

**Handmatige en digitale codering van door eye-tracking
geregistreerde oogbewegingen
van jonge kinderen: Een vergelijkende studie**

Opgesteld volgens de richtlijnen van "Development Psychology" :

<http://www.apa.org/pubs/journals/dev/>

Woord vooraf

Deze masterproef kwam tot stand door middel van ondersteuning van verschillende personen. Om deze reden wil ik allereerst een woord van dank richten naar mijn promotor, Prof. Dr. Marleen Vanvuchelen. Dankzij haar kennis, inzicht en leiding werd de realisatie van deze studie mogelijk gemaakt. Een tweede persoon, die een groot aandeel heeft in het volbrengen van deze masterproef is co-promotor, Dra. Lise Van Schuerbeek. Haar persoonlijke ondersteuning, kritische blik en dagelijkse hulp en communicatie apprecieer ik ten zeerste, alsook de uitlending en delen van boeken en informatie omtrent het eye-tracking meetinstrument (FaceLAB eye tracking system, versie 5.0) en statistische softwareprogramma SPSS (versie 22.0). Verder wil ik Prof. Dr. Marleen Vanvuchelen en Dra. Lise Van Schuerbeek bedanken voor hun vriendelijkheid, geruststelling en empathie gedurende ieder stadium van het proces die resulteert in deze masterproef. Daarnaast wil ik REVAL (Rehabilitation Research center van Universiteit Hasselt) bedanken voor het gebruik van zijn faciliteiten en IMOB (instituut voor mobiliteit van Universiteit Hasselt) voor de technische bijstand van het eye-trackinginstrument.

Ook zonder de steun van het thuisfront was het niet mogelijk geweest om deze masterproef en graad te behalen. Mijn ouders gaven mij de kans om aan deze opleiding te beginnen en deze te volbrengen. Zij stonden op elk moment klaar om mij te helpen, te troosten of te feliciteren. In het bijzonder wil ik ook mijn vriendin bedanken. Bedankt voor je persoonlijk steun en toeverlaat op goede en kwade momenten. Op elk moment was je er om mij te steunen. Ten slotte zijn er nog vrienden en collega studenten, die evenzeer een bedanking verdienen op zowel schoolniveau als daarbuiten. Bedankt voor alle momenten die we samen konden beleven in onze studentencarrière.

Ham, januari 2015

Y.A.

Situering

Autismespectrumstoornissen zijn door hun prevalentie tussen 0.6 en 1.16 procent één van de meest voorkomende ontwikkelingsstoornissen¹. Kinderen met autisme vertonen beperkingen in sociale interactie, communicatievaardigheden en gedrag¹. De ontwikkeling van autisme gebeurt voor de leeftijd van 3 jaar. Echter wordt de diagnose niet vaak voor de schoolleeftijd gesteld². Een interventieplan kan sneller opgesteld worden naarmate de diagnosestelling vervroegd wordt, wat leidt tot een betere uitkomst in de ontwikkeling van het kind³.

Deze masterproef kadert in het doctoraatsproject van L. Van Schuerbeek met titel: "Through A Kid's Eyes: Do action and intention understanding differentiate young children with autism spectrum disorders from typically developing peers?". REVAL, Onderzoekcentrum voor revalidatie van de Universiteit Hasselt (Prof. Dr. M. Vanvuchelen) realiseert dit project in samenwerking met IMOB (Instituut voor mobiliteit van de Universiteit Hasselt) en LAuRes (Leuven Autisme onderzoek). Typisch ontwikkelende kinderen en leeftijdsgenoten gediagnostiseerd met autisme worden in dit doctoraatsproject onderzocht. Door middel van actie-observatie taken wordt onderzoek naar de manier van observatie en opname in het motorische repertoire van deze kinderen mogelijk. De autisme onderzoekersgroep van REVAL heeft, in eerder onderzoek naar imitatieproblemen bij kinderen met autisme, het diagnostisch proces kunnen vervroegen tot de voorschoolse leeftijd⁴⁻¹³.

In een eerste fase wordt onderzoek verricht in een referentiegroep van typisch ontwikkelende kinderen met een actie-observatie-actie-executie model. Het model suggereert een detectie van zowel de persoon als het object (detectie) door het kind tijdens de observatie, alsook dat het kind observeerbare kenmerken waarneemt die de intentie van de uitgevoerde actie door de volwassene duidelijk maakt (intentie detectie). De geobserveerde actie zal gelijkaardige motorische programma's activeren (simulatie) bij het kind en spontane imitatie uitlokken.

In een tweede fase wordt de verworven kennis van het onderzoek met de referentiegroep onderzocht in een populatie van kinderen met autisme en risico op autisme. Deze jonge kinderen worden bestudeert om eventuele andere patronen in detectie en/of intentie identificatie en/of stimulatie en/of imitatie ten opzichte van typisch ontwikkelende leeftijdsgenoten te onthullen. De resultaten van dit onderzoek kunnen leiden tot een vergroot inzicht in het actie-observatie netwerk bij kinderen met autisme. Op deze manier beoogt dit doctoraatsproject een bijdrage te leveren aan de vervroegde diagnosestelling van autismespectrumstoornissen.

Niet-invasieve technieken zoals eye-tracking en observatie van spontane handelingen voor en na geobserveerde acties van een volwassene worden in dit onderzoek gebruikt.

De huidige studie situeert zich in het eye-tracking onderzoek in de eerste fase van het doctoraatsproject. De oogbewegingen van kinderen worden geregistreerd door middel van eye-tracking, waardoor het kijkgedrag duidelijk wordt¹⁴. De eye-tracking data van typisch ontwikkelde kinderen met een leeftijd tussen 23 en 39 maanden uit de studie van Van Schuerbeek, Kuipers, Braeken, Meesen, Steyaert & Vanvuchelen (z/n)¹⁵ werden hergebruikt in de huidige studie. De

codering van door eye-tracking geregistreeerde oogbewegingen kan gebeuren op twee manieren: handmatig¹⁶ en digitaal¹⁷. De data in de studie van Van Schuerbeeck e.a.(z/n) werden bekomen op een handmatige manier en de codering van de oogbewegingen gebeurde nominaal. In de huidige masterproef wordt een nominale en continue digitale codering gehanteerd. De huidige studie beoogt een vergelijking te maken tussen beide nominale coderingsmethoden. Verder worden de continue digitale eye-tracking data gebruikt om de snelheidsmaat van de predictieve oogbeweging te onderzoeken van typisch ontwikkelende kinderen. Deze masterproef heeft om deze redenen de titel: "Handmatige en digitale codering van door eye-tracking geregistreeerde oogbewegingen van jonge kinderen: Een vergelijkende studie".

Deze masterproef werd geschreven door een student uit de opleiding Revalidatiewetenschappen en Kinesitherapie aan de Universiteit Hasselt (Y.A.), onder leiding van Prof. Dr. M. Vanvuchelen (promotor) en Dra. L. Van Schuerbeeck (co-promotor). Onderzoeksprotocol en data-acquisitie werden gebruikt uit de studie van Van Schuerbeeck e.a. (z/n). De student assisteerde in de data-acquisitie van een volgende eye-tracking studie. Onder begeleiding van de co-promotor voerde de student de data-analyse, statistische analyse en interpretatie van de resultaten uit. De volledige masterproef wordt kritisch nagelezen door Prof. M. Vanvuchelen. Na haar advies, opmerkingen en suggesties, werkte de student de masterproef af.

Referentielijst

- ¹ American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders DSM-IV-TR (Text Revision)*. Washington DC: American Psychiatric Association.
- ² Levy, S. E., Mandell, D. S., & Schultz, R. T. (2009). Autism. *Lancet*, 374, 1627-1638.
- ³ Howlin, P., Magiati, I., & Charman, T. (2009). Systematic review of early intensive behavioral interventions for children with autism. *Am.J.Intellect.Dev.Disabil.*, 114, 23-41.
- ⁴ Vanvuchelen, M., Roeyers, H., De Weerd, W. (2011a). Do Imitation Problems Reflect a Core Characteristic in Autism? Evidence from a Literature Review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 89-95.
- ⁵ Vanvuchelen, M., Roeyers, H., & De Weerd, W. (2011b). Imitation assessment and its utility to the diagnosis of autism: evidence from consecutive clinical preschool referrals for suspected autism. *J.Autism Dev.Disord.*, 41, 484-496.
- ⁶ Vanvuchelen, M., Roeyers, H., & De Weerd, W. (2011c). Development and initial validation of the Preschool Imitation and Praxis Scale (PIPS). *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5, 463-473.
- ⁷ Vanvuchelen, M., Roeyers, H., & De Weerd, W. (2011d). Objectivity and stability of the Preschool Imitation and Praxis Scale. *Am.J.Occup.Ther.*, 65, 569-577.
- ⁸ Vanvuchelen, M., Roeyers, H., & De Weerd, W. (2011e). Measuring procedural imitation aptitude in children: further validation of the Preschool Imitation and Praxis Scale (PIPS). *Percept.Mot.Skills*, 113, 773-792.
- ⁹ Vanvuchelen, M. & Vochten, C. (2011). How much change is true change? The smallest detectable difference of the Preschool Imitation and Praxis Scale (PIPS) in preschoolers with intellectual disabilities of heterogeneous aetiology. *Res.Dev.Disabil.*, 32, 180-187.
- ¹⁰ Vanvuchelen, M., Feys, H., & De Weerd, W. (2011). Is the good-imitator-poor-talker profile syndrome-specific in Down syndrome?: evidence from standardised imitation and language measures. *Res.Dev.Disabil.*, 32, 148-157.
- ¹¹ Vanvuchelen, M. (2009). Imitation problems in children with autism spectrum disorders: A study of their nature, clinical significance and utility in diagnosis.
- ¹² Vanvuchelen, M., Roeyers, H., & De Weerd, W. (2007a). Nature of motor imitation problems in school-aged boys with autism: a motor or a cognitive problem? *Autism*, 11, 225-240.

¹³ Vanvuchelen, M., Roeyers, H., & De Weerd, W. (2007b). Nature of motor imitation problems in school-aged males with autism: how congruent are the error types? *Dev.Med.Child Neurol.*, *49*, 6-12.

¹⁴ Feng, G. (2011). Eye Tracking: A Brief Guide for Developmental Researchers. *Journal of Cognition and Development*, 1-11.

¹⁵ Van Schuerbeeck L., Kuipers G., Braeken M.A.KA, Meesen R., Steyaert J, & Vanvuchelen M. (n.d.). Do preschoolers predict functional actions? *Journal of Experimental Child Psychology*, (submitted).

¹⁶ Hunnius, S. & Bekkering, H. (2010). The early development of object knowledge: a study of infants' visual anticipations during action observation. *Developmental Psychology*, *46*, 446-454.

¹⁷ Aslin, R. N. & McMurray, B. (2004). Automated Corneal-Reflection Eye Tracking in Infancy: Methodological Developments and Applications to Cognition. *Infancy*, *6*, 155-163.

Abstract

Door middel van eye-tracking worden predictieve oogbewegingen geregistreerd in het onderzoek naar het voorspellen van menselijk gedrag. De analyse hiervan gebeurt op twee manieren. In de nominale handmatige manier wordt een "overlay"-video herbekeken en de richting van de oogbewegingen op nominaal niveau gecodeerd. In de digitale manier worden continue eye-tracking data gebruikt, die gehercodeerd worden op nominaal niveau (nominaal digitaal) of gebruikt worden als ruwe data (continue digitaal). Deze studie heeft tot doel de resultaten van beide coderingsmethoden te vergelijken. Oogbewegingen van 25 typisch ontwikkelende kinderen met een leeftijd tussen 1;11m en 3;3m (gemiddelde leeftijd 31.2 maanden, SD 4.5 maanden) worden geregistreerd door middel van corneale reflectie van infraroodstralen (FaceLab). De kinderen zagen een videofragment met twee testcondities (een volwassen persoon, die een gevuld glas neemt om te drinken of om te verplaatsen) en twee controlecondities (een bewegende bal of een bewegende driehoek). Predictieve oogbewegingen werden gedefinieerd als oogbewegingen van de centrale "area of interest" (AOI) naar de correcte "AOI" vooraleer het object vertrekt naar de correcte "AOI". Uit de consistente resultaten van de nominale handmatige en nominale digitale codering blijkt dat menselijke acties (hoofdzakelijk de drinkconditie) meer predictieve oogbewegingen uitlokken. De specificiteit van de handmatige codering is aanvaardbaar, de sensitiviteit daarentegen niet, met uitzondering van de drinkconditie waarin veel predictieve oogbewegingen waargenomen worden. De resultaten van de continue digitale codering bieden bijkomende informatie dat predictieve oogbewegingen in de drinkconditie sneller zijn dan in de verplaatsconditie ($Z=-3.2;p<.001$) en balconditie ($Z=-3.9;p=.001$). De snelheidsmeting van predictieve oogbewegingen zijn belangrijk voor diepgaander onderzoek.

Trefwoorden: Eye-tracking, Coderingsmethode, Actie-observatie, Predictieve oogbewegingen, Kinderen

Inleiding

In het dagelijks leven is het anticiperen op acties van anderen belangrijk om te communiceren en samen te werken (Cannon, Woodward, Gredebäck, Von Hofsten & Turek, 2012). Een belangrijk aspect van de sociale ontwikkeling van kinderen is het begrijpen en imiteren van de acties van anderen (Cannon e.a., 2012). Het begrijpen van motorische acties van anderen is vermoedelijk gerelateerd aan het spiegelneuronensysteem (Gallese, Rochat, Sinigaglia & Cossu, 2009). De lobus parietalis inferior en het posterieure gedeelte van de gyrus frontalis inferior worden geactiveerd bij het observeren van een motorische actie (Rizzolatti, Fadiga, Gallese & Fogassi, 1996; Rizzolatti & Craighero, 2004) en wanneer de motorische actie zelf uitgevoerd wordt (Gallese e.a., 2009). Indirecte metingen van het spiegelneuronensysteem gebeuren door middel van electroencefalografie (EEG), magnetoencefalografie (MEG), transcraniale magnetische stimulatie (TMS) (Rizzolatti & Craighero, 2004), functionele kernspintomografie (fMRI) (Buccino, Lui, Canessa, Patteri, Lagravinese, Benuzzi, Porro & Rizzolatti, 2004) en door middel van eye-tracking techniek. Eye-tracking techniek wordt gebruikt om oogbewegingen te registreren (Feng, 2011; Corbetta, Guan & Williams, 2012). Door middel van predictieve oogbewegingen wordt indirect het functioneren van het spiegelneuronensysteem nagegaan (Flanagan & Johansson, 2003). De "Direct Matching Hypothesis" veronderstelt dat het begrijpen van een geobserveerde actie gegrond is op de eigen motorische representatie van een gelijkaardige actie (Rizzolatti, Fogassi & Gallese, 2001). De relatie tussen predictieve oogbewegingen en motorische ontwikkeling kan ook aan de hand van deze hypothese verklaard worden (Flanagan & Johansson, 2003). Volwassenen vertonen predictieve oogbewegingen in een reikobservatie en verkrijgen op deze manier informatie over het doel van de actie, die voordelig is om de actie te controleren (Rotman, Troje, Johansson & Flanagan, 2006). Flanagan & Johansson (2003) onderzochten oog-handcoördinatiepatronen tijdens het uitvoeren en observeren van het stapelen van blokken bij volwassen personen. Tijdens de observatietaak worden gelijkaardige oog-motorische programma's geactiveerd als bij het uitvoeren van de taak. In beide taken zijn de oogbewegingen eerder predictief dan reactief (Flanagan & Johansson, 2003). Oogbewegingen zijn predictief wanneer een persoon de blik verplaatst naar het einddoel van een motorische actie vooraleer deze actie beëindigd is (Gredebäck, Johnson & Von Hofsten, 2010). Land & Fourneau (1997) stelden vast in een tafeltennistaak dat het einddoel van het traject van de bal bepaald kon worden alvorens het einddoel bereikt is. Dit gebeurde door het analyseren van de oogbewegingen van een observeerder.

Falck-Ytter, Gredebäck en Von Hofsten (2006) onderzochten de oogbewegingen van kinderen van 6 en 12 maanden en volwassenen terwijl deze zagen dat de onderzoeker een bal verplaatste naar een emmer. In tegenstelling tot de jongste kinderen, verplaatsten de oudste kinderen en de volwassenen hun blik naar het einddoel (de emmer) alvorens de bal de emmer bereikte. Ze vertoonden dus predictieve oogbewegingen. De jongste kinderen daarentegen volgden met hun blik de beweging van de bal en hun blik bereikte het einddoel nadat de bal deze bereikte. Zij vertoonden dus reactieve oogbewegingen (Gredebäck e.a., 2010). De vaardigheid om objecten in een emmer te plaatsen komt tot stand tussen de leeftijd van 7 en 9 maanden (Bruner, 1970, geciteerd door Falck-Ytter e.a., 2006). De auteurs suggereren dat de kinderen zelf de vaardigheid moeten beheersen om

een gelijkaardige actie van anderen te kunnen voorspellen (Falck-Ytter e.a., 2006; Kochukova & Gredebäck, 2010).

Ambrosini e.a. (2011) onderzochten bij volwassenen of observeerbare kenmerken van een motorische actie, zoals de greepselectie, gebruikt worden om de actie te voorspellen. In deze studie werd met een precisiegrep naar een klein voorwerp en met een volle handgreep naar een groot voorwerp gereikt. De oogbewegingen van de observator werden geregistreerd. In de reikfase voorspelden de volwassenen reeds het einddoel van de actie op grond van de motorische cue van de greep. Zij keken predictief naar het kleine, respectievelijk grote voorwerp naar gelang de greep (Ambrosini e.a., 2011). Bijkomend werd opgemerkt dat het vroegtijdig aanvatten van de uiteindelijke greep in de reikfase meer voorspellend kijkgedrag uitlokte dan het laattijdig of het niet aanvatten van een specifieke greep (Ambrosini e.a., 2013).

Op methodologisch vlak dient opgemerkt te worden dat de codering van predictieve oogbewegingen in eye-tracking studies op twee manieren gebeurt: handmatig (Hunnius & Bekkering; 2010) en digitaal (Aslin & McMurray, 2004; Falck-Ytter e.a., 2006; Gredebäck e.a., 2009; Gredebäck e.a.; 2010, Oakes, 2010; Kochukova & Gredebäck, 2010; Ambrosini e.a., 2011; Cannon e.a., 2012). De uitkomst bij handmatige codering is per definitie nominaal (Hunnius & Bekkering; 2010). De digitale codering maakt gebruik van een continue stroom van data (Oakes, 2010). Deze codering omvat databerekeningen, waarbij de vertrek- of aankomsttijd van de oogbeweging (in milliseconden) ten opzichte van de vertrek- of aankomsttijd van het object bij het einddoel van de motorische actie gemeten worden. De continue data kunnen nominaal gehercodeerd worden. Beide nominale coderingsmethoden zijn adequaat voor de herkenning en analyse van predictieve oogbewegingen. De continue data van de digitale codering biedt echter het voordeel van meer nauwkeurigheid, snelheidsbepaling en efficiëntie. De snelheid van de predictieve oogbewegingen wordt tevens in kaart gebracht. Tot op heden werd geen vergelijking gemaakt tussen deze twee scoringsprocedures op grond van dezelfde set van oogbewegingsdata.

De huidige studie heeft als doel een handmatige en digitale codering van oogbewegingen te vergelijken. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van bestaande eye-tracking data van een actie-observatiestudie van kinderen met een leeftijd tussen 23 en 39 maanden. De geobserveerde acties in deze studie worden gekenmerkt door motorische cues (cfr. greepselectie). De onderzoekers in de originele studie maakten gebruik van handmatige codering. (Van Schuerbeeck, Kuipers, Braeken, Meesen, Steyaert & Vanvuchelen, z/n). De huidige studie maakt gebruik van digitale codering. De resultaten van de vergelijking van beide coderingsmethoden wordt weergegeven in deze studie.

Methode

Participanten

Voor deze studie worden de eye-tracking data van 25 typisch ontwikkelende kinderen (13 meisjes, 12 jongens) met een leeftijd tussen 23 en 39 maanden (gemiddelde leeftijd 31.24 maanden, SD 4.52 maanden) gebruikt (Van Schuerbeeck e.a., z/n).

Meetinstrument

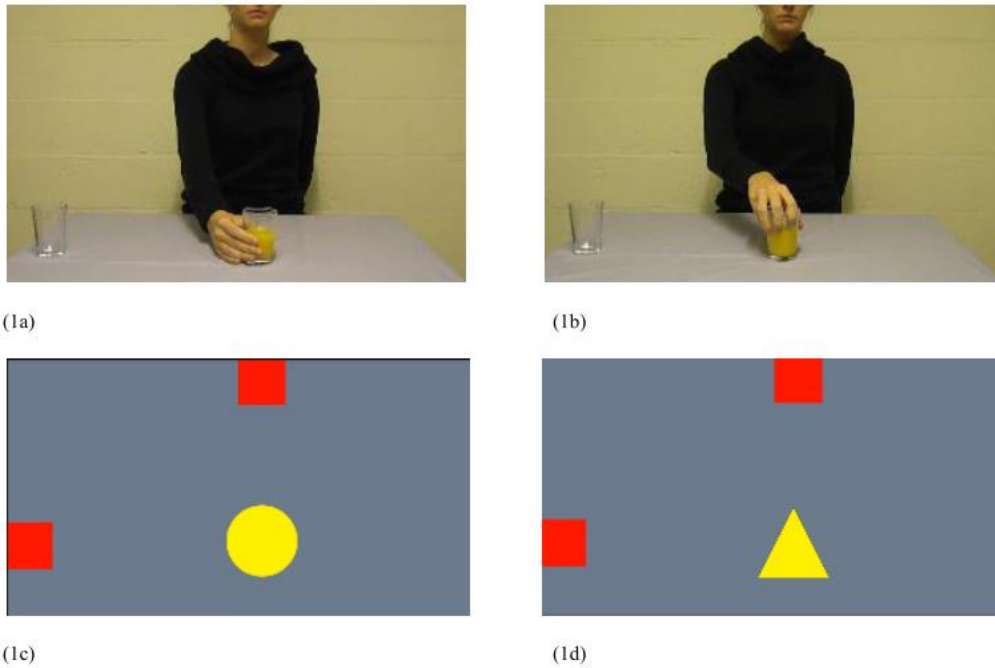
De oogbewegingen van de kinderen worden geregistreerd door middel van een eye-tracking toestel waarbij het hoofd van het kind vrij is, het FaceLAB eye tracking systeem, versie 5.0 geproduceerd door Seeing Machines (Seeing Machines 2006, FaceLAB specifications). Eye-tracking data worden geregistreerd door twee kleine camera's geplaatst onder het scherm die de corneale reflecties van de onzichtbare infraroodstralen registreren (Corbetta e.a.,2012, Feng, 2011). Zowel oog- als hoofdbewegingen kunnen gedetecteerd worden. In de digitale codering worden door middel van het softwarepakket EyeWorks™ continue data bepaald door "frame by frame" detectie van de oogbewegingen.

Stimuli

In een videofragment is een volwassene te zien, die aan een tafel zit. Ze wordt gefilmd van haar middel tot aan de mond om te voorkomen dat de ogen van de volwassene het kind zouden afleiden van de handelingen zelf. De afstand van de tafel tot aan de mond is 13.75° . In het midden van de tafel staat een functioneel object (een glas gevuld met sinaasappelsap) met een hoogte van 4.6° en 13.75° zijdelings staat een leeg glas. In het videofragment is te zien hoe de vrouw op twee manieren naar het glas reikt: met een laterale greep, waarna ze het glas naar de mond brengt om te drinken en met een bovenhandse greep om het glas te verplaatsen naar het lege glas (Figuur 1).

Als controletaken worden bewegende geometrische figuren (een bal en een driehoek) getoond. Wanneer deze figuren op het scherm verschijnen, zullen ze eerst vergroten waarna ze zich verplaatsen naar boven of links zoals ook gebeurt bij het drinken en verplaatsen met het glas . De bal verplaatst naar boven overeenkomstig met het drinken van het glas en de driehoek verplaatst zijdelings overeenkomstig met het verplaatsen van het glas (Figuur 1).

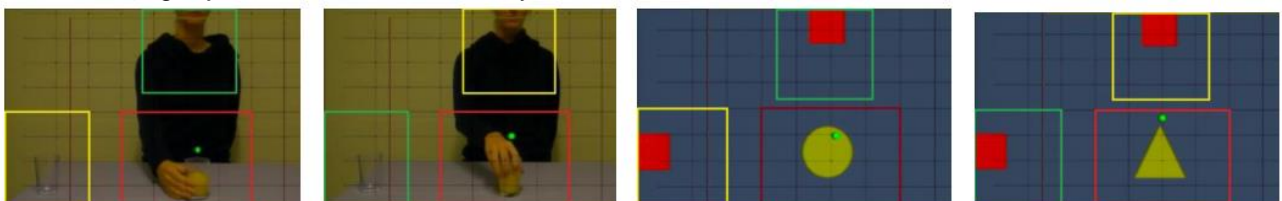
De vier condities (bal, driehoek, drinken en verplaatsen) worden in gerandomiseerde volgorde getoond. Elke conditie wordt 8 keer getoond. Dit geeft een totaal van 32 mogelijkheden om predictieve oogbewegingen te vertonen. Tussen elke stimulus wordt een 2-seconden durende animatie getoond om de aandacht van het kind gevestigd te houden op het videofragment. In het totaal duurt het videofragment 4 minuten en 32 seconden.



Figuur 1. Vier momentopnames van de verschillende condities in het videofragment ontworpen door Van Schuerbeeck e.a. (z/n). De laterale greep om van het glas te drinken (1a), de bovenhandse greep om het glas te verplaatsen (1b), de bal welke vergroot en naar boven verschuift (simuleert drinken) (1c) en de driehoek welke vergroot en naar links verplaatst (simuleert verplaatsen) (1d)

Area of Interest (AOI)

Voor de handmatige en digitale codering worden dezelfde drie “areas of interest” (AOI) afgesteld: de centrale AOI, de correcte AOI en incorrecte AOI. De centrale “AOI” is centraal gelegen en omkadert het gevulde glas in de drink- en verplaatsconditie en de startplaats van de geometrische figuren (bal en driehoek). De benoeming als correcte en incorrecte AOI is afhankelijk van welke conditie getest wordt. De correcte “AOI” voor de drinkconditie is gelegen boven de centrale “AOI” en omgeeft het gebied van de mond van de volwassene. De correcte “AOI” in de verplaatsconditie is zijdelings van de centrale “AOI” gelegen en omgeeft het gebied rondom het lege glas. De correcte “AOI” van de geometrische figuren is overeenkomstig met een van beide reikcondities: bal met de drinkconditie en driehoek met de verplaatsconditie. De incorrecte “AOI” is de “AOI”, welke niet het einddoel is van de actie. De “AOI” situeren zich op voldoende visuele ruimte van elkaar zodat er een duidelijk onderscheid is tussen de 3 verschillende “AOI” bij zowel de handmatige als de digitale codering. Door middel van rastervormige lijnen is het bepalen van duidelijke referentiepunten mogelijk. In figuur 2 worden de 3 “AOI” visueel weergegeven door een gekleurde rechthoek, alsook zijn de rastervormige lijnen zichtbaar in de overlay-video.



Figuur 2. Momentopnames met “AOI” van de verschillende condities uit de studie van Van Schuerbeeck e.a. (z/n). De kleur van de omlijnijng geeft de betekenis van de “AOI” weer. Rood staat voor de centrale “AOI”, groen voor de correcte “AOI” en geel voor de incorrecte “AOI”.

Handmatige scoring van oogbewegingen (Van Schuerbeeck e.a.,z/n)

Een “overlay”-video van de stimuli wordt herbekeken en geeft de oogbewegingen van het kind weer. Op basis van de positie en richting van de oogbewegingen van het kind wordt een score gegeven op nominaal niveau door de beoordelaars. Twee beoordelaars zijn nodig zodat betrouwbaarheid van de codering gecontroleerd kan worden. Trials werden geïnccludeerd indien de participant eerst naar de centrale “AOI” kijkt en vervolgens naar de “AOI” van het correcte doel voor het einde van het totale videofragment. Het aantal geïnccludeerde trials (min. 0 en max. 8 per conditie) is een maatstaf voor adequaat kijkgedrag gezien het aangeeft dat de participant het begin en het einde van de actie waargenomen heeft. Deze trials worden benoemd als geïnccludeerde trials, en zijn ofwel predictief ofwel reactief. Indien participanten naar de correcte “AOI” keken vooraleer het object vertrekt vanuit de centrale “AOI”, werd dit gescoord als predictief (score 1). Wanneer het object reeds vertrokken is richting de “AOI” alvorens de oogbewegingen de correcte “AOI” bereiken, worden ze gescoord als reactief (score 0). De interbeoordelaarbetrouwbaarheid was excellent met kappawaarden tussen .85 to .89 (Van Schuerbeeck e.a.,z/n).

Digitale scoring van oogbewegingen (huidige studie)

Een softwarepakket berekent aan 60 frames per seconde de oogbewegingen van de kinderen tijdens de observatie van het videofragment. Deze ruwe data zijn continue en geven de volgorde van de oogbewegingen in de verschillende “AOI” aan. Op basis van deze data werd in deze studie zowel op nominaal als ratio niveau gecodeerd. Op nominaal niveau werden overeenkomstige criteria gebruikt om te coderen zoals bij de handmatig scoring (score 1 versus score 0). Dit maakt vergelijking van beide methoden mogelijk.

Vervolgens werd op ratio niveau (data in milliseconde) een maat voor de snelheid van predictieve oogbewegingen als volgt berekend voor de trials die op nominaal niveau als predictief werden gescoord. Het moment (ms) dat de oogbeweging in de correcte “AOI” aankomt wordt afgetrokken van het moment (ms) dat het object (glas, bal en driehoek) zich begint te verplaatsen naar het einddoel. Deze waarde wordt benoemd als de snelheidsmaat van predictieve oogbewegingen en zijn dus steeds negatief. De negatieve waarde zal lager zijn naarmate de predictie vroeger gebeurt binnen de observatie. Hoe lager deze waarde, hoe sneller deze predictieve oogbeweging zijn.

Data analyse

Op de nominale digitale scores (score 1 voor predictieve versus score 0 voor reactieve oogbewegingen) worden de volgende analyses uitgevoerd. Eerst wordt bepaald hoeveel trials beantwoorden aan de inclusiecriteria en dus adequaat kijkgedrag was (somscore van alle scores 1 en 0 per conditie). Het verschil tussen het aantal geïnccludeerde trials van het nominaal digitaal coderingssysteem tussen de menselijke condities enerzijds en de niet-menselijke condities anderzijds wordt door middel van een Wilcoxon Signed Rank test berekend.

Indien het aantal geïnccludeerde trials verschillend zou zijn tussen de menselijke en niet-menselijke condities kan niet verder gewerkt worden met het absolute aantal predictieve

oogbewegingen. Om die reden wordt verder gewerkt met de relatieve waarde van het aantal predictieve oogbewegingen ten aanzien van het aantal geïnccludeerde trials met adequaat kijkgedrag. Deze maat wordt het relatieve aantal predictieve oogbewegingen per conditie genoemd. Het relatief aantal predictieve oogbewegingen bestaat uit het aantal predictieve oogbewegingen binnen het aantal geïnccludeerde trials.

$$\text{Relatief aantal predictieve oogbewegingen} = \frac{\text{Aantal predictieve oogbewegingen in 8 stimuli}}{\text{Aantal geïnccludeerde trials in 8 stimuli}}$$

Friedman's test wordt uitgevoerd op het relatief aantal predictieve oogbewegingen van nominale digitale codering van de vier condities onderling. Door middel van de Wilcoxon Signed Rank test wordt deze maat tussen de menselijke condities en de geometrische figuren vergeleken. Verder wordt deze statistische analyse uitgevoerd tussen de condities met menselijke uitvoerder (drinken versus verplaatsen), niet-menselijke uitvoerder (bal versus driehoek) en condities die overeenkomstige bewegingsrichting (drinken versus bal, verplaatsen versus driehoek) hebben.

Om de vergelijking mogelijk te maken tussen de nominale handmatige codering en de nominale digitale codering wordt in eerste instantie het aantal geïnccludeerde trials per conditie vergeleken door middel van een Wilcoxon Signed Rank test. Vervolgens wordt het relatief aantal predictieve oogbewegingen tussen de verschillende condities vergeleken tussen de beide systemen door middel van de Wilcoxon Signed Rank test. Tot slot wordt de nauwkeurigheid van de nominale handmatige codering getoetst ten aanzien van de nominale digitale codering die als gouden standaard beschouwd wordt. Hiervoor wordt een 2 x 2 tabel opgesteld en de sensitiviteit en specificiteit berekend. De interpretatie van de sensitiviteit en specificiteit is als volgt: vanaf een waarde vanaf 70% wordt beschouwd als aanvaardbaar (Barnes, 1982, geciteerd door Council on Children With Disabilities, 2006) met 98% tot 100% als extreem goed (Davidson, 2002).

Met de continue data wordt een vergelijking gemaakt tussen de gemiddelde snelheidsmaat van de predictieve oogbeweging over de 8 trials (lage negatieve waarde, hoge snelheid) tussen de verschillende condities door middel van Friedman's test. Verder worden de gemiddelde snelheidsmaat van de condities (drinken en verplaatsen, bal en driehoek, drinken en bal, verplaatsen en driehoek) vergeleken.

Alle analyses worden uitgevoerd met statistieke software SPSS (versie 22.0). Een Bonferroni correctie wordt als post hoc test uitgevoerd om het risico op een type 1 fout te verlagen door het significantieniveau te delen door het aantal analyses tussen de verschillende condities ($\alpha = .05/4 = .012$).

Resultaten

Het aantal geïnccludeerde trials in de verschillende condities volgens de nominale digitale codering

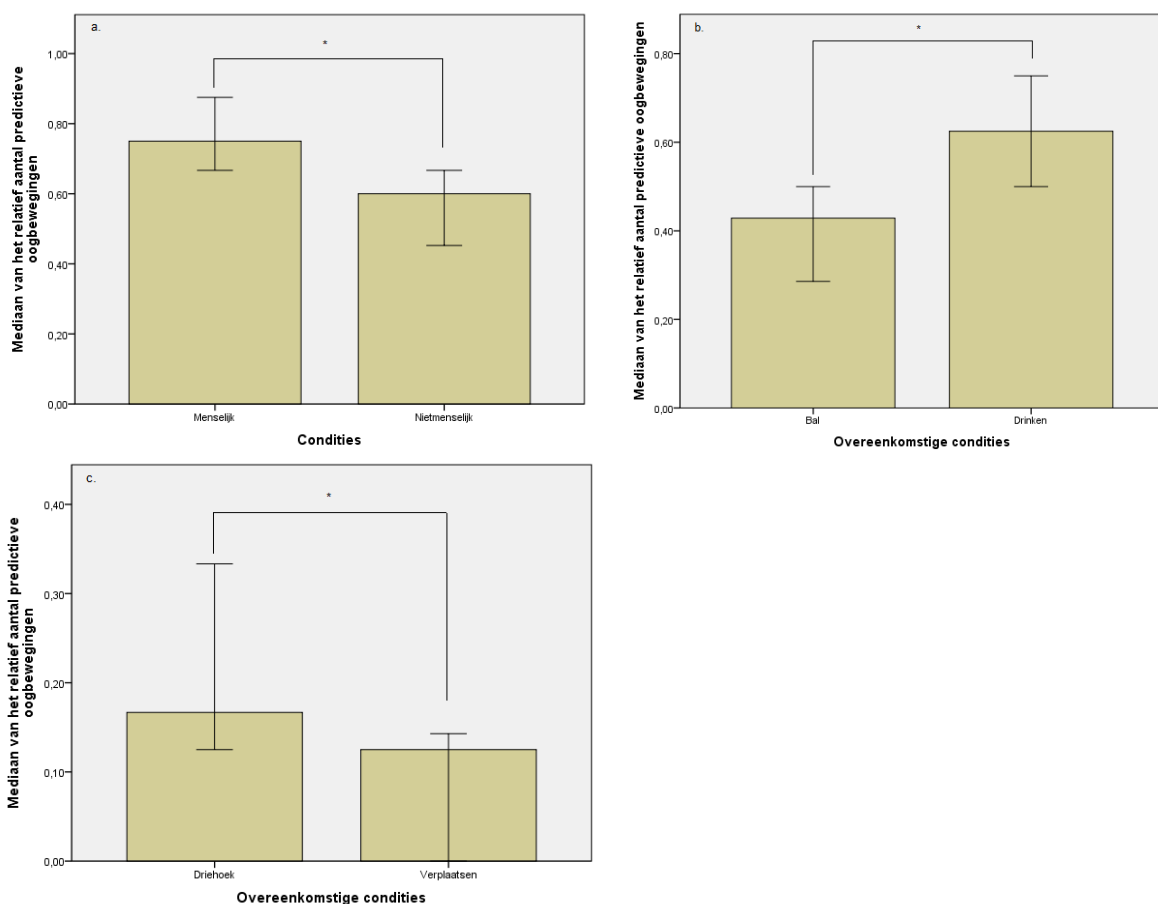
Het aantal geïnccludeerde trials is significant hoger in de menselijke dan in de niet-menselijke conditie ($Z = -3.0$; $p = .003$).

Het relatief aantal predictieve oogbewegingen per conditie volgens de nominale digitale codering

Volgens de nominale digitale codering is het relatief aantal predictieve oogbewegingen in de menselijke conditie hoger dan deze in de niet-menselijke condities ($Z=-2.0$, $p=.048$). Door het toepassen van de Bonferroni correctie wordt dit verschil als niet statistisch betekenisvol beschouwd.

Friedman's test onthult statistisch significante verschillen (Friedman's $X^2 =42.5$; $p <.001$) tussen het relatief aantal predictieve oogbewegingen van de 4 verschillende condities.

In de drinkconditie vertonen de kinderen een hogere relatieve waarde van het aantal predictieve oogbewegingen in vergelijking met de verplaatsingsconditie ($Z= -4.4$, $p= <.001$), de balconditie ($Z= -3.1$, $p=.002$) en de driehoekconditie ($Z= -4.2$, $p= <.001$). Tevens is het relatief aantal predictieve oogbewegingen significant hoger in de balconditie ten opzichte van de driehoekconditie ($Z=-3.1$; $p= .002$). Figuur 3 illustreert deze bevindingen. De resultaten van de nominale digitale codering zijn consistent met de nominale handmatige codering (Van Schuerbeeck e.a., z/n).



Figuur 3. Mediaan van het relatief aantal predictieve oogbewegingen van (a) menselijke en niet-menselijke conditie, overeenkomstige condities (b) bal en drinken en (c) driehoek en verplaatsen. *P- waarde < .012 (Bonferroni). 95% betrouwbaarheidsinterval.

Vergelijking van het aantal geïnccludeerde trials in de nominale handmatige en nominale digitale codering

Het aantal geïnccludeerde trials is significant hoger in de nominale digitale codering dan de nominale handmatige codering, en dit zowel voor de menselijke ($Z=-3.1$; $p=.002$) als de niet-menselijke condities ($Z=-2.7$; $p=.007$).

Vergelijking van het relatief aantal predictieve oogbewegingen in de nominale handmatige en nominale digitale codering

In de vergelijking van beide coderingssystemen blijkt dat nominale digitale codering een significant hoger relatief aantal predictieve oogbewegingen heeft dan de nominale handmatige codering in de niet-menselijke condities ($Z=-3.1$; $p=.002$) en een trend tot een hoger relatief aantal predictieve oogbewegingen in de menselijke condities ($Z=-2.2$; $p=.03$). Verder is het relatief aantal predictieve oogbewegingen in de balconditie ($Z=-3.012$; $p=.003$) significant hoger in de nominale digitale codering dan de nominale handmatige codering en wordt in de drinkconditie ($Z=-2.47$; $p=.013$) een trend tot statistische significantie bevonden.

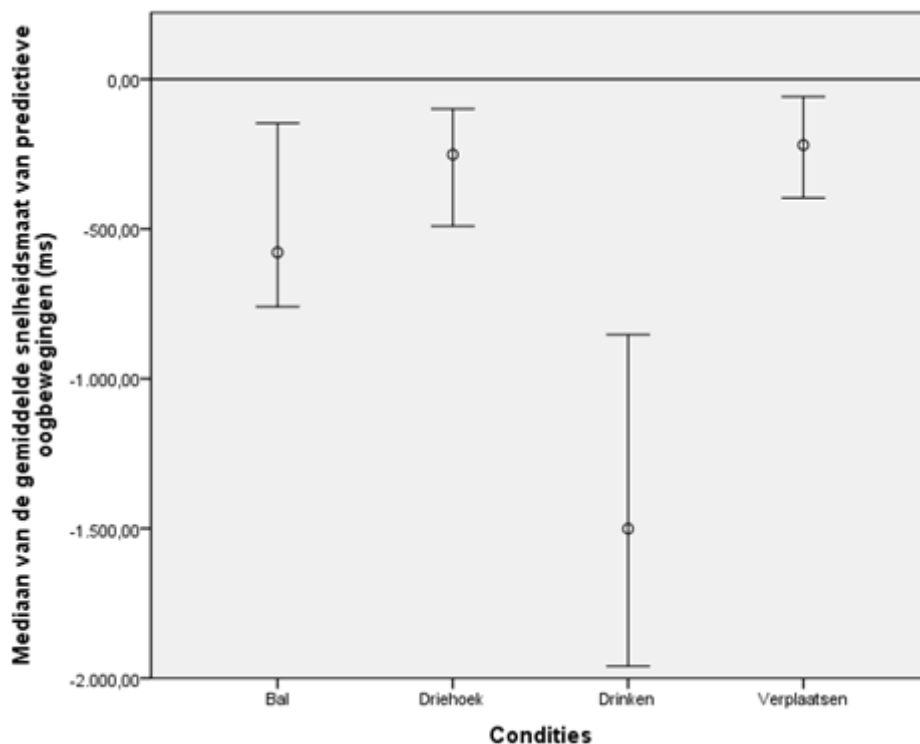
De nominale digitale codering vindt een significant hoger relatief aantal predictieve oogbewegingen in de driehoekconditie vergeleken met de verplaatsingsconditie ($Z=-2.5$, $p=.012$) en de balconditie in vergelijking met de driehoekconditie ($Z=-3.1$; $p=.002$), welke niet geconstateerd werden in de nominale handmatige codering.

Sensitiviteit en specificiteit van de handmatige nominale coderingen ten aanzien van de nominale digitale scoring van predictieve oogbewegingen

De gemiddelde sensitiviteitscore is het hoogst met een aanvaardbare score binnen de conditie drinken ($Se=74.5\%$, 95% CI: 66.1 - 83; $Sp=87.9\%$, 95% CI: 79.6 – 96.3) en de gemiddelde specificiteitscore is het hoogst met een zeer goede score binnen de conditie verplaatsen ($Se=60\%$, 95% CI: 35.2 – 84.8; $Sp=97.8\%$, 95% CI: 95.3 – 100.3). Verder behalen bal en driehoek een lagere gemiddelde sensitiviteitscore van 44.7% (95% CI: 30.5 – 58.9) en 62.7% (95% CI: 44.5 – 80.9) en een goede specificiteitscore van 90.7% (95% CI: 84.1 – 97.3) en 92% (95% CI: 86.7 – 97.3).

Snelheidsmaat van de predictieve oogbewegingen op grond van de continue data van de digitale codering

Een gemiddelde snelheidsmaat van predictieve oogbewegingen wordt per conditie berekend over de totale 8 trials. Een lage snelheidsmaat betekent een hoge snelheid van de oogbeweging. Uit de resultaten van de Friedman's test blijkt dat de gemiddelde snelheidsmaat van predictieve oogbewegingen in de vier condities significant verschillend is (Friedman's $X^2=25.3$; $p<.001$). Deze maat, geanalyseerd door de Wilcoxon Signed Rank test, is significant lager in de drinkconditie dan in de balconditie ($Z=-4$; $p=.001$) en verplaatsconditie ($Z=-3.3$; $p<.001$). Een vergelijking wordt gemaakt indien de kinderen in de condities, die vergeleken worden, predictieve oogbewegingen vertonen. Om deze reden is een verschil te merken in het aantal kinderen met predictieve oogbewegingen in de vergelijkingen van volgende condities: drinken en bal ($n=23$), drinken en verplaatsen ($n=14$), bal en driehoek ($n=17$) en verplaatsen en driehoek ($n=13$). Figuur 4 geeft de gemiddelde snelheidsmaat van predictieve oogbewegingen weer van de vier condities afzonderlijk met hun respectievelijke betrouwbaarheidsinterval.



Figuur 4. Mediaan van de gemiddelde snelheidsmaat van predictieve oogbewegingen per conditie met betrouwbaarheidsinterval (95%)

Discussie

De huidige studie onderzoekt verschillende methoden om eye-tracking data te verwerken, met name via handmatige nominale, digitale nominale en digitale continue codering. Hiervoor werden oogbewegingsdata van 25 kinderen uit de studie van Van Schuerbeek e.a.(z/n) gebruikt en werd het voorkomen van predictieve oogbewegingen tijdens de observatie van menselijke acties en bewegingen van geometrische figuren onderzocht. De belangrijkste bevinding uit de huidige studie is dat zowel handmatige als digitale codering in staat zijn predictieve oogbewegingen aan te tonen.

Predictieve oogbewegingen volgens de nominale digitale codering

De resultaten van zowel de geïncludeerde trials als het relatief aantal predictieve oogbewegingen door middel van nominale digitale codering bevestigen de bevindingen van Falck-Ytter e.a. (2006). Deze auteurs (Falck-Ytter e.a., 2006) tonen aan dat menselijke acties meer reactieve en predictieve oogbewegingen veroorzaken dan niet-menselijke acties. (Falck-Ytter e.a., 2006). In de studie van Falck-Ytter e.a. (2006) werden de volgende acties getoond: een volwassene verplaatst een voorwerp naar een emmer (menselijke actie), het voorwerp verplaatst naar de emmer zonder toedoen van de volwassene (controle actie) en een mechanische beweging van het voorwerp (controle actie). In de studie van Van Schuerbeek e.a. (z/n) werden volstrekt andere menselijke stimuli en controle stimuli gebruikt: een volwassen persoon neemt een gevuld glas om te drinken of om het te

verplaatsen (menselijke acties) en twee bewegende geometrische figuren in de vorm van een bal of driehoek (controle acties). Toch zijn de bevindingen consistent. Bij het observeren van menselijke acties vertonen kinderen predictieve oogbewegingen. Zij verplaatsen hun blik naar het einddoel alvorens het object deze bereikt. In een niet-menselijke situatie vertonen kinderen meer reactieve oogbewegingen, die in tegenstelling tot predictieve oogbewegingen geen voorspellend kijkgedrag vertonen, maar enkel het object volgen naar het einddoel (Gredebäck e.a., 2010). Een verklaring voor predictieve oogbewegingen tijdens de observatie van een menselijke actie kan gevonden worden in het spiegelneuronensysteem, waar overeenkomstige gebieden in de hersenen worden geactiveerd bij zowel het observeren als uitvoeren van een actie. De geobserveerde vaardigheid dient hiervoor deel uit te maken van de eigen interne motorische representatie (Rizzolatti e.a., 1996). De koppeling van de observatie naar eigen representatie kan echter enkel ontstaan wanneer de motorische actie uitgevoerd is door een menselijk persoon (Falck-Ytter e.a., 2006). Aansluitend hierop kunnen observeerbare kenmerken uit de greepselectie, die aanwezig zijn in menselijke acties, een predictie van het doel mogelijk maken (Ambrosini e.a., 2011; Ambrosini e.a., 2013). Het lateraal of bovenhands grijpen van het gevulde glas in de menselijke acties van de huidige studie vormen een indicatie voor het einddoel, welke respectievelijk de mond (drinkconditie) en plaats op de tafel naast het lege glas (verplaatsconditie) is.

Een andere bevinding van de huidige studie is dat kinderen meer predictieve oogbewegingen vertonen in de drinkconditie. Een verklaring voor het verhoogd aantal geïnccludeerde trials en het relatief aantal predictieve oogbewegingen bij kinderen in de drinkconditie in vergelijking met andere condities kan gevonden worden in de verhoogde blootstelling en dagelijkse ervaring van kinderen met drinken (Falck-Ytter e.a., 2006; Kochuchukova & Gredebäck, 2010). Deze verklaring verwijst nogmaals naar het spiegelneuronensysteem zoals eerder vermeld. De strategie, die kinderen gebruiken om motorische acties te voorspellen, liggen in lijn met de eigen ervaringen (Kochukova & Gredebäck, 2010). Een verminderde ervaring met het verplaatsen van objecten zou mogelijks aan de basis liggen van minder predictieve oogbewegingen binnen deze conditie. Een tweede verklaring waarom de conditie drinken meer geïnccludeerde trials en een hoger relatief aantal predictieve oogbewegingen veroorzaakt kan te wijten zijn aan de betekenis van het einddoel. Het hoofd is een duidelijker eindpunt van de motorische actie (Gredebäck e.a., 2009) in de conditie drinken, dan een plaats op de tafel tijdens het verplaatsen van het object. Dit gegeven wordt "goal saliency" genoemd.

Vergelijking van de nominale handmatige en nominale digitale coderingsmethodes

De parameter geïnccludeerde trials wordt gedefinieerd als de oogbewegingen per conditie, die beantwoorden aan de inclusiecriteria (somscore van alle scores 1 en 0 per conditie). Deze parameter wordt geïnterpreteerd als adequaat kijkgedrag. Vergelijkingen op nominaal niveau tussen de geïnccludeerde trials volgens de handmatige codering van Van Schuerbeeck e.a. (z/n) en de digitale nominale codering in de huidige studie tonen consistente resultaten, waarin meer trials geïnccludeerd zijn in de menselijke condities dan in de niet-menselijke condities. Doch de nominale digitale codering includeert meer trials (68%) dan de nominale handmatige codering tijdens observatie van de menselijke acties. Het verschil in geïnccludeerde trials tussen beide studies is mogelijks te wijten aan

het aantal frames per seconde waarmee data-acquisitie gebeurde in beide onderzoeksmethoden. Handmatige codering gebeurt op basis van een video met 29 frames per seconde in tegenstelling tot 60 frames per seconde met exacte waarden bij digitale codering. Deze verdubbeling van het aantal frames per seconde zorgt voor een verhoogd aantal data binnen digitale codering waardoor minder oogbewegingen gemist worden en meer trials opgemerkt worden die beantwoorden aan het inclusie criterium.

Analyses van het relatief aantal predictieve oogbewegingen (aantal predictieve oogbewegingen ten opzichte van het aantal geïnccludeerde trials) in de nominale digitale codering van de vier condities vertonen slechts gedeeltelijk een consistent resultaat met de nominale handmatige codering van Van Schuerbeeck e.a. (z/n). Beide studies besluiten dat het observeren van een vertrouwde actie zoals drinken meer predictieve oogbewegingen uitlokt. Een verschil in resultaat bekomen we in de vergelijkingen van de condities “verplaatsen en driehoek” en “bal en driehoek”, waar nominale digitale codering significante verschillen vaststelt in tegenstelling tot de nominale handmatige codering. Verder wordt een significant verschil in het relatief aantal predictieve oogbewegingen bevonden tussen beide scoringsmethoden voor de menselijke conditie “drinken” en niet-menselijke conditie “bal”. Nominale digitale codering telt een hoger relatief aantal predictieve oogbewegingen in de condities drinken (60%) en bal (72%). Ook hier ligt een mogelijke verklaring in de accuraatheid van de metingen. Uit de digitale ruwe data is op te merken dat meer data voorhanden zijn in de drink- en balconditie dan in de verplaats- en driehoekconditie. Dit verschil in hoeveelheid tussen de condities kan een indirecte impact hebben op de codering. De verhoogde kans op misvattingen door een groter aantal data in de condities drinken en bal in beide coderingsmethode geeft een mogelijke verklaring, met name het eventuele missen van data door een lager aantal frames per seconde in de handmatige codering dan in de digitale codering.

Uit de sensitiviteits- en specificiteitsanalyses van handmatige nominale scoring ten aanzien van de gouden standaard van de digitale nominale scoring van de predictieve oogbewegingen blijkt dat nominale codering in de conditie waar de kinderen de drinkactie observeerden een aanvaardbare sensitiviteit en specificiteit hebben. Driekwart van de trials, die gecodeerd zijn als predictief op de handmatige manier in deze conditie, blijken daadwerkelijk predictief te zijn en 88% die als niet-predictief gescoord werden blijken effectief niet-predictief te zijn. De specificiteit in de verplaatsings-, bal- en driehoekcondities zijn ook allen aanvaardbaar (98%, 90%, respectievelijk 92%). De sensitiviteit in deze condities is echter onaanvaardbaar laag (60%, 45%, respectievelijk 63%). Dit betekent dat de handmatige codering predictieve oogbewegingen in deze drie condities gemist heeft. Een mogelijke verklaring voor een lager percentage sensitiviteit dan specificiteit kan het lager aantal frames per seconde zijn in de handmatige codering. Hierdoor worden minder data van oogbewegingen gedetecteerd dan deze in de digitale codering, waardoor mogelijks predictieve oogbewegingen in de verplaatsings-, bal- of driehoeksconditie gemist zijn. Een alternatieve verklaring kan de moeilijkheid zijn van het detecteren van predictieve oogbewegingen tijdens het handmatig coderen, waar deze gecodeerd worden door het herbekijken van een “overlay”-video en onderhevig zijn aan externe factoren zoals aandachtigheid en alertheid van de onderzoeker. Een belangrijk element is dat in de condities verplaatsen, bal en driehoek minder trials geïnccludeerd werden dan in de drinkconditie. De

prevalentie van predictieve oogbewegingen is laag in deze drie condities. Het gevolg hiervan zou kunnen zijn dat de digitale codering deze eerder zeldzame predictieve oogbewegingen scoort, terwijl deze oogbewegingen gemist worden door de handmatige codering.

Snelheidsmaat van oogbewegingen op grond van continue digitale codering

Predictieve oogbewegingen zijn in alle condities aanwezig, echter niet bij alle 25 participanten en worden uitgedrukt in een relatieve snelheidsmaat (ms) door een negatieve waarde. Met behulp van deze maat kan een inschatting gemaakt worden van hoe snel een kind voorspellend kijkt. De kinderen vertonen in de drinkconditie snellere predictieve oogbewegingen dan in de bal- en verplaatsconditie. Een verklaring hiervoor kan de ervaring van de vaardigheid 'drinken' zijn, waardoor de motorische actie van het drinken deel uit maakt van het eigen motorische repertoire (Falck-Ytter e.a., 2006; Kochuchukova & Gredebäck, 2010). Dit steunt de veronderstelling van de "Direct Matching Hypothesis", dat het begrijpen van een geobserveerde motorische actie gegrond is op de eigen motorisch representatie ervan (Rizzolatti e.a., 2001). Een alternatieve verklaring kan de "goal saliency" van de drinkconditie zijn (Gredebäck e.a., 2009). In de drinkconditie is het hoofd het doel, welke duidelijker is dan de plaats op de tafel in de verplaatsconditie of het rode vierkant in de balconditie. Deze redenen verklaren de snellere predictieve oogbewegingen in de drinkconditie in vergelijking met de andere condities. Een andere bevinding is dat de predictieve oogbewegingen in de verplaatstingsconditie het traagst zijn. Dit beeld kan verklaard worden aan de hand van de "Affordance Matching Hypothesis". Deze hypothese geeft aan dat het voorspellen van een actie in verband staat met de kennis van het object en de eigen motorische noden van het kind op het moment van voorspelling (Bach, Nicholson & Hudson, 2014). In dit opzicht kan besloten worden dat de kennis en doel van het gevulde glas, mede door de verhoogde blootstelling en menselijke nood, meer gericht is op het drinken, dan op het verplaatsen van dit object. Deze redenen en het lager aantal predictieve oogbewegingen vormen een mogelijke verklaring dat het voorspellen van de geobserveerde actie trager is in de verplaatsingsconditie dan in de drinkconditie.

Sterktes en beperkingen van de huidige studie

Door het gebruik van continue data is het mogelijk om predictieve oogbewegingen meer te onderzoeken. Deze studie is de eerste waarin handmatige en digitale codering vergeleken wordt. Verder is het gebruik van een functioneel object en het onderscheid tussen menselijke en niet-menselijke acties een sterkte van deze studie, welke in eerder soortgelijk onderzoek niet functioneel gebruikt werd. De analyse van continue digitale data met enkel de relatieve snelheidsmaat van predictieve oogbewegingen vormt een beperking van deze studie. Het is aangewezen om in verder onderzoek reactieve oogbewegingen te includeren in het onderzoek met continue data. Menselijke fouten vormen in de huidige studie met digitale codering een lager risico dan codering op de handmatige manier, waarbij de concentratie en alertheid van de onderzoeker hogere aandachtigheid vraagt. Digitale codering zorgt voor een grotere hoeveelheid data. Een kanttekening hiertegen is echter dat binnen digitale codering op te merken valt dat overvloedige data in de vorm van snelle

oogbewegingen, hoofdbewegingen en knipperen van de ogen opgenomen kunnen worden als oogbewegingen (Aslin & McMurray, 2004; Oakes, 2010). Hierdoor zijn mogelijks incorrecte data geïnccludeerd in de huidige studie. Het grote verlies aan data is een belangrijke limitatie van deze studie. Kinderen zijn snel afgeleid, wat leidt tot een verlies aan data, welke belangrijk kunnen zijn voor het onderzoek (Corbetta, Guan & Williams, 2012). Hierdoor was het niet mogelijk om in deze studie leereffecten te onderzoeken. Bijkomend aan dit verlies aan data is het gebruik van een relatief lage steekproefgrootte een zwakte van deze studie.

Aanbevelingen voor toekomstig onderzoek

Toekomstig onderzoek kan zich richten op onderzoek met een groter aantal participanten. Door de steekproef te vergroten kan een uitspraak in verband met een mogelijks leereffect beter gestaafd worden (Paulus, Hunnius & Bekkering, 2011). Overigens kan onderzoek naar predictieve oogbewegingen uitgebreid worden naar de populatie van kinderen met autismespectrumstoornis. Het spiegelneuronensysteem zorgt ervoor dat het begrijpen van de intentie van geobserveerde motorische acties mogelijk wordt (Gallese e.a., 2009) en heeft mogelijks een verschillende werking bij kinderen uit deze populatie (Dapretto, Davies, Pfeifer, Scott, Sigman, Bookheimer & Iacobini, 2006; Gallese, 2006; Williams, Waiter, Gilchrist, Perett, Murray & Whiten, 2006, Iacobini & Dapretto, 2006). In een studie waarin dikte van corticale gebieden werd gemeten tussen typisch ontwikkelende kinderen en kinderen met autisme, werd een verdunning vastgesteld in gebieden waar sociale cognitie tot stand komt bij kinderen met autisme. Tevens werd in deze studie een associatie gevonden tussen de verdunning van corticale gebieden en de ernst van de symptomen kenmerkend voor autisme in bijna alle gebieden die het spiegelneuronensysteem vormen (Hadjikhani, Joseph, Snyder, & Tager-Flusberg, 2006). Eye-tracking studies hebben deze populatie reeds onderzocht met het gebruik van videofragmenten om sociale cognitie te onderzoeken (Boraston & Blakemore, 2007; Falck-Ytter, Von Hofsten, Gillberg & Fernell, 2013) en ontdekten geen predictieve oogbewegingen in deze populatie. Tijdens het eye-tracking onderzoek van Falck-Ytter (2009) werd daarentegen geen verschil in predictieve oogbewegingen bevonden tussen kinderen met autisme en typisch ontwikkelende kinderen, waaruit besloten wordt dat er geen verschil is in het spiegelneuronensysteem. Verder onderzoek in dit domein is nodig.

Conclusie

Samenvattend kan uit het huidig onderzoek geconcludeerd worden dat zowel handmatige als digitale codering van oogbewegingen geschikt zijn om predictieve oogbewegingen op te sporen bij jonge kinderen op nominaal niveau. Beide scoringsmethoden detecteren meer predictieve oogbewegingen in menselijke condities, voornamelijk in de conditie waar drinken nagebootst wordt. De digitale nominale codering heeft verschillende voordelen ten aanzien van de digitale handmatige codering: slechts één onderzoeker volstaat voor de data-extractie en een tijdrovend interbeoordelaarbetrouwbaarheidsonderzoek door twee onafhankelijke beoordelaars kan vermeden worden. Bovendien is de data-extractie door middel van software snel en efficiënt. De specificiteit van

de handmatige nominale codering is aanvaardbaar, de sensitiviteit daarentegen niet, met uitzondering van de drinkconditie waarin veel predictieve oogbewegingen waargenomen worden.

De digitale continue codering biedt bovendien de extra meerwaarde van accurate metingen van de relatieve snelheidsmaat van predictieve oogbewegingen. Deze metingen spelen een belangrijke rol in het onderzoek naar onderliggende mechanismen van actieobservatie en actiepredictie. Deze digitale codering van een ruime stroom continue data zijn noodzakelijk om cognitieve, motorische en perceptuele processen in zake ontwikkelingstheorieën te verduidelijken of te onderzoeken (Corbetta, Guan & Williams, 2012) of om leerprocessen en leereffecten in longitudinale studiedesigns mogelijk te maken (Gredebäck e.a., 2010).

Referentielijst

- Ambrosini, E., Costantini, M., & Sinigaglia, C. (2011). Grasping with the eyes. *Journal of Neurophysiology*, 106, 1437-1442.
- Ambrosini, E., Reddy, V., De Looper, A., Costantini, M., Lopez, B., & Sinigaglia, C. (2013). Looking ahead: anticipatory gaze and motor ability in infancy. *PLoS.One.*, 8, e67916.
- Aslin, R. & N., McMurray, B., (2004). Automated Corneal-Reflection Eye Tracking in Infancy: Methodological Developments and Applications to Cognition. *Infancy*, 6, 155-163.
- Bach, P., Nicholson, T. & Hudsons, M., (2014). The affordance-matching hypothesis: How objects guide action understanding and prediction. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8.
- Boraston, Z. & Blakemore, S. J. (2007). The application of eye-tracking technology in the study of autism. *J.Physiol*, 581, 893-898.
- Buccino, G., Lui, F., Canessa, N., Patteri, I., Lagravinese, G., Benuzzi, F. et al. (2004). Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspecifics: an fMRI study. *J.Cogn Neurosci.*, 16, 114-126.
- Cannon, E. N., Woodward, A. L., Gredeback, G., von, H. C., & Turek, C. (2012). Action production influences 12-month-old infants' attention to others' actions. *Dev.Sci.*, 15, 35-42.
- Corbetta, D., Guan, Y., & Williams, J. L. (2012). Infant Eye-tracking in the Context of Goal-Directed Actions. *Infancy.*, 17, 102-125.
- Council on Children With Disabilities, Section on Developmental Behavioral Pediatrics, Bright Futures Steering Committee & Medical Home Initiatives for Children With Special Needs Project Advisory Committee (2006) Identifying infants and young children with developmental disorders in the medical home: an algorithm for developmental surveillance and screening. *Pediatrics*, 118, 405
- Davidson, M. (2002). The interpretation of diagnostic tests: A primer for physiotherapists. *Australian Journal of Physiotherapy*, 48, 227-232.
- Dapretto, M., Davies, M. S., Pfeifer, J. H., Scott, A. A., Sigman, M., Bookheimer, S. Y. et al. (2006). Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nature Neuroscience*, 9, 28-30.
- Elsner, B., Pfeifer, C., Parker, C., & Hauf, P. (2013). Infants' perception of actions and situational constraints: an eye-tracking study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116, 428-442.
- Falck-Ytter, T. (2010). Young children with autism spectrum disorder use predictive eye movements in action observation. *Biol.Lett.*, 6, 375-378.
- Falck-Ytter, T., Bolte, S., & Gredeback, G. (2013). Eye tracking in early autism research. *J.Neurodev.Disord.*, 5, 28.

- Falck-Ytter, T., Gredeback, G., & von Hofsten C. (2006). Infants predict other people's action goals. *Nature Neuroscience*, 9, 878-879.
- Falck-Ytter, T., Von Hofsten C., Gillberg, C., & Fernell, E. (2013). Visualization and analysis of eye movement data from children with typical and atypical development. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43, 2249-2258.
- Feng, G. (2011). Eye Tracking: A Brief Guide for Developmental Researchers. *Journal of Cognition and Development*, 1-11.
- Flanagan, J. R. & Johansson, R. S. (2003). Action plans used in action observation. *Nature*, 424, 769-771.
- Gallese, V. (2006). Intentional attunement: a neurophysiological perspective on social cognition and its disruption in autism. *Brain Research*, 1079, 15-24.
- Gallese, V., Rochat, M., Cossu, G., & Sinigaglia, C. (2009). Motor cognition and its role in the phylogeny and ontogeny of action understanding. *Developmental Psychology*, 45, 103-113.
- Gredeback, G., Johnson, S., & von Hofsten C. (2010). Eye tracking in infancy research. *Dev.Neuropsychol.*, 35, 1-19.
- Gredeback, G., Stasiewicz, D., Falck-Ytter, T., von Hofsten C., & Rosander, K. (2009). Action type and goal type modulate goal-directed gaze shifts in 14-month-old infants. *Developmental Psychology*, 45, 1190-1194.
- Hadjikhani, N., Joseph, R. M., Snyder, J., & Tager-Flusberg, H. (2006). Anatomical differences in the mirror neuron system and social cognition network in autism. *Cerebral Cortex*, 16, 1276-1282.
- Hunnius, S. & Bekkering, H. (2010). The early development of object knowledge: a study of infants' visual anticipations during action observation. *Developmental Psychology*, 46, 446-454.
- Iacoboni, M. & Dapretto, M. (2006). The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat.Rev.Neurosci.*, 7, 942-951.
- Kochukhova, O. & Gredeback, G. (2010). Preverbal infants anticipate that food will be brought to the mouth: an eye tracking study of manual feeding and flying spoons. *Child Development*, 81, 1729-1738.
- Land, M. F., Furneaux, S.(1997). The knowledge base of the oculomotor system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 352, 1231-1239.
- Oakes, L. M. (2010). Infancy Guidelines for Publishing Eye-Tracking Data. *Infancy*, 15, 1-5.
- Paulus, M., Hunnius, S., & Bekkering, H. (2011). Can 14- to 20-month-old children learn that a tool serves multiple purposes? A developmental study on children's action goal prediction. *Vision Research*, 51, 955-960.
- Rizzolatti, G. & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192.

- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Brain Res.Cogn Brain Res.*, 3, 131-141.
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat.Rev.Neurosci.*, 2, 661-670.
- Rosander, K. & von Hofsten C. (2011). Predictive gaze shifts elicited during observed and performed actions in 10-month-old infants and adults. *Neuropsychologia*, 49, 2911-2917.
- Rotman, G., Troje, N. F., Johansson, R. S., & Flanagan, J. R. (2006). Eye movements when observing predictable and unpredictable actions. *Journal of Neurophysiology*, 96, 1358-1369.
- Seeing Machines (2006). FaceLAB User Manual. Canberra, Australia
- Van Schuerbeeck L., Kuipers G., Braeken M.A.KA, Meesen R., Steyaert J, & Vanvuchelen M. (n.d.). Do preschoolers predict functional actions? *Journal of Experimental Child Psychology*, (submitted).
- Williams, J. H. G., Waiter, G. D., Gilchrist, A., Perrett, D. I., Murray, A. D., Whiten, A. et al. (2006). Neural mechanisms of imitation and 'mirror neuron' functioning in autistic spectrum disorder. *Neuropsychologia*, 44, 610-621.

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Handmatige en digitale codering van door eye-tracking geregistreeerde oogbewegingen van jonge kinderen: Een vergelijkende studie

Richting: **master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie-revalidatiewetenschappen en kinesitherapie bij kinderen**

Jaar: **2015**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Anthonis, Yannick

Datum: **20/01/2015**