

2016•2017  
FACULTEIT GENEESKUNDE EN LEVENSWETENSCHAPPEN  
*master in de revalidatiewetenschappen en de  
kinesitherapie*

## Masterproef deel 1

Verschillen in visuomotoriek bij typisch ontwikkelende kinderen en kinderen met ontwikkelings-coördinatiestoornis

Promotor :  
Prof. dr. Katrijn KLINGELS

Lotte Peeters , Annemart Luyten

*Eerste deel van het scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie*

2016•2017

FACULTEIT GENEESKUNDE EN  
LEVENSWETENSCHAPPEN

*master in de revalidatiewetenschappen en de  
kinesitherapie*

## Masterproef deel 1

Verschillen in visuomotoriek bij typisch ontwikkelende  
kinderen en kinderen met  
ontwikkelings-coördinatiestoornis

Promotor :  
Prof. dr. Katrijn KLINGELS

Lotte Peeters , Annemart Luyten

*Eerste deel van het scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de  
revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie*



# Verschillen in visuomotoriek bij typisch ontwikkelende kinderen en kinderen met ontwikkelings- coördinatiestoornis

“Wat zijn de verschillen in de visuomotoriek tijdens de controle van manuele taken bij kinderen met Developmental Coordination Disorder (DCD) in vergelijking met typisch ontwikkelende kinderen?”

Highlights:

1. Kinderen met DCD hebben een grotere bewegingsduur in vergelijking met typisch ontwikkelende kinderen tijdens het uitvoeren van een manuele, visuomotorische taak.
2. Kinderen met DCD maken meer fouten en zijn bijgevolg minder accuraat in de uitvoering van een manuele, visuomotorische taak.
3. Een vooraanstaande verklaring voor deze verschillen is de hypothese van het intern model.

**Studenten:** Luyten Annemart en Peeters Lotte

**Promotor:** Prof. dr. Klingels Katrijn



## **Situering**

Deze literatuurstudie kadert binnen het onderzoeksdomein Pediatrische Revalidatie binnen de opleiding Revalidatiewetenschappen en Kinesitherapie aan de U Hasselt. De masterproef is opgebouwd volgens het central format.

Het doel van deze literatuurstudie is om de visuomotoriek van kinderen met DCD te vergelijken met die van typische ontwikkelende kinderen. Hiermee wordt getracht de problemen in de verwerking van visuele informatie tijdens het uitvoeren van een manuele taak te achterhalen. Er wordt ook nagegaan hoe men deze problemen kan verklaren. Het verwerven van inzicht is belangrijk om de mogelijke etiologie van DCD te achterhalen en therapie te optimaliseren om zo op deze manier de problemen in het dagelijks leven mogelijks te reduceren.

Het algemeen onderwerp voor literatuurstudie, visuomotoriek, werd toegelicht door Prof. dr. en promotor K. Klingels. De onderzoeksvraag en onderzoekspopulatie werden in samenspraak bepaald. De literatuurstudie werd op zelfstandige basis uitgevoerd.

Het onderzoek dat in masterproef 2 zal worden uitgevoerd kadert binnen de ontwikkeling van een visuomotorisch meetinstrument. De studieopzet en onderzoeksprotocol voor volgend jaar werden in samenspraak met de promotor bepaald.



## Inhoudstafel

DEEL 1 LITERATUURSTUDIE.....	5
1. Abstract .....	5
2. Inleiding .....	7
3. Methode.....	9
3.1 Vraagstelling .....	9
3.2 Literatuur search .....	9
3.3 Selectiecriteria.....	9
3.4 Kwaliteitsbeoordeling.....	10
3.5 Data-extractie.....	10
4. Resultaten.....	11
4.1 Resultaten studeselectie.....	11
4.2 Resultaten kwaliteitsbeoordeling.....	11
4.3 Resultaten data-extractie.....	13
5. Discussie .....	19
5.1 Reflectie over kwaliteit studies.....	19
5.2 Reflectie over bevindingen in functie van onderzoeksvragen .....	19
5.3 Reflecties over sterktes en beperkingen van de literatuurstudie .....	22
5.4 Aanbevelingen voor toekomstige studies .....	23
6. Conclusie.....	25
7. Referentielijst .....	27
8. Bijlagen literatuurstudie .....	49



DEEL 2 ONDERZOEKSPROTOCOL .....	71
1. Inleiding .....	71
2. Doel onderzoek.....	73
2.1 Onderzoeksvraag.....	73
2.2 Hypothese.....	73
3. Methode.....	75
3.1 Onderzoeksdesign .....	75
3.2 Participanten .....	75
3.2.1 Inclusiecriteria .....	75
3.2.2 Exclusiecriteria .....	75
3.2.3 Rekrutering.....	75
3.3 Medische ethiek .....	75
3.4 Metingen .....	76
3.5 Uitkomstmaten .....	76
3.5.1 Primaire uitkomstmaten .....	76
3.6 Data-analyse.....	76
4. Time planning .....	77
5. Referentielijst .....	79

## DEEL 1 LITERATUURSTUDIE

### 1. Abstract

*Achtergrond:* Kinderen met Developmental Coordination Disorder (DCD) tonen beperkingen in omzetting van visuele info naar motorische handelingen, visuomotoriek genaamd. De studieopzet is het onderzoeken van verschillen en mogelijke verklaringen tussen kinderen met DCD en typisch ontwikkelende kinderen (TO) zodat therapie geoptimaliseerd en beperkingen in ADL-activiteiten gereduceerd kunnen worden.

*Methode:* Kwaliteitsbeoordeling werd uitgevoerd met behulp van 'Strengthening The Reporting Of Observational Studie in Epidemiology' checklist (STROBE) voor cross-sectionele studies. Vijf categorieën in visuomotorische taken werden gemaakt: reik-tot-grijptaak respectievelijk onder normale en veranderde visus, tracing-taak, taak met snelle online aanpassingen aan visuele verstoringen, pointing-taak.

*Resultaten:* In databanken Pubmed en Web of Science werden 216 artikels gevonden, 12 studies werden geïnccludeerd. Uit resultaten van deze literatuurstudie bleek dat de DCD-groep ten opzichte van de controlegroep een grotere bewegingsduur, bewegingstraject, bewegingsvariabiliteit, reactie-en vertragingstijd hadden en meer fouten tijdens taakuitvoering maakten. Binnen de DCD-groep waren meer aftereffecten aanwezig bij een abrupte verstoring en dubbel aantal fouten bij een continue taak.

*Discussie en Conclusie:* Vertraagde bewegingsuitvoering en onnauwkeurigheid werden mogelijk verklaard door de hypothese van het intern model. Deze suggereert dat kinderen met DCD minder efficiënt gebruik maken van voorspellende motorische controle. Ze zouden moeilijkheden hebben bij het vormen en aanpassen van een intern model. Hersendisfunctie van het pariëtale-cerebellaire complex zouden aan de basis kunnen liggen.

*Doel van het onderzoek:* Waarin verschilt visuomotoriek van kinderen met DCD versus TO en wat zijn mogelijke verklaringen?

*Operationalisering onderzoeksvraag:* Wat zijn de verschillen in de visuomotoriek tijdens de controle van manuele taken bij kinderen met DCD versus TO?

*Belangrijkste sleutelwoorden:* DCD, children, visuomotor



## 2. Inleiding

Kinderen met Developmental Coordination Disorder (DCD) hebben problemen bij de ontwikkeling van motorische vaardigheden of bij motorische controle van handelingen. Voorbeelden hiervan zijn: het vangen van een bal, hanteren van een schaar, schrijven, fietsen of participeren aan sportactiviteiten (Vaivre-Douret, Lalanne & Golse, 2016). DCD is een aandoening die, volgens de DSM-V criteria, gekenmerkt wordt door vier criteria. (A) Het niveau van verwerven en uitvoering van motorische vaardigheden is lager dan de verwachtingen conform de chronologische leeftijd van het kind en de mogelijkheid tot het leren van de vaardigheid. Deze moeilijkheden uiten zich in het onhandig, vertraagd en minder accuraat uitvoeren van motorische handelingen zoals vangen van een object of schrijven. (B) De tekorten in de uitvoering van motorische vaardigheden zijn een significante en persisterende interferentie tijdens dagelijkse activiteiten, conform hun chronologische leeftijd, academische productiviteit, beroepsgerichte en beroepsactiviteiten, vrije tijd en spel. (C) De start van de symptomen zijn in het begin van de ontwikkelingsperiode reeds aanwezig. (D) De deficiënties in de motorische vaardigheden zijn niet beter toe te schrijven aan verstandelijke of visuele beperkingen en zijn niet te verklaren door een neurologische conditie die invloed heeft op het bewegen (zoals cerebraal palsy, musculaire dystrofie, degeneratieve aandoening). De prevalentie van DCD bij kinderen tussen vijf en 11 jaar bedraagt 5% - 6% en komt meer voor bij jongens dan bij meisjes, met een ratio tussen 2:1 en 7:1 (American Psychiatric Association, 2013). De etiologie van DCD is nog niet bekend (Wilson, Ruddock, Smits-Engelsman, Polatajko & Blank, 2013).

De term visuomotoriek wordt in deze literatuurstudie gedefinieerd als het omzetten van visuele informatie naar een manuele motorische handeling. De ontwikkeling van de visuomotoriek bij kinderen speelt een belangrijke rol tijdens hun verkenning van de wereld, leerprestaties, sportieve capaciteiten, deelname aan sociale activiteiten en zelfeffectiviteit (De Kieviet et al., 2013). Nog voor een baby een bewuste interactie kan aangaan met zijn omgeving is er reeds een visuele relatie met zijn omgeving aanwezig. Dit is vanaf de leeftijd van één maand (Itier & Batty, 2009). Visuele perceptie is het vermogen om visuele informatie te kunnen verwerken. Dit is al aanwezig en actief vanaf de geboorte, ondanks non-verbaal en motorische immaturiteit met beperkte verzameling aan gedragingen (Chokron & Streri, 2012). Kinderen tussen vijf en 18 maanden vertonen reeds een willekeurige reik- en grijpbeweging en manipuleren van objecten die zich in de dichte omgeving rond het kind bevinden. Dit weerspiegelt een interactie tussen het motorisch en visueel systeem (Braddick & Atkinson, 2013; Milner & Goodale, 2008). Het omzetten van visuele informatie naar een manuele actie is een progressieve ontwikkeling van het netwerk van dorsale banen. In de normale ontwikkeling kan men op de leeftijd van zes tot negen maanden visuele informatie omtrent stereo en grootte verwerken tijdens het reiken. Reiken staat in de vroege ontwikkeling nog los van visuele oriëntatie. Naarmate het kind ouder wordt, verloopt dit gecoördineerd en ontstaat reiken naar een visuomotorisch doel. Op een leeftijd van twee jaar vertonen typisch ontwikkelende kinderen gecoördineerde en geplande bimanuele doelgerichte reikbewegingen. Effectieve visuomotorische planning tot end-state comfort ontwikkelt zich later. Dit is een complex onderdeel van motorische planning. Het kan bij typisch ontwikkelende kinderen pas adequaat toegepast worden op een leeftijd van acht jaar.

Inadequate visuomanuele vaardigheden kunnen zich uiten in een verstoorde bimanuele coördinatie, een verstoorde visus of een verstoorde motorische planning (Braddick & Atkinson, 2013).

Uit de meta-analyse van Wilson en McKenzie (1998) is gebleken dat verwerking van visuele informatie bij kinderen met DCD is aangedaan. Daarnaast hebben ze hoofdzakelijk moeite met het uitvoeren van complexe bewegingen. De grootste verschillen tussen de DCD-groep en de controlegroep werden gevonden in de visuele spatiële taken met een motorische component en in mindere mate bij de visuele spatiële taken zonder een motorische component. Echter is het onduidelijk of de beperking in de visuele spatiële verwerking een oorzakelijk verband heeft met de aandoening. De onderliggende mechanismen van deze beperking zijn nog steeds ongekend (Gomez & Sirigu, 2015).

Een mogelijke hypothese voor problemen in de visuomotoriek, met name de visuele spatiële verwerking, is de hypothese van het intern model. Deze hypothese suggereert dat kinderen met DCD minder efficiënt gebruik maken van voorspellende motorische controle (Wilson et al., 2013). Het intern model zorgt ervoor dat de uitkomst van een beweging voorspeld kan worden nog voor de trage, sensorimotorische feedback beschikbaar is (Wolpert, 1998). Het intern model ontstaat als volgt: tijdens het uitvoeren van een visuomotorische taak worden motorische commando's in de motorische cortex gegenereerd en via de dalende corticospinale banen naar het lichaam gestuurd. Tegelijkertijd wordt een kopie van het motorisch commando naar de pariëtale-cerebellaire cortex gestuurd. Zo heeft men een voorspelde, interne representatie van de uitgevoerde beweging en waar deze zal eindigen. Wanneer er bij vergelijking tussen de voorspelde uitkomst van de beweging en de sensorische feedback een mismatch ontstaat, worden foutsignalen gegenereerd. Deze zorgen ervoor dat het motorisch commando wordt gecorrigeerd. Het vermogen om deze snelle online correcties te maken zou gerelateerd zijn aan hoe goed het zenuwstelsel de toekomstige locatie van het bewegend lidmaat kan voorspellen met behulp van het intern model (Adams, Lust, Wilson & Steenbergen, 2014; De Kieviet et al., 2013; Wolpert, 1998). Tevens zou een beperking van het intern model een negatieve invloed hebben op het motorische leren van een kind (Wilson et al., 2013).

In deze literatuurstudie zal de visuomotoriek van kinderen met DCD vergeleken worden met die van typische ontwikkelende kinderen. Hiermee wordt getracht de problemen in de verwerking van visuele informatie tijdens het uitvoeren van een manuele taak te achterhalen. Er wordt ook nagegaan hoe men deze problemen kan verklaren. Het verwerven van inzicht is belangrijk om de mogelijke etiologie van DCD te achterhalen en therapie te optimaliseren om zo op deze manier de vooraf genoemde problemen in het dagelijks leven mogelijks te reduceren.

### 3. Methode

#### 3.1 Vraagstelling

Volgende onderzoeksvraag werd opgesteld in functie van het literatuuronderzoek: “Wat zijn de verschillen in de visuomotoriek tijdens de controle van manuele taken bij kinderen met Developmental Coordination Disorder (DCD) in vergelijking met typisch ontwikkelende kinderen?”

#### 3.2 Literatuur search

Voor het rekruteren van wetenschappelijke literatuur werden de databanken PubMed en Web Of Science (WOS) geraadpleegd. De zoekstrategie werd uitgevoerd in februari 2017 en herhaald in mei 2017. De gehanteerde zoekstrategie bestond uit drie groepen van zoektermen. De groepen werden gecombineerd door middel van de boolean operator ‘AND’. Elke groep bestond uit verscheidene zoektermen die samengevoegd werden door de boolean operator ‘OR’. In de databank PubMed werd aanvankelijk gezocht naar MeSH-termen. Wanneer deze niet ter beschikking waren, werd er gezocht op Title/Abstract. Zo werd de volgende zoekstrategie bekomen: (developmental coordination disorder [MeSH Terms] OR motor skills disorder [MeSH Terms] OR developmental dyspraxia [Title/Abstract] OR dcd [Title/Abstract] OR clumsiness [Title/Abstract] OR clumsy child [Title/Abstract]) AND (children [MeSH Terms] OR preschool child [MeSH Terms] OR adolescent [MeSH Terms] OR infant [MeSH Terms]) AND (feedforward control [Title/Abstract] OR visuomanual tracking [Title/Abstract] OR developmental of visuo-motor function [Title/Abstract] OR motor planning [Title/Abstract] OR visuomotor adaptation [Title/Abstract]).

In de databank Web Of Science werden de zoektermen gedefinieerd als topic. De identieke zoekstrategie van PubMed werd ook hier toegepast.

De zoekresultaten van beide databanken werden vervolgens geselecteerd op titel en abstract aan de hand van de vooropgestelde in- en exclusiecriteria. Deze selectie werd door twee onafhankelijke beoordeelaars uitgevoerd. Het volledige artikel werd doorgenomen wanneer er twijfel ontstond.

#### 3.3 Selectiecriteria

Tijdens het literatuuronderzoek werden volgende inclusiecriteria gehanteerd: (1) kinderen met de diagnose DCD, vastgesteld voor aanvang van de studie, vergeleken met typisch ontwikkelende kinderen, (2) leeftijden van 0-18 jaar, (3) studies gerelateerd aan visuomotoriek met betrekking tot motorisch plannen, intern model, feedforward model, (4) visuomotorische taak met motorische component.

Studies werden geëxcludeerd aan de hand van volgende exclusiecriteria: (1) andere ontwikkelingsstoornissen o.a. Cerebral Palsy, (2) Geen Nederlandse/ Engelse taal, (3) studies met betrekking tot schrijfmotoriek, (4) studies met een zwakke kwaliteitsbeoordeling (score: 0-40%)

### 3.4 Kwaliteitsbeoordeling

De kwaliteit van iedere studie werd beoordeeld door middel van de STROBE (Strengthening The Reporting Of Observational Studie in Epidemiology) checklist voor cross-sectionele studies. De kwaliteitsbeoordeling werd uitgevoerd door twee onafhankelijke beoordelaars.

De checklist bestaat uit 22 items gerelateerd aan titel en abstract (item 1), inleiding (item 2-3), methode (item 4-12), resultaten (item 13-17), discussie (item 18-21) en andere informatie (item 22). (Vandenbroucke et al., 2014)

Elk item wordt gescoord met een variërende score van 0 tot 2. Voor een bepaald aantal items bedraagt de score: 0 (criterium niet behaald) of 1 (criterium behaald). De overige items kunnen een score hebben van: 0 (criterium niet behaald), 1 (criterium gedeeltelijk behaald) of 2 (criterium volledig behaald). Studies die aan alle criteria voldoen kunnen de maximum score van 46 behalen. Aan de hand hiervan kan men een uitspraak over de kwaliteit van de studie doen. Studies met een score onder de 40 % worden geëxcludeerd. Studies met een score tussen 41 % en 60 % worden als matig beschouwd. Een score tussen 61% en 80% wordt als goed beschouwd. Studies met een score hoger dan 81% werden beoordeeld als bijna perfect. (Weierink, Vermeulen & Boyd, 2013)

### 3.5 Data-extractie

Uit de geïncludeerde studies werden de volgende data geëxtraheerd: (1) populatiegrootte, (2) populatiekenmerken (geslacht, comorbiditeit, gemiddelde leeftijd met standaarddeviatie), (3) in- en exclusiecriteria voor deelnemers in DCD-en controlegroep, (4) taak, (5) relevante uitkomstmaten en (6) relevante resultaten.

## 4. Resultaten

### 4.1 Resultaten studieselectie

De zoekstrategie in Pubmed leverde in februari 2017 in totaal 32 artikels op. Voor Web of Science bedroeg dit 200 artikels. In tabel 1 kan men de resultaten terugvinden en in figuur 1 vindt men een stroomdiagram.

De artikels van de twee verschillende databanken werden met elkaar vergeleken, waarbij er 24 gemeenschappelijke artikels werden gevonden. Na het excluseren op basis van titel en abstract bleven 12 artikels over. Vier twijfelgevallen werden na het lezen van het volledig artikel alsnog geëxcludeerd. Daarnaast werd er ook handmatig in de referenties gezocht. Dit resulteerde in vier extra geïncorporeerde artikels. Na de kwaliteitsbeoordeling werden geen artikels geëxcludeerd. Het totaal aantal geïncorporeerde studies in februari 2017 bedroeg 12 artikels. De herhaalde zoekstrategie in mei 2017 leverde slechts een bijkomend artikel op in PubMed. Voor Web Of Science bedroeg dit zeven artikels. De acht bijkomende artikels van de herhaalde zoekstrategie werden allemaal geëxcludeerd.

In tabel 2 van bijlage 3 is het aantal geëxcludeerde studies en redenen voor exclusie weergegeven. Studies werden geëxcludeerd omwille van de volgende redenen: 1) de studie bestond niet uit een experimentele DCD-groep en een controlegroep (n=6), 2) de steekproefpopulatie bestond niet uit kinderen (n=3), 3) de inhoud van de studie was niet gerelateerd aan visuomotoriek met betrekking tot motor planning, intern model en feedforward control (n=113) 4) studie handelde over andere ontwikkelingsstoornissen dan DCD: ADHD (n=14), leerstoornissen (n=6), ASS (n=19), CP (n=10), Down syndroom (n=5), overige ontwikkelingsstoornissen (n= 19), 5) de studie handelde over schrijfmotoriek (n=7), 6) de studie was een review (n=6). In totaal werden 208 studies geëxcludeerd.

### 4.2 Resultaten kwaliteitsbeoordeling

In tabel 3 worden de resultaten van de kwaliteitsbeoordeling weergegeven.

De totaalscores van 11 studies varieerden van 25 tot 28 op 46 (61-80%) wat als matig beschouwd kan worden (Ferguson, Wilson, & Smits-Engelsman, 2015; Hyde & Wilson, 2011; Kagerer, Bo, Contreras-Vidal & Clark, 2004; Kagerer, Contreras-Vidal, Bo & Clark, 2006; Kashiwagi, Iwaki, Narumi, Tamai & Suzuki, 2009; King, Kagerer, Haring, Contreras-Vidal & Clark, 2011; Noten, Wilson, Ruddock & Steenbergen, 2014; Smits-Engelsman, Wilson, Westenberg, & Duysens, 2003; Smyth & Mason, 1997; Wilmot, Byrne & Barnett, 2013; Zwicker, Missiuna, Harris & Boyd, 2010). Plumb, Wilson, Mulroue, Brockman, Williams & Mon-Williams, (2008) behaalde een goede kwaliteit met een score van 30 op 46 (65%). Bijgevolg werden er dus geen artikels geëxcludeerd na kwaliteitsbeoordeling.



De resultaten van kwaliteitsbeoordeling worden besproken aan de hand van zes categorieën. De eerste categorie gaf een beoordeling over titel en abstract. Geen enkel artikel gaf een beschrijving van het studiedesign in de titel of het abstract. Echter gaven alle artikels in het abstract informatie weer over de uitgevoerde verrichtingen en gevonden resultaten.

Het tweede testonderdeel besprak de kwaliteit van de inleiding. Op uitzondering van één studie, nl. Zwicker et al. (2010), bespraken alle artikels uitgebreid de wetenschappelijke achtergrond en rationalisatie van het onderzoek. Zes van de 12 artikels bevatten kwaliteitsvolle, specifieke objectieven en vooraf bepaalde hypothesen (Ferguson et al., 2015; Hyde & Wilson, 2011; Kagerer et al., 2006; King et al., 2011; Noten et al., 2014; Smits-Engelsman et al., 2003). De vijf overige artikels bevatten hierover minder kwaliteitsvolle gegevens (Kagerer et al., 2004; Plumb et al., 2008; Smyth & Mason, 1997; Wilmut et al., 2013). Het laatste artikel gaf geen hypothese weer (Zwicker et al., 2010).

Vervolgens werd de methode besproken. Drie studies vermeldden de sleutelementen van studiedesign (Ferguson et al., 2015; King et al., 2011; Zwicker et al., 2010). Setting locaties en relevante datums werden door zes artikels aangehaald (Ferguson et al., 2015; Hyde & Wilson, 2011; King et al., 2011; Noten et al., 2014; Plumb et al., 2008; Smits-Engelsman et al., 2003; Wilmut et al., 2013). Eén artikel was specifiek en vollediger in de vermelding hiervan (Smyth & Mason, 1997). Bij geen enkel artikel ontbrak informatie over het vermelden van selectiecriteria en de methode van selectie. De uitkomstmaten werden in alle artikels besproken. In drie artikels ging men daarbij meer uitgebreid in op blootstellingen, voorspellingen en mogelijke beïnvloedende factoren (Smyth & Mason, 1997; Wilmut et al., 2013; Zwicker et al., 2010). Alle artikels gaven gedetailleerd hun databronnen en methode van uitgevoerde metingen weer. Ze beschreven de overeenkomst van onderzoeksmethode bij meer dan één groep. Een minderheid van de artikels beschreef mogelijke bronnen van bias (Kashiwagi et al., 2009; King et al., 2011; Plumb et al., 2008). Geen enkele studie beschreef hoe de studiegrootte bepaald werd. Alle artikels vermeldden methode van analyse bij kwantitatieve variabelen. De statistische methoden en de beschrijving van methode voor subgroepen en interacties waren in elk artikel aanwezig. Echter stond in geen enkel artikel de statistische methode voor versturende variabelen vermeld. Gegevens over ontbrekende data werden in drie studies niet vermeld (Kashiwagi et al., 2009; King et al., 2011; Zwicker et al., 2010). De steekproefstrategie werd beschreven in Ferguson et al. (2015) en Zwicker et al. (2010). Geen enkel artikel beschreef een analyse van sensitiviteit.

Daarna werd de bespreking van resultaten geëvalueerd aan de hand van vijf items. Noten et al. (2014), Plumb et al. (2008) en Smits-Engelsman et al. (2003) vermeldden het aantal individuen per stadium van de studie. De reden bij niet-deelnemen per stadium van de studie werd volgens diezelfde stadia beschreven door Smits-Engelsman et al. (2003), Smyth en Mason (1997) en Zwicker et al. (2010). Geen enkele studie maakte gebruik van een stroomdiagram. Het vermelden van deelnemerskarakteristieken en informatie over blootstelling en beïnvloedende factoren was volledig bij Hyde en Wilson (2011), Plumb et al. (2008), Wilmut et al. (2013) en Zwicker et al. (2010). Bij de overige artikels ontbrak informatie over blootstelling en beïnvloedende factoren. Geen enkel artikel vermeldde bij elke variabele het aantal deelnemers met ontbrekende data.

In alle artikels werden alle uitkomstmaten vermeld en voor de hoofresultaten werden bij alle artikels schattingen en een betrouwbaarheidsinterval weergegeven. Een minderheid van de studies beschreef hierbij ook de beïnvloedende factoren (Kashiwagi et al., 2009 ; Plumb et al., 2008; Smyth & Mason, 1997; Wilmut et al., 2013). Enkel King et al. (2011) vermeldde categoriegrenzen bij continue variabelen. De omvorming van relatief risico naar absoluut risico voor betekenisvolle tijdsperiode werd in geen enkel artikel vermeld. Bij het laatste item scoorden alle artikels positief voor het vermelden van bijkomende analyses zoals subgroepen en interacties.

De voorlaatste categorie bespreekt de discussie. Elk artikel gaf een samenvatting van hoofresultaten met verwijzing naar objectieven. Studiebeperkingen werden door een minderheid van de artikels beschreven (Ferguson et al., 2015; Hyde & Wilson, 2011; Plumb et al., 2008). Wilmut et al. (2013) gaf zeer geringe informatie over interpretatie van resultaten, limitaties, analyses en andere relevante evidentie en scoorde bijgevolg een nul. Ferguson et al. (2015), Hyde en Wilson (2011) en Plumb et al. (2008) deden dit uitgebreider dan de overige studies. Bij de overige artikels ontbraken gegevens over de limitaties. Geen enkel artikel gaf gegevens vrij over de generaliseerbaarheid.

Tot slot besprak men mogelijke financieringen van de studie. De helft van de artikels vermeldde mogelijke financieringsbronnen (Kashiwagi et al., 2009; King et al., 2011; Plumb et al., 2008; Smyth & Mason, 1997; Wilmut et al., 2013; Zwicker et al., 2010).

#### 4.3 Resultaten data-extractie

De geïnccludeerde studies bevatten elk een visuomotorische taak die de controle van manuele acties onderzocht. De gehanteerde taken kunnen onderverdeeld worden in vijf verschillende categorieën, namelijk: reik-tot-grijptaak onder normale visus, reik-tot-grijptaak onder veranderde visus, tracing taak, taak met snelle online aanpassingen aan visuele verstoringen, pointing taak. De resultaten werden schematisch weergegeven in bijlage 5.

#### Kenmerken van studies

In tabel 4 tot en met 8 wordt de gedetailleerde versie van de kenmerken van de studies, onderverdeeld in de vijf verschillende categorieën, weergegeven. De steekproefgrootte van de geïnccludeerde studies was in het algemeen relatief klein ( $n=14 - 284$ ). Een uitzondering was Smyth en Mason (1997), hier werden 284 kinderen geïnccludeerd. De gemiddelde leeftijden van de deelnemers waren over de 12 geïnccludeerde studies vergelijkbaar. De gemiddelde leeftijd van alle geïnccludeerde studies bedroeg 8.76 jaar, met een range van vier tot 13 jaar oud. Er werden op één studie na, Hyde en Wilson (2011), steeds meer jongens dan meisjes geïnccludeerd in de DCD-groep. Bij het rekruteren van deelnemers werden verschillende criteria gebruikt. Zo maakten zeven studies gebruik van de MABC (Kagerer et al., 2004; Kagerer et al., 2006; Kashiwagi et al., 2009; King et al., 2011; Plumb et al., 2008; Smits-Engelsman et al., 2003; Smyth & Mason, 1997). Cutoff-waardes voor toewijzing aan de DCD-groep bevonden zich hoofdzakelijk op percentiel 15. Echter verschilde Plumb et al. (2008) hier in, inclusie gebeurde hier pas vanaf percentiel één. Drie studies maakten gebruik van de hernieuwde versie MABC-2 (Ferguson et al., 2015; Wilmut et al., 2013; Zwicker et al., 2010).

De overige twee studies gebruikten de MAND (Hyde & Wilson, 2011; Noten et al., 2014). Daarnaast werd er slechts in vijf studies geïnccludeerd volgens de DSM-IV criteria (Ferguson et al., 2015; Hyde & Wilson, 2011; Kashiwagi et al., 2009; Smits-Engelsman et al., 2003; Zwicker et al., 2010). De comorbiditeiten ADHD, leerstoornis, en dyslexie werden geïnccludeerd in de studie van Kashiwagi et al. (2009), Plumb et al. (2008), Smits-Engelsman et al. (2003) en Wilmot et al. (2013). Twee studies excludeerden ADHD en leerstoornis (Hyde & Wilson, 2011; Zwicker et al., 2010).

### Reik-tot-grijptaak onder normale visus

#### *Methodologie studies*

Noten et al. (2014) en Smyth en Mason (1997) voerden een gelijkaardige bar grasping taak uit. De cilinder had aan beide uiteinden een verschillende kleur. In beide studies werd gevraagd een bepaalde kleur van deze cilinder verticaal naar beneden te plaatsen in een voorwerp. In de studie van Noten et al. (2001) was dit voorwerp een circulaire houder. De studie van Smyth en Mason (1997) gebruikte twee verschillende gekleurde cirkels. De cilinder kon zowel in wijzerzin als tegenwijzerzin geroteerd worden. Wilmot et al. (2013) beschreef een andere reik- naar grijptaak met vier condities: 1) de cilinder in een nauwe opening plaatsen, 2) de cilinder in een ruimere opening plaatsen, 3) de cilinder opheffen, 4) de cilinder werpen. In elke vooraf genoemde taak werd er gestreefd naar een comfortabele eindpositie (Noten et al., 2014; Smyth & Mason, 1997; Wilmot et al., 2013). Een tweede taak uit Smyth en Mason (1997) was de non-visual aiming taak. Hierbij moest er aan de onderkant van een tafel een pin geplaatst worden ter hoogte van een vierkant dat enkel zichtbaar was langs de bovenkant. De taak bevatte drie fases: een visuele fase, een proprioceptieve fase en een combinatie van de twee.

#### *Resultaten studies*

Tabel 9 geeft een schematische weergave van de resultaten uit Noten et al. (2014), Smyth en Mason (1997) en Wilmot et al. (2013). Wat betreft de temporele uitkomstmaten hadden kinderen met DCD een significant grotere bewegingsduur dan typisch ontwikkelende kinderen ( $p=0.036$ ). Daarnaast waren de DCD-en controlegroep niet significant verschillend in vertragingstijd. De kinderen in de DCD-groep kwamen in alle bewegingen even snel tot piekversnelling, terwijl bij typisch ontwikkelende kinderen hierin een onderscheid werd gemaakt ( $p=0.001$ ) (Wilmot et al., 2013).

Uit spatiële uitkomstmaten bleek dat de DCD kinderen geen significant verschillende uitkomsten bewaarden in end-state-comfort ten opzichte van typisch ontwikkelende kinderen ( $F<1$ ) (Noten et al., 2014; Smyth & Mason, 1997). Dit was tegengesteld aan de verwachtingen (Noten et al., 2014). Desondanks was er een grote variabiliteit in end-state comfort tussen de DCD-groep en de controlegroep (Smyth & Mason, 1997). Typisch ontwikkelende kinderen konden dus niet significant beter plannen hoe ze de taak konden uitvoeren, zonder hun comfortabele houding te verliezen. Wel was er een grote variabiliteit bij motorisch plannen tussen beide groepen (Smyth & Mason, 1997).

De verminderde vaardigheid in motorisch planning volgens Noten et al. (2014) en Smyth en Mason (1997) bij kinderen met DCD uitte zich in onnauwkeurige bewegingen. De DCD-groep maakte significant meer absolute fouten ( $p < 0.01$ ) en willekeurige fouten ( $p < 0.05$ ) dan de controlegroep (Smyth & Mason, 1997).

### Reik-tot-grijptaak onder veranderde visus

#### *Methodologie studies*

Drie studies beschreven een center-out drawing taak (Kagerer et al., 2004; Kagerer et al., 2006; King et al., 2011). Bij elke taak werd gevraagd een lijn te trekken tussen twee of meerdere punten, die al dan niet random verschenen op een vooraf bepaalde locatie. Het onderzoeksdoel van de studie en de daaruit afgeleide condities verschilden tussen de studies. Bij Kagerer et al. (2004) werd het experiment opgedeeld in drie fasen: 1) normale visuele feedback door middel van penbewegingen, 2) veranderde visuele feedback door 45° wijzerzin rotatie, 3) opnieuw normale visuele feedback. Bij Kagerer et al. (2006) werd het experiment opgedeeld in twee fasen: 1) graduele verstoring waarbij in stappen van 10° de visuele feedback uiteindelijk tot 60° wijzerzin werd geroteerd. 2) abrupte verstoring waarbij de visuele feedback onmiddellijk van 0° naar 60° roteerde. King et al. (2011) bestond uit twee fasen: 1) visuele fase waarbij de visuele feedback 60° wijzerzin roteerde. 2) een auditieve fase. Hier werd niet verder op ingegaan aangezien deze fase niet gerelateerd is aan onze onderzoeksvraag.

#### *Resultaten studies*

In tabel 10 worden de resultaten weergegeven uit Kagerer et al. (2004), Kagerer et al. (2006) en King et al. (2011). Op vlak van temporele uitkomstmaten, hadden kinderen met DCD een significant langere bewegingstijd ( $p < 0.02$ ) dan de controlegroep tijdens normale visuele feedback. Op vlak van spatiële uitkomstmaten legden kinderen met DCD een significant grotere afstand in afgelegde weg (ML) af dan typisch ontwikkelende kinderen ( $p < 0.05$ ) (Kagerer et al. 2004). Ze hadden bovendien minder spatiële controle (RMSE:  $p = 0.018$ ) en een grotere richtingsvariabiliteit (VarIDE;  $p = 0.022$ ) (King et al., 2011). Na graduele verstoring in visuele feedback vond Kagerer et al. (2006) geen enkel significant aftereffect binnen de DCD-groep.

Na abrupte verstoring in visuele feedback vond Kagerer et al. (2004) geen aftereffecten binnen de DCD-groep. Tegenstrijdig hieraan vond Kagerer et al. (2006) significante aftereffecten in RSME ( $p < 0.05$ ), de vloeiendheid in beweging (NJ) ( $p < 0.05$ ) en in afstand van afgelegde weg (ML) ( $p < 0.02$ ). Een mogelijke verklaring hiervoor was het verschil in aantal graden van rotatie tussen beide studies. Het feit dat er na abrupte verstoringen in visuele feedback meer aftereffecten waren binnen de DCD-groep, induceerde dat kinderen tijdens abrupte verstoring van visuele feedback meer adaptatie vertoonden dan na een graduele visuele verstoring (Kagerer et al., 2006).

## Tracing taak

### *Methodologie studies*

Twee studies beschreven een tracing taak waarbij de deelnemers een joystick moesten aansturen (Kashiwagi et al., 2009; Zwicker et al., 2010). In de studie van Kashiwagi et al. (2009) volgde men een horizontaal verplaatsend doel in drie fasen: een tracing fase, een kijk fase en een rust fase. Fase twee en drie werden niet in onze literatuurstudie opgenomen. Bij Zwicker et al. (2010) bewoog men in wijzerzin tussen twee omtreklijnen van een bloem. Bij een rood of groen gekleurde bloem moest de beweging respectievelijk gestopt of gestart worden.

### *Resultaten studies*

In tabel 11 worden temporele en spatiële uitkomstmaten van beide studies schematisch weergegeven. In de studie van Kashiwagi et al. (2009) bleek dat kinderen met DCD een significant grotere verandering in snelheid hadden ten opzichte van de controlegroep ( $p=0.013$ ). Desondanks werd er in de studie van Zwicker et al. (2010) geen significant verschil gevonden in bewegingsduur. Volgens deze resultaten zouden kinderen met DCD geen vertraagde bewegingsuitvoering hebben in vergelijking met typisch ontwikkelende kinderen.

Slechts één spatiële uitkomstmaat werd gemeten, namelijk de afstand van de cursor tot het beoogde doel. Echter was hier een kleine tegenstrijdigheid tussen beide studies. (Kashiwagi et al., 2009; Zwicker et al., 2010). In de studie van Kashiwagi et al. (2009) vond men dat kinderen met DCD verder af weken van het doel ( $p=0.001$ ). In de andere studie bleek deze tracing error niet significant te zijn. Dit zou het gevolg kunnen zijn van de kleine steekproef van deze studie. Men vond hier wel een tendens in stijgende variabiliteit en verminderde controle van bewegingen bij DCD ten opzichte van typisch ontwikkelende kinderen (Zwicker et al. 2010).

## Taak met snelle online aanpassingen aan visuele verstoringen

### *Methodologie studies*

Twee studies onderzochten de online motorische adaptatie tijdens een visuomotorische taak. Bij beide taken moest men van een startpositie naar een vooraf bepaald doel bewegen (Hyde & Wilson, 2011; Plumb et al., 2008). In de studie van Hyde en Wilson (2011) reikte men met de wijsvinger naar een opgelicht doel. Er waren twee condities mogelijk. Bij non-jump trials bleef het doel staan, bij jump trials versprong het doel naar een perifere plaats zodra men begon te bewegen.

In de studie van Plumb et al. (2008) kreeg men een pen waarmee een lijn getrokken werd tussen de startlocatie en een groen doel. Hier waren ook twee condities mogelijk: een conditie waarbij het doel bleef staan en een experimentele conditie. Een bijkomend gegeven is dat de testprocedure werd aangepast voor kinderen met DCD. Door een verminderde posturale stabiliteit mochten kinderen met DCD zitten in plaats van rechtstaan en werd de hoogte van de display hieraan aangepast. Bovendien maakten ze gebruik van een dikkere pen (Plumb et al., 2008).

### *Resultaten studies*

In tabel 12 worden de resultaten van twee studies schematisch weergegeven. Uit de temporele uitkomstmaten bleek dat kinderen met DCD de beweging trager uitvoerde, een hogere vertragingssnelheid hadden en een hogere reactiesnelheid (Hyde & Wilson, 2011; Plumb et al., 2008). Bij jump trials bewogen kinderen met DCD trager en hadden ze meer tijd nodig om te corrigeren (Hyde & Wilson, 2011).

De spatiële uitkomstmaten duiden dat kinderen met DCD minder accuraat waren tijdens het uitvoeren van de beweging (Hyde & Wilson, 2011). Ze maakten meer fouten in de nauwkeurigheid bij het aanwijzen van het middelpunt van een doel (TDE:  $p=0.04$ ). Het te vroeg starten van een beweging alvorens het doel oplichtte (AE) en het aantikken van het centrale doel bij jump trials (CTE) werden zowel bij de DCD-groep als bij de controlegroep vastgesteld. Hierin vond men geen significant verschil tussen beiden groepen.

### Pointing taak

#### *Methodologie studies*

In de discrete visually guided pointing taak van Ferguson et al. (2015) moest de deelnemer een lijn trekken tussen de verticale lijn en het vierkant. De grootte van het vierkant verschilde doorheen de trials. Wanneer men het middelpunt van het vierkant bereikte, werd gevraagd de pen op te heffen en terug te keren naar de verticale lijn. In een tweede gedigitaliseerde continue taak in de studie van Ferguson et al. (2015) moest men van een rode cirkel naar één van de vijf vierkanten bewegen. Zoals in de vorige taak werden doorheen de trials verschillende groottes van vierkanten gebruikt. De pen mocht gedurende de beweging niet opgeheven worden en gaf bovendien geen visuele feedback aan de deelnemers. Smits-Engelsman et al. (2003) beschreef ook een discrete en continue taak aan de hand van een bijkomende auditieve component. Op een blad stonden twee diagonaal gelegen cirkels, die doorheen de trials verschilden in grootte. In de discrete fase moest men zo snel en nauwkeurig mogelijk een diagonaal trekken na het auditieve startsignaal. Na een kort interval weerklonk een tweede auditieve startsignaal dat induceerde om terug te keren naar de startpositie. In de tweede, continue fase kreeg men 20 seconden de tijd om zo snel en nauwkeurig mogelijk diagonalen te trekken in beide richtingen tussen de doelen.

#### *Resultaten studies*

In tabel 13 worden de resultaten van beiden studies schematisch weergegeven. De temporele uitkomstmaat bewegingsduur gaf een tegenstrijdig resultaat. Ferguson et al. (2015) rapporteerde een kleinere bewegingsduur (MT) zowel in de DCD-groep als in de controlegroep bij een discrete taak ten opzichte van een continue taak. Smits-Engelsman et al. (2003) vond een kleinere MT bij de kinderen met DCD en/of een leerstoornis (DCD/LD-groep) tijdens het uitvoeren van een continue taak ( $p<0.001$ ). Dit verschil was echter groter in de DCD/LD-groep dan in de controlegroep. Er kan gesteld worden dat kinderen met DCD met of zonder LD niet significant verschilden in bewegingsduur, maar wel een grotere bewegingsvariabiliteit hadden ( $p=0.001$ ) (Ferguson et al., 2015).

Zowel typisch ontwikkelende kinderen als kinderen met DCD/LD handelden volgens de Fitt's Law, met name: de bewegingsduur werd groter naarmate het doel kleiner werd. Hieruit is ook gebleken dat kinderen met DCD minder afhankelijk zijn van de grootte van het doel tijdens het uitvoeren van een continue taak ( $p < 0.001$ ) (Smits-Engelsman et al., 2003).

Uit spatiële uitkomstmaten bleek dat zowel fouten in eindpunt van de beweging, grootte van de fout en richting van de fout allemaal significant groter waren in de DCD-groep ( $p = 0.01$ ,  $p < 0.001$ ,  $p < 0.001$ ) (Ferguson et al., 2015). Het effect van discrete versus continue taken op een positieve uitkomst bleek significant verschillend tussen de DCD-groep en de controlegroep ( $p < 0.001$ ) (Smits-Engelsman et al., 2003). Kinderen met DCD bekwamen significant minder goede uitkomsten wanneer de taak een continue component bevatte. Ze maakten maar liefst dubbel zoveel fouten dan wanneer ze een discrete taak uitvoerden en een groter aantal fouten wanneer het doel groter werd. Dit was ook merkbaar bij de controlegroep maar minder uitgesproken. De gemaakte fouten uitte zich in een grotere spreiding van eindpunten ( $p = 0.001$ ) en een stijgend aantal overshoots ( $p < 0.001$ ) (Smits-Engelsman et al., 2003). Kinderen met DCD bleken bijgevolg minder nauwkeurig in de ruimte. Ook in de controlegroep was er een verschil tussen de taakvarianten merkbaar. Echter bleek dit verschil zes maal kleiner te zijn dan het verschil bij de DCD-groep.

## 5. Discussie

De studie-opzet van deze literatuurstudie is het weergeven van verschillen in de visuomotoriek bij kinderen met DCD en typisch ontwikkelende kinderen. Hiermee wordt getracht de problemen in de verwerking van visuele informatie tijdens het uitvoeren van een manuele taak te achterhalen. Er wordt ook nagegaan hoe men deze problemen kan verklaren. Het verwerven van inzicht is belangrijk om de mogelijke etiologie van DCD te achterhalen en therapie te optimaliseren om zo op deze manier de problemen in het dagelijks leven mogelijks te reduceren.

### 5.1 Reflectie over kwaliteit studies

De geïncludeerde studies in dit literatuuronderzoek waren van matige kwaliteit. Slechts één studie scoorde een waardeoordeel 'goed' op de STROBE checklist voor cross-sectionele studies (Plumb et al., 2008). Bij interpretatie van de resultaten moet met deze matige kwaliteit van studies rekening gehouden worden. Bovendien hadden nagenoeg alle studies een relatief kleine sample size. De range liep van 14 tot 284 deelnemers. Enkel de studie van Smyth en Mason (1997) includeerde het grote aantal van 284 deelnemers. Daarnaast beschreven slechts drie artikels mogelijke bronnen van bias (Kashiwagi et al., 2009; King et al., 2011; Plumb et al., 2008). Hierbij mag niet geïnterpreteerd worden dat de overige negen studies vrij zijn van bias. Studiebeperkingen werden niet door elke studie beschreven. Dit gebeurde alleen bij Ferguson et al. (2015), Hyde en Wilson (2011) en Plumb et al. (2008). Naast het ontbreken van deze gegevens werd er tevens geen informatie gegeven over de generaliseerbaarheid van de resultaten. Zo wordt generaliseren voor de gehele populatie van kinderen met DCD moeilijker.

### 5.2 Reflectie over bevindingen in functie van onderzoeksvragen

De geïncludeerde studies werden ingedeeld naargelang de verschillende soorten visuomotorische taken. Zo onderzochten drie studies de controle van manuele acties aan de hand van reik-tot-grijptaak onder normale visus, drie studies via reik-tot-grijptaak onder veranderde visus, twee studies via tracing taken, twee studies via taak met snelle online aanpassingen aan visuele verstoringen en tot slot twee studies via een pointing taak.

#### *Kenmerken studies*

Enkel in de studies van Ferguson et al. (2015), Hyde en Wilson (2011), Kashiwagi et al. (2009), Smits-Engelsman et al. (2003) en Zwicker et al. (2010) werden de deelnemers van de DCD-groep geïncludeerd volgens de DSM-IV criteria. In de overige studies bleef het onduidelijk of de DCD-groep voldeed aan criterium B en C van DSM-IV. Een tweede inclusiecriteria wat mogelijks resultaten kan beïnvloeden zijn comorbiditeiten van DCD. Deze werden in sommige studies geëxcludeerd, geïncludeerd of geen rekening mee gehouden. Drie studies namen de comorbiditeit ADHD op (Kashiwagi et al., 2009; Plumb et al., 2008; Wilmot et al., 2013). Eén studie includeerde leerstoornis (Smits-Engelsman et al., 2003) en één studie includeerde ook dyslexie (Kashiwagi et al., 2009). Bij



interpretatie van resultaten dient men hier rekening mee te houden. Door de verscheidenheid aan in- en exclusiecriteria van de DCD-groep is het generaliseren van resultaten beperkt.

Bovendien werd de testprocedure voor kinderen met DCD in de studie van Plumb et al. (2008) aangepast ten opzichte van de testprocedure voor typisch ontwikkelende kinderen. Tijdens het interpreteren van resultaten van deze studie dient men hier rekening mee te houden.

### *Resultaten studies*

De temporele uitkomstmaat, bewegingsduur werd in elk van de vijf soorten categorieën omtrent controle van manuele acties besproken. Ondanks de grote verscheidenheid in methodologie van de taken werd er over het algemeen een eenzelfde tendens in resultaten bekomen. In het algemeen kan er gesteld worden dat kinderen met DCD een grotere bewegingsduur hadden ten opzichte van typisch ontwikkelende kinderen. Deze bevinding was merkbaar bij reik-tot-grijptaak onder normale visus, reik-tot-grijptaak onder veranderde visus, taken met snelle online aanpassingen aan visuele verstoringen en pointing taken. Bij de studie van Zwicker et al. (2010), waarin men gebruik maakte van tracing taken, vond men geen significant verschil in bewegingsduur tussen kinderen met DCD en typisch ontwikkelende kinderen. Hieruit bleek dat kinderen met DCD even snel een taak uitvoerden als typisch ontwikkelende kinderen.

Binnen de twee studies omtrent taak met snelle online aanpassingen aan visuele verstoringen bleek een verschil in resultaten van bewegingsduur. Plumb et al. (2008) stelde dat kinderen met DCD bij alle condities een hogere bewegingsduur hadden dan typisch ontwikkelende kinderen. In tegenstelling tot de resultaten van Plumb et al. (2008), vond Hyde en Wilson (2011) enkel verhoogde bewegingsduur in de DCD-groep bij de complexere conditie, de jumping trials. Echter is het belangrijk in acht te nemen dat de studie van Plumb et al. (2008) de comorbiditeit ADHD wel opnam in hun DCD-groep. In de studie van Hyde en Wilson (2011) werd ADHD geëxcludeerd. Dit zou mogelijks een invloed kunnen hebben op de resultaten. Een bijkomend gegeven dat gevonden werd in de studies omtrent pointing taken is dat kinderen met DCD net zoals typisch ontwikkelende kinderen volgens de Fitts' Law bewegen. De Fitts' Law induceert dat wanneer een doel kleiner wordt, de bewegingssnelheid hieraan wordt aangepast en bijgevolg de bewegingsduur stijgt. Zowel kinderen met DCD als typisch ontwikkelende kinderen bewogen sneller bij een continue taak dan bij een discrete taak. Echter was dit verschil in bewegingsduur bij kinderen met DCD groter. Dit resultaat sluit mee aan bij het algemeen gegeven dat kinderen met DCD grotere bewegingsduur hebben.

Een spatiële uitkomstmaat die ook werd teruggevonden in alle vijf de categorieën omtrent controle van manuele acties, is een maat voor nauwkeurigheid. Door de grote verscheidenheid aan methodologieën, werd er niet steeds over precies dezelfde uitkomstmaat gepraat. Echter berustten deze allemaal op het weergeven van een maat voor de nauwkeurigheid door middel van het benoemen van de gemaakte fouten. De soort fout verschilde naargelang de uitgevoerde taak. Ondanks de grote variabiliteit in de soort fouten kon men concluderen dat kinderen met DCD significant minder nauwkeurig waren dan typisch ontwikkelende kinderen (Ferguson et al., 2015; Hyde & Wilson, 2011; Kagerer et al., 2004;

Kagerer et al., 2006; Kashiwagi et al., 2009; King et al., 2011; Plumb et al., 2008; Smits-Engelsman et al., 2003; Smyth & Mason, 1997). Bij het uitvoeren van een visuomotorische taak maakten kinderen met DCD meer fouten ten opzichte van typisch ontwikkelende kinderen. Kinderen met DCD hebben een verminderde spatiële controle en bovendien een grotere bewegingsvariabiliteit (Ferguson et al., 2015; Kagerer et al., 2004; Kagerer et al., 2006; Kashiwagi et al., 2009; Smits-Engelsman et al., 2003; Zwicker et al., 2010). Daarnaast bleek dat wanneer een kind met DCD een continue pointing taak uitvoerde, er dubbel zoveel fouten werden gemaakt dan bij een discrete pointing taak. Wanneer het doel groter werd, werden er meer fouten gemaakt, met name meer overshoot (Ferguson et al., 2015; Smits-Engelsman et al., 2003). Zoals voorgaand vermeld handelden kinderen met DCD, net zoals typisch ontwikkelende kinderen, volgens de Fitts' Law. Echter gaf deze vertraging in bewegingssnelheid geen verbetering in nauwkeurigheid (Ferguson et al., 2015). Een opmerkelijk resultaat is dat tijdens de tracing taak in de studie van Zwicker et al. (2010) geen significant verschil werd gevonden in de nauwkeurigheid tussen de DCD-groep en de controlegroep. Een mogelijke verklaring die hiervoor gegeven werd is de kleine sample van de studie.

Een bijkomend spatiële uitkomstmaat die enkel werd onderzocht in de categorie reik-tot-grijptaak onder normale visus is de end-state comfort (Noten et al., 2014; Smyth & Mason, 1997). Deze uitkomstmaat geeft de mate van motorisch plannen tijdens een bar grasping taak weer. In tegenstelling tot wat er verwacht werd, bleek hier geen significant verschil te zijn tussen kinderen met DCD en typisch ontwikkelende kinderen (Noten et al., 2014; Smyth & Mason, 1997).

Een mogelijke verklaring voor deze vertraging in bewegingssnelheid en de verminderde nauwkeurigheid bij kinderen met DCD, is de hypothese van het intern model. Deze hypothese werd in verscheidene studies aangehaald (Ferguson et al., 2015; Hyde & Wilson, 2011; Kagerer et al., 2004; Kagerer et al., 2006; Noten et al., 2014; Smits-Engelsman et al., 2003; Wilmut et al., 2013). De hypothese van het intern model suggereert dat kinderen met DCD minder efficiënt gebruik maken van voorspellende motorische controle (Wilson et al., 2013). Ze zouden specifiek moeilijkheden hebben bij het vormen en aanpassen van een intern model (Ferguson et al., 2015; Hyde & Wilson, 2011). Het intern model zorgt ervoor dat de uitkomst van een beweging voorspeld kan worden nog voor de trage, sensorimotorische feedback beschikbaar is (Wolpert, 1998). Het intern model wordt gevormd wanneer er een motorisch commando wordt gegenereerd. Op datzelfde moment gaat er een efferente kopie naar de pariëtale-cerebellaire cortex gestuurd worden. De posterior pariëtale cortex en cerebellum zorgen voor een voorspelling van lichaamspositie en correcties tijdens bewegingen (Blakemore & Sirigu, 2003). Wanneer er bij de vergelijking tussen de voorspelde uitkomst van de beweging en de sensorische feedback een mismatch ontstaat, door onder andere een visuele verstoring, worden foutsignalen gegenereerd. Deze foutsignalen zorgen vervolgens voor een online correctie van het motorisch commando (Adams et al., 2014; De Kieviet et al., 2013; Wolpert, 1998).

De posterior pariëtale cortex zou instaan voor de sensorimotorische transformatie (Buneo & Andersen, 2005). Voorgaande studies toonden aan dat bij een probleem in de posterior pariëtale cortex, zoals bij een laesie of TMS, snelle online correcties minder vloeiend verliepen (Desmurget et al., 1999; Gréa et al., 2002). Daarnaast werd aangetoond dat het cerebellum instaat voor de herkenning van de mismatch

(Miall & Jenkinson, 2005). Een indicatie voor cerebellaire problemen bij kinderen met DCD zijn problemen in automatisatie, discoördinatie en het soms vertonen van een lagere spiertonus (Schmahmann, 2004). Mede door deze overeenkomsten met andere aandoeningen van de posterior pariëtale cortex en cerebellum, wordt er gesuggereerd dat kinderen met DCD een immature neurologische ontwikkeling hebben van de posterior pariëtale cortex en cerebellum (Hyde & Wilson, 2011). Dankzij wisselwerking tussen de posterior pariëtale cortex en het cerebellum zouden er online correcties in het intern model ontstaan (Buneo & Andersen, 2005). Daarnaast is gebleken dat problemen in het intern model zich hoofdzakelijk uiten bij complexere taken. Dit was terug te vinden in de resultaten van taken met snelle online aanpassingen aan visuele verstoringen en taken naar end-state comfort. Er werd geen significant verschil gevonden tussen de DCD-groep en controlegroep bij het reiken zonder visuele veranderingen en bij de bar grasping taak. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat enkel bij complexere taken men meer afhankelijk is van het intern model, wat hier dus niet het geval was (Hyde & Wilson, 2011; Noten et al., 2014).

In de studie van Zwicker et al. (2010) werd er onderzoek verricht naar de geactiveerde hersengebieden bij kinderen met DCD tijdens het uitvoeren van een visuomotorische taak. Hieruit bleek dat kinderen met DCD een verhoogde activatie in frontale, pariëtale en temporale regio's hadden. Deze gebieden staan in voor interpretatie van de sensorische informatie en de visuomotorische of visuospatiële verwerking. Een opmerkelijke bevinding was de grotere activatie van het cerebellum, specifiek lob VI, bij kinderen met DCD in vergelijking met typisch ontwikkelende kinderen. Lob IV, deel van het sensorimotorisch netwerk in het cerebellum, staat in voor de spatiële verwerking. Het is merkwaardig dat er hier een verhoogde hersenactiviteit aanwezig was aangezien het bewezen is dat kinderen met DCD problemen hebben in het verwerken van visuele spatiële informatie. Daarnaast toonde Debrabant et al. (2016) de aanwezigheid van een mogelijke hersendisfunctie aan bij kinderen met DCD. Specifieke wijzingen in de witte stof en in kenmerken van structuur van hersennetwerk werden gevonden, die geassocieerd werden met visuomotorische beperkingen en met de diagnose van DCD. Bovendien activeerde de DCD-groep ongeveer twee keer zoveel hersengebieden dan de controlegroep. Ze staken meer moeite in het plannen, uitvoeren en leren van de beweging (Zwicker et al., 2010).

### 5.3 Reflecties over sterktes en beperkingen van de literatuurstudie

Een sterkte van deze literatuurstudie is dat er een uitgebreide zoekstrategie werd gehanteerd. Er werd gebruik gemaakt van synoniemen om eenzelfde begrip te omschrijven. Daarnaast werd het includeren van studies en de kwaliteitsbeoordeling door twee onafhankelijke beoordelaars uitgevoerd. Bij het uitvoeren van de kwaliteitsbeoordeling werd er gebruik gemaakt van de gestandaardiseerde STROBE checklist voor cross-sectionele studies. Een zwakte van de literatuurstudie is dat er slechts twee verschillende databanken geraadpleegd werden. Daarnaast was de tijdsspanne tussen de herhaalde uitvoering van de zoekstrategie beperkt. Dit gebeurde in februari 2017 en in mei 2017.

#### 5.4 Aanbevelingen voor toekomstige studies

Een aanbeveling voor toekomstige studies is het gebruik van meer consistente inclusiecriteria, namelijk de DSM-IV of de vernieuwde versie DSM-V. Zo kunnen homogeneren groepen uit de DCD-groep vergeleken worden ten opzichte van typisch ontwikkelende kinderen. Een verminderde verscheidenheid aan in- en exclusiecriteria van de DCD-groep zou de generaliseerbaarheid van de resultaten verhogen.

Daarnaast is het aangewezen om verder onderzoek te verrichten naar verstoringen in hersengebieden bij kinderen met DCD. Verschillende studies duiden dezelfde twee hersengebieden aan als oorzaak voor beperkingen in visuomotorische vaardigheden, namelijk het cerebellum en de posterior pariëtale cortex. Toch heerst er nog steeds onduidelijkheid over hersengebieden die voor verstoringen in de visuomotoriek kunnen zorgen.

Tenslotte is onderzoek naar het al dan niet causale verband tussen problemen in visuele verwerking en het ontstaan van motorische coördinatie problemen bij kinderen met DCD aangewezen.

Nieuwe inzichten kunnen als doel hebben: de oorzaak van beperkingen bij manuele, visuomotorische taken nagaan bij kinderen met DCD. Door nieuwe inzichten hierin zal men in therapie de oorzaak en het probleem efficiënter kunnen aanpakken. Zo zal men een effectieve behandeling kunnen toepassen en mogelijks problemen in het dagelijkse leven bij kinderen met DCD kunnen reduceren.



## **6. Conclusie**

Tijdens het uitvoeren van een manuele, visuomotorische taak bleek dat kinderen met DCD deze taak trager uitvoerden en dus een grotere bewegingsduur hadden. Hieruit bleek ook dat ze meer fouten maakten, wat erop wees dat kinderen met DCD minder nauwkeurig waren. Deze resultaten van temporele en spatiële uitkomstmaten werden in elk van de vijf soorten taken teruggevonden. Een mogelijke verklaring voor deze verschillen met typisch ontwikkelende kinderen is de hypothese van het intern model. Hierin werd gesuggereerd dat kinderen met DCD minder efficiënt gebruik maken van voorspellende motorische controle. Ze zouden moeilijkheden hebben bij het vormen van een adequaat intern model en het updaten van hun intern model. Deze problemen in het intern model zouden kunnen ontstaan door stoornis van de posterior pariëtale cortex en het cerebellum. Echter blijven deze bevindingen nog steeds hypothetisch.



## 7. Referentielijst

(\*) *geïnccludeerde studies in de literatuurstudie*

Adams, I. L., Lust, J. M., Wilson, P. H., & Steenbergen, B. (2014). Compromised motor control in children with DCD: a deficit in the internal model?-A systematic review. *Neurosci Biobehav Rev*, 47, 225-244. doi:10.1016/j.neubiorev.2014.08.011

American Psychiatric Association: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition. Arlington, VA, American Psychiatric Association, 2013.

Blakemore, S. J., & Sirigu, A. (2003). Action prediction in the cerebellum and in the parietal lobe. *Exp Brain Res*, 153(2), 239-245. doi:10.1007/s00221-003-1597-z

Braddick, O., & Atkinson, J. (2013). Visual control of manual actions: brain mechanisms in typical development and developmental disorders. *Dev Med Child Neurol*, 55 Suppl 4, 13-18. doi:10.1111/dmnc.12300

Buneo, C. A., & Andersen, R. A. (2006). The posterior parietal cortex: sensorimotor interface for the planning and online control of visually guided movements. *Neuropsychologia*, 44(13), 2594-2606. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.011

Chokron, S., & Streri, A. (2012). *Comment Voient les Bébés?* Paris : Editions Le Pommier.

Debrabant, J., Vingerhoets, G., Van Waelvelde, H., Leemans, A., Taymans, T., & Caeyenberghs, K. (2016). Brain Connectomics of Visual-Motor Deficits in Children with Developmental Coordination Disorder. *J Pediatr*, 169, 21-27.e22. doi:10.1016/j.jpeds.2015.09.069

Desmurget, M., Epstein, C. M., Turner, R. S., Prablanc, C., Alexander, G. E., & Grafton, S. T. (1999). Role of the posterior parietal cortex in updating reaching movements to a visual target. *Nat Neurosci*, 2(6), 563-567. doi:10.1038/9219

De Kieviet, J. F., Stoof, C. J., Geldof, C. J., Smits, N., Piek, J. P., Lafeber, H. N., . . . Oosterlaan, J. (2013). The crucial role of the predictability of motor response in visuomotor deficits in very preterm children at school age. *Dev Med Child Neurol*, 55(7), 624-630 doi:10.1111/dmnc.12125

(\*) Ferguson, G. D., Wilson, P. H., & Smits-Engelsman, B. C. M. (2015). The influence of task paradigm on motor imagery ability in children with Developmental Coordination Disorder. *Hum Mov Sci*, 44, 81-90. doi:10.1016/j.humov.2015.08.016

Gomez, A., & Sirigu, A. (2015). Developmental coordination disorder: core sensori-motor deficits, neurobiology and etiology. *Neuropsychologia*, 79(Pt B), 272-287. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2015.09.032

Grea, H., Pisella, L., Rossetti, Y., Desmurget, M., Tilikete, C., Grafton, S., . . . Vighetto, A. (2002). A lesion of the posterior parietal cortex disrupts on-line adjustments during aiming movements. *Neuropsychologia*, 40(13), 2471-2480.



- (\*) Hyde, C., & Wilson, P. H. (2011). Dissecting online control in Developmental Coordination Disorder: a kinematic analysis of double-step reaching. *Brain Cogn*, 75(3), 232-241. doi:10.1016/j.bandc.2010.12.004
- Itier, R. J., & Batty, M. (2009). Neural bases of eye and gaze processing: the core of social cognition. *Neurosci Biobehav Rev*, 33(6), 843-863. doi:10.1016/j.neubiorev.2009.02.004
- (\*) Kagerer, F. A., Bo, J., Contreras-Vidal, J. L., & Clark, J. E. (2004). Visuomotor adaptation in children with developmental coordination disorder. *Motor Control*, 8(4), 450-460.
- (\*) Kagerer, F. A., Contreras-Vidal, J. L., Bo, J., & Clark, J. E. (2006). Abrupt, but not gradual visuomotor distortion facilitates adaptation in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci*, 25(4-5), 622-633. doi:10.1016/j.humov.2006.06.003
- (\*) Kashiwagi, M., Iwaki, S., Narumi, Y., Tamai, H., & Suzuki, S. (2009). Parietal dysfunction in developmental coordination disorder: a functional MRI study. *Neuroreport*, 20(15), 1319-1324. doi:10.1097/WNR.0b013e32832f4d87
- (\*) King, B. R., Kagerer, F. A., Harring, J. R., Contreras-Vidal, J. L., & Clark, J. E. (2011). Multisensory adaptation of spatial-to-motor transformations in children with developmental coordination disorder. *Exp Brain Res*, 212(2), 257-265. doi:10.1007/s00221-011-2722-z
- Miall, R. C., & Jenkinson, E. W. (2005). Functional imaging of changes in cerebellar activity related to learning during a novel eye-hand tracking task. *Exp Brain Res*, 166(2), 170-183. doi:10.1007/s00221-005-2351-5
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2008). Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*, 46(3), 774-785. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.10.005
- (\*) Noten, M., Wilson, P., Ruddock, S., & Steenbergen, B. (2014). Mild impairments of motor imagery skills in children with DCD. *Res Dev Disabil*, 35(5), 1152-1159. doi:10.1016/j.ridd.2014.01.026
- (\*) Plumb, M. S., Wilson, A. D., Mulroue, A., Brockman, A., Williams, J. H., & Mon-Williams, M. (2008). Online corrections in children with and without DCD. *Hum Mov Sci*, 27(5), 695-704. doi:10.1016/j.humov.2007.11.004
- Schmahmann, J. D. (2004). Disorders of the cerebellum: ataxia, dysmetria of thought, and the cerebellar cognitive affective syndrome. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 16(3), 367-378. doi:10.1176/jnp.16.3.367
- (\*) Smits-Engelsman, B. C. M., Wilson, P. H., Westenberg, Y., & Duysens, J. (2003). Fine motor deficiencies in children with developmental coordination disorder and learning disabilities: An underlying open-loop control deficit. *Hum Mov Sci*, 22(4-5), 495-513. doi:10.1016/j.humov.2003.09.006
- (\*) Smyth, M. M., & Mason, U. C. (1997). Planning and execution of action in children with and without developmental coordination disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 38(8), 1023-1037. doi:10.1111/j.1469-7610.1997.tb01619.x

Vaivre-Douret, L., Lalanne, C., & Golse, B. (2016). Developmental Coordination Disorder, An Umbrella Term for Motor Impairments in Children: Nature and Co-Morbid Disorders. *Front Psychol*, 7, 502. doi:10.3389/fpsyg.2016.00502

Vandenbroucke, J. P., von Elm, E., Altman, D. G., Gotzsche, P. C., Mulrow, C. D., Pocock, S. J., . . . Initiative, S. (2014). Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): explanation and elaboration. *Int J Surg*, 12(12), 1500-1524. doi:10.1016/j.ijsu.2014.07.014

Weierink, L., Vermeulen, R.J., Boyd, R.N. (2013). Brain structure and executive functions in children with cerebral palsy: a systematic review. *Res Dev Disabil*, 34(5), 1678-1688.

(\*) Wilmut, K., Byrne, M., & Barnett, A. L. (2013). Reaching to throw compared to reaching to place: A comparison across individuals with and without Developmental Coordination Disorder. *Res Dev Disabil*, 34(1), 174-182. doi:10.1016/j.ridd.2012.07.020

Wilson, P. H., & McKenzie, B. E. (1998). Information processing deficits associated with developmental coordination disorder: a meta-analysis of research findings. *J Child Psychol Psychiatry*, 39(6), 829-840.

Wilson, P. H., Ruddock, S., Smits-Engelsman, B., Polatajko, H., & Blank, R. (2013). Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: a meta-analysis of recent research. *Dev Med Child Neurol*, 55(3), 217-228. doi:10.1111/j.1469-8749.2012.04436.x

Wolpert, D. M., Miall, R. C., & Kawato, M. (1998). Internal models in the cerebellum. *Trends Cogn Sci*, 2(9), 338-347.

(\*) Zwicker, J. G., Missiuna, C., Harris, S. R., & Boyd, L. A. (2010). Brain activation of children with developmental coordination disorder is different than peers. *Pediatrics*, 126(3), e678-686. doi:10.1542/peds.2010-0059.

### Referentielijst geëxcludeerde studies

- Adams, A. M. (2016). How Language Is Embodied in Bilinguals and Children with Specific Language Impairment. *Frontiers in Psychology*, 7. doi:10.3389/fpsyg.2016.01209
- Adams, I. L., Steenbergen, B., Lust, J. M., & Smits-Engelsman, B. C. (2016). Motor imagery training for children with developmental coordination disorder--study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Neurol*, 16, 5. doi:10.1186/s12883-016-0530-6
- Adams, I. L. J., Ferguson, G. D., Lust, J. M., Steenbergen, B., & Smits-Engelsman, B. C. M. (2016). Action planning and position sense in children with Developmental Coordination Disorder. *Hum Mov Sci*, 46, 196-208. doi:10.1016/j.humov.2016.01.006
- Adams, I. L. J., Lust, J. M., Wilson, P. H., & Steenbergen, B. (2017). Testing predictive control of movement in children with developmental coordination disorder using converging operations. *British Journal of Psychology*, 108(1), 73-90. doi:10.1111/bjop.12183
- Adi-Japha, E., Landau, Y. E., Frenkel, L., Teicher, M., Gross-Tsur, V., & Shalev, R. S. (2007). ADHD and dysgraphia: underlying mechanisms. *Cortex*, 43(6), 700-709. doi:10.1016/s0010-9452(08)70499-4
- Aragon, A. S., Kalberg, W. O., Buckley, D., Barela-Scott, L. M., Tabachnick, B. G., & May, P. A. (2008). Neuropsychological Study of FASD in a Sample of American Indian Children: Processing Simple Versus Complex Information. *Alcoholism-Clinical and Experimental Research*, 32(12), 2136-2148. doi:10.1111/j.1530-0277.2008.00802.x
- Archibald, L. M. D., Joanisse, M. F., & Munson, B. (2013). Motor Control and Nonword Repetition in Specific Working Memory Impairment and SLI. *Topics in Language Disorders*, 33(3), 255-267. doi:10.1097/TLD.0b013e31829cf5e7
- Asmussen, M. J., Przysucha, E. P., & Dounskaia, N. (2014). Intersegmental dynamics shape joint coordination during catching in typically developing children but not in children with developmental coordination disorder. *J Neurophysiol*, 111(7), 1417-1428. doi:10.1152/jn.00672.2013
- Asonitou, K., Koutsouki, D., Kourtessis, T., & Charitou, S. (2012). Motor and cognitive performance differences between children with and without developmental coordination disorder (DCD). *Res Dev Disabil*, 33(4), 996-1005. doi:10.1016/j.ridd.2012.01.008
- Atkinson, J. (2017). The Davida Teller Award Lecture, 2016 Visual Brain Development: A review of "Dorsal Stream Vulnerability"-motion, mathematics, amblyopia, actions, and attention. *Journal of Vision*, 17(3). doi:10.1167/17.3.26
- Barnett, A. L. (2008). Motor Assessment in Developmental Coordination Disorder: From Identification to Intervention. *International Journal of Disability Development and Education*, 55(2), 113-129. doi:10.1080/10349120802033436

- Beauchamp, M. H., Boneh, A., & Anderson, V. (2009). Cognitive, behavioural and adaptive profiles of children with glutaric aciduria type I detected through newborn screening. *Journal of Inherited Metabolic Disease*, 32(1), S207-S213. doi:10.1007/s10545-009-1167-z
- Bendova, P., & Petrikova, M. (2015). THE RISK OF DEVELOPING SPECIFIC LEARNING DISABILITIES IN CHILDREN AGED 5.5-7 YEARS IN THE CZECH REPUBLIC. In L. G. Chova, A. L. Martinez, & I. C. Torres (Eds.), *Iceri2015: 8th International Conference of Education, Research and Innovation* (pp. 6255-6264).
- Benfer, K. A., Weir, K. A., Bell, K. L., Ware, R. S., Davies, P. S. W., & Boyd, R. N. (2012). Longitudinal cohort protocol study of oropharyngeal dysphagia: relationships to gross motor attainment, growth and nutritional status in preschool children with cerebral palsy. *Bmj Open*, 2(4). doi:10.1136/bmjopen-2012-001460
- Bilancia, G. (1994). DEVELOPMENTAL DYSPRAXIA - A NEUROPSYCHOLOGICAL STUDY. *Saggi-Neuropsicologia Infantile Psicopedagogia Riabilitazione*, 20(1), 9-27.
- Bo, J., & Lee, C. M. (2013). Motor skill learning in children with Developmental Coordination Disorder. *Res Dev Disabil*, 34(6), 2047-2055. doi:10.1016/j.ridd.2013.03.012
- Bosnjak, V. M. (2012). GUIDELINES OF THE CROATIAN CHILD NEUROLOGY SOCIETY FOR CEREBRAL PALSY. *Paediatrica Croatica*, 56(2), 157-163.
- Bradford, A., & Dodd, B. (1996). Do all speech-disordered children have motor deficits. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 10(2), 77-101.
- Brazeal, T. J., & Farmer, J. E. (1999). Natural course and treatment of neuropsychological deficits in a child with early-treated galactosemia. *Child Neuropsychology*, 5(3), 197-209.
- Byrne, M. W. (2009). Sensory processing disorder: Any of a nurse practitioner's business? *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners*, 21(6), 314-321. doi:10.1111/j.1745-7599.2009.00417.x
- Cacola, P., Gabbard, C., Ibane, M., & Romero, M. (2014). Tool length influences reach distance estimation via motor imagery in children with developmental coordination disorder. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 36(6), 596-606. doi:10.1080/13803395.2014.918092
- Camden, C., Foley, V., Anaby, D., Shikako-Thomas, K., Gauthier-Boudreault, C., Berbari, J., & Missiuna, C. (2016). Using an evidence-based online module to improve parents' ability to support their child with Developmental Coordination Disorder. *Disability and Health Journal*, 9(3), 406-415. doi:10.1016/j.dhjo.2016.04.002
- Camerini, G. B. (1996). Dyspraxia and learning mathematics: Figurative difficulties. *Saggi-Neuropsicologia Infantile Psicopedagogia Riabilitazione*, 22(1), 45-55.

- Campione, G. C., Piazza, C., Villa, L., & Molteni, M. (2016). Three-Dimensional Kinematic Analysis of Prehension Movements in Young Children with Autism Spectrum Disorder: New Insights on Motor Impairment. *J Autism Dev Disord*, 46(6), 1985-1999. doi:10.1007/s10803-016-2732-6
- Carte, E. T., Nigg, J. T., & Hinshaw, S. P. (1996). Neuropsychological functioning, motor speed, and language processing in boys with and without ADHD. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 24(4), 481-498. doi:10.1007/bf01441570
- Case, J., & Grigos, M. I. (2016). Articulatory Control in Childhood Apraxia of Speech in a Novel Word-Learning Task. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 59(6), 1253-1268. doi:10.1044/2016\_jslhr-s-14-0261
- Chan, D. Y. K. (2007). The application of cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP) in children with developmental coordination disorder (DCD) in Hong Kong: A pilot study. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy*, 17(2), 39-44. doi:10.1016/s1569-1861(08)70002-0
- Chang, S. H., & Yu, N. Y. (2005). Evaluation and classification of types of Chinese handwriting deficits in elementary schoolchildren. *Perceptual and Motor Skills*, 101(2), 631-647. doi:10.2466/pms.101.2.631-647
- Chaudhary, U., Thompson, B., Gonzalez, J., Jung, Y. J., Davis, J., Gonzalez, P., . . . Godavarty, A. (2013). Simultaneous NIRS and kinematics study of planning and execution of motor skill task: towards cerebral palsy rehabilitation. In N. Kollias, B. Choi, H. Zeng, H. W. Kang, B. E. Knudsen, B. J. F. Wong, J. F. Ilgner, M. J. Suter, S. Lam, M. Brenner, K. W. Gregory, G. J. Tearney, L. Marcu, H. Hirschberg, S. J. Madsen, A. MahadevanJansen, E. D. Jansen, & A. Mandelis (Eds.), *Photonic Therapeutics and Diagnostics Ix* (Vol. 8565).
- Cheng, C. W., Burns, T. G., Wang, M. D., & Ieee. (2013). Mining Association Rules for Neurobehavioral and Motor Disorders in Children Diagnosed with Cerebral Palsy. 2013 *Ieee International Conference on Healthcare Informatics* (Ichi 2013), 258-263. doi:10.1109/ichi.2013.24
- Clark, D., Schumann, F., & Mostofsky, S. H. (2015). Mindful movement and skilled attention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9. doi:10.3389/fhurn.2015.00297
- Clark, J. E. (2006). Visuomotor adaptation and children with DCD. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 28, S15-S16.
- Coady, J. A., & Evans, J. L. (2008). Uses and interpretations of non-word repetition tasks in children with and without specific language impairments (SLI). *International Journal of Language & Communication Disorders*, 43(1), 1-40. doi:10.1080/13682820601116485
- Cohen, H., Friedman, E. M., Lai, D., Pellicer, M., Duncan, N., & Sulek, M. (1997). Balance in children with otitis media with effusion. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 42(2), 107-115. doi:10.1016/s0165-5876(97)00113-4

- Comalli, D. M., Keen, R., Abraham, E. S., Foo, V. J., Lee, M. H., & Adolph, K. E. (2016). The Development of Tool Use: Planning for End-State Comfort. *Developmental Psychology*, 52(11), 1878-1892. doi:10.1037/dev0000207
- Cools, W., De Martelaer, K., Samaey, C., & Andries, C. (2009). Movement skill assessment of typically developing preschool children: A review of seven movement skill assessment tools. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(2), 154-168.
- Cooper-Brown, L., Copeland, S., Dailey, S., Downey, D., Petersen, M. C., Stimson, C., & Van Dyke, D. C. (2008). Feeding and swallowing dysfunction in genetic syndromes. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 14(2), 147-157. doi:10.1002/ddrr.19
- Coppens-Hofman, M. C., Terband, H., Snik, A. F. M., & Maassen, B. A. M. (2016). Speech Characteristics and Intelligibility in Adults with Mild and Moderate Intellectual Disabilities. *Folia Phoniatrica Et Logopaedica*, 68(4), 175-182. doi:10.1159/000450548
- Craje, C., Aarts, P., Nijhuis-van der Sanden, M., & Steenbergen, B. (2010). Action planning in typically and atypically developing children (unilateral cerebral palsy). *Res Dev Disabil*, 31(5), 1039-1046. doi:10.1016/j.ridd.2010.04.007
- Craje, C., van Elk, M., Beeren, M., van Schie, H. T., Bekkering, H., & Steenbergen, B. (2010). Compromised motor planning and Motor Imagery in right Hemiparetic Cerebral Palsy. *Res Dev Disabil*, 31(6), 1313-1322. doi:10.1016/j.ridd.2010.07.010
- Cruz, L. P., Nava, F. R., Duran, L. R. P., Hernandez, F. L., Perez, E. B., Palars, C. B., & Olvera, F. L. D. (2008). Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Pediatric Bipolar Disorder, comorbidity or overlap? A review. Part one. *Salud Mental*, 31(1), 19-22.
- Daunhauer, L. A., Fidler, D. J., & Will, E. (2014). School Function in Students With Down Syndrome. *American Journal of Occupational Therapy*, 68(2), 167-176. doi:10.5014/ajot.2014.009274
- De Bellis, M. D., Hooper, S. R., Spratt, E. G., & Woolley, D. P. (2009). Neuropsychological findings in childhood neglect and their relationships to pediatric PTSD. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15(6), 868-878. doi:10.1017/s1355617709990464
- de Castelneau, P., Albaret, J. M., Chaix, Y., & Zanone, P. G. (2008). A study of EEG coherence in DCD children during motor synchronization task. *Hum Mov Sci*, 27(2), 230-241. doi:10.1016/j.humov.2008.02.006
- De Kegel, A., Baetens, T., Peersman, W., Maes, L., Dhooge, I., & Van Waelvelde, H. (2012). Ghent Developmental Balance Test: A New Tool to Evaluate Balance Performance in Toddlers and Preschool Children. *Physical Therapy*, 92(6), 841-852. doi:10.2522/ptj.20110265

- De Milander, M., Bradley, S., & Fourie, R. (2016). EQUINE-ASSISTED THERAPY AS INTERVENTION FOR MOTOR PROFICIENCY IN CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER: CASE STUDIES. *South African Journal for Research in Sport Physical Education and Recreation*, 38(3), 37-49.
- de Oliveira, R. F., Billington, J., & Wann, J. P. (2014). Optimal use of visual information in adolescents and young adults with developmental coordination disorder. *Exp Brain Res*, 232(9), 2989-2995. doi:10.1007/s00221-014-3983-0
- de Sonneville, L. M. J. (1999). Amsterdam Neuropsychological Tasks: A computer-aided assessment program. In B. P. L. DenBrinker, P. J. Beek, A. N. Brand, F. J. Maarse, & L. J. M. Mulder (Eds.), *Cognitive Ergonomics, Clinical Assessment and Computer-Assisted Learning* (Vol. 6, pp. 187-203).
- Debrabant, J., Gheysen, F., Vingerhoets, G., & Van Waelvelde, H. (2012). Age-related differences in predictive response timing in children: Evidence from regularly relative to irregularly paced reaction time performance. *Hum Mov Sci*, 31(4), 801-810. doi:10.1016/j.humov.2011.09.006
- Deconinck, F. J. A., De Clercq, D., Savelsbergh, G. J. P., Van Coster, R., Oostra, A., Dewitte, G., & Lenoir, M. (2006). Adaptations to task constraints in catching by boys with DCD. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 23(1), 14-30.
- Dewey, D., & Kaplan, B. J. (1994). SUBTYPING OF DEVELOPMENTAL MOTOR DEFICITS. *Dev Neuropsychol*, 10(3), 265-284.
- Dey, A., Barnsley, N., Mohan, R., McCormick, M., McAuley, J. H., & Moseley, G. L. (2012). Are children who play a sport or a musical instrument better at motor imagery than children who do not? *Br J Sports Med*, 46(13), 923-926. doi:10.1136/bjsports-2011-090525
- Di Nuovo, S. F., & Buono, S. (2007). Psychiatric syndromes comorbid with mental retardation: Differences in cognitive and adaptive skills. *Journal of Psychiatric Research*, 41(9), 795-800. doi:10.1016/j.jpsychires.2006.02.011
- Dowell, L. R., Mahone, E. M., & Mostofsky, S. H. (2009). Associations of Postural Knowledge and Basic Motor Skill With Dyspraxia in Autism: Implication for Abnormalities in Distributed Connectivity and Motor Learning. *Neuropsychology*, 23(5), 563-570. doi:10.1037/a0015640
- Elbasan, B., Kayihan, H., & Duzgun, I. (2012). Sensory integration and activities of daily living in children with developmental coordination disorder. *Ital J Pediatr*, 38, 14. doi:10.1186/1824-7288-38-14
- Elstner, T., Fiala-Preinsperger, S., & Berger, E. (2006). Developmental follow-up for children of substance dependent mothers - the Vienna Comprehensive Care Model. *Neuropsychiatrie*, 20(2), 109-117.
- Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., & Myer, G. D. (2013). Youth Resistance Training: Past Practices, New Perspectives, and Future Directions. *Pediatric Exercise Science*, 25(4), 591-604.

- Feder, K. P., & Majnemer, A. (2007). Handwriting development, competency, and intervention. *Dev Med Child Neurol*, 49(4), 312-317.
- Fidler, D. J., Most, D. E., Booth-LaForce, C., & Kelly, J. F. (2008). Emerging social strengths in young children with Down syndrome. *Infants and Young Children*, 21(3), 207-220.
- Fisher, A. G., Griswold, L. A., Munkholm, M., & Kottorp, A. (2017). Evaluating domains of everyday functioning in people with developmental disabilities. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 24(1), 1-9. doi:10.3109/11038128.2016.1160147
- Froud, K., & Khamis-Dakwar, R. (2012). Mismatch Negativity Responses in Children With a Diagnosis of Childhood Apraxia of Speech (CAS). *American Journal of Speech-Language Pathology*, 21(4), 302-312. doi:10.1044/1058-0360(2012/11-0003)
- Fuelscher, I., Williams, J., Wilmut, K., Enticott, P. G., & Hyde, C. (2016). Modeling the Maturation of Grip Selection Planning and Action Representation: Insights from Typical and Atypical Motor Development. *Frontiers in Psychology*, 7. doi:10.3389/fpsyg.2016.00103
- Gabbard, C. (2009). Studying action representation in children via motor imagery. *Brain and Cognition*, 71(3), 234-239. doi:10.1016/j.bandc.2009.08.011
- Gabbard, C., & Bobbio, T. (2011). The inability to mentally represent action may be associated with performance deficits in children with developmental coordination disorder. *Int J Neurosci*, 121(3), 113-120. doi:10.3109/00207454.2010.535936
- Gabbard, C., & Cacola, P. (2010). [Children with developmental coordination disorder have difficulty with action representation]. *Rev Neurol*, 50(1), 33-38.
- Gabriels, R. L., Agnew, J. A., Holt, K. D., Shoffner, A., Pan, Z. X., Ruzzano, S., . . . Mesibov, G. (2012). Pilot study measuring the effects of therapeutic horseback riding on school-age children and adolescents with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(2), 578-588. doi:10.1016/j.rasd.2011.09.007
- Gantschnig, B. E., Fisher, A. G., Page, J., Meichtry, A., & Nilsson, I. (2015). Differences in activities of daily living (ADL) abilities of children across world regions: a validity study of the assessment of motor and process skills. *Child Care Health and Development*, 41(2), 230-238. doi:10.1111/cch.12170
- Gartland, D., & Strosnider, R. (2007). Learning disabilities and young children: Identification and intervention. *Learning Disability Quarterly*, 30(1), 63-72.
- Gheysen, F., Van Waelvelde, H., & Fias, W. (2011). Impaired visuo-motor sequence learning in Developmental Coordination Disorder. *Res Dev Disabil*, 32(2), 749-756. doi:10.1016/j.ridd.2010.11.005
- Gilboa, Y., Josman, N., Fattal-Valevski, A., Toledano-Alhadeef, H., & Rosenblum, S. (2014). Underlying mechanisms of writing difficulties among children with Neurofibromatosis type 1. *Res Dev Disabil*, 35(6), 1310-1316. doi:10.1016/j.ridd.2014.03.021



- Gisel, E. G., Alphonse, E., & Ramsay, M. (2000). Assessment of ingestive and oral praxis skills: Children with cerebral palsy vs. controls. *Dysphagia*, 15(4), 236-244. doi:10.1007/s004550000033
- Glazebrook, C. M., Gonzalez, D., Hansen, S., & Elliott, D. (2009). The role of vision for online control of manual aiming movements in persons with autism spectrum disorders. *Autism*, 13(4), 411-433. doi:10.1177/1362361309105659
- Gofer-Levi, M., Silberg, T., Brezner, A., & Vakil, E. (2013). Deficit in implicit motor sequence learning among children and adolescents with spastic Cerebral Palsy. *Res Dev Disabil*, 34(11), 3672-3678. doi:10.1016/j.ridd.2013.07.029
- Gonzalez, C. C., Mon-Williams, M., Burke, S., & Burke, M. R. (2016). Cognitive Control of Saccadic Eye Movements in Children with Developmental Coordination Disorder. *Plos One*, 11(11). doi:10.1371/journal.pone.0165380
- Gonzalez, C. L. R., Mills, K. J., Genee, I., Li, F. F., Piquette, N., Rosen, N., & Gibb, R. (2014). Getting the right grasp on executive function. *Frontiers in Psychology*, 5. doi:10.3389/fpsyg.2014.00285
- Gordon, A. M., Bleyenheuft, Y., & Steenbergen, B. (2013). Pathophysiology of impaired hand function in children with unilateral cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 55 Suppl 4, 32-37. doi:10.1111/dmnc.12304
- Gowen, E., & Hamilton, A. (2013). Motor Abilities in Autism: A Review Using a Computational Context. *J Autism Dev Disord*, 43(2), 323-344. doi:10.1007/s10803-012-1574-0
- Goyen, T. A., Lui, K., & Hummell, J. (2011). Sensorimotor skills associated with motor dysfunction in children born extremely preterm. *Early Hum Dev*, 87(7), 489-493. doi:10.1016/j.earlhumdev.2011.04.002
- Halperin, J. M., Marks, D. J., Bedard, A. C. V., Chacko, A., Curchack, J. T., Yoon, C. A., & Healey, D. M. (2013). Training Executive, Attention, and Motor Skills: A Proof-of-Concept Study in Preschool Children With ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 17(8), 711-721. doi:10.1177/1087054711435681
- Hameury, L., Delavous, P., Teste, B., Leroy, C., Gaboriau, J. C., & Berthier, A. (2010). Equine-assisted therapy and autism. *Annales Medico-Psychologiques*, 168(9), 655-659. doi:10.1016/j.amp.2009.12.019
- Hannant, P., Tavassoli, T., & Cassidy, S. (2016). The Role of Sensorimotor Difficulties in Autism Spectrum Conditions. *Frontiers in Neurology*, 7. doi:10.3389/fneur.2016.00124
- Hartman, E., Houwen, S., Scherder, E., & Visscher, C. (2010). On the relationship between motor performance and executive functioning in children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54, 468-477. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01284.x
- Harvey, W. J., Wilkinson, S., Presse, C., Jooper, R., & Grizenko, N. (2014). Children say the darndest things: physical activity and children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 19(2), 205-220. doi:10.1080/17408989.2012.754000

- Hashemian, Y., Gotsis, M., & Baron, D. (2014). DEMO Adventurous Dreaming Highflying Dragon: A Full Body Game for Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). In S. Julier, R. W. Lindeman, & C. Sandor (Eds.), *2014 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 341-+).
- Hill, L. J. B., Coats, R. O., Mushtaq, F., Williams, J. H. G., Aucott, L. S., & Mon-Williams, M. (2016). Moving to Capture Children's Attention: Developing a Methodology for Measuring Visuomotor Attention. *Plos One*, 11(7). doi:10.1371/journal.pone.0159543
- Huebner, R. A. (1992). AUTISTIC DISORDER - A NEUROPSYCHOLOGICAL ENIGMA. *American Journal of Occupational Therapy*, 46(6), 487-501.
- Hung, Y. C., Henderson, E. R., Akbasheva, F., Valte, L., Ke, W. S., & Gordon, A. M. (2012). Planning and coordination of a reach-grasp-eat task in children with hemiplegia. *Res Dev Disabil*, 33(5), 1649-1657. doi:10.1016/j.ridd.2012.04.003
- Ivey, C. K., Lane, S. J., & May-Benson, T. A. (2014). Interrater Reliability and Developmental Norms in Preschoolers for the Motor Planning Maze Assessment (MPMA). *Am J Occup Ther*, 68(5), 539-545. doi:10.5014/ajot.2014.012468
- James, D. G. H., Van Doorn, J., & McLeod, S. (2008). The contribution of polysyllabic words in clinical decision making about children's speech. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 22(4-5), 345-353. doi:10.1080/02699200801919240
- James, S., Ziviani, J., Ware, R. S., & Boyd, R. N. (2015). Relationships between activities of daily living, upper limb function, and visual perception in children and adolescents with unilateral cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 57(9), 852-857. doi:10.1111/dmcn.12715
- Jaskowski, P., & Rusiak, P. (2005). Posterior parietal cortex and developmental dyslexia. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 65(1), 79-94.
- Jongbloed-Pereboom, M., Spruijt, S., Nijhuis-van der Sanden, M. W. G., & Steenbergen, B. (2016). Measurement of Action Planning in Children, Adolescents, and Adults: A Comparison Between 3 Tasks. *Pediatric Physical Therapy*, 28(1), 33-39. doi:10.1097/pep.0000000000000211
- Jover, M., Ayoun, C., Berton, C., & Carlier, M. (2014). Development of motor planning for dexterity tasks in trisomy 21. *Res Dev Disabil*, 35(7), 1562-1570. doi:10.1016/j.ridd.2014.03.042
- Kashala, E., Elgen, I., Sommerfelt, K., Tylleska, T., & Lundervold, A. (2005). Cognition in African children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Pediatric Neurology*, 33(5), 357-364. doi:10.1016/j.pediatrneurol.2005.05.013
- Katerina, A., & Dimitra, K. (2016). Cognitive process-based subtypes of developmental coordination disorder (DCD). *Hum Mov Sci*, 47, 121-134. doi:10.1016/j.humov.2016.01.002
- Kearney, K., & Gentile, A. M. (2003). Prehension in young children with Down syndrome. *Acta Psychologica*, 112(1), 3-16. doi:10.1016/s0001-6918(02)00083-5

- King, B. R., Haring, J. R., Oliveira, M. A., & Clark, J. E. (2011). Statistically characterizing intra- and inter-individual variability in children with Developmental Coordination Disorder. *Res Dev Disabil*, 32(4), 1388-1398. doi:10.1016/j.ridd.2010.12.043
- Klimkeit, E. I., Mattingley, J. B., Sheppard, D. M., Lee, P., & Bradshaw, J. L. (2005). Motor preparation, motor execution, attention, and executive functions in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychol*, 11(2), 153-173. doi:10.1080/092970490911298
- Kozulin, A., Lebeer, J., Madella-Noja, A., Gonzalez, F., Jeffrey, I., Rosenthal, N., & Koslowsky, M. (2010). Cognitive modifiability of children with developmental disabilities: A multicentre study using Feuerstein's Instrumental Enrichment-Basic program. *Res Dev Disabil*, 31(2), 551-559. doi:10.1016/j.ridd.2009.12.001
- Kratz, S. V. (2009). Sensory integration intervention: Historical concepts, treatment strategies and clinical experiences in three patients with succinic semialdehyde dehydrogenase (SSADH) deficiency. *Journal of Inherited Metabolic Disease*, 32(3), 353-360. doi:10.1007/s10545-009-1149-1
- Krishnan, S., Bergstrom, L., Alcock, K. J., Dick, F., & Karmiloff-Smith, A. (2015). Williams syndrome: A surprising deficit in oromotor praxis in a population with proficient language production. *Neuropsychologia*, 67, 82-90. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2014.11.032
- Kurian, M. A., Morgan, N. V., MacPherson, L., Foster, K., Peake, D., Gupta, R., . . . Maher, E. R. (2008). Phenotypic spectrum of neurodegeneration associated with mutations in the PLA2G6 gene (PLAN). *Neurology*, 70(18), 1623-1629. doi:10.1212/01.wnl.0000310986.48286.8e
- Kwan, M. Y. W., Cairney, J., Hay, J. A., & Faught, B. E. (2013). Understanding physical activity and motivations for children with Developmental Coordination Disorder: An investigation using the Theory of Planned Behavior. *Res Dev Disabil*, 34(11), 3691-3698. doi:10.1016/j.ridd.2013.08.020
- Lane, S. J., Ivey, C. K., & May-Benson, T. A. (2014). Test of Ideational Praxis (TIP): Preliminary Findings and Interrater and Test-Retest Reliability With Preschoolers. *American Journal of Occupational Therapy*, 68(5), 555-561. doi:10.5014/ajot.2014.012542
- Lee, C. M., & Bo, J. (2016). Error Argumentation Enhance Adaptability in Adults With Low Motor Ability. *Journal of Motor Behavior*, 48(4), 297-308. doi:10.1080/00222895.2015.1092937
- Lee, Y. C., Wu, C. Y., Liaw, M. Y., Lin, K. C., Tu, Y. W., Chen, C. L., . . . Liu, W. Y. (2010). DEVELOPMENTAL PROFILES OF PRESCHOOL CHILDREN WITH SPASTIC DIPLEGIC AND QUADRIPLEGIC CEREBRAL PALSY. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 26(7), 341-349.
- Leithauser, R., & Beneke, R. (2013). Sports for ADHD-patients - Plan for Disaster or Wasted Resource? *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*, 64(10), 287-292. doi:10.5960/dzsm.2013.096
- Leonard, H. C., Bernardi, M., Hill, E. L., & Henry, L. A. (2015). Executive Functioning, Motor Difficulties, and Developmental Coordination Disorder. *Dev Neuropsychol*, 40(4), 201-215. doi:10.1080/87565641.2014.997933

- Lewin, L., Farkas, K., & Niazi, M. (2014). A Methodological Pilot Parenting Among Women in Substance Abuse Treatment. *Journal of Addictions Nursing, 25*(1), 48-55. doi:10.1097/jan.0000000000000017
- Lin, I. F., Mochida, T., Asada, K., Ayaya, S., Kumagaya, S. I., & Kato, M. (2015). Atypical delayed auditory feedback effect and Lombard effect on speech production in high-functioning adults with autism spectrum disorder. *Frontiers in Human Neuroscience, 9*. doi:10.3389/fnhum.2015.00510
- Linden, M. A., Whyatt, C., Craig, C., & Kerr, C. (2013). Efficacy of a Powered Wheelchair Simulator for School Aged Children: A Randomized Controlled Trial. *Rehabilitation Psychology, 58*(4), 405-411. doi:10.1037/a0034088
- Lodal, K., & Bond, C. (2017). An exploratory product evaluation of the Manchester Motor Skills Programme. *Educational Psychology in Practice, 33*(2), 149-166. doi:10.1080/02667363.2016.1261803
- Lucarelli, J., Pappas, D., Welchons, L., & Augustyn, M. (2017). Autism Spectrum Disorder and Avoidant/Restrictive Food Intake Disorder. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 38*(1), 79-80.
- Marien, P., de Smet, E., de Smet, H. J., Wackenier, P., Dobbeleir, A., & Verhoeven, J. (2013). "Apraxic dysgraphia" in a 15-Year-Old Left-Handed Patient: Disruption of the Cerebello-Cerebral Network Involved in the Planning and Execution of Graphomotor Movements. *Cerebellum, 12*(1), 131-139. doi:10.1007/s12311-012-0395-1
- Marien, P., Vidts, A., Van Hecke, W., De Surgeloose, D., De Belder, F., Parizel, P. M., . . . Verhoeven, J. (2013). Mastication Dyspraxia: A Neurodevelopmental Disorder Reflecting Disruption of the Cerebellocerebral Network Involved in Planned Actions. *Cerebellum, 12*(2), 277-289. doi:10.1007/s12311-012-0420-4
- May-Benson, T. A., & Koomar, J. A. (2010). Systematic Review of the Research Evidence Examining the Effectiveness of Interventions Using a Sensory Integrative Approach for Children. *American Journal of Occupational Therapy, 64*(3), 403-414. doi:10.5014/ajot.2010.09071
- McCarney, D., Peters, L., Jackson, S., Thomas, M., & Kirby, A. (2013). Does Poor Handwriting Conceal Literacy Potential in Primary School Children? *International Journal of Disability Development and Education, 60*(2), 105-118. doi:10.1080/1034912x.2013.786561
- McNeill, B. C., Gillon, G. T., & Dodd, B. (2009). Phonological awareness and early reading development in childhood apraxia of speech (CAS). *International Journal of Language & Communication Disorders, 44*(2), 175-192. doi:10.1080/13682820801997353
- Mendoza, S. M., Gomez-Conesa, A., & Montesinos, M. D. H. (2015). Association between gross motor function and postural control in sitting in children with Cerebral Palsy: a correlational study in Spain. *Bmc Pediatrics, 15*. doi:10.1186/s12887-015-0442-4

- Menz, S. M., Hatten, K., & Grant-Beuttler, M. (2013). Strength training for a child with suspected developmental coordination disorder. *Pediatr Phys Ther*, 25(2), 214-223. doi:10.1097/PEP.0b013e31828a2042
- Mirabella, G., Del Signore, S., Lakens, D., Aversa, R., Penge, R., & Capozzi, F. (2017). Developmental Coordination Disorder Affects the Processing of Action-Related Verbs. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10. doi:10.3389/fnhum.2016.00661
- Morris, C. R., & Agin, M. C. (2009). SYNDROME OF ALLERGY, APRAXIA, AND MALABSORPTION: CHARACTERIZATION OF A NEURODEVELOPMENTAL PHENOTYPE THAT RESPONDS TO OMEGA 3 AND VITAMIN E SUPPLEMENTATION. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 15(4), 34-43.
- Mouron, V., Hays, S., & Gonzalez-Monge, S. (2010). Developmental amnesia in the premature infant. *Archives De Pediatrie*, 17(2), 154-156. doi:10.1016/j.arcped.2009.11.005
- Murray, E., McCabe, P., & Ballard, K. J. (2012). A comparison of two treatments for childhood apraxia of speech: methods and treatment protocol for a parallel group randomised control trial. *Bmc Pediatrics*, 12. doi:10.1186/1471-2431-12-112
- Neuner, I., Arrubla, J., Ehlen, C., Janouschek, H., Nordt, C., Fimm, B., . . . Kawohl, W. (2012). Fine motor skills in adult Tourette patients are task-dependent. *BMC Neurol*, 12. doi:10.1186/1471-2377-12-120
- Nijhuis-Van der Sanden, M. W. G., Eling, P., Van Asseldonk, E. H. F., & Van Galen, G. P. (2004). Decreased movement speed in girls with Turner syndrome: A problem in motor planning or muscle initiation? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26(6), 795-816. doi:10.1080/13803390490509394
- Niklasson, L., & Gillberg, C. (2010). The neuropsychology of 22q11 deletion syndrome. A neuropsychiatric study of 100 individuals. *Res Dev Disabil*, 31(1), 185-194. doi:10.1016/j.ridd.2009.09.001
- O'Hare, A., Gorzkowska, J., & Elton, R. (1999). Development of an instrument to measure manual praxis. *Dev Med Child Neurol*, 41(9), 597-607. doi:10.1017/s0012162299001255
- Pangelinan, M. M., Hatfield, B. D., & Clark, J. E. (2013). Differences in movement-related cortical activation patterns underlying motor performance in children with and without developmental coordination disorder. *J Neurophysiol*, 109(12), 3041-3050. doi:10.1152/jn.00532.2012
- Paquet, A., Olliac, B., Bouvard, M. P., Golse, B., & Vaivre-Douret, L. (2016). The Semiology of Motor Disorders in Autism Spectrum Disorders as Highlighted from a Standardized Neuro-Psychomotor Assessment. *Frontiers in Psychology*, 7. doi:10.3389/fpsyg.2016.01292

- Parma, V., Bulgheroni, M., Tirindelli, R., & Castiello, U. (2014). Facilitation of action planning in children with autism: The contribution of the maternal body odor. *Brain and Cognition*, 88, 73-82. doi:10.1016/j.bandc.2014.05.002
- Perra, O., Williams, J. H. G., Whiten, A., Fraser, L., Benzie, H., & Perrett, D. I. (2008). Imitation and 'theory of mind' competencies in discrimination of autism from other neurodevelopmental disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2(3), 456-468. doi:10.1016/j.rasd.2007.09.007
- Persson, C., Laakso, K., Edwardsson, H., Lindblom, J., & Hartelius, L. (2017). Signs of Dysarthria in Adults with 22q11.2 Deletion Syndrome. *American Journal of Medical Genetics Part A*, 173(3), 618-626. doi:10.1002/ajmg.a.38038
- Perusseu-Lambert, A. (2016). Engaging Children with Autism in a Shape Perception Task using a Haptic Force Feedback Interface. Icmi'16: *Proceedings of the 18th Acm International Conference on Multimodal Interaction*, 532-535. doi:10.1145/2993148.2997614
- Pesce, C., Crova, C., Marchetti, R., Struzzolino, I., Masci, I., Vannozzi, G., & Forte, R. (2013). Searching for cognitively optimal challenge point in physical activity for children with typical and atypical motor development. *Mental Health and Physical Activity*, 6(3), 172-180. doi:10.1016/j.mhpa.2013.07.001
- Piek, J. P., Dyck, M. J., Nieman, A., Anderson, M., Hay, D., Smith, L. M., . . . Hallmayer, J. (2004). The relationship between motor coordination, executive functioning and attention in school aged children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(8), 1063-1076. doi:10.1016/j.acn.2003.12.007
- Piek, J. P., & Skinner, R. A. (1999). Timing and force control during a sequential tapping task in children with and without motor coordination problems. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 5(4), 320-329.
- Pila-Nemutandani, R. G., & Meyer, A. (2016). Behaviour planning and problem solving deficiencies in children with symptoms of attention deficit hyperactivity disorder from the Balobedu culture, Limpopo province, South Africa. *Journal of Child and Adolescent Mental Health*, 28(2), 109-121. doi:10.2989/17280583.2016.1200582
- Pratt, M. L., Leonard, H. C., Adeyinka, H., & Hill, E. L. (2014). The effect of motor load on planning and inhibition in developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil*, 35(7), 1579-1587. doi:10.1016/j.ridd.2014.04.008
- Qamar, I. U., Ohali, M., MacGregor, D. L., Wasson, C., Krekewich, K., Marcovitch, S., & Arbus, G. S. (1996). Long-term neurological sequelae of hemolytic-uremic syndrome: a preliminary report. *Pediatr Nephrol*, 10(4), 504-506.
- Rappaport, L., Urion, D., Strand, K., & Fulton, A. B. (1987). Concurrence of congenital ocular motor apraxia and other motor problems: an expanded syndrome. *Dev Med Child Neurol*, 29(1), 85-90.
- Rescorla, L. (2011). LATE TALKERS: DO GOOD PREDICTORS OF OUTCOME EXIST? *Developmental Disabilities Research Reviews*, 17(2), 141-150. doi:10.1002/ddrr.1108

- Reynolds, J. E., Licari, M. K., Elliott, C., Lay, B. S., & Williams, J. (2015). Motor imagery ability and internal representation of movement in children with probable developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci*, 44, 287-298. doi:10.1016/j.humov.2015.09.012
- Reynolds, J. E., Licari, M. K., Reid, S. L., Elliott, C., Winsor, A. M., Bynevelt, M., & Billington, J. (2017). Reduced relative volume in motor and attention regions in developmental coordination disorder: A voxel-based morphometry study. *Int J Dev Neurosci*, 58, 59-64. doi:10.1016/j.ijdevneu.2017.01.008
- Rinehart, N. J., Bellgrove, M. A., Tonge, B. J., Brereton, A. V., Howells-Rankin, D., & Bradshaw, J. L. (2006). An examination of movement kinematics in young people with high-functioning autism and Asperger's disorder: further evidence for a motor planning deficit. *J Autism Dev Disord*, 36(6), 757-767. doi:10.1007/s10803-006-0118-x
- Rivard, L., Camden, C., Pollock, N., & Missiuna, C. (2015). Knowledge to Practice in Developmental Coordination Disorder: Utility of an Evidence-Based Online Module for Physical Therapists. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 35(2), 178-194. doi:10.3109/01942638.2014.985414
- Roche, R., Viswanathan, P., Clark, J. E., & Whittall, J. (2016). Children with developmental coordination disorder (DCD) can adapt to perceptible and subliminal rhythm changes but are more variable. *Hum Mov Sci*, 50, 19-29. doi:10.1016/j.humov.2016.09.003
- Rodger, S., & Liu, S. (2008). Cognitive Orientation to (daily) Occupational Performance: Changes in Strategy and Session Time Use Over the Course of Intervention. *Otjr-Occupation Participation and Health*, 28(4), 168-179.
- Rodger, S., Pham, C., & Mitchell, S. (2009). Cognitive strategy use by children with Asperger's syndrome during intervention for motor-based goals. *Australian Occupational Therapy Journal*, 56(2), 103-111. doi:10.1111/j.1440-1630.2007.00719.x
- Rosenbaum, D. A., Chapman, K. M., Weigelt, M., Weiss, D. J., & van der We, R. (2012). Cognition, Action, and Object Manipulation. *Psychological Bulletin*, 138(5), 924-946. doi:10.1037/a0027839
- Rosenblum, S. (2013). Handwriting measures as reflectors of executive functions among adults with Developmental Coordination Disorders (DCD). *Frontiers in Psychology*, 4. doi:10.3389/fpsyg.2013.00357
- Rothlisberger, M., & Michel, E. (2009). Development and Evaluation of a Motor Coordination Training for Children in Special-needs Classes. *Praxis Der Kinderpsychologie Und Kinderpsychiatrie*, 58(3), 215-230.
- Rutkowski, E. M., & Brimer, D. (2014). Physical Education Issues for Students With Autism: School Nurse Challenges. *Journal of School Nursing*, 30(4), 256-261. doi:10.1177/1059840513503686
- Sagvolden, T., Johansen, E. B., Aase, H., & Russell, V. A. (2005). A dynamic developmental theory of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) predominantly hyperactive/impulsive and combined subtypes. *Behavioral and Brain Sciences*, 28(3), 397-+. doi:10.1017/s0140525x05000075

- Samango-Sprouse, C., Lawson, P., Sprouse, C., Stapleton, E., Sadeghin, T., & Gropman, A. (2016). Expanding the phenotypic profile of Kleefstra syndrome: A female with low-average intelligence and childhood apraxia of speech. *Am J Med Genet A*, 170a(5), 1312-1316. doi:10.1002/ajmg.a.37575
- Samango-Sprouse, C., & Rogol, A. (2002). XXY: The hidden disability and a prototype for an infantile presentation of developmental dyspraxia (IDD). *Infants and Young Children*, 15(1), 11-18.
- Samargia, S. A., & Kimberley, T. J. (2009). Motor and Cognitive Outcomes in Children After Functional Hemispherectomy. *Pediatric Physical Therapy*, 21(4), 356-361. doi:10.1097/PEP.0b013e3181bf710d
- Sami, N., Carte, E. T., Hinshaw, S. P., & Zupan, B. A. (2003). Performance of girls with ADHD and comparison girls on the Rey-Osterrieth complex figure: Evidence for executive processing deficits. *Child Neuropsychology*, 9(4), 237-254.
- Schafer, V., & Semrud-Clikeman, M. (2008). Neuropsychological Functioning in Subgroups of Children With and Without Social Perception Deficits and/or Hyperactivity-Impulsivity. *Journal of Attention Disorders*, 12(2), 177-190. doi:10.1177/1087054707311662
- Schlooz, W., & Hulstijn, W. (2012). Atypical visuomotor performance in children with PDD. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(1), 326-336. doi:10.1016/j.rasd.2011.06.006
- Schoemaker, M. M., Ketelaars, C. E., van Zonneveld, M., Minderaa, R. B., & Mulder, T. (2005). Deficits in motor control processes involved in production of graphic movements of children with attention-deficit-hyperactivity disorder. *Dev Med Child Neurol*, 47(6), 390-395.
- Schurink, J., Hartman, E., Scherder, E. J. A., Houwen, S., & Visscher, C. (2012). Relationship between motor and executive functioning in school-age children with pervasive developmental disorder not otherwise specified. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(2), 726-732. doi:10.1016/j.rasd.2011.10.013
- Scordella, A., Di Sano, S., Aureli, T., Cerratti, P., Verratti, V., Fano-Illic, G., & Pietrangelo, T. (2015). The role of general dynamic coordination in the handwriting skills of children. *Frontiers in Psychology*, 6. doi:10.3389/fpsyg.2015.00580
- Sect Complementary Integrative, M., & Council Children, D. (2012). POLICY STATEMENT Sensory Integration Therapies for Children With Developmental and Behavioral Disorders. *Pediatrics*, 129(6), 1186-1189. doi:10.1542/peds.2012-0876
- Shaheen, S. (2014). How Child's Play Impacts Executive Function-Related Behaviors. *Applied Neuropsychology-Child*, 3(3), 182-187. doi:10.1080/21622965.2013.839612
- Shriberg, L. D., Lohmeier, H. L., Strand, E. A., & Jakielski, K. J. (2012). Encoding, memory, and transcoding deficits in Childhood Apraxia of Speech. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 26(5), 445-482. doi:10.3109/02699206.2012.655841



- Smits-Engelsman, B. C. M., Westenberg, Y., & Duysens, J. (2008). Children with developmental coordination disorder are equally able to generate force but show more variability than typically developing children. *Hum Mov Sci*, 27(2), 296-309. doi:10.1016/j.humov.2008.02.005
- Sparaci, L., Formica, D., Lasorsa, F. R., Mazzone, L., Valeri, G., & Vicari, S. (2015). Untrivial Pursuit: Measuring Motor Procedures Learning in Children with Autism. *Autism Research*, 8(4), 398-411. doi:10.1002/aur.1455
- Steenbergen, B., Craje, C., Nilsen, D. M., & Gordon, A. M. (2009). Motor imagery training in hemiplegic cerebral palsy: a potentially useful therapeutic tool for rehabilitation. *Dev Med Child Neurol*, 51(9), 690-696. doi:10.1111/j.1469-8749.2009.03371.x
- Stein, M. T., & Lounsbury, B. (2001). A child with a learning disability: Navigating school-based services. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 22(3), 188-192.
- Stockel, T., & Hughes, C. M. L. (2016). The relation between measures of cognitive and motor functioning in 5-to 6-year-old children. *Psychological Research-Psychologische Forschung*, 80(4), 543-554. doi:10.1007/s00426-015-0662-0
- Sumner, E., Pratt, M. L., & Hill, E. L. (2016). Examining the cognitive profile of children with Developmental Coordination Disorder. *Res Dev Disabil*, 56, 10-17. doi:10.1016/j.ridd.2016.05.012
- Tang, B. G., Feldman, H. M., Padden, C., Israeli, N., & Stein, M. T. (2010). Delayed Recognition of Profound Hearing Loss in a 7-Year-Old Girl With a Neurological Condition. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 31(3), S42-S45. doi:10.1097/DBP.0b013e3181d82efc
- Tarazi, R. A., Mahone, E. M., & Zabel, T. A. (2007). Self-care independence in children with neurological disorders: An interactional model of adaptive demands and executive dysfunction. *Rehabilitation Psychology*, 52(2), 196-205. doi:10.1037/0090-5550.52.2.196
- Tartaglia, N. R., Howell, S., Sutherland, A., Wilson, R., & Wilson, L. (2010). A review of trisomy X (47, XXX). *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 5. doi:10.1186/1750-1172-5-8
- Tierney, C. D., Gupta, V. B., Del Angel, A. P., & Augustyn, M. (2012). Teasing Out Specific Language Impairment From an Autism Spectrum Disorder. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 33(3), 272-274. doi:10.1097/DBP.0b013e31824ea235
- Tortella, P., Haga, M., Loras, H., Sigmundsson, H., & Fumagalli, G. (2016). Motor Skill Development in Italian Pre-School Children Induced by Structured Activities in a Specific Playground. *Plos One*, 11(7). doi:10.1371/journal.pone.0160244
- Toussaint, L., Tahej, P. K., Thibaut, J. P., Possamai, C. A., & Badets, A. (2013). On the link between action planning and motor imagery: a developmental study. *Exp Brain Res*, 231(3), 331-339. doi:10.1007/s00221-013-3698-7

- Tran, N. N., Pham, T. T., Ozawa, K., Nishijo, M., Anh, T., Nguyet, N., . . . Nishijo, H. (2016). Impacts of Perinatal Dioxin Exposure on Motor Coordination and Higher Cognitive Development in Vietnamese Preschool Children: A Five-Year Follow-Up. *Plos One*, 11(1). doi:10.1371/journal.pone.0147655
- Tsui, K. W., Lai, K. Y. C., Lee, M. M. C., Shea, C. K. S., & Tong, L. C. T. (2016). Prevalence of motor problems in children with attention deficit hyperactivity disorder in Hong Kong. *Hong Kong Medical Journal*, 22(2), 98-105.
- Turan, F. (2013). Normative Data for Oromotor Skills of Children Aged Three to Six Years. *Noropsikiyatri Arsivi-Archives of Neuropsychiatry*, 50(1), 45-52. doi:10.4274/npa.y6294
- Vaivre-Douret, L. (2002). A more robust predictor of ideomotor dyspraxia - Study on an alternative scoring method of the Berges-Lezine's Imitation of Gestures test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 17(1), 37-48. doi:10.1016/s0887-6177(00)00098-6
- van der Rijken, R., Hulstijn, W., Hulstijn-Dirkmaat, G., Daniels, O., & Maassen, B. (2011). Psychomotor slowness in school-age children with congenital heart disease. *Dev Neuropsychol*, 36(3), 388-402. doi:10.1080/87565641.2011.557456
- van Roon, D., Caeyenberghs, K., Swinnen, S. P., & Smits-Engelsman, B. C. (2010). Children with a learning disorder show prospective control impairments during visuomanual tracking. *Res Dev Disabil*, 31(1), 195-202. doi:10.1016/j.ridd.2009.09.004
- van Swieten, L. M., van Bergen, E., Williams, J. H., Wilson, A. D., Plumb, M. S., Kent, S. W., & Mon-Williams, M. A. (2010). A test of motor (not executive) planning in developmental coordination disorder and autism. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 36(2), 493-499. doi:10.1037/a0017177
- Vanmier, H., Hulstijn, W., & Meulenbroek, R. G. J. (1994). MOVEMENT PLANNING IN CHILDREN WITH MOTOR DISORDERS - DIAGNOSTIC IMPLICATIONS OF PATTERN COMPLEXITY AND PREVIEWING IN COPYING. *Dev Neuropsychol*, 10(3), 231-254.
- Virues-Ortega, J., Rodriguez, V., & Yu, C. T. (2013). Prediction of treatment outcomes and longitudinal analysis in children with autism undergoing intensive behavioral intervention. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 13(2), 91-100.
- Volman, M., & Geuze, R. H. (1998). Relative phase stability of bimanual and visuomanual rhythmic coordination patterns in children with a Developmental Coordination Disorder. *Hum Mov Sci*, 17(4-5), 541-572.
- Volman, M. J. M., van Schendel, B. M., & Jongmans, M. J. (2006). Handwriting difficulties in primary school children: A search for underlying mechanisms. *American Journal of Occupational Therapy*, 60(4), 451-460.
- Waligorska, A., Pisula, E., Waligorski, M., & Letachowicz, M. (2012). AutismPro system in supporting treatment of children with autism in Poland. *Pediatrics International*, 54(5), 693-700. doi:10.1111/j.1442-200X.2012.03637.x

- Wang, H. Y., Chen, C. C., & Hsiao, S. F. (2012). Relationships between respiratory muscle strength and daily living function in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*, 33(4), 1176-1182. doi:10.1016/j.ridd.2012.02.004
- Watkins, S., Jonsson-Funk, M., Brookhart, M. A., Rosenberg, S. A., O'Shea, T. M., & Daniels, J. (2014). Preschool motor skills following physical and occupational therapy services among non-disabled very low birth weight children. *Matern Child Health J*, 18(4), 821-828. doi:10.1007/s10995-013-1306-x
- Weber, R. C., Riccio, C. A., & Cohen, M. J. (2013). Does Rey Complex Figure Copy Performance Measure Executive Function in Children? *Applied Neuropsychology-Child*, 2(1), 6-12. doi:10.1080/09084282.2011.643964
- Willging, J. P. (2000). Benefit of feeding assessment before pediatric airway reconstruction. *Laryngoscope*, 110(5), 825-834. doi:10.1097/00005537-200005000-00012
- Williams, J., Anderson, V., Reddihough, D. S., Reid, S. M., Vijayakumar, N., & Wilson, P. H. (2011). A comparison of motor imagery performance in children with spastic hemiplegia and developmental coordination disorder. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 33(3), 273-282. doi:10.1080/13803395.2010.509714
- Williams, J., Kashuk, S. R., Wilson, P. H., Thorpe, G., & Egan, G. F. (2017). White matter alterations in adults with probable developmental coordination disorder: an MRI diffusion tensor imaging study. *Neuroreport*, 28(2), 87-92. doi:10.1097/wnr.0000000000000711
- Williams, J., Reid, S. M., Reddihough, D. S., & Anderson, V. (2011). Motor imagery ability in children with congenital hemiplegia: Effect of lesion side and functional lever. *Res Dev Disabil*, 32(2), 740-748. doi:10.1016/j.ridd.2010.11.006
- Williams, J. H. G., Nicolson, A. T. A., Clephan, K. J., de Grauw, H., & Perrett, D. I. (2013). A Novel Method Testing the Ability to Imitate Composite Emotional Expressions Reveals an Association with Empathy. *Plos One*, 8(4). doi:10.1371/journal.pone.0061941
- Wilmot, K., & Byrne, M. (2014). Grip selection for sequential movements in children and adults with and without Developmental Coordination Disorder. *Hum Mov Sci*, 36, 272-284. doi:10.1016/j.humov.2013.07.015
- Wilmot, K., & Byrne, M. (2014). Influences of grasp selection in typically developing children. *Acta Psychologica*, 148, 181-187. doi:10.1016/j.actpsy.2014.02.005
- Wilmot, K., Byrne, M., & Barnett, A. L. (2013). To throw or to place: does onward intention affect how a child reaches for an object? *Exp Brain Res*, 226(3), 421-429. doi:10.1007/s00221-013-3453-0
- Wilmot, K., Wann, J. P., & Brown, J. H. (2006). Problems in the coupling of eye and hand in the sequential movements of children with Developmental Coordination Disorder. *Child Care Health and Development*, 32(6), 665-678. doi:10.1111/j.1365-2214.2006.00678.x

Wright, F. V., Boschen, K., & Jutai, J. (2005). Exploring the comparative responsiveness of a core set of outcome measures in a school-based conductive education programme. *Child Care Health and Development*, 31(3), 291-302. doi:10.1111/j.1365-2214.2005.00511.x

Wunsch, K., Pfister, R., Henning, A., Aschersleben, G., & Weigelt, M. (2016). No Interrelation of Motor Planning and Executive Functions across Young Ages. *Frontiers in Psychology*, 7. doi:10.3389/fpsyg.2016.01031

Yalnizoglu, D., Sari, N., Turanli, G., Coskun, T., & Topcu, M. (2005). Neurophysiologic features in glutaric aciduria type I. *Turkish Journal of Pediatrics*, 47(2), 153-158.

Zhu, J. L., Obel, C., Basso, O., & Olsen, J. (2010). Parental infertility and developmental coordination disorder in children. *Human Reproduction*, 25(4), 908-913. doi:10.1093/humrep/deq010



## 8. Bijlagen literatuurstudie

**Bijlage 1:** Tabel 1: Overzicht aantal hits in PubMed en Web Of Science

<b>PubMed</b>			
	Zoektermen	Hits februari 2017	Hits mei 2017
#1	developmental coordination disorder[MeSH Terms] OR motor skills disorder[MeSH Terms] OR developmental dyspraxia[Title/Abstract] OR dcd[Title/Abstract] OR clumsiness[Title/Abstract] OR clumsy child[Title/Abstract]	4 466	4 539
#2	children[MeSH Terms] OR preschool child[MeSH Terms] OR adolescent[MeSH Terms] OR infant[MeSH Terms]	3 142 491	3 166 456
#3	feedforward control[Title/Abstract] OR visuomanual tracking[Title/Abstract] OR developmental of visuo-motor function[Title/Abstract] OR motor planning[Title/Abstract] OR visuomotor adaptation[Title/Abstract]	1 514	1 545
#4	#1 AND #2 AND #3	32	33

<b>Web Of Science</b>			
	Zoektermen	Hits februari 2017	Hits mei 2017
#1	developmental coordination disorder[Topic] OR motor skills disorder[Topic] OR developmental dyspraxia[Topic] OR dcd[Topic] OR clumsiness[Topic] OR clumsy child[Topic]	7 316	7 597
#2	children[Topic] OR preschool child[Topic] OR adolescent[Topic] OR infant[Topic]	1 649 685	1 691 122
#3	feedforward control[Topic] OR visuomanual tracking[Topic] OR developmental of visuo-motor function[Topic] OR motor planning[Topic] OR visuomotor adaptation[Topic]	20 009	20 737
#4	#1 AND #2 AND #3	200	207

**Bijlage 2:**

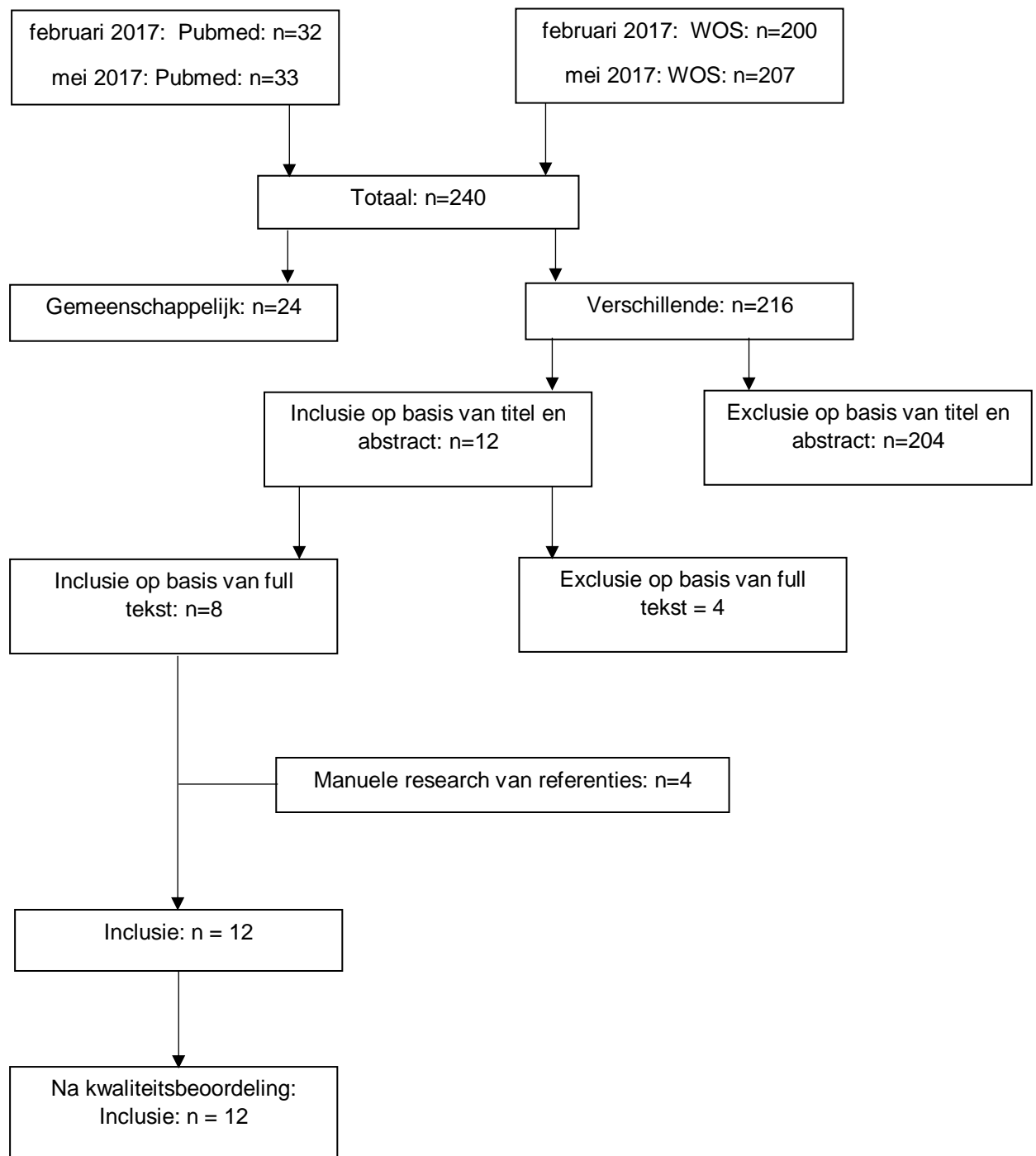


Fig. 1: Stroomdiagram van zoekstrategie

**Bijlage 3:** Tabel 2: Overzicht geëxcludeerde studies en reden van exclusie (n=208)

Reden van exclusie	Aantal studies	Auteurs
<i>Geen DCD vergeleken met TD</i>		
Enkel typisch ontwikkelende kinderen	4	(Dey et al. 2012; Elstner, Fiala-Preinsperger, & Berger, 2006; Ivey, Lane, & May-Benson, 2014; Toussaint, Tahej, Thibaut, Possamai, & Badets, 2013)
Risico op DCD	1	(Reynolds, Licari, Elliott, Lay, & Williams, 2015)
DCD vergeleken met spastische hemiplegie	1	(Williams et al. 2011)
<i>Geen kinderen</i>		
	3	(Hill et al.2016; C.M.Lee, & Bo, 2016; Williams, Kashuk, Wilson, Thorpe, & Egan, 2017)
<i>Niet gerelateerd aan visuomotoriek met betrekking tot motor planning, intern model en feedforward control</i>		
	113	(A. M. Adams, 2016; I.L. Adams, Steenbergen, Lust, & Smits-Engelsman, 2016; I.L. Adams, Ferguson, Lust, Steenbergen, & Smits-Engelsman, 2016; I.L. Adams, Lust, Wilson, & Steenbergen, 2017; Archibald, Joanisse, & Munson, 2013; Asmussen, Przysucha, & F Dounskaia, 2014; Asonitou, Koutsouki, Kourtessis, & Charitou, 2012; Barnett, 2008; Bilancia, 1994; Bo en Lee, 2013; Bradford, & Dodd, 1996; Byrne, 2009; Cacola, Gabbard, Ibane, & Romero, 2014; Camden et al.2016; Camerini, 1996; Case, & Grigos, 2016 ; Chan, 2007; Clark, Schumann, & Mostofsky, 2015; Coady , & Evans,2008; Cohen et al. 1997 ; Comalli et al. 2016; Cools, De Martelaer, Samaey, & Andries, 2009; , Cooper-Brown et al. 2008; Coppens-Hofman, Terband, Snik, & Maassen, 2016; De Bellis, Hooper, Spratt, & Woolley, 2009; de Castelnau, Albaret, Chaix, & Zanone, 2008; Kegel et al.2012; de Oliveira, Billington, & Wann, 2014; de Sonnevill, 1999; Debrabant, Gheysen, Vingerhoets, & Van Waelvelde, 2012; Deconinck et al. 2006; Dewey, & Kaplan, 1994; Di Nuovo, & Buono, 2007; Elbasan, Kayihan, & Duzgun, 2012; Faigenbaum, Lloyd, & Myer, 2013; Fisher, Griswold, Munkholm, & Kottorp, 2017; Froud, & Khamis-Dakwar, 2012; Fuelscher, Williams, Wilmut, Enticott, & Hyde, 2016; Gabriels et al. 2012; Gantschnig, Fisher,Page, Meichtry, & Nilsson, 2015; Gheysen, Van Waelvelde, & Fias, 2011; Gisel, Alphonse, & Ramsay, 2000; Gonzalez et al. 2014; Gonzalez, Mon-Williams, Burke, & Burke, 2016; Goyen, Lui, & Hummell, 2011 ; James, Van Doorn, & McLeod, 2008; Jongbloed-Pereboom, Spruijt, Nijhuis-van der Sanden, & Steenbergen, 2016; Katerina, & Dimitra, 2016; King, Harring, Oliveira, & Clark, 2011; Kozulin et al. 2010; Kurian et al. 2008; Kwan, Cairney, Hay, & Faught, 2013; Lane, Ivey, & May-Benson, 2014; Leonard, Bernardi, Hill, & Henry, 2015; Lewin, Farkas, & Niazi, 2014; Lin et al. 2015; Linden, Whyatt, Craig, &



		<p>Kerr, 2013; Lodal, &amp; Bond, 2017; Marien et al. 2013; May-Benson, &amp; Koomar 2010; McNeill, Gillon, &amp; Dodd, 2009 ; Mendoza, Gomez-Conesa, &amp; Montesinos, 2015; Menz,Hatten, &amp; Grant-Beuttler,2013; Mirabella et al. 2017; Morris, &amp; Agin, 2009 ; Mouron, Hays, &amp; Gonzalez-Monge, 2010 ; Murray, McCabe, &amp; Ballard, 2012 ; O'Hare, Gorzkowska, &amp; Elton, 1999; Pangelinan, Hatfield, &amp; Clark, 2013; Persson, Laakso, Edwardsson, Lindblom, &amp; Hartelius, 2017; Pesce et al.,2013 ; Piek, &amp; Skinner, 1999 ; Piek et al.,2004 ; Pila-Nemutandani, &amp; Meyer, 2016; Pratt, Leonard, Adeyinka, &amp; Hill, 2014; Rappaport, Urion, Strand,&amp; Fulton, 1987; Rescorla, 2011; Reynolds, Licari, Reid et al. 2015; Roche, Viswanathan, Clark, &amp; Whittall, 2016; Rodger, &amp; Liu, 2008; Rosenbaum, Chapman, Weigelt, Weiss, &amp; van der We, 2012; Rothlisberger, &amp; Michel, 2009; Sami, Carte, Hinshaw, &amp; Zupan, 2003; Sect Complementary Integrative, &amp; Council Children, 2012; Shaheen, 2014; Shriberg, Lohmeier, Strand, &amp; Jakielski,2012, Smits-Engelsman, Westenberg, &amp; Duysens, 2008; Stockel, &amp; Hughes, 2016; Sumner, Pratt, &amp; Hill, 2016; Tarazi, Mahone, &amp; Zabel, 2007; Tortella, Haga, Loras, Sigmundsson, &amp; Fumagalli, 2016; Tran et al. (2016), Turan, 2013; Vaivre-Douret, 2002; Van Swieten et al. (2010), Vanmier, Hulstijn, &amp; Meulenbroek, 1994; Virues-Ortega, Rodriguez, &amp; Yu, 2013; Volman, &amp; Geuze,1998; Waligorska, Pisula, Waligorski, &amp; Letachowicz,2012; Wang, Chen, &amp; Hsiao, 2012; Watkins et al. 2014; Weber, Riccio, &amp; Cohen, 2013; Willging, 2000; Williams, Nicolson, Clephan, de Grauw, &amp; Perrett, 2013; Wilmot, Byrne, &amp; Barnett, 2013; Wilmot, &amp; Byrne, 2014a; Wilmot, &amp; Byrne, 2014b; Wilmot, Wann, &amp; Brown, 2006; Wright, Boschen, &amp; Jutai, 2005; Wunsch, Pfister, Henning, Aschersleben &amp; Weigelt, 2016; Zhu, Obel, Basso, &amp; Olsen, 2010)</p>
<i>Andere ontwikkelingsstoornissen</i>		
ADHD	14	<p>(Adi-Japha et al. 2007 ; Carte, Nigg, &amp; Hinsha, 1996; Cruz et al. 2008; Halperin et al.2013; Harvey, Wilkinson, Presse, Jooper, &amp; Grizenko, 2014; Hashemian, Gotsis, &amp; Baron, 2014; Klimkeit, Mattingley, Sheppard, Lee,&amp; Bradshaw, 2005; Leithauser, &amp; Beneke, 2013; Lucarelli, Pappas, Welchons, &amp; Augustyn, 2017 ; Rinehart et al. 2006; Sagvolden, Johansen, Aase, &amp; Russell, 2005; Schafer, &amp; Semrud-Clikema, 2008; Schoemaker, Ketelaars, van Zonneveld, Minderaa, &amp; Mulder, 2005; Tsui, Lai, Lee, Shea, &amp; Tong, 2016)</p>
Leerstoornissen	6	<p>(Bendova, &amp; Petrikova, 2015 ; Gartland, &amp; Strosnider, 2007; Hartman, Houwen, Scherder, &amp; Visscher, 2010; Jaskowski, &amp; Rusiak, 2005; Stein,&amp; Lounsbury, 2001; van Roon,</p>

		Caeyenberghs, Swinnen, & Smits-Engelsman, 2010)
ASS	19	(Campiono, Piazza, Villa, & Molteni, 2016 ; De De Milander, Bradley, & Fourie, 2016, Dowel, Mahone, & Mostofsky, 2009 ; Glazebrook, Gonzalez, Hansen, & Elliott, 2009; Gowen, & Hamilton, 2013; Hameury et al. 2010; Hannant, Tavassoli, & Cassidy, 2016 ; Huebner, 1992; Kashala, Elgen, Sommerfelt, Tylleslka & Lundervold, 2005; Paquet, Olliac, Bouvard, Golse, & Vaivre-Douret, 2016; Parma, Bulgheroni, Tirindelli, & Castiello, 2014; Perra et al. 2008; Perusseu-Lambert, 2016; Rodger, Pham, & Mitchell, 2009; Rutkowski, & Brimer, 2014; Schlooz, Hulstijn, 2012; Schurink, Hartman, Scherder, Houwen, & Visscher, 2012; Sparaci et al, 2015; Tierney, Gupta, Del Angel, & Augustyn, 2012)
CP	10	(Benfer et al. 2012; Bosnjak, 2012 ; Chaudhary et al. 2013, Cheng, Burns, Wang, & leee. ,2013; Craje, Aarts, Nijhuis-van der Sanden, & Steenbergen, 2010; Craje, van Elk et al. 2010; Gofer-Levi, Silberg, Brezner, & Vakil, 2013; Gordon, Bleyenheuft, & Steenbergen, 2013; James, Ziviani, Ware, & Boyd, 2015; Y.C. Lee et al. 2010)
Down syndroom	5	(Daunhauer, Fidl, & Will, 2014; Fidler, Most, Booth-LaForce, & Kelly, 2008; Jover, Ayoun, Berton, & Carlier, 2014; Kearney, & Gentile, 2003; Tartaglia, Howell, Sutherland, Wilson, & Wilson, 2010)
Andere ontwikkelingsstoornissen (Turner syndroom, Williams syndroom, hemiplegies, FASD, Tourette, Kleefstra syndroom	19	(Aragon et al. 2008 ; Beauchamp, Boneh, & Anderson, 2009 ; Brazeal, & Farmer, 1999; Gilboa, Josman, Fattal-Valevski, Toledano-Alhadeef, & Rosenblum, 2014; Hung et al. 2012 ; Kratz, 2009 ; Krishnan, Bergstrom, Alcock, Dick, & Karmiloff-Smith, 2015; Neuner et al, 2012; Nijhuis-Van der Sanden, Eling, Van Asseldonk, & Van Galen, 2004; Niklasson, & Gillberg, 2010; Qamar et al. 2014; Samango-Sprouse et al. 2002; Samango-Sprouse et al. 2016; Samargia, & Kimberley, 2009; Steenbergen, Craje, Nilsen, & Gordon, 2009; Tang, Feldman, Padden, Israeli, & Stein, 2010; van der Rijken, Hulstijn, Hulstijn-Dirkmaat, Daniels, & Maassen, 2011; Williams, Reid, Reddihough, & Anderson, 2011; Yalnizoglu, Sari, Turanli, Coskun, & Topcu, 2005)
<i>Studies omtrent schrijfmotoriek</i>		
	7	(Chang, & Yu, 2005 ; Feder, & Majnemer, 2007 ; Marien et al. 2013 ; McCarney, Peters, Jackson, Thomas, & Kirby, 2013 ; Scordella et al. 2015; Volman, van Schendel, & Jongmans, 2006 ; Rosenblum, 2013)
<i>Reviews</i>		
	6	(Adams et al. 2014 ; Atkinson, 2017 ; Braddick et al. 2013, Gabbard, 2009; Gabbard, & Cacola, 2010; Gabbard, & Bobbio, 2011)

**Bijlage 4:** Tabel 3: Overzicht kwaliteitsbeoordeling

		Beschrijving per item	Maximale score	Ferguson et al. (2015)	Hyde & Wilson (2011)	Kagerer et al. (2004)	Kagerer et al. (2006)	Kashiwagi et al. (2009)	King et al. (2011)	Noten et al. (2014)	Plumb et al. (2008)	Smits-Engelsman et al. (2003)	Smyth & Mason (1997)	Wilmot et al. (2013)	Zwicker et al. (2010)
<b>Titel en abstract (item 1)</b>															
Titel en abstract	1	a) beschrijving studiedesign in titel of abstract	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		b) abstract bevat informatie over uitgevoerde verrichtingen en gevonden resultaten	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Inleiding (item 2-3)</b>															
Achtergrond/ rationalisatie	2	Wetenschappelijke achtergrond en rationalisatie voor het onderzoek	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Objectieven	3	Vermelden specifieke objectieven en vooraf bepaalde hypothesen	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1
<b>Methode (item 4-12)</b>															
Studiedesign	4	Vermelden van sleutelementen van studiedesign	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Setting	5	Beschrijving van setting locaties en relevante datums	2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	2	1	0
Deelnemers	6	Vermelden van selectiecriteria en methode van selectie	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Variabelen	7	Vermelden van alle uitkomstmaten, blootstellingen, voorspellingen en mogelijke beïnvloedende factoren	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Databronnen- en metingen	8	Vermelden van databronnen en methode van uitgevoerde metingen. Beschrijft overeenkomst van	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

		onderzoeksmethode bij meer dan één groep														
Bias	9	Beschrijven van mogelijke bronnen van bias	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	
Studiegrootte	10	Beschrijven hoe studiegrootte is bepaald	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kwantitatieve variabelen	11	Vermelden van methode van analyse bij kwantitatieve variabelen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Statistische methode	12	a) beschrijven van alle statistische methode, inclusief voor versturende variabelen	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		b) beschrijven van methode voor subgroepen en interacties	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
		c) beschrijven van ontbrekende data	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	
		d) beschrijven van steekproef strategie	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		e) beschrijven van sensitiviteit analyse	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Resultaten (item 13-17)</b>																
Deelnemers	13	a) vermelden van het aantal individuen per stadium van de studie	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	
		b) vermelden van redenen bij niet-deelnemen per stadium van de studie	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	
		c) gebruik van flow-diagram	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Beschrijvende data	14	a) beschrijven van deelnemerskarakteristieken en informatie over blootstelling en beïnvloedende factoren	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	
		b) vermelden van het aantal deelnemers met ontbrekende data bij elke variabele	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Uitkomstmaten	15	Vermelden van alle uitkomstmaten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hoofddresultaten	16	a) vermelden van schattingen, betrouwbaarheidsinterval en beïnvloedende factoren	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1
		b) vermelden van categoriegrenzen bij continue variabelen	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		c) omvormen van relatieve risico naar absolute risico voor betekenisvolle tijdsperiode	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere analyses	17	Vermelden van bijkomende analyses (subgroepen, interacties, sensitiviteit)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Discussie (item 18-21)</b>															
Hoofddresultaten	18	Vermelden van samenvatting van hoofddresultaten met verwijzing naar objectieven	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Beperkingen	19	Vermelden van studiebeperkingen	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Interpretatie	20	Vermelden van interpretatie van resultaten, limitaties, analyses en andere relevante evidentie	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	0	1
Generalisatie	21	Vermelde van generalisatie (externe validiteit)	1	0	0	0	0	0	0	:0	0	0	0	0	0
<b>Andere informatie (item 22)</b>															
Financiering	22	Vermelden van financieringsbronnen	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
<b>Totaal</b>			<b>46</b>	28	27	22	23	24	26	25	30	26	28	26	26
<b>Interpretatie</b>			Max.	Matig	Matig	Matig	Matig	Matig	Matig	Matig	Goed	Matig	Matig	Matig	Matig

(E= exclusie, M= matig, G= goed, BP= bijna perfect, Max. = maximum score)

**Bijlage 5:** Tabel 4: Kenmerken studies 'reik-tot-grijptaak onder normale visus'

Studie	Steekproef grootte	DCD-groep/controlegroep	Comorbiditeit	Geslacht Jongens (J) Meisjes (M)	Gemiddelde leeftijd en standaarddeviatie	Criteria DCD-groep/controlegroep
Noten et al. (2014)	n= 82	DCD: n= 21	niet gerapporteerd	J: n= 11 M: n= 10	10.4 ± 1.4 jaar	- MAND < percentiel 15
		TD: n= 56	/	J: n= 22 M: n= 34	10.3 ± 1.4 jaar	- MAND > percentiel 20
Smyth en Mason (1997)	n= 284	DCD: n= 96	niet gerapporteerd	J: n= 59 M: n= 37	4-8 jaar	- MABC checklist - MABC test < percentiel 15 - 2 verbalen subschalen van British Ability Scales
		TD: n= 91	/	J: n= 54 M: n= 37	4-8 jaar	- MABC > percentiel 35 - 2 verbalen subschalen van British Ability Scales
Wilmut et al. (2013)*	n= 48	DCD: n= 24	ADHD geïnccludeerd	J: n= 20 M: n= 4	9.1 jaar	- MABC-2 test < percentiel 5 - MABC-2 checklist < percentiel 15 - geen neurologische stoornis - Strengths and Difficulties vragenlijst: 19 kinderen > normale range
		TD: n= 24	/	J: n= 20 M: n= 4	9.1 jaar	- MABC-2 test > percentiel 16 - British Picture Vocabulary Scales: normaal IQ

(MAND: McCarron Assessment of Neuromuscular Development; MABC: Movement Assessment Battery for Children)

\* Enkel data van populatie kinderen werden opgenomen

Tabel 5: Kenmerken studies 'reik-tot-grijptaak onder veranderde visie'

Studie	Steekproef grootte	DCD-groep/controlegroep	Comorbiditeit	Geslacht Jongens (J) Meisjes (M)	Gemiddelde leeftijd en standaarddeviatie	Criteria DCD-groep/controlegroep
Kagerer et al. (2004)	n= 14	DCD: n= 7	niet gerapporteerd	J: n= 6 M: n= 1	7.46 ± 0.51 jaar	- MABC < percentiel 15 - Woodcock-Johnson Revised Cognitive Ability Early Developmental Scale: normaal IQ - Neurologisch ontwikkelingsonderzoek met Physical and Neurological Examination for Soft Signs door pediater: diagnose DCD
		TD: n= 7	/	J: n= 6 M: n= 1	7.38 ± 0.66 jaar	- MABC > percentiel 40 - Woodcock-Johnson Revised Cognitive Ability Early Developmental Scale: normaal IQ
Kagerer et al. (2006)	n= 20	DCD: n= 10	niet gerapporteerd	J: n= 9 M: n= 1	8.2 ± 1.5 jaar	- MABC < percentiel 5 - Woodcock-Johnson Revised Cognitive Ability Early Developmental Scale: normaal IQ - Neurologisch ontwikkelingsonderzoek met Physical and Neurological Examination for Soft Signs door pediater: diagnose DCD
		TD: n= 10	/	J: n= 9 M: n= 1	8.5 ± 1.1 jaar	- MABC > percentiel 40
King et al. (2011)	n= 20	DCD: n= 7	niet gerapporteerd	J: n= 6 M: n= 1	9-11 jaar	- MABC < percentiel 5 - Woodcock-Johnson Revised Cognitive Ability Early Developmental Scale: normaal IQ - Neurologisch ontwikkelingsonderzoek met Physical and Neurological Examination for Soft Signs door pediater: diagnose DCD
		TD: n= 13	/	J: n= 10 M: n= 3	9-11 jaar	- MABC > percentiel 20

Tabel 6: Kenmerken studies 'tracing taak'

Studie	Steekproef grootte	DCD-groep/ controlegroep	Comorbiditeit	Geslacht Jongens (J) Meisjes (M)	Gemiddelde leeftijd en standaarddeviatie	Criteria DCD-groep/controlegroep
Kashiwagi et al. (2009)	n= 24	DCD: n= 12	ADHD en/ of dyslexie geïnccludeerd	J: n= 12 M: n= 0	10.78 ± 0.97 jaar	- voldoen aan criteria van DSM-IV - MABC < percentiel 15 - geen neurologische, psychiatrische of fysische aandoeningen - Raven's colour progressive matrices test: cognitieve ontwikkeling
		TD: n= 12	/	J: n= 12 M: n= 0	10.44 ± 0.99 jaar	- geen neurologische, psychiatrische of fysische aandoeningen - Raven's colour progressive matrices test: cognitieve ontwikkeling
Zwicker et al. (2010)	n= 16	DCD: n= 7	ADHD geëxcludeerd	J: n= 6 M: n= 1	10.8 ± 1.5 jaar	- voldoen aan criteria van DSM-IV - MABC-2 < percentiel 15 - KBIT-2 > 80 - CADS > 70: exclusie ADHD - klinisch interview met ouder en kind - DCDQ
		TD: n= 9	/	J: n= 6 M: n= 3	10.9 ± 1.5 jaar	- MABC-2 > percentiel 25 - KBIT-2 > 80 - CADS > 70: exclusie ADHD - DCDQ



Tabel 7: Kenmerken studies 'taak met snelle online aanpassingen aan visuele verstoringen'

Studie	Steekproef grootte	DCD-groep/ controlegroep	Comorbiditeit	Geslacht Jongens (J) Meisjes (M)	Gemiddelde leeftijd en standaarddeviatie	Criteria DCD-groep/controlegroep
Hyde & Wilson (2011)	n= 26	DCD: n= 13	ADHD en leerstoornis geëxcludeerd	J: n= 4 M: n= 9	10.5 ± 1.7 jaar	- voldoen aan criteria van DSM-IV - MAND < percentiel 10 - normaal IQ
		TD: n= 13	/	J: n= 7 M: n= 6	10.3 ± 1.4 jaar	- MAND > percentiel 20
Plumb et al. (2008)	n= 26	DCD: n= 13	ADHD geïncludeerd	J: n= 11 M: n= 2	9.10 jaar	- MABC < percentiel 1 - British Picture Vocabulary Scale: verbale IQ - SNAP-IV-C schaal - Strengths and Difficulties vragenlijst
		TD: n= 13	/	J: n= / M: n= /	9.10 jaar	/

Tabel 8: Kenmerken studies 'pointing taak'

Studie	Steekproef grootte	DCD-groep/ controlegroep	Comorbiditeit	Geslacht Jongens (J) Meisjes (M)	Gemiddelde leeftijd en standaarddeviatie	Criteria DCD-groep/controlegroep
Ferguson et al. (2015)	n= 60	DCD: n= 30	niet gerapporteerd	J: n= 16 M: n= 14	8.3 ± 1.4 jaar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- voldoen aan criteria van DSM-IV</li> <li>- MABC-2 &lt; percentiel 5</li> <li>- exclusie voor &gt; 1x leerjaar opnieuw doen</li> <li>- geen neurologische aandoening</li> <li>- normaal of gecorrigeerde visus</li> </ul>
		TD: n= 30	/	J: n= 15 M: n= 15	8.4 ± 1.4 jaar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MABC-2 &gt; percentiel 16</li> <li>- geen leerjaar opnieuw gedaan</li> <li>- geen neurologische aandoening</li> <li>- normaal of gecorrigeerde visus</li> </ul>
Smits-Engelsman et al. (2003)	n= 60	LD: = 32 DCD/LD: n= 8	leerstoornis geïncludeerd	J: n= 16 M: n= 16	11.3 jaar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- voldoen aan criteria van DSM-IV</li> <li>- MABC &lt; percentiel 15</li> <li>- CAMCH</li> <li>- WISC-R: normaal IQ</li> </ul>
		TD: n= 30	/	J: n= 16 M: n= 16	11.2 jaar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MABC checklist &gt; percentiel 15</li> </ul>

Tabel 9: Methodologie en resultaten studies 'reik-tot- grijptaak onder normale visus'

Studie	Taak	Relevante uitkomstmaten	Relevante resultaten
Noten et al.(2014)	<p>Bar grasping taak</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Draaien wijzerzin/tegenwijzerzin</li> <li>○ Cilinder : gekleurde uiteinden</li> <li>○ Circulaire houder</li> </ul> <p>Doel: cilinder met juiste kleur naar beneden in houder plaatsen</p>	<p><i>Spatiële uitkomstmaten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- End-state comfort</li> </ul>	<p><i>Spatiële uitkomstmaten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geen verschil tussen DCD en TO</li> <li>- Binnen TO en DCD: afhankelijk van hoek van rotatie (p&lt;0.001)</li> </ul>
<p>⇒ Conclusie: In tegenstelling tot de verwachtingen werd er geen verschil gevonden in end-state comfort tussen DCD en TO groep. Beide groepen waren afhankelijk van de initiële hoek in rotatie van de cilinder.</p>			
Smyth en Mason (1997)	<p>Bar grasping taak:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Draaien wijzerzin/tegenwijzerzin</li> <li>○ Cilinder: gekleurde uiteinden</li> <li>○ Twee overeenkomstig gekleurde cirkels</li> </ul> <p>Doel: gevraagde kleur uiteinde in overeenkomstig gekleurde cirkel plaatsen</p>	<p><i>Spatiële uitkomstmaten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- End-state comfort</li> </ul>	<p><i>Spatiële uitkomstmaten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tussen DCD en TO geen verschil (F&lt;1)</li> <li>⇒ Wel een grote variabiliteit</li> <li>- Geen algemeen effect van leeftijd (p&gt;0.05)</li> </ul>
	<p>Non-visual aiming:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Zonder visuele feedback uitvoerende hand</li> </ul> <p>Fasen: 1) Visus (doelpunt) 2) Visus + proprioceptie (doelpunt) 3) Proprioceptie (doelpunt)*</p> <p>Doel: reikbeweging met pin naar doelpunt</p>	<p><i>Spatiële uitkomstmaten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Absolute fouten (AE)</li> <li>- Systematische fouten (SE)</li> <li>- Willekeurige fouten (RE)</li> </ul>	<p><i>Spatiële uitkomstmaten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DCD maken meer AE dan TO (p&lt;0.01) Effect van hand (p&lt;0.01)</li> <li>- DCD en TO: geen significant verschil (p=0.73) Tussen groepen: invloed van leeftijd (p&lt;0.05) ⇒ Kleinste verschil tussen DCD en TO op acht jaar</li> <li>- DCD meer willekeurige fouten dan TO (p&lt;0.01) Verschil in leeftijdsgroepen (p&lt;0.05)</li> </ul>
<p>⇒ Kinderen met DCD waren minder accuraat in vergelijking met TO. Tegengesteld aan de verwachtingen presteerden kinderen met DCD niet significant slechter in het plannen van bewegingen in vergelijking met TO. Wel was er een grote variabiliteit bij motorisch plannen tussen beide groepen. Leeftijd had een significante invloed op het maken van fouten, nl. SE en RE.</p>			
Wilmot et al. (2013)	<p>Rijk-naar grijptaak:</p> <p>Fasen: 1) Cilinder in nauwe opening plaatsen 2) Cilinder in ruimere opening plaatsen 3) Cilinder opheffen 4) Cilinder werpen</p>	<p><i>Temporele uitkomstmaten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bewegingsduur (MT)</li> </ul>	<p><i>Temporele uitkomstmaten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DCD: grotere bewegingsduur dan TO (p=0.036) Binnen TO: hefbewegingen &gt; neerplaatsen (p&lt;0.001) Binnen DCD: verschil hef-en werpbewegingen (p=0.001)</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vertragingstijd (DT)</li> <li>- Tijd tot piekversnelling (TTP)</li> </ul> <p><i>Temporele uitkomstmaten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximale opening hand (MGA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DCD zelfde vertragingstijd als TO</li> <li>Binnen TO: grotere vertragingstijd bij werpbewegingen (p&lt;0.001)</li> <li>Binnen DCD: geen verschil tussen bewegingen</li> <li>- Binnen TO: sneller bij til-of werpbewegingen (p=0.001)</li> <li>Binnen DCD: geen verschil tussen bewegingen</li> <li>- DCD hadden een grotere MGA dan TO (p=0.004)</li> </ul>
<p>⇒ Kinderen met DCD verschilden binnen temporele uitkomstmaten ten opzichte van de TO-groep. Ze bewogen trager. De vertragingstijd en tijd tot piekversnelling verschilden bij andere condities in vergelijking met typisch ontwikkelende kinderen.</p>			

(TO: typisch ontwikkelende kinderen)

\* Resultaten van fase drie werden niet opgenomen

Tabel 10: Methodologie en resultaten 'reik-tot-grijptaak onder veranderde visus'

Studie	Taak	Relevante uitkomstmaten	Relevante resultaten
Kagerer et al. (2004)	Center-out drawing taak: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ rode cirkel in midden van scherm</li> <li>○ stip 10 cm van startpositie</li> </ul> Fasen: 1) normale visuele feedback 2) rotatie van visuele feedback (45°) 3) normale visuele feedback  Doel: Lijn trekken tussen twee doelpunten.	<i>Temporele uitkomstmaten</i> – Bewegingsduur (MT)	<i>Temporele uitkomstmaten</i> – DCD: grotere MT dan TO ( $p < 0.02$ )
		<i>Spatiële uitkomstmaten</i> – Afstand in afgelegde weg (ML)	<i>Spatiële uitkomstmaten</i> – DCD significant langere ML dan TO ( $p < 0.05$ )
		1) <u>Rotatie visuele feedback (45°)</u> 2) <u>Aftereffecten: Normale visuele feedback</u> – Vloeiendheid van beweging (NJ)	/  Alle uitkomstmaten, relatief ten opzichte van de baseline, lagen lager in de DCD-groep dan in de controlegroep. Geen aftereffecten in de DCD-groep
⇒ Kinderen met DCD hadden een lagere spatiële nauwkeurigheid en hogere bewegingsvariabiliteit in vergelijking met typisch ontwikkelende kinderen in alle drie de fasen.			
3) Kagerer et al. (2006)	Center-out drawing taak: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ startpositie</li> <li>○ 3 doelen op 3 locaties</li> <li>⇒ random vertoning op scherm</li> </ul> Fasen: 1) graduele rotatie visuele feedback in 6 stappen van 10° ; tot 60° 2) abrupte rotatie visuele feedback in 1 stap van 0° naar 60°  Doel: lijn trekken tussen startpositie en 1 van de 3 random verschenen doelen	1) <u>Aftereffecten: Graduele rotatie visuele feedback</u>  <i>Spatiële uitkomstmaten</i> – Afstand in afgelegde weg (ML) – Root Mean Square Error (RMSE) – Initiële richtingsfout (IDE) – Vloeiendheid beweging (NJ)	– Binnen DCD en TO: geen significant verschil ( $p > 0.05$ ) – Binnen TO: verschil in RMSE ( $p = 0.001$ ) – Binnen TO: verschil in IDE ( $p < 0.001$ ) – Binnen TO: verschil in NJ ( $p < 0.05$ )
		2) <u>Aftereffecten: abrupte rotatie visuele feedback</u>  <i>Spatiële uitkomstmaten</i> – Root Mean Square Error (RMSE) – Vloeiendheid beweging (NJ) – Afstand in afgelegde weg (ML)	– Binnen DCD: aftereffect in RMSE ( $p < 0.05$ ) – Binnen DCD: aftereffect in NJ ( $p < 0.05$ ) – Binnen DCD: aftereffect in ML ( $p < 0.02$ )

<p>⇒ In beide groepen bleek dat na graduele verstoringen de bewegingsbaan meer gebogen verliep. Bijkomende aftereffecten waren enkel voor de TO-groep aanwezig. Het feit dat er na abrupte verstoringen in visuele feedback meer aftereffecten waren binnen de DCD-groep, induceerde dat kinderen tijdens abrupte verstoring van visuele feedback meer adapteren dan aan graduele visuele verstoring.</p>			
King et al. (2011)	<p>Center-out drawing taak:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 3 visuele doelen op 3 locaties</li> </ul> <p>Fasen: 1) abrupte rotatie visuele feedback 2) auditieve fase *</p> <p>Doel: Via discrete armbewegingen lijn trekken naar 1 van de 3 visuele doelen die random op 3 vooraf bepaalde locaties verschenen</p>	<p>1) <u>Baseline</u></p> <p><i>Spatiële uitkomstmaten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Root Mean Square Error (RMSE)</li> <li>– Spreiding in IDE binnen het individu (VarIDE)</li> </ul>	<p><i>Spatiële uitkomstmaten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Verschil tussen DCD en TO in RMSE (p=0.019) Binnen DCD: verschil in RMSE (p=0.018)</li> <li>– Binnen DCD: verschil in spreiding van IDE (p=0.022)</li> </ul>
		<p>2) <u>Aftereffecten:</u> <u>abrupte rotatie visuele feedback</u></p>	<p>Binnen DCD: significante aftereffecten ⇒ Verschillen niet in grootte met aftereffecten in controlegroep.</p>
<p>⇒ Gegevens suggereren dat tijdens normale visuele feedback de DCD-groep minder vaardig was in spatiële controle en een grotere richtingsvariabiliteit hadden in vergelijking met de TO-groep. Er waren significante aftereffecten aanwezig na een abrupte visuele verstoring. Hieruit kon men suggereren dat kinderen adapteren bij een abrupte visuele verstoring.</p>			

\* Resultaten van auditieve fase in een center-out drawing taak werden niet opgenomen

Tabel 11: Methodologie en resultaten 'tracing taak'

Studie	Taak	Relevante uitkomstmaten	Relevante resultaten
Kashiwagi et al. (2009)*	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ joystick</li> <li>○ horizontaal bewegend doel</li> </ul> Doel: joystick aansturen om bepaalde baan te volgen 3 fasen: 1) tracing fase: volgen blauw bewegend doel 2) kijk fase: kijken naar rood bewegend doel gevolgd door cursor 3) rust fase: kijken naar gefixeerd kruis	<i>Temporele uitkomstmaten:</i> – gemiddelde verandering in snelheid  <i>Spatiële uitkomstmaten:</i> – afstand tussen middelpunt doel en cursor	<i>Temporele uitkomstmaten:</i> – DCD: significant groter dan bij TO (p=0.013)  <i>Spatiële uitkomstmaten:</i> – DCD: significant groter dan bij TO (p=0.001)
⇒ Kinderen met DCD voerden de taak minder nauwkeurig uit dan typische ontwikkelende kinderen. Ze hadden meer moeilijkheden bij het hanteren van de joystick, aangewezen door de grotere veranderingen in snelheid.			
Zwicker et al. (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Joystick</li> <li>○ twee aparte lijnen in vorm van bloem</li> <li>○ rode kleur 1 min. voor en 1 min. na taak: mocht niet bewegen</li> <li>○ kleur groen: startsignaal</li> </ul> Doel: na startsignaal 2 min. lang in wijzerzin omtrek van bloem volgen	<i>Temporele uitkomstmaten:</i> – bewegingsduur (MT) – aantal uitgevoerde bewegingen in 2 min.  <i>Spatiële uitkomstmaten:</i> – tracing error	<i>Temporele uitkomstmaten:</i> – DCD en TO: geen significant verschil in MT – DCD en TO: geen significant verschil  <i>Spatiële uitkomstmaten:</i> – DCD en TO: geen significant verschil Tendens in stijgende variabiliteit en verminderde bewegingscontrole
⇒ Kinderen met DCD verschilden niet van typische ontwikkelende kinderen in bewegingsduur of aantal uitgevoerde bewegingen in twee minuten. Ondanks dat ze niet meer fouten maakten, bleek er wel een tendens in stijgende variabiliteit en verminderde bewegingscontrole.			

\* Resultaten van fase twee en drie werden niet opgenomen

Tabel 12: Methodologie en resultaten 'taak met snelle online aanpassingen aan visuele verstoringen'

Studie	Taak	Relevante uitkomstmaten	Relevante resultaten
Hyde en Wilson (2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ wijsvinger op startpunt</li> <li>○ centrale doel op 0°</li> <li>○ perifere doel op -20° en 20°</li> </ul> <p>Doel: 80% non-jump trials: middelpunt centrale doel raken en terugkeren naar startpositie</p> <p>Doel: 20% jump trials: centrale doel licht op maar verspringt vervolgens naar perifeer, middelpunt perifeer doel raken en terugkeren naar startpositie</p>	<p><i>Temporele uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bewegingsduur (MT)</li> <li>- reactietijd (RT)</li> <li>- tijd tot correctie (TC)</li> <li>- tijd tot pieksnelheid en piekversnelling</li> </ul> <p><i>Spatiële uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Touchdown Errors (TDE)</li> <li>- Anticipatoire fout (AE)</li> <li>- Center Touch Error (CTE)</li> </ul>	<p><i>Temporele uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DCD: gemiddelde MT significant hoger dan TO (p=0.003)</li> <li>- DCD: MT significant hoger bij jump trials (p=0.05)</li> <li>- DCD en TO: geen significant verschil bij non-jump trials (p=0.68)</li> <li>- DCD: gemiddelde RT significant hoger dan TO (p=0.004)</li> <li>- DCD en TO: geen significant interactie tussen groep en conditie (p=0.66)</li> <li>- DCD: significant hoger bij jump-trials (p&lt;0.01)</li> <li>- DCD en TO: geen significante verschillen (p=0.23), (p=0.46)</li> </ul> <p><i>Spatiële uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DCD: significant meer TDE (p=0.04)</li> <li>- geen significant verschil tussen condities (p=0.28)</li> <li>- DCD en TO: geen significant verschil (p=0.85)</li> <li>- DCD en TO: geen significant verschil (p=0.07)</li> </ul>
⇒ Kinderen met DCD bewogen in het algemeen trager. Zo hadden ze een grotere gemiddelde bewegingsduur, alsook bij jump trials, een grotere reactietijd en tijd tot correctie. Daarenboven maakten kinderen met DCD meer fouten.			
Plumb et al. (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Digitale pen</li> <li>○ Startlocatie en groen doel</li> </ul> <p>Doel: lijn trekken tussen startpositie en doel</p> <p>4 fasen: 1) groen doel onbewegelijk</p> <p>2) verplaatsing doel 7cm naar links</p> <p>3) groen doel bleef en bijkomend blauw doel op 7cm</p> <p>4) groen doel werd rood: onmiddellijk stoppen met bewegen</p> <p>Testprocedure aangepast voor DCD: zaten aan tafel, dikkere pen</p>	<p><i>Temporele uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bewegingsduur (MT)</li> <li>- vertragingstijd (DT)</li> <li>- tijd tot pieksnelheid (TPS)</li> </ul>	<p><i>Temporele uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DCD: significant grotere MT dan TO (p&lt;0.05)</li> <li>- DCD: significant grotere DT dan TO (p&lt;0.05)</li> <li>- DCD en TO: DT significante interactie met uitgevoerde fase (p&lt;0.05)</li> <li>- geen significante verschillen of interacties</li> </ul>
⇒ Kinderen met DCD voerden de bewegingen trager uit en hadden een grotere vertragingstijd dan typisch ontwikkelende kinderen.			



Tabel 13: Methodologie en resultaten 'pointing taak'

Studie	Taak	Relevante uitkomstmaten	Relevante resultaten
Ferguson et al. (2015)*	<p>visually pointing taak: discreet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o verticale lijn links</li> <li>o vierkant rechts: varieert in grootte</li> <li>o geen visuele feedback van pen</li> </ul> <p>Doel: 5x lijn trekken tussen verticale lijn en midden van vierkant pen opheffen en terugkeren</p> <p>Computerized Virtual Radial Fitts Taak: continue</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o rode cirkel</li> <li>o vijf vierkanten: variëren in grootte</li> <li>o geen visuele feedback van pen</li> </ul> <p>Doel: van rode cirkel naar vierkanten bewegen, zonder pen opheffen</p>	<p><i>Temporele uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bewegingsduur (MT)</li> <li>- tijd tot pieksnelheid</li> <li>- vertragingstijd</li> <li>- Veranderingen in snelheid</li> </ul> <p><i>Spatiële uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fouten in eindpunt van beweging</li> <li>- amplitude van fout</li> <li>- richtingsfout</li> </ul>	<p><i>Temporele uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DCD en TO: beiden sneller bij discrete taak</li> <li>- geen significant verschil tussen DCD en TO (p=0.45)</li> <li>- geen significant verschil tussen DCD en TO (p= 0.48)</li> <li>- DCD: meer veranderingen in snelheid</li> </ul> <p><i>Spatiële uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DCD: weken verder af van middelpunt van doel (1.01 cm ± 1.07) (p=0.01)</li> <li>- DCD: significant groter (p&lt;0.001)</li> <li>- DCD: significant groter (p&lt;0.001)</li> </ul>
⇒ Kinderen met DCD verschilden niet significant van typisch ontwikkelende kinderen in temporele uitkomstmaten maar scoorden significant minder accuraat bij het uitvoeren van de beweging.			
Smits-Engelsman et al. (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o 2 diagonaal gelegen cirkels: variëren in grootte</li> <li>o geen visuele feedback van pen</li> </ul> <p>Doel: diagonaal trekken na auditief signaal</p> <p>Discreet: pas terug keren na 2<sup>e</sup> auditief signaal</p> <p>Continue: 20 sec. lang heen en terug bewegen</p>	<p><i>Temporele uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bewegingsduur (MT)</li> </ul> <p><i>Spatiële uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Positieve uitkomsten</li> <li>- Plaats eindpunt in ruimte</li> </ul>	<p><i>Temporele Uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DCD/LD en TO: beiden kleinere MT bij continue taak, verschil groter bij DCD/LD (p&lt;0.001)</li> <li>- DCD/LD en TO: MT volgens Fitts' Law, DCD/LD minder gevoelig bij continue taak (p&lt;0.001)</li> </ul> <p><i>Spatiële uitkomstmaten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DCD/LD: lager door kleinere MT</li> <li>- DCD/LD dubbel zoveel fouten bij continue taak (p&lt;0.001)</li> <li>- DCD/LD: significant grotere variabiliteit (p&lt;0.001), meer overshoots</li> <li>- DCD/LD en TO: meer variabiliteit bij continue, DCD/LD 6x meer</li> </ul>
⇒ Kinderen met DCD hebben net zoals TO kinderen een kleinere bewegingsduur bij een continue taak maar maken wel dubbel zoveel fouten bij deze taakvariant. Ze zijn significant minder accuraat.			

\* Resultaten omtrent motorische inbeelden werden niet opgenomen

**Bijlage 6: Voortgangsformulier**



FACULTEIT  
GENEESKUNDE EN  
LEVENSWETENSCHAPPEN

[www.uhasselt.be/glw](http://www.uhasselt.be/glw)

postadres: Universiteit Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE-3500 Hasselt  
bezoekadres: Universiteit Hasselt | Agoralaan, gebouw D | BE-3590 Diepenbeek  
T +32(0)11 26 85 36 | F +32(0)11 26 85 99 | E-mail: [glw@uhasselt.be](mailto:glw@uhasselt.be)

**VOORTGANGSFOMULIER WETENSCHAPPELIJKE STAGE DEEL 1**

DATUM	INHOUD OVERLEG	HANDTEKENINGEN
05/12/2016	Bespreking onderwerp en inleiding naar zoekstrategie	Promotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Copromotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i>
16/01/2017	Aflijnen onderzoeksvraag en bespreking zoekstrategie	Promotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Copromotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i>
28/02/2017	Bespreking resultaten zoekstrategie en geïncludeerde studies	Promotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Copromotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i>
02/05/2017	Bespreking inleiding, methode en data-extractie	Promotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Copromotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i>
15/05/2017	Bespreking voorstel protocol	Promotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Copromotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i>
30/05/2017	Bespreking definitief protocol	Promotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Copromotor: <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i> Student(e): <i>[Handwritten Signature]</i>
		Promotor: Copromotor: Student(e): Student(e):
		Promotor: Copromotor: Student(e): Student(e):
		Promotor: Copromotor: Student(e): Student(e):
		Promotor: Copromotor: Student(e): Student(e):



## DEEL 2 ONDERZOEKSPROTOCOL

### 1. Inleiding

De term visuomotoriek werd in de voorafgaande literatuurstudie gedefinieerd als het omzetten van visuele informatie naar een manuele motorische handeling. De ontwikkeling van de visuomotoriek bij kinderen speelt een belangrijke rol tijdens hun verkenning van de wereld, leerprestaties, sportieve capaciteiten, deelname aan sociale activiteiten en zelfeffectiviteit (De Kieviet et al., 2013). Nog voor een baby een bewuste interactie kan aangaan met zijn omgeving is er reeds een visuele relatie met zijn omgeving aanwezig. Dit is vanaf de leeftijd van één maand (Itier & Batty, 2009). Visuele perceptie is het vermogen om visuele informatie te kunnen verwerken. Dit is al aanwezig en actief vanaf de geboorte, ondanks non-verbaal en motorische immaturiteit met beperkte verzameling aan gedragingen (Chokron & Streri, 2012). Het omzetten van visuele informatie naar een manuele actie is een progressieve ontwikkeling. Op een leeftijd van twee jaar vertonen typisch ontwikkelende kinderen gecoördineerde en geplande bimanuele doelgerichte reikbewegingen. Effectieve visuomotorische planning tot end-state comfort ontwikkelt zich later. Inadequate visuomanuele vaardigheden kunnen zich uiten in een verstoorde bimanuele coördinatie, een verstoorde visus of een verstoorde motorische planning (Braddick & Atkinson, 2013).

Kinderen met Developmental Coordination Disorder (DCD) hebben problemen met het verwerken van visuele informatie (Wilson & McKenzie, 1998). Er heerst nog steeds onduidelijkheid of de beperking in de visuele spatiële verwerking een oorzakelijk verband heeft met de aandoening (Gomez & Sirigu, 2015). In voorgaande literatuurstudie werd onderzocht waarin de visuomotoriek van kinderen met DCD verschilde van typisch ontwikkelende kinderen tijdens de controle van manuele taken. De gehanteerde taken konden onderverdeeld worden in vijf categorieën, namelijk: reik-tot-grijptaak onder normale visus, reik-tot-grijptaak onder veranderde visus, tracing-taak, taak met snelle online aanpassingen aan visuele verstoringen en pointing-taak. Uit de resultaten van deze literatuurstudie bleek dat kinderen met DCD in vergelijking met typisch ontwikkelende kinderen bewegingen trager uitvoerden. Ze hadden een grotere bewegingsduur, hun bewegingstraject was langer alsook hun reactie- en vertragingstijd. Daarnaast bewogen kinderen met DCD minder nauwkeurig. Ze hadden een grotere bewegingsvariabiliteit en maakten tijdens de taakuitvoering meer fouten.

De vertraagde en minder nauwkeurige bewegingsuitvoering werden mogelijks verklaard door de hypothese van het intern model. Het intern model zorgt ervoor dat de uitkomst van een beweging voorspeld kan worden nog voor de trage, sensorimotorische feedback beschikbaar is (Wolpert, 1998). Er wordt gesuggereerd dat kinderen met DCD minder efficiënt gebruik maken van motorische controle. Ze zouden moeilijkheden hebben bij het vormen en aanpassen van een intern model. Hersendisfunctie van de pariëtale-cerebellaire complex zou aan de basis kunnen liggen.

Visuomotorisch vermogen wordt vaak getest door middel van de Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-Motor Integration (De Kieviet et al., 2013). Echter heeft deze test ook zijn beperkingen zoals het ontbreken van een goede hiërarchische volgorde. De VMI is niet geordend volgens ontwikkeling, bovendien stopt de scoring na drie niet-volbrachte opdrachten (Brown, Unsworth & Lyons, 2009). Naast de VMI kan de visuomotoriek ook door andere meetinstrumenten bepaald worden, zoals bleek uit de voorgaande literatuurstudie. Een van de vijf categorieën was de tracing taak. Uit voorgaand onderzoek is geweten dat tracking en volgtaken valide zijn om het visuomotorisch vermogen na te gaan bij verscheidene klinische populaties (De Kieviet et al., 2013). De taak die in dit onderzoek zal worden gebruikt, is hiervan afgeleid. Deze studie zal het eerste onderzoek verrichten naar de bruikbaarheid en ontwikkeling van een nieuw bijkomend meetinstrument voor het meten van de visuomotoriek bij typisch ontwikkelende kinderen alsook bij specifieke populaties. Het ontwikkelen van een adequaat meetinstrument voor het meten van de visuomotoriek kan mogelijk helpen in het onderzoek naar de onderliggende mechanismen van de visuomotorische problemen bij kinderen met DCD. De taak die zal worden uitgevoerd is een unimanuele tracing taak. Hierbij zullen kinderen door middel van een muis een doel op een computerscherm moeten volgen, onderworpen aan verschillende condities. Binnen de eerste fase van de ontwikkeling van deze taak, zal er getest worden op typisch ontwikkelende kinderen. Met dit onderzoek wil men de bruikbaarheid van de test en het effect van de leeftijd op de leercurve bij typisch ontwikkelende kinderen nagaan.

## 2. Doel onderzoek

Ten eerste wordt met dit onderzoek de bruikbaarheid van een unimanuele tracing taak bij typisch ontwikkelende kinderen onderzocht. Ten tweede wil men het effect van leeftijd op de leercurve nagaan. Zo zal bij typisch ontwikkelende kinderen een betere kennis verkregen worden omtrent het effect van leeftijd.

Dit onderzoek draagt bij tot de ontwikkeling van een nieuw meetinstrument om de visuomotoriek na te gaan bij kinderen met ontwikkelingsstoornissen, zoals DCD. Zo zal men ook nieuwe inzichten bekomen in de leercurve tijdens het uitvoeren van een visuomotorische tracing taak. Door middel van normwaarden, verkregen bij typisch ontwikkelende kinderen, zal men leercurves kunnen vergelijken van typisch ontwikkelende personen met die van personen met ontwikkelings- en coördinatiestoornissen. Dit onderzoek draagt bij tot de opsporing van abnormaliteit in leercurves bij kinderen met een verstoorde visuomotorische ontwikkeling en het optimaliseren van meer efficiënte en leeftijdsgerichte behandelingen.

### 2.1 Onderzoeksvraag

De volgende onderzoeksvragen werden opgesteld in functie van het onderzoek:

- Vormt de unimanuele tracing taak een valide meetinstrument om visuomotoriek bij typisch ontwikkelende kinderen te meten?
- Wat is de construct validiteit van deze taak voor het meten van de visuomotoriek bij typisch ontwikkelende kinderen?
- Wat is het effect van leeftijd op de leercurve tijdens het uitvoeren van een unimanuele tracing taak bij typisch ontwikkelende kinderen.

### 2.2 Hypothese

- We verwachten dat de unimanuele tracing taak een valide meetinstrument is voor meten van de visuomotoriek.
- We verwachten dat DCD een goede construct validiteit heeft waarin de unimanuele tracing taak.
- We verwachten dat leeftijd een positieve invloed heeft op de leercurve bij het uitvoeren van een unimanuele tracing taak.
- We verwachten dat oudere kinderen sneller hun plateau in de leercurve zullen bereiken.



### **3. Methode**

#### 3.1 Onderzoeksdesign

Observationele cross-sectionele piloot studie

#### 3.2 Participanten

60 typisch ontwikkelende kinderen met een leeftijd tussen zes en 12 jaar zullen worden opgenomen.

##### 3.2.1 Inclusiecriteria

- 6 tot 12 jaar
- Goede of gecorrigeerde visus
- Beheersen van de Nederlandse taal

##### 3.2.2 Exclusiecriteria

- Intellectuele achterstand
- Chronische of neurologische aandoening (bevraagd bij ouders)
- Gedragsproblemen (bevraagd bij ouders)
- Motorische beperking

##### 3.2.3 Rekrutering

De rekrutering zal gebeuren door middel van het contacteren van basisscholen en jeugdbewegingen.

#### 3.3 Medische ethiek

Een aanvraag voor goedkeuring van dit onderzoek zal worden ingediend bij de Commissie voor medische ethiek. Ouders van kinderen zullen geïnformeerd worden door middel van een informed consent, dat hen ook gevraagd zal worden te ondertekenen bij aanvang van de studie.



### 3.4 Metingen

De taak die zal worden uitgevoerd is een unimanuele tracing taak. Hierbij dienen de kinderen met hun dominante hand met behulp van een computermuis een target op het scherm te volgen. Het target beweegt in een cirkelvorm. De targetgrootte bedraagt 10 mm. De cirkel waarover de target beweegt heeft een diameter van 200 mm. Ieder kind zal de taak 15 maal uitvoeren. De testafname gebeurt op één dag en heeft een totale duur van 15 minuten.

De visuomotorische tracing taak kan variëren in zes verschillende condities. Zo kan het target bewegen in wijzerzin en tegenwijzerzin. Daarnaast zal het target aan drie verschillende snelheden kunnen voortbewegen, namelijk: lage snelheid (30.0 graden/seconden), normale snelheid (60.0 graden/seconden) en hoge snelheid (90.0 graden/seconden). Tot slot kan het target voor korte tijd verdwijnen en later terug tevoorschijn komen. Hierbij moet het kind terugvallen op zijn intern model zodanig dat wanneer het target terug verschijnt de cursor op hetzelfde punt aanwezig is.

### 3.5 Uitkomstmaten

#### 3.5.1 Primaire uitkomstmaten

- Nauwkeurigheid: de afstand tussen het midden van het doel en de cursor van de muis
- Variatie in nauwkeurigheid
- Snelheidsveranderingen: de veranderingen van snelheid van de cursor. Dit geeft de moeilijkheidsgraad aan voor de patiënt om de muis te manipuleren.
- Fouten gemaakt tijdens uitvoeren van tracing taak

### 3.6 Data-analyse

Het programma Jmp Pro 11.2.0 zal gebruikt worden om de data-analyse uit te voeren. Enerzijds zal een descriptieve statistiek worden toegepast voor iedere uitkomstmaat. Men spreekt van een leercurve wanneer systematisch minder fouten en snelheidsveranderingen gemaakt worden naarmate het aantal herhalingen van de taak vorderen. Dit uit zich in een kleinere afstand tussen het midden van het doel en de cursor van de muis, een kleinere variatie in nauwkeurigheid en een kleinere variatie in piekversnellingen. Om het effect van leeftijd op de leercurve te bepalen zullen verbanden onderzocht worden door middel van correlaties en multiple regressie analyses. In masterproef deel twee zal men voor de keuze in statistiek eerst het type data en de verdeling nagaan. Wanneer men over data beschikt op ordinaal-, interval- of ratio meetniveau, kunnen data geanalyseerd worden met behulp van de 'Spearman's rank correlatie'. De correlatiecoëfficiënt geeft aan hoe sterk het verband is tussen enerzijds de leeftijd en anderzijds de mate van nauwkeurigheid en/of snelheidsveranderingen. Men krijgt hierdoor echter nog geen idee over de richting van het verband. Om meer gedetailleerde info te verkrijgen, zullen ook verschillen tussen de leeftijden worden nagegaan. Niet-parametrische statistieken zullen worden toegepast omwille van de afhankelijke steekproef. Voorbeelden hiervan zijn de T-testen voor afhankelijke groepen en Wilcoxon Signed rank testen. Ook bij data-analyse naar het verschil tussen leeftijdsgroepen wordt eerst gekeken naar de type data en de verdeling ervan.

#### 4. Time planning

In tabel 1 is de tijdsplanning van het onderzoek weergegeven. In september 2017 zal er gestart worden met het schrijven van de aanvraag die zal worden ingediend bij de Commissie medische ethiek. Vervolgens zal in november 2017 gestart worden met de rekrutering. Gevolgd door het verzamelen van data in december 2017 en januari 2018. Data-analyse zal plaatsvinden in januari en februari 2018. De overige drie maanden wordt de gehele masterproef uitgeschreven.

Tabel 1: Tijdsplanning

	September 2017	Oktober 2017	November 2017	December 2017	Januari 2018	Februari 2018	Maart 2018	April 2018	Mei 2018
Aanvraag ethische commissie	x	x							
Rekrutering			x						
Data-acquisitie				x	x				
Data-analyse					x	x			
Schrijven Masterproef 2							x	x	x



## 5. Referentielijst

- Braddick, O., & Atkinson, J. (2013). Visual control of manual actions: brain mechanisms in typical development and developmental disorders. *Dev Med Child Neurol*, 55 Suppl 4, 13-18.  
doi:10.1111/dmcn.12300
- Brown, T., Unsworth, C., & Lyons, C. (2009). An evaluation of the construct validity of the Developmental Test of Visual-Motor Integration using the Rasch Measurement Model. *Aust Occup Ther J*, 56(6), 393-402. doi:10.1111/j.1440-1630.2009.00811.x
- Chokron, S., & Streri, A. (2012). *Comment Voient les Bébés?* Paris :Editions Le Pommier.
- De Kieviet, J. F., Stoof, C. J., Geldof, C. J., Smits, N., Piek, J. P., Lafeber, H. N., . . . Oosterlaan, J. (2013). The crucial role of the predictability of motor response in visuomotor deficits in very preterm children at school age. *Dev Med Child Neurol*, 55(7), 624-630 doi:10.1111/dmcn.12125
- Gomez, A., & Sirigu, A. (2015). Developmental coordination disorder: core sensori-motor deficits, neurobiology and etiology. *Neuropsychologia*, 79(Pt B), 272-287.  
doi:10.1016/j.neuropsychologia.2015.09.032
- Itier, R. J., & Batty, M. (2009). Neural bases of eye and gaze processing: the core of social cognition. *Neurosci Biobehav Rev*, 33(6), 843-863. doi:10.1016/j.neubiorev.2009.02.004
- Kashiwagi, M., Iwaki, S., Narumi, Y., Tamai, H., & Suzuki, S. (2009). Parietal dysfunction in developmental coordination disorder: a functional MRI study. *Neuroreport*, 20(15), 1319-1324.  
doi:10.1097/WNR.0b013e32832f4d87
- Wilson, P. H., & McKenzie, B. E. (1998). Information processing deficits associated with developmental coordination disorder: a meta-analysis of research findings. *J Child Psychol Psychiatry*, 39(6), 829-840.
- Zwicker, J. G., Missiuna, C., Harris, S. R., & Boyd, L. A. (2010). Brain activation of children with developmental coordination disorder is different than peers. *Pediatrics*, 126(3), e678-686.  
doi:10.1542/peds.2010-0059
- Wolpert, D. M., Miall, R. C., & Kawato, M. (1998). Internal models in the cerebellum. *Trends Cogn Sci*, 2(9), 338-347.

# Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:  
**Verschillen in visuomotoriek bij typisch ontwikkelende kinderen en kinderen met ontwikkelings-coördinatiestoornis**

Richting: **master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie-revalidatiewetenschappen en kinesitherapie bij musculoskeletale aandoeningen**

Jaar: **2017**

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,

**Peeters, Lotte**

**Luyten, Annemart**