

Persepsjon av visuell bevegelse og prospektiv kontroll:

Hjerne- og atferdsstudier hos terminfødte og premature spedbarn



PERSEPSJON Et spedbarn har på seg EEG-hette mens hun ser på ulike visuelle stimuli på skjermen. Foto: Kjell A. Olsen

Tidlig intervensjon kan være viktig for å forebygge problemer med klossethet. Artikkelen presenterer aktuell hjerne- og atferdsforskning på terminfødte og premature spedbarn.

TEKST

Ekaterina Zotcheva
Audrey van der Meer

PUBLISERT 2. september 2016

ABSTRACT:

Visual motion perception and prospective control in infants

In infancy, we develop perceptual mechanisms that allow us to correctly perceive our surroundings, and to calculate our next movement so as to avoid unwanted collisions. The relationship between perception and behaviour is crucial to our ability to execute adequate prospective control. This article presents brain and behavioural research examining the development of prospective control in healthy, full-term infants, and in infants born prematurely.

There are indications that preterm birth affects visual perception of motion, and hence prospective control. Identifying deficits in visual motion perception and early intervention may therefore be important in preventing problems with clumsiness.

Keywords: prospective control, brain and behavioural development, visual motion perception, perceptual information for action, dorsal stream vulnerability, optic flow, looming

EMNER

prospektiv kontroll

hjerne- og atferdsutvikling

visuell bevegelsespersepsjon

perseptuell informasjon for handling

sårbarhet i dorsalstrømmen

optisk strømning

truende

Når vi navigerer gjennom omgivelsene, får vi kontinuerlig perseptuell informasjon om det som omgir oss, slik at vi kan beregne vår neste bevegelse. Gibson (1986) foreslo at persepsjon og atferd er gjensidig avhengige av hverandre og ikke kan behandles separat. Vår atferd styres av det vi fornemmer, og det vi fornemmer, styres av vår atferd. Dermed er det viktig å være i stand til å samle så korrekt informasjon som mulig om vår egen og eksterne objekters bevegelse gjennom omgivelsene, samt å kunne reagere hensiktsmessig på endringer.

Den visuelle informasjonen vi mottar fra omgivelsene, styrer altså i stor grad hvordan vi beveger oss, og hvordan vi reagerer på plutselige forandringer. Denne informasjonen prosesseres i to separate, men interagerende, kortikale strømmer. Den ventrale strømmen, som ofte omtales som «hva»-strømmen, er ansvarlig for objektgjenkjenning, og formidler informasjon fra occipitallappen til temporallappen. Den dorsale strømmen, ofte omtalt som «hvor»-strømmen, er viktig for persepsjon av bevegelse, samt bevegelsesplanlegging, og formidler informasjon fra occipitallappen, gjennom medial temporal (MT)- og medial superior temporal (MST)-områdene, videre til parietallappen.

Gjennom dagen gjennomfører vi en rekke handlinger, slik som å gå, gi en high-five, spise, eller å kaste oss bakover i sofaen etter en lang dag. Vi er i stand til å gjennomføre disse handlingene takket være prospektiv kontroll. Prospektiv kontroll er vår evne til å utføre og planlegge presist kalkulerte bevegelser tilpasset våre skiftende omgivelser (Adolph, Eppler, Marin, Weise & Clearfield, 2000). Selv høyt automatiserte, gjentagende bevegelser slik som gange må kontinuerlig tilpasses omgivelsene. Da bevegelsene våre er avhengige av persepsjon, er det viktig at den visuelle informasjonen vi mottar, er så korrekt som mulig.

«Prospektiv kontroll er vår evne til å utføre og planlegge presist kalkulerte bevegelser tilpasset våre skiftende omgivelser»

En rekke studier tyder på at persepsjon av visuell bevegelse, som jo er en dorsalstrøm-funksjon, er hemmet ved en rekke utviklingsforstyrrelser (Braddick, Atkinson & Wattam-Bell, 2003; Grinter, Maybery & Badcock, 2010; Spencer, O'Brien, Riggs, Braddick, Atkinson & Wattam-Bell, 2000) samt hos premature spedbarn (Atkinson & Braddick, 2012; Grinter et al., 2010; Guzzetta, Tinelli, Del Viva, Bancale, Arrighi, Pascale & Cioni, 2009; Tremblay, Vannasing, Roy, Lefebvre, Kombate, Lassonde et al., 2014; Van Braeckel, Butcher, Geuze, Van Duijn, Bos & Bouma, 2008). Prematur fødsel defineres som fødsel før 37 fullførte svangerskapsuker (Sosial- og helsedirektoratet, 2007). Da viktige deler av dorsalstrømmen utvikler seg i løpet av de siste ukene i fosterlivet, kan det tenkes at en prematur fødsel kan forstyrre denne utviklingen (Hammarrenger, Leporé, Lippé, Labrosse, Guillemot & Roy, 2003).

Utvikling av prospektiv kontroll er ikke bare avhengig av vår tilpasning til miljøet, men også av vår tilpasning til endringer i kroppen vår. I løpet av våre første leveår gjennomgår kroppen store forandringer. Kroppsdeler vokser, og vi må være i stand til å tilpasse oss disse kroppslige endringene, både sansemessig og funksjonelt. Forskere har derfor vist stor interesse for utviklingen av prospektiv kontroll hos friske terminfødte så vel som premature spedbarn (Agyei, Van der Weel & Van der Meer, 2016a). Gjennom hjerne- og atferdsstudier av premature og terminfødte barn vil vi vise hvordan persepsjon av visuell bevegelse er påvirket av prematuritet, og hvordan dette kan ses i sammenheng med de vanskene barna har med prospektiv kontroll.

Øye-hånd-koordinasjon

Når en skal fange en gjenstand som beveger seg raskt, kreves det avansert timing og evne til å forutse hvor gjenstanden kommer til å befinne seg i umiddelbar fremtid, hvilket igjen krever prospektiv kontroll av hode, øyne og armbevegelser. Det hjelper ikke å bevege hånden til det stedet der gjenstanden sist ble sett, for innen hånden kommer dit, har gjenstanden allerede beveget seg lenger bort. I en tverrsnittsstudie ble 6 terminfødte spedbarn i en alder av 43 til 50 uker testet i prospektiv kontroll av fanging av en leke. Spedbarna satt overfor et løpebånd der en leke beveget seg frem og tilbake, i fire ulike hastigheter. Før leken nådde barnet, forsvant den bak et hinder, slik at barna en kort periode ikke kunne se den. Før leken forsvant bak hinderet, beveget spedbarna blikket mot området der leken kom til å dukke opp, og rakte hånden fremover for å fange den. Dette er tydelige tegn på tidlig prospektiv kontroll (Van der Meer, Van der Weel & Lee, 1994).

I en senere longitudinell studie undersøkte Van der Meer, Van der Weel, Lee, Laing & Lin (1995) hvordan prospektiv kontroll av å rekke hånden mot et objekt utvikles hos spedbarn med økt risiko for alvorlige og lettere nevrologiske funksjonsforstyrrelser. En gruppe premature med gjennomsnittlig gestasjonsalder på 28,7 uker og gjennomsnittlig fødselsvekt på 1178 g, og en gruppe terminfødte spedbarn ble sammenlignet med samme metode som beskrevet ovenfor. Nesten samtlige av de premature spedbarna var forsinket i utviklingen av håndrekking, til tross for at alderen var korrigert for prematuritet. I tillegg viste de problemer med å forutse når leken kom til å dukke opp

igjen. Resultatene tyder på at de terminfødte kontrollbarna brukte tid-til-kollisjon som informasjonsvariabel for å flytte blikket og rekke hånden fremover. Bruk av tid-til-kollisjon som informasjonsvariabel for å styre handling regnes som en mer effektiv strategi, da den gir like god tid til å utføre en bevegelse, uavhengig av hastigheten på objektet. Denne strategien vil heretter bli omtalt som *tidsstrategi*. De premature spedbarna syntes derimot å bruke en informasjonsvariabel basert på lekens avstand fra en selv for å skifte blikket og rekke hånden fremover. En strategi som bruker avstand som informasjonsvariabel, heretter omtalt som *avstandsstrategi*, er mindre effektiv. Den kan føre til feilberegninger, spesielt dersom objektet kommer mot individet i stor hastighet. Ved 48 uker var den prospektive kontrollen av håndrekking og fanging av leken mindre utviklet hos to av de premature spedbarna. Dette resultatet var i overensstemmelse med nevrologiske data som ble gjort tilgjengelig for forskerne etter dataanalysen. De samme premature spedbarna ble ved 18 og 21 måneder diagnostisert med henholdsvis mild og moderat cerebral parese (Van der Meer et al., 1995). En senere studie av ulike strategier for tidsberegning hos premature født < 32 gestasjonsuker og/eller med en fødselsvekt mellom 1000 og 2000 g fant at ett prematurt spedbarn ikke skiftet til den mer effektive tidsstrategien med alderen, og dermed hadde større problemer med å fange leken enn spedbarna som hadde skiftet til denne strategien (Kayed & Van der Meer, 2009). Effekten av prematuritet på prospektiv kontroll synes også å vedvare inn i ungdomsårene (Aanondsen, Van der Meer, Brubakk, Evensen, Skranes, Myhr & Van der Weel, 2007), noe som tyder på at dette ikke er noe en bare «vokser av seg».

Utviklingen av prospektiv kontroll har også blitt undersøkt i vårt nevrovitenskapelige utviklingslaboratorium hos unge spedbarn mens de «fanget» en bevegelig gjenstand med blikket. Øyebevegelser ble registrert hos terminfødte spedbarn ved 5- og 12-månedersalderen, og hos premature spedbarn født < 33 gestasjonsuker og med en fødselsvekt mellom 1000–1710 g ved 12-månedersalderen (korrigert) mens spedbarna så på en virtuell bil som kjørte med ulike hastigheter langs en rektangulær bane på en stor skjerm. Med jevne mellomrom forsvant bilen bak et hinder, og dukket opp igjen like etter. Resultatene tyder på at de terminfødte spedbarna ble bedre i stand til å følge bilen med jevne øyebevegelser samt forutse når bilen kom til å dukke opp igjen etter hinderet. De premature spedbarna syntes å være like gode til å forutse når bilen ville dukke opp igjen, men de viste mindre jevne øyebevegelser mens de fulgte bilen. I motsetning til hos de terminfødte barna var øyebevegelsene til de premature barna ved ettårsalderen karakterisert av sakkader, som i større grad representerer en reaksjon på en endring i stimulus enn en forfølgelse av bevegelsen til stimulusen (Khodadadifar, 2015). Sakkader ses på som en mer umoden teknikk for å følge en bevegelse, sammenlignet med jevne øyebevegelser (Rosander & Von Hofsten, 2002).

Kollisjonsrespons

For å unngå uønskede kollisjoner og for å kunne utføre hverdagslige bevegelser slik som fanging, dukking og sparking er det nødvendig for oss å kunne korrekt oppfatte når ulike objekter nærmer seg. Utviklingsstudier har sett på utviklingen av tidsberegning

for kollisjoner hos spedbarn. Termen *looming* blir brukt til å forklare den siste delen av en optisk hendelse der et objekt beveger seg mot en person (Kayed & Van der Meer, 2000; 2007).

Blinking blir sett på som den beste indikatoren på bevissthet om visuelle stimuli på en direkte kollisjonskurs i tidlig spedbarnsalder (Yonas, 1981). Korrekt beregning av et forsvarsblunk er svært viktig, da et blunk som forekommer for tidlig, kan føre til at øynene åpnes før kollisjonen, mens et blunk som forekommer for sent, kan føre til at objektet treffer øynene, med skade på hornhinnen til følge.

Utviklingen i tidsberegningen av et forsvarsblunk ble undersøkt hos premature spedbarn med en gjennomsnittlig gestasjonsalder på 29 uker og gjennomsnittlig fødselsvekt på 1297 g for å se hvorvidt prematuritet påvirker når en blunkerrespons på et objekt på direkte kollisjonskurs opptrer (Kayed, Farstad & Van der Meer, 2008). Ved 26-ukers korrigert alder brukte litt under halvparten av de premature spedbarna en strategi basert på objektets visuelle vinkel for å velge når de skulle blunke. Dette vil si at barnet blunker når objektet når en bestemt størrelse på skjermen i forhold til det selv. Denne strategien kan sammenlignes med avstandsstrategien, som brukes for å rekke hånden mot et bevegelig objekt. De øvrige spedbarna brukte den mer effektive tidsstrategien. Med alderen hadde alle de premature spedbarna skiftet over til tidsstrategien, med unntak av ett barn, som fortsatte å bruke vinkelstrategien. Det samme barnet viste alvorlige problemer med tidsberegning i en senere longitudinell studie av håndrekking (Kayed & Van der Meer, 2009).

Ved å simulere et objekt på direkte kollisjonskurs kan man undersøke hvordan hjernen prosesserer informasjon om en nær forestående kollisjon for å observere hvilken strategi som tas i bruk for å beregne en respons (Van der Meer, Svantesson & Van der Weel, 2012). Elektroencefalogram (EEG), særlig i kombinasjon med øyebevegelser (Holth, Van der Meer & Van der Weel, 2013), har vist seg svært nyttig i forskning på prospektiv kontroll og persepsjon av visuell bevegelse på millisekundnivå. Van der Meer et al. (2012) undersøkte hjernerens responser på *looming* i terminfødte spedbarn ved hjelp av høy-tetthets EEG (se bilde). Spedbarna ble testet ved 5–6 måneder og igjen ved 12–13 måneder mens de så på et virtuelt objekt på direkte kollisjonskurs ved tre ulike hastigheter. Resultatene viste at strategiene for tidsberegning endret seg med alderen. Ved 5–6 måneder ble vinkelstrategien og tidsstrategien brukt om hverandre. Ved 12–13 måneder brukte alle spedbarna tidsstrategien, og viste en reaksjon nærmere kollisjonen, som kan være en indikasjon på endringer i hjernen knyttet til modning og økt erfaring med egenprodusert bevegelse (Van der Meer et al., 2012). Dette er i overensstemmelse med tidligere funn, som viser en signifikant reduksjon i prosesseringstid av *looming* med alderen, samt at de eldste spedbarna (10–11 måneder) bruker en tidsstrategi framfor en vinkelstrategi (Van der Weel & Van der Meer, 2009).

Den samme metoden ble brukt for å undersøke hvorvidt prematur fødsel påvirker utviklingen i oppfatning av et objekt på direkte kollisjonskurs. En gruppe premature med en gjennomsnittlig gestasjonsalder på 31 uker og gjennomsnittlig fødselsvekt på 1622 g og en gruppe terminfødte spedbarn ble testet først ved 4–5 måneders alder, og

igjen ved 12 måneder, korrigert for prematuritet. Med alderen ble de terminfødte spedbarna bedre i stand til å beregne responsen på objektet på direkte kollisjonskurs, og viste ved 12 måneder en hjernerrespons like lenge før kollisjonen uavhengig av objektets hastighet, noe som tyder på at de brukte en tidsstrategi. De premature barna viste derimot ingen signifikant forbedring, og viste en respons på ulike tidspunkt avhengig av objektets hastighet, noe som tyder på at de fortsatte å bruke en vinkelstrategi. Dette kan ha stor betydning for hvordan de premature spedbarna beregner fysiske responser på faktiske objekter på kollisjonskurs (Zotcheva, 2015).

Optic flow

Endringer i omgivelsene som oppstår som følge av observatørens egne bevegelser, er svært viktige for visuell persepsjon (Gibson, 1986). Når vi beveger oss i omgivelsene, oppstår en flyt av visuelle inntrykk som omtales som *optic flow* (Bruce, Green & Georgeson, 2003). Persepsjon av optic flow har vist seg å være viktig i blant annet kontroll av gangretning (Bruggeman, Zosh & Warren, 2007; Warren, Kay, Zosh, Duchon & Sahuc, 2001), justering av positur, kontroll av bevegelseshastighet (Vilhelmsen, Van der Weel & Van der Meer, 2015) så vel som i unngåelse av hindringer (Wilkie & Wann, 2003).

EEG-studier tyder på at optic flow prosesseres raskere enn tilfeldig visuell bevegelse, sannsynligvis på grunn av menneskers omfattende erfaring med optic flow i hverdagen (Agyei, Holth, Van der Weel & Van der Meer, 2015; Van der Meer et al., 2008). Spedbarn som ikke har begynt å gå, prosesserer optic flow saktere enn voksne, og prosesseringstiden reduseres med økt erfaring med optic flow som følge av selv-produsert bevegelse gjennom omgivelsene (Van der Meer, Fallet & Van der Weel, 2008). Dette funnet har senere blitt bekreftet av Agyei et al. (2015), som viste at spedbarns prosesseringstid av optic flow minket fra spedbarna var 3–4 måneder gamle til de var 11–12 måneder gamle. Prosesseringstiden var kortest for optic flow som simulerte fremoverbevegelse, og lengre for optic flow som simulerte bakoverbevegelse. Lengst prosesseringstid ble observert for tilfeldig bevegelse. Dette kan forklares av at hjernen tilpasser seg og foretrekker den mest naturlige bevegelsesformen, nemlig bevegelse fremover. Resultatene tyder på at spedbarna med alderen utviklet mer spesialiserte nevralt nettverk for å kunne prosessere viktig visuell informasjon raskt (Agyei et al., 2015).

I en senere studie ble utviklingen i prosessering av optic flow undersøkt hos premature spedbarn (Agyei, Van der Weel & Van der Meer, 2016b; Zotcheva, 2015). En gruppe premature med gjennomsnittlig gestasjonsalder på 31 uker og gjennomsnittlig fødselsvekt på 1622 g, samt en gruppe terminfødte spedbarn, ble testet ved to anledninger, først da de var 4–5 måneder gamle, og igjen da de var 12 måneder gamle, korrigert for prematuritet. Spedbarna i den premature gruppen viste ingen signifikant reduksjon i prosesseringstid, og skilte heller ikke signifikant mellom framlengs og baklengs optic flow og tilfeldig bevegelse. Videre ble det observert at de premature spedbarna som gjorde det spesielt dårlig i optic flow-eksperimentet, også gjorde det

spesielt dårlig i looming-eksperimentet (Zotcheva, 2015). Da deres nåværende nevrologiske status er ukjent, er det av interesse å innkalle disse barna ved et senere tidspunkt for å undersøke hvorvidt de fortsatt viser tegn på forstyrrelser i dorsalstrømrelaterte funksjoner, og hvorvidt dette påvirker hverdagen deres.

Dorsalstrømsårbarhet hos premature?

Den forskningen vi har presentert ovenfor, tyder på at prematuritet kan føre med seg problemer med prospektiv kontroll og prosessering av visuell bevegelse. Dette til tross for at de premature spedbarna i disse studiene ikke var ekstremt premature, ikke hadde noen åpenbare hjerne- eller synsproblemer ved testing, og at alderen ved testing ble korrigert for prematuritet. En rekke studier tyder på at premature har en høyere forekomst av Cerebral Visual Impairment (CVI), en term som brukes for å beskrive problemer med visuell persepsjon hos barn (se Orbitus, De Cock & Lagae, 2011 for en gjennomgang av CVI hos premature). I tillegg har MRI-studier vist at premature spedbarn har mindre mengde hvit hjernematerie (Hüppi, Maier, Peled, Zientara, Barnes, Jolesz & Volpe, 1998; Mewes, Hüppi, Als, Rybicki, Inder, McAnulty et al., 2006), samt at tenåringer med meget lav fødselsvekt har tynnere cortex i temporal- og parietallappen (Martinussen, Fischl, Larsson, Skranes, Kulseng, Vangberg, Vik, Brubakk, Haraldseth & Dale, 2005).

Når evnen til korrekt prosessering av visuell bevegelse er hemmet, blir personen ofte oppfattet som klossete. Dette kan i sin tur forklare hvorfor premature synes å ha en høyere forekomst av Developmental Coordination Disorder (DCD) enn i befolkningen generelt (Goyen & Lui, 2009; Holsti, Grunau & Whitfield, 2002). Dersom prematur fødsel påvirker dorsalstrømmen og dermed prospektiv kontroll, vil viktigheten av tidlig intervensjon være desto større. Tidlig tilrettelegging og fasilitering hos barn med risiko for utviklingsforstyrrelser kan bidra til å minske belastning og problemer i senere alder (McCormick, Brooks-Gunn, Buka, Goldman, Yu, Salganik, Scott et al., 2006; Smith, Groen, Wynn, 2000; Vitaro & Tremblay, 2009).

I Norge fødes omtrent 7,5 % barn for tidlig, noe som utgjør omtrent 4400 barn i året (Sosial- og helsedirektoratet, 2007). Ved alle universitetsklinikker i landet blir syn kontrollert før utskrivelse med fokus på prematuritetsretinopati og mindre synssvekkelser, og øyne kontrolleres igjen ved 12–15 måneder ved tre av seks universitetsklinikker (Sosial- og helsedirektoratet, 2007). Heftet *Faglige retningslinjer for oppfølging av for tidlig fødte barn* (Sosial- og helsedirektoratet, 2007) har derimot ingen henvisninger til visuell persepsjon og CVI-problematikk. Da forskning viser at det kan være en sammenheng mellom problemer med prosessering av visuell bevegelse og motorisk utvikling, foreslår vi at dette inkluderes i større grad enn i dag. Det må imidlertid nevnes at videre forskning og videreutvikling er nødvendig før de metodene som er beskrevet i denne artikkelen, kan brukes til diagnostisering eller identifisering av enkeltindivider som trenger oppfølging.

Teksten sto på trykk første gang i Tidsskrift for Norsk psykologforening, Vol 53, nummer 9, 2016, side 734-739

TEKST

Ekaterina Zotcheva

Audrey van der Meer

KONTAKT: audrey.meer@svt.ntnu.no

+ Vis referanser

Referanser

Aanondsen, C.M., Van der Meer, A.L.H., Brubakk, A.-M., Evensen, K.A.I., Skranes, J.S., Myhr, G.E. & Van der Weel, F.R. (2007). Differentiating prospective control information for catching in at-risk and control adolescents. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49, 112-116.
DOI:10.1111/j.1469-8749.2007.00112.x

Adolph, K.E., Eppler, M.A., Marin, L., Weise, I.B. & Clearfield, M.W. (2000). Exploration in the service of prospective control. *Infant Behavior and Development*, 23, 441-460.
DOI:10.1016/S0163-6383(01)00052-2

Agyei, S.B., Holth, M., Van der Weel, F.R., & Van der Meer, A.L.H. (2015). Longitudinal study of perception of structured optic flow and random visual motion in infants using high-density EEG. *Developmental Science*, 18, 436-451. DOI:10.1111/desc.12221

Agyei, S.B., Van der Weel, F.R., & Van der Meer, A.L.H. (2016a). Development of visual motion perception for prospective control: Brain and behavioral studies in infants. *Frontiers in Psychology*, 100. DOI:10.3389/fpsyg.2016.00100/j.neuropsychologia.2016.02.001

Agyei, S.B., Van der Weel, F.R., & Van der Meer, A.L.H. (2016b). Longitudinal study of preterm and full-term infants: High-density EEG analyses of cortical activity in response to visual motion. *Neuropsychologia*, 84, 89-104. DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2016.02.001

Atkinson, J. & Braddick, O. (2012). Visual and visuocognitive development of children born very prematurely. I V.R. Preedy (red.), *Handbook of Growth and Growth Monitoring in Health and Disease* (s. 543-656). New York: Springer.

Braddick, O., Atkinson, J., & Wattam-Bell, J. (2003). Normal and anomalous development of visual motion processing: Motion coherence and «dorsal-stream vulnerability». *Neuropsychologia*, 41, 1769-1984. DOI:10.1016/S0028-3932(03)00178-7

Bruce, V., Green, P.R., & Georgeson, M.A. (2003). *Visual Perception: Physiology, Psychology and Ecology* (4. utg.). New York: Psychology Press.

Bruggeman, H., Zosh, W., & Warren, W.H. (2007). Optic flow drives human visuo-locomotor adaptation. *Current Biology*, 17, 2035-2040. DOI:10.1016/j.cub.2007.10.059

Gibson, J.J. (1986). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Goyen, T.-A., & Lui, K. (2009). Developmental coordination disorder in «apparently normal» schoolchildren born extremely preterm. *Archives of Disease in Childhood*, 94, 298-302.
DOI:10.1136/adc.2007.134692

Grinter, E.J., Maybery, M.T., & Badcock, D.R. (2010). Vision in developmental disorders: Is there a dorsal stream deficit? *Brain Research Bulletin*, 82, 147-160.
DOI:10.1016/j.brainresbull.2010.02.016

Guzzetta, A., Tinelli, F., Del Viva, M.M., Bancalè, A., Arrighi, R., Pascale, R.R., & Cioni, G. (2009). Motion perception in preterm children: Role of prematurity and brain damage. *NeuroReport*, 20,

1339-1343. DOI:10.1097/WNR.0b013e328330b6f3

Hammarrenger, B., Leporé, F., Lippé, S., Labrosse, M., Guillemot, J.-P., & Roy, M.-S. (2003). Magnocellular and parvocellular developmental course in infants during the first year of life. *Documenta Ophthalmologica*, 107, 225-233. DOI:10.1023/B:DOOP.0000005331.66114.05

Holsti, L., Grunau, R.V.E., & Whitfield, M.F. (2002). Developmental coordination disorder in extremely low birth weight children at nine years. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 23, 9-15.

Holth, M., Van der Meer, A.L.H., & Van der Weel, F.R. (2013). Combining findings from gaze and electroencephalography recordings to study timing in a visual tracking task. *NeuroReport*, 24, 968-972. DOI:10.1097/WNR.000000000000020

Hüppi, P.S., Maier, S.E., Peled, S., Zientara, G.P., Barnes, P.D., Jolesz, F.A., & Volpe, J.J. (1998). Microstructural development of human newborn cerebral white matter assessed in vivo by diffusion tensor magnetic resonance imaging. *Pediatric Research*, 44, 584-590. DOI:10.1203/00006450-199810000-00019

Kayed, N.S., & Van der Meer, A. (2000). Timing strategies used in defensive blinking to optical collisions in 5- to 7-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, 23, 253-270. DOI:10.1016/S0163-6383(01)00043-1

Kayed, N.S., & Van der Meer, A.L.H. (2007). Infants' timing strategies to optical collisions: A longitudinal study. *Infant Behavior and Development*, 30, 50-59. DOI:10.1016/j.infbeh.2006.11.001

Kayed, N.S., Farstad, H., & Van der Meer, A.L.H. (2008). Preterm infants' timing strategies to optical collisions. *Early Human Development*, 84, 381-388. DOI:10.1016/j.earlhumdev.2007.10.006

Kayed, N.S., & Van der Meer, A.L.H. (2009). A longitudinal study of prospective control in catching by full-term and pre-term infants. *Experimental Brain Research*, 194, 245-258. DOI:10.1007/s00221-008-1692-2

Khodadadifar, T. (2015). Development of smooth pursuit and predictive eye movements in full-term and preterm infants: An occlusion study. Upublisert masteroppgave. Trondheim: Norges tekniske-naturvitenskapelige universitet (NTNU).

Martinussen, M., Fischl, B., Larsson, H.B., Skranes, J., Kulseng, S., Vangberg, T.R., Vik, T., Brubakk, A.-M., Haraldseth, O., & Dale, A.M. (2005). Cerebral cortex thickness in 15-year-old adolescents with low birth weight measured by automated MRI-based method. *Brain*, 128, 2588-2596. DOI:10.1093/brain/awh610

McCormick, M.C., Brooks-Gunn, J., Buka, S.L., Goldman, J., Yu, J., Salganik, M., Scott, D. T., et al. (2006). Early intervention in low birth weight premature infants: results at 18 years of age for the infant health and development program. *Pediatrics*, 117, 771-780. DOI:10.1542/peds.2005-1316

Mewes, A.U.J., Hüppi, P.S., Als, H., Rybicki, F.J., Inder, T.E., McAnulty, G.B., et al. (2006). Regional brain development in serial magnetic resonance imaging of low-risk preterm infants. *Pediatrics*, 118(1), 23-33. DOI:10.1542/peds.2005-2675

Orbitus, E.L., De Cock, P.P., & Lagae, L.G. (2011). Visual perception in preterm children: What are we currently measuring? *Pediatric Neurology*, 45, 1-10. DOI:10.1016/j.pediatrneurol.2011.02.008

Rosander, K., & Von Hofsten, C. (2002). Development of gaze tracking of small and large objects. *Experimental Brain Research*, 146, 257-264. DOI:10.1007/s00221-002-1161-2

Smith, T., Groen, A.D., & Wynn, J.W. (2000). Randomized trial of intensive early intervention for children with pervasive developmental disorder. *American Journal of Mental Retardation*, 105(4), 269-285.

Sosial- og helsedirektoratet (2007). Faglige Retningslinjer for Oppfølging av For Tidlig Fødte Barn. Oslo, Norway.

Spencer, J., O'Brien, J., Riggs, K., Braddick, O., Atkinson, J., & Wattam-Bell, J. (2000). Motion processing in autism: Evidence for a dorsal stream deficiency. *NeuroReport*, 11, 2765-2767.

- Tremblay, E., Vannasing, P., Roy, M.-S., Lefebvre, F., Kombate, D., Lassonde, M., et al. (2014). Delayed early primary visual pathway development in premature infants: High density electrophysiological evidence. *PLoS ONE*, 9(9), 1-9. DOI:10.1371/journal.pone.0107992
- Van Braeckel, K., Butcher, P.R., Geuze, R.H., Van Duijn, M.A.J., Bos, A., & Bouma, A. (2008). Less efficient elementary visuomotor processes in 7- to 10-year-old preterm-born children without cerebral palsy: An indication of impaired dorsal stream processes. *Neuropsychology*, 22(6), 755-764. DOI:10.1037/a0013212
- Van der Meer, A.L.H., Van der Weel, F.R. & Lee, D.N. (1994). Prospective control in catching by infants. *Perception*, 23, 287-302. DOI:10.1068/p230287
- Van der Meer, A.L.H., Van der Weel, F.R., Lee, D.N., Laing, I.A., & Lin, J.-P. (1995). Development of prospective control of catching moving objects in pre-term at-risk infants. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 37, 145-158. DOI:10.1111/j.1469-8749.1995.tb11984.x
- Van der Meer, A.L.H., Fallet, G., & Van der Weel, F.R. (2008). Perception of structured optic flow and random visual motion in infants and adults: A high-density EEG study. *Experimental Brain Research*, 186, 493-502. DOI:10.1007/s00221-007-1251-2
- Van der Meer, A.L.H., Svantesson, M., & Van der Weel, F.R. (2012). Longitudinal study of looming in infants with high-density EEG. *Developmental Neuroscience*, 34, 488-501. DOI:10.1159/000345154
- Van der Weel, F.R., & Van der Meer, A.L.H. (2009). Seeing it coming: infants' brainresponses to looming danger. *Naturwissenschaften*, 96, 1385-1391. DOI:10.1007/s00114-009-0585-y
- Vilhelmsen, K., Van der Weel, F.R., & Van der Meer, A.L.H. (2015). A high-density EEG study of differences between three high speeds of simulated forward motion from optic flow in adult participants. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 9, 146. DOI:10.3389/fnsys.2015.00146
- Vitaro, F. & Tremblay, R.E. (2009). Clarifying and maximizing the usefulness of targeted preventive interventions. I M. Rutter, D. Bishop, D. Pine, S. Scott, J. Stevenson, E. Taylor, & A. Thapar (red.). *Rutter's Child and Adolescent Psychiatry*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Warren, W.H. Jr., Kay, B.A., Zosh, W.D., Duchon, A.P., & Sahuc, S. (2001). Optic flow is used to control human walking. *Nature Neuroscience*, 4, 213-216. DOI:10.1038/84054
- Wilkie, R.M., & Wann, J.P. (2003). Eye-movements aid the control of locomotion. *Journal of Vision*, 3(11), 677-684. DOI:10.1167/3.11.3
- Yonas, A. (1981). Infants' responses to optical information for collision. I R.N. Aslin, J.R. Alberts, & M.R. Petersen, (red.), *Development of Perception: Vol.2. The Visual System* (s. 313-334). New York: Academic Press.
- Zotcheva, E. (2015). Dorsal stream vulnerability in preterm infants - A longitudinal EEG study of visual motion perception. Upublisert masteroppgave. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).