infant Motor Scale' (AIMS) toont aan dat ouderrapportage middels de oudervragenlijst 'Motorische Mijlpalen' een betrouwbare en valide manier is voor het meten van deze data (Bodnarchuk & Eaton, 2004).

**Mate van exploratie.** De mate van exploratie werd gemeten aan de hand van observatie van een vrije spelsituatie tijdens de testafname in het laboratorium. Het vrije spel bestond uit twee sessies van drie minuten, één met klein speelgoed en één met groot speelgoed. Het speelgoed had altijd een vaste plek in de ruimte en het kind had een vaste startpositie. Van deze vrije spelsituatie werd een video-opname gemaakt. De mate van exploratie werd vastgesteld door iedere vijf seconden te scoren of het kind geen objecten, één object, meerdere objecten of combinaties van objecten hanteerde. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid kwam gemiddeld uit op een kappa groter dan .70. De somscore van

exploratie werd bepaald door de 36 afzonderlijke scores die behaald werden bij het vrij spel met klein speelgoed en de 36 scores van het vrij spel met groot speelgoed bij elkaar op te tellen. Hoe hoger de score, hoe complexer en dus hoe hoger het niveau van exploratie. Het maken van combinaties met objecten wordt als een complexere vorm van exploratie gezien dan het hanteren van één object of meerdere objecten. Om objecten te combineren moeten namelijk eerst de objecten afzonderlijk zijn gehanteerd alvorens iemand in staat is om de objecten te combineren (Belsky & Most, 1981; Lockman, 2000). Bij vijf kinderen uit de steekproef ontbraken er minimaal één tot maximaal vijf scores. Bij deze kinderen was bekeken welke score het meest werd behaald door dit kind. Vervolgens werd de meest voorkomende score toegekend aan de missende score(s).

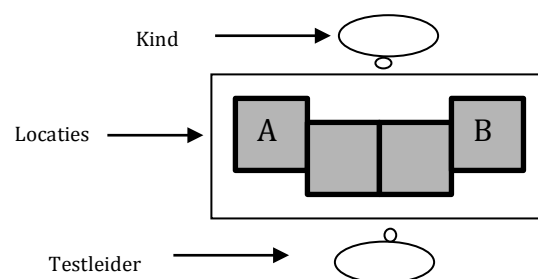
**Mate van visueel-ruimtelijk werkgeheugen.** De mate waarin het visueel-ruimtelijk werkgeheugen is ontwikkeld, werd gemeten aan de hand van een zoektaak tijdens de testafname in het laboratorium. Tijdens de geheugentaak zat het kind aan tafel bij de ouder op schoot. Op de tafel stond een testopstelling met vier luiken waarachter een speelgoed verstopt kon worden. De afname startte met twee opstarttrials. Bij de eerste trial werd het speelgoed voor de helft verstopt. Het kind kon dus de helft van het object tussen het luik vastgeklemd zien. Bij de tweede opstarttrial was het speelgoed geheel achter een luik. Na de opstarttrials werd het speelgoed verstopt achter een luik waarna afleidtijd van één seconde volgde. Het speelgoed werd eerst op de A locatie, zie Figuur 1.1, verstopt.

■ **Figuur 1.1.** Positie van de A en B locatie voor de eerste en derde wissel



Wanneer het speelgoed verstopt was, werd het kind voor één seconde lang afgeleid doordat er een scherm voor de zoekopstelling werd geplaatst. Daarna werd het scherm weggehaald en werd het kind gevraagd om te zoeken. Het speelgoed werd verstopt op de A locatie totdat het kind het twee keer achter elkaar vond. Wanneer het kind na vier zoekpogingen het speelgoed niet twee keer achter elkaar vond op de A locatie werd de taak afgebroken. Als het kind het speelgoed wel twee keer achter elkaar vond op de A locatie, werd het speelgoed verstopt op de B locatie. Zie Figuur 1.1 voor de aanduiding van de B locatie. Het kind moest dan weer het speelgoed twee keer achter elkaar binnen vier zoekpogingen vinden op de B locatie. De B locatie was dan de A locatie geworden. Zie hiervoor Figuur 1.2. Wanneer het kind het speelgoed dan weer twee keer achter elkaar binnen vier zoekpogingen vond op de nieuwe A locatie werd het speelgoed nog eenmaal verstopt op de B locatie. Het eerste onderdeel was hiermee afgesloten.

■ **Figuur 1.2.** Positie van de A en B locatie voor de tweede en vierde wissel



Deze gehele verstoppprocedure werd herhaald tijdens het tweede onderdeel waarbij het afleidmoment verlengd werd naar 3 seconden. De testleider zette na het verstopp het scherm er voor gedurende 3 seconden. Vervolgens haalde zij het scherm weg en vroeg het kind weer te gaan zoeken. Het kind kon bij de gehele taak maximaal vier punten scoren omdat

er vier wissels in de twee onderdelen zaten. Kinderen kregen een punt voor iedere succesvolle zoekpoging op de B locatie, dus na de wissel. Ook wanneer kinderen geen zoekpoging deden of ze met twee handen zochten, werden er geen punten toegekend.

Een hogere score op deze taak betekent dat een kind beter in staat is om de locatie van een object te onthouden en wordt daarmee gehanteerd als maat voor de ontwikkeling van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

### **Analyses**

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag werd een mediaticanalyse uitgevoerd middels een hiërarchische regressieanalyse volgens de stappen van Baron en Kenny (1986). In eerste instantie werd het effect van de mate van loopervaring als onafhankelijke variabele op de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen als afhankelijke variabele vastgesteld. Vervolgens werd het effect van de mate van loopervaring op de mate van exploratie vastgesteld. Daarna werd het effect van de mate van exploratie op de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen vastgesteld. Na deze stappen werd de mediaticanalyse uitgevoerd: het effect van de mate van loopervaring en de mate van exploratie op de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen werd vastgesteld. Door middel van een Sobeltest (Sobel, 1982) werd gekeken of de mediatie significant was.

### **Resultaten**

Dit onderzoek had gekeken of er een relatie is tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden. Daarnaast werd bekeken of exploratie deze relatie medieerde. Om de onderzoeksvraag te beantwoorden werd gebruik gemaakt van de Baron en Kenny (1986) methode. In Tabel 1 staat een overzicht van de beschrijvende statistieken met de gemiddelden, standaardafwijkingen en de correlaties van de gebruikte variabelen; loopervaring, exploratie en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Van de 44 kinderen konden 23 kinderen lopen op de leeftijd van 14 maanden. Deze kinderen hadden gemiddeld 9.67 weken loopervaring ( $SD = 6.69$ ). De score voor exploratie werd vastgesteld door de scores van klein en groot speelgoed van het vrije spel bij elkaar op te tellen. Er blijkt een zwakke correlatie te bestaan tussen klein en groot speelgoed ( $r = 0.30$ ;  $p < .05$ ;  $n = 44$ ). Toch was er gekozen om deze samen te voegen, omdat er op deze manier informatie vanuit twee bronnen werd gebruikt.

Tabel 1

*Gemiddelden (M), Standaarddeviaties (SD) en Pearsons Correlaties tussen Loopervaring, Exploratie en Visueel-Ruimtelijk Werkgeheugen*

Schaal	1	2	3	M (SD)
1. Loopervaring		.16	.36*	5.06 (6.84)
2. Exploratie			.34*	123.39 (31.55)
3. Visueel-ruimtelijk Werkgeheugen				.84 (.81)

\*  $p \leq .05$ . \*\*  $p \leq .01$ . \*\*\*  $p \leq .001$ .

Om de relatie tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden vast te stellen, werd gebruik gemaakt van een enkelvoudige regressie analyse. Deze resultaten zijn te vinden in Tabel 2. Tabel 2 laat zien dat er een positieve relatie bestaat tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Deze relatie was statistisch significant en had een middelmatige effectgrootte. Dit bevestigde de hypothese dat meer loopervaring samenhangt met een hogere mate van visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

Tabel 2

*Uitkomsten (Hiërarchische) Regressieanalyses Loopervaring en Exploratie als Voorspellers van Visueel-ruimtelijk Werkgeheugen*

Variabele	B (SE)	Beta	R <sup>2</sup>	ΔR <sup>2</sup>	95% CI	d
Exploratie	0.01 (0.00)*	.34	.12		[.00, .02]	0.69
Model 1						
Loopervaring	0.04 (0.02)*	.36	.13		[.01, .08]	0.76
Model 2						
Loopervaring	0.04 (0.02)*	.31	.13		[.00, .07]	0.64
Exploratie	0.01 (0.00)*	.29	.21	.08*	[.00, .02]	0.64

*Noot.* CI = confidence interval.

\*  $p \leq .05$ . \*\*  $p \leq .01$ . \*\*\*  $p \leq .001$ .

Vervolgens is er gebruik gemaakt van een enkelvoudige regressie analyse om de relatie tussen de mate van loopervaring en exploratie bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden vast te stellen. Deze resultaten zijn te vinden in Tabel 3. Tabel 3 laat zien dat er geen significante relatie bestaat tussen de mate van loopervaring en exploratie. Dit gaf geen bevestiging voor de hypothese dat meer loopervaring samenhangt met een hogere mate van exploratie.

Tabel 3

*Uitkomsten Regressieanalyses Loopervaring als Voorspeller van Exploratie*

Variabele	<i>B (SE)</i>	<i>Beta</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>95% CI</i>
Loopervaring	0.74 (0.70)	.16	.03	[-.68, 2.16]

*Noot.* CI = confidence interval.

\*  $p \leq .05$ . \*\*  $p \leq .01$ . \*\*\*  $p \leq .001$ .

Daarna werd nogmaals een enkelvoudige regressie analyse uitgevoerd om de relatie tussen de mate van exploratie en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden vast te stellen. Deze resultaten zijn te vinden in Tabel 2. Tabel 2 laat zien dat er positieve relatie bestaat tussen de mate van exploratie en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Deze relatie was statistisch significant en had een middelmatige effectgrootte. Dit bevestigde de hypothese dat een hogere mate van exploratie samenhangt met een hogere mate van visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

Tot slot werd middels een hiërarchische regressie analyse gekeken of exploratie de relatie tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen medieert. Deze resultaten zijn te vinden in Tabel 2. Tabel 2 laat zien dat zowel loopervaring als exploratie positieve voorspellers zijn voor visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Aangezien er geen significante relatie bestaat tussen de mate van loopervaring en exploratie werd geen mediatie-effect van exploratie verwacht. Het toevoegen van exploratie aan het model zorgde voor 8% extra verklaarde variante. Het leverde dus een significante verbetering op om exploratie mee te nemen in het model met loopervaring als onafhankelijke variabele en visueel-ruimtelijk werkgeheugen als afhankelijke variabele. De Sobeltest (Sobel, 1982) wees uit dat de mediërende rol van exploratie in relatie tussen loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen niet significant is (*Sobel Z* = 1.06,  $p = .290$ ). Dit gaf geen bevestiging voor de

hypothese exploratie een mediërende rol speelt in de relatie tussen loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

### **Conclusie en discussie**

Dit onderzoek richtte zich op de relatie tussen motorische en cognitieve ontwikkeling bij kinderen. Specifiek stond de relatie tussen loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen centraal. Daarnaast werd bekeken of exploratie deze relatie medieerde. De onderzoeksvraag die hierbij aansluit is: “Is er een mediërende rol van exploratie in de relatie tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen in de leeftijd van 14 maanden?”. De bijbehorende hypothese was dat meer loopervaring samenhangt met een hogere mate van visueel-ruimtelijk werkgeheugen en dat deze relatie gemedieerd wordt door exploratie. De resultaten van dit onderzoek lieten zien dat er een positieve relatie is gevonden tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Ook bleek de mate van exploratie een positieve voorspeller te zijn van visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Er werd geen mediërende rol van exploratie in de relatie tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen aangetoond.

De resultaten lieten zien dat er een positieve relatie bestaat tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Dit is in lijn met de hypothesen vanuit de ‘embodiment’ theorie’. Deze theorie stelt dat cognitieve ontwikkeling ontstaat door een voortdurende dynamische interactie tussen het fysieke lichaam en de fysieke omgeving (Smith, 2005; Smith & Gasser, 2005; Wilson, 2002). Volgens deze theorie zijn beweging en motorische controle belangrijk bij de ontwikkeling van cognitie bij kinderen. Nieuwe motorische vaardigheden bieden kinderen, naast nieuwe mogelijkheden tot verplaatsing, nieuwe mogelijkheden ten opzichte van objecten in de omgeving (Campos et al., 2000). Met nieuwe motorische vaardigheden kunnen kinderen meer leren over ruimtelijke relaties. Dit kan de ontwikkeling van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen aanzienlijk vergroten. Ook komt het gevonden resultaat overeen met onderzoek van Clearfield (2004). Dit onderzoek toont namelijk aan dat kinderen beter in staat zijn een verstopt speelgoed te vinden wanneer zij meer loopervaring hebben.

Daarnaast lieten de resultaten een positieve relatie zien tussen de mate van exploratie en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Dit is in lijn met de hypothesen vanuit de ‘embodiment’ theorie. De interactie tussen lichaam en omgeving kan gezien worden als een vorm van exploratie. Middels exploratie leren kinderen dus meer over ruimtelijke relaties van objecten en ruimten (Caruso, 1993; Gibson, 1988). Dit bevordert de ontwikkeling van visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Deze gevonden resultaten passen bij eerdere studies van Caruso,

(1993) Choudhury en Gorman (2000) en Schuetze, Lewis en DiMartino (1999). Zij vonden in onderzoek dat zowel de kwantiteit als de kwaliteit van exploratie positief samenhangt met het probleemoplossend vermogen bij cognitieve taken.

Verder werd bekeken of er een relatie bestaat tussen de mate van loopervaring en exploratie. De resultaten lieten geen significante relatie zien tussen de mate van loopervaring en exploratie. Dit is niet in lijn met de 'embodiment' theorie. Met deze theorie zou gesteld kunnen worden dat kinderen met meer motorische vaardigheden meer exploratiemogelijkheden hebben. Kleine kinderen leren over eigenschappen van objecten middels handen en de mond. Later kunnen kinderen meer met objecten zoals bijvoorbeeld gooien of er gericht naar kijken (Caruso, 1993). De resultaten zijn dus anders dan de hypothese die voort kan vloeien uit de theorie.

Tot slot lieten de resultaten zien dat exploratie geen mediërende rol heeft in de relatie tussen de mate van loopervaring en visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Dit is niet in lijn met de 'embodiment' theorie zoals hierboven besproken. Dit resultaat is logisch gezien er geen relatie is aangetoond tussen de mate van loopervaring en exploratie. Hier zijn enkele verklaringen op inhoudelijk en methodologisch niveau te noemen.

Een methodologische verklaring voor het niet vinden van een significante relatie tussen de mate van loopervaring en exploratie kan zijn dat exploratie op de manier zoals het werd gemeten te algemeen is. De taken uit het babylaboratorium waren mogelijk te breed om exploratie te meten zoals bedoeld was in het onderzoek. De taken uit het laboratorium keken naar het aantal en combinaties van objecten. Misschien was het zinvol geweest om enkel te kijken naar het aantal objecten in plaats van ook de combinaties te scoren. Daarnaast vielen onder het maken van combinaties met objecten uiteenlopende combinaties zoals bijvoorbeeld objecten op elkaar en objecten in elkaar. Dit zijn verschillende gedragingen die nu onder één noemer vielen. Wanneer dit apart gescoord zou worden, zouden er mogelijk andere scores uit komen. Ook zou het kunnen zijn dat de manier waarop explorerend gedrag werd gemeten niet voldoende was om een duidelijk verschil te laten zien tussen het explorerend gedrag van kruipende en lopende kinderen. Wanneer er mogelijk ander speelgoed gebruikt zou worden, dat bij hanteren bijvoorbeeld veel ervaring met loopervaring zou vergen, was er mogelijk wel een verschil te zien geweest in het explorerend gedrag van kruipende en lopende kinderen.

Een meer inhoudelijke verklaring kan zijn dat specifiek loopervaring als motorische vaardigheid niet samenhangt met exploratie, maar dat andere motorische vaardigheden samenhangen met ander of meer explorerend gedrag. De empirische literatuur spreekt namelijk vaak over zelfstandig voortbewegen in het algemeen en het bereiken van nieuwe



motorische vaardigheden die mogelijk zorgen voor meer of ander exploratiegedrag. Misschien dat bijvoorbeeld de transitie van liggen naar zitten wel ander of meer explorerend gedrag laat zien. Het onderzoek van Soska & Adolph (2014) laat namelijk zien dat baby's die zitten meer explorerend gedrag laten zien dan baby's die liggen. Daarnaast kan het zijn dat motorische vaardigheden wel samenhangen met andere vormen van exploratie, maar dat deze samenhang niet bestaat voor objectexploratie.

De empirische informatie die gebruikt is om de 'embodiment' theorie over de relatie tussen loopervaring en exploratie kracht bij te zetten is niet heel specifiek gericht op het lopen van kinderen en daardoor het verkrijgen van meer of andere exploratiemogelijkheden (Soska & Adolph, 2014). De empirische literatuur spreekt meer algemeen over motorische ontwikkeling. Mogelijk kan er vanuit de 'embodiment' theorie niet volledig verklaard worden hoe de relatie tussen loopervaring en exploratie verloopt. Mogelijk klopt de hypothese vanuit de theorie niet. Het zou kunnen zijn dat exploratie meer gedreven wordt door motivatie of leergierigheid dan door de mate van loopervaring. Daarnaast zou er ook sprake kunnen zijn van een derde factor die loopervaring en exploratie voorspelt.

Verder zijn er nog enkele algemene zwakke kanten te noemen van dit onderzoek. Het onderzoek richtte zich op jonge kinderen in de leeftijd van 14 maanden. De vraag is of dit een leeftijd is waarop op een betrouwbare manier taken bij af kunnen worden genomen die cognitie meten. Daarnaast zijn cognitieve processen moeilijk los van elkaar te bekijken. De taken in het laboratorium deden ook een beroep op concentratie en aandacht. Wanneer deze vaardigheden bij kinderen achterliepen ten opzichte van de andere kinderen kan dit de testafname hebben beïnvloed. Daarnaast bestond de steekproef slechts uit 44 kinderen. Ook was de steekproef weinig representatief voor de Nederlandse bevolking. Het overgrote deel van de ouders uit de steekproef is hoogopgeleid en heeft een Nederlandse nationaliteit. Daardoor moet er voorzichtig met de resultaten van dit onderzoek worden omgegaan, omdat ze niet gegeneraliseerd kunnen worden. Dit was overigens niet het doel van het onderzoek.

Naast de verklaringen voor het niet vinden van significante relaties en de zwakke kanten kent het onderzoek ook sterke kanten. In dit onderzoek werd namelijk gebruik gemaakt van meerdere onderzoeksinstrumenten en informanten. De dataverzameling bestond uit afgenomen taken bij het kind in het babylaboratorium, ouderrapportage middels dagboeken en vragenlijsten en een observatie aan de hand van videomateriaal. Daarnaast leverde dit onderzoek een bijdrage aan het schaarse onderzoek over motorische en cognitieve ontwikkeling.

Vervolgonderzoek zou specifiekere kunnen kijken naar de manier waarop exploratie wordt gemeten. Wellicht sluit een andere manier van exploratie meten beter aan bij het construct loopervaring. Er zou een andere vorm van exploratie gebruikt kunnen worden of bij deze vorm van objectexploratie enkel het aantal gehanteerde objecten geteld kunnen worden. Het bestuderen van andere wetenschappelijke theorieën die mogelijk beter aansluiten bij de relatie tussen loopervaring en exploratie kan nieuwe inzichten bieden over deze relatie. Mogelijk is de relatie niet zo direct en wordt ander of meer explorerend gedrag versterkt door een hoge mate van motivatie of leergierigheid. Longitudinaal onderzoek naar de relatie tussen motorische ontwikkeling en cognitie kan mogelijk meer inzicht geven in welke motorische mijlpalen het meest van invloed zijn op de cognitieve ontwikkeling van kinderen. Longitudinaal onderzoek biedt daarnaast de mogelijkheid om kinderen van verschillende leeftijden met elkaar te vergelijken. Daarmee kan gekeken worden of het op lange termijn schade oplevert voor de cognitie wanneer kinderen bepaalde motorische mijlpalen later behalen door doorgaans het geval is.

Binnen onderzoek naar motoriek en cognitie valt nog veel te onderzoeken. De ontwikkelingen en complexe samenhang van motoriek en cognitie in de vroege kinderjaren blijft een interessant onderzoeksterrein. Het vormt de basis voor de verdere ontwikkeling van het kind.

## Literatuur

- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M., & Nurmi, J. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to grade 2. *Journal of Educational Psychology, 96*, 69-713. doi:10.1037/0022-0663.96.4.699
- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 106*, 20-29. doi:10.1016/j.jecp.2009.11.003
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49*, 5-28. doi:10.1080/027249896392784
- 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
- Belsky, J., & Most, R. K. (1981). From exploration to play: A cross-sectional study of infant free play behavior. *Developmental Psychology, 17*, 630-639. doi:10.1037/0012-1649.17.5.630
- Bodnarchuk, J. L., & Eaton, W. O. (2004). Can parent reports be trusted? Validity of daily checklists of gross motor milestone attainment. *Journal of Applied Developmental Psychology, 25*, 481-490. doi:10.1016/j.appdev.2004.06.005
- Campos, J. J., Anderson, D. I., Barbu-Roth, M. A., Hubbard, E. M., Hertenstein, M. J., & Witherington, D. (2000). Travel broadens the mind. *Infancy, 1*, 149-219. doi:10.1207/S15327078IN0102\_1
- Caruso, D. A. (1993). Dimensions of quality in infants' exploratory behavior: relationships to problemsolving ability. *Infant Behavior and Development, 16*, 441-454. doi:0.1016/0163-6383(93)80003-Q
- Choudhury, N., & Gorman, K. S. (2000). The relationship between attention and cognitive performance in 17-24 months old toddlers. *Infant and Child Development, 9*, 127-146. doi:10.1002/1522-7219(200009)
- Clearfield, W. M. (2004). The role of crawling and walking experience in infant spatial memory. *Journal of Experimental Child Psychology, 89*, 214-241. doi:10.1016/j.jecp.2004.07.003
- Gibson, E. J. (1988). Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and the acquiring of knowledge. *Annual Review of Psychology, 39*, 1-42. doi:10.1146/annurev.ps.39.020188.000245

- Gustafson, G. E. (1984). Effects of the ability to locomote on infants' social and exploratory behaviors: An experimental study. *Developmental Psychology, 20*, 397-405.  
doi:10.1037/0012-1649.20.3.397
- Herbert, J., Gross, J., & Hayne, H. (2007). Crawling is associated with more flexible memory retrieval by 9-month-old infants. *Developmental Science, 10*, 183-189.  
doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00548.x
- Hockema, S. A., & Smith, L. B. (2009). Learning your language, outside-in and inside-out. *Linguistics, 47*, 453-479. doi:10.1515/LING.2009.016
- Karasik, L. B., Tamis-LeMonda, C. S., & Adolph, K. E. (2011). Transitions from crawling to walking and infants' actions with objects and people. *Child Development, 82*, 1199-1209. doi:10.1111/j.1467-8624.2011.01595.x
- Kretch, K. S., Franchak J. M., & Adolph, K. E. (2013). Crawling and Walking Infants See the World Differently. *Child Development*. Ontleend van <http://dx.doi.org/10.1111/cdev.12206>
- Lockman, J. J. (2000). A perception-action perspective on tool use development. *Child Development, 71*, 137-144. doi:10.1111/1467-8624.00127
- Murray, G. K., Jones, P. B., Kuh, D., & Richards, M. (2007). Infant developmental milestones and subsequent cognitive function. *Annals of Neurology, 62*, 128-136.  
doi:10.1002/ana.21120
- Murray, G. K., Jones, P. B., Moilanen, K., Veijola, J., Miettunen, J., Cannon, T. D., & Isohanni, M. (2006). Infant motor development and adult cognitive functions in schizophrenia. *Schizophrenia Research, 81*, 65-74. doi:10.1016/j.schres.2005.08.016
- Mohr, H. M., & Linden, D. E. J. (2005). Separation of the systems for color and spatial manipulation in working memory revealed by a dual-task procedure. *Journal of Cognitive Neuroscience, 17*, 355-367. doi:10.1016/S0010-0277(02)00010-0
- Needham, A., Barrett, T., & Peterman, K. (2002). A pick-me-up for infants' exploratory skills: early simulated experiences reaching for objects using 'sticky mittens' enhances young infants' object exploration skills. *Infant Behavior and Development, 25*, 279-295. doi:10.1016/S0163-6383(02)00097-8
- Newcombe, N. S., & Learmonth, A. (1999). Change and continuity in early spatial development: Claiming the "Radical middle". *Infant Behavior and Development, 22*, 457-474. doi:10.1016/S0163-6383(00)00019-9

- Oudgenoeg-Paz, O., Leseman, P. 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
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology, 88*, 348-367. doi:10.1016/j.jecp.2004.04.002
- Piaget, J. (1953). *The origin of the intelligence in the child*. London: Routledge.
- Pickering, S. J. (2001). The development of visuo-spatial working memory. *Memory, 9*, 423-432. doi:10.1080/09658210143000182
- Piek, J. P., Dawson, L., Smith, L. M., & Gasson, N. (2008). The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability. *Human Movement Science, 27*, 668-681. doi:10.1016/j.humov.2007.11.002
- Piper, M. C., & Darrah, J. (1994). *Motor Assessment of the Developing Infant*. Oxford: Elsevier Health Sciences.
- Reznick, J. S., Morrow, J. D., Goldman, B. D., & Snyder, J. (2004). The onset of working memory in infants. *Infancy, 6*, 145-154. doi:10.1207/s15327078in0601\_7
- Romano, E., Babchishin, L., Pagani, L. S., & Kohen, D. (2010). School readiness and later achievement: replication and extension using a nationwide Canadian survey. *Developmental Psychology, 46*, 995-1007. doi:10.1037/a0018880
- Schuetze, P., Lewis, A. & DiMartino, D. (1999). Relation between time spent in daycare and exploratory behaviors in 9-month-old infants. *Infant Behavior and Development, 22*, 267-276. doi:10.1016/S0163-6383(99)00006-5
- 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., & Gasser, M. (2005). The development of embodied cognition: Six lessons from babies. *Artificial Life, 11*, 13-29. doi:10.1162/1064546053278973
- Sobel, M. E. (1982). Asymptotic confidence intervals for indirect effects in structural equation models. *Sociological Methodology, 13*, 290-312. doi:10.2307/270723
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*, 745-759. doi:10.1080/17470210500162854
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin and Review, 9*, 625-636. doi:10.3758/BF03196322

WHO Multicentre growth reference study group (2006). WHO Motor development study: Window of achievement for six gross motor development milestones. *Acta Paediatrica*, 450, 86-95. doi:10.1111/j.1651-2227.2006.tb02379.x