

Julie Debrabant, Hilde Van Waelvelde en  
Guy Vingerhoets<sup>1</sup>

## Wat we (niet) weten over het brein van het kind met DCD

---

*Developmental Coordination Disorder (DCD) is een stoornis van de motorische coördinatie zonder duidelijke medisch aanwijsbare oorzaak die niet kan worden verklaard door een verminderde intelligentie. Omwille van het heterogeen klinisch beeld van DCD en de hoge comorbiditeit met ADHD, dyslexie en taalstoornissen kan worden verondersteld dat diverse neurale systemen aan de basis van deze stoornis liggen. Recent onderzoek wijst op de mogelijke betrokkenheid van het cerebellum, de pariëtale cortex, het corpus callosum en/of de basale ganglia (Zwicker, Missiuna & Boyd, 2009). Onderzoek met geavanceerde beeldvormingstechnieken is nodig om beter te begrijpen hoe de neurale structuur en/of het functioneel netwerk van kinderen met DCD afwijkt en hoe deze veranderen als gevolg van ontwikkeling en oefening.*

---

### ■ Inleiding

---

In 2005 had in Vlaanderen het eerste symposium plaats 'Van dyspraxie tot DCD'. Geleidelijk aan geraakt de term Developmental Coordination Disorder, afgekort tot DCD, in Vlaanderen ingeburgerd. Deze groep kinderen kennen we uiteraard al veel langer, maar dan onder andere labels. Het zijn kinderen die moeilijkheden ondervinden met taken die een adequate motorische coördinatie vergen, zonder dat er een directe verklaring is voor deze moei-

lijkheden. Tal van activiteiten zoals fietsen, schrijven, zich aankleden, veters knopen, balspelletjes, gym en sport kunnen stuntelig, vertraagd of onhandig verlopen. Bovendien blijkt uit longitudinaal onderzoek dat deze kinderen hun motorische problemen niet vanzelf ontgroeien. DCD kan aanhouden tot in de adolescentie of volwassenheid (Cantell, Smyth & Ahonen, 2003; Cousins & Smyth, 2003) en kan soms ook gepaard gaan met sociaal-emotionele problemen zoals moeilijkheden in de omgang met leeftijdgenootjes

---

<sup>1</sup> Julie Debrabant en prof. dr. Hilde Van Waelvelde zijn beiden verbonden aan de Vakgroep Revalidatiewetenschappen en Kinesitherapie Gent van de Universiteit Gent en de Arteveldehogeschool. Dr. Guy Vingerhoets is werkzaam aan de Vakgroep Inwendige Ziekten, Laboratorium voor Neuropsychologie van de Universiteit Gent. Contactadres: [hilde.vanwaelvelde@ugent.be](mailto:hilde.vanwaelvelde@ugent.be)

(Dewey, Kaplan, Crawford & Wilson, 2002), lage zelfwaardering, angst (Piek, Barrett, Allen, Jones & Louise, 2005; Skinner & Piek, 2001), emotionele en gedragsstoornissen (Green, Baird & Sugden, 2006). Eveneens kenmerkend voor DCD is de hoge comorbiditeit met andere ontwikkelingsstoornissen. Naast de diagnose DCD worden regelmatig ook andere diagnoses gesteld zoals ADHD, spraak- en taalstoornissen, dyslexie en/of dyscalculie (Archibald & Alloway, 2008; Kaplan, Crawford, Cantell, Kooistra & Dewey, 2006; Visser, 2003). Een geïsoleerde vorm van DCD is veeleer uitzondering dan de regel.

In diverse onderzoeken worden zeer uiteenlopende prevalentiecijfers gerapporteerd. Recent werd in een grootschalige studie in het Verenigd Koninkrijk, op basis van zeer restrictieve inclusiecriteria, een prevalentie gerapporteerd van 1,8 procent van de

schoolgaande kinderen (Lingam, Hunt, Golding, Jongmans & Emond, 2009). Ondanks de relatief hoge prevalentiecijfers is nog betrekkelijk weinig onderzoek verricht naar de onderliggende mechanismen van DCD.

Zoals reeds vermeld is de oorzaak van de motorische problemen eigenlijk per definitie onbekend. DCD is een beschrijvende diagnose en de criteria om aan deze diagnose te voldoen zijn hoe dan ook arbitrair. Als we de DSM-IV-criteria (American Psychiatric Association, 2000) hanteren, zoals beschreven in Tabel 1, zijn kinderen met autismespectrumstoornissen uitgesloten van de diagnose DCD, maar kunnen kinderen met een verstandelijke beperking ook een bijkomende diagnose DCD krijgen.

In Nederland heeft een landelijke beleidsgroep echter besloten om een minimaal IQ van 70 te hanteren voor

Tabel 1: Criteria voor Developmental Coordination Disorder volgens DSM-IV-TR (APA, 2000)

A	De uitvoering van dagelijkse vaardigheden die motorische coördinatie vereisen, is aanzienlijk slechter dan op basis van chronologische leeftijd en intelligentie wordt verwacht. Dit kan tot uiting komen in aanzienlijke vertraging in het bereiken van motorische mijlpalen (zoals lopen, kruipen, zitten), het frequent laten vallen van zaken, onhandigheid/houterigheid, zwakke sportprestaties en een slecht handschrift.
B	De stoornis interfereert in significante mate met schoolse activiteiten of andere dagelijkse bezigheden.
C	De stoornis is niet het gevolg van een algemene medische aandoening (zoals cerebrale palsy, hemiplegie of spierdystrofie) en ze valt niet binnen de criteria van Pervasive Developmental Disorder (PDD).
D	In geval van mentale retardatie, zijn de motorische problemen ernstiger dan op basis van de retardatie alleen kan worden verwacht.

de diagnose DCD en ook om de combinatie van een diagnose DCD met een diagnose van autisme mogelijk te maken. Dit standpunt is conform aan het *Leeds Consensus Statement* (Sugden, Chambers & Utley, 2006), dat aanvullingen en bemerkingen formuleerde bij de DSM-IV-criteria. Wat de DSM-V ons zal brengen, blijft onduidelijk. Maar vanuit de *International DCD Research Society* is een advies aan de American Psychiatric Association uitgebracht conform het Leeds Consensus Statement. In de gezondheidszorg is de DSM-IV echter niet de maatstaf, maar wordt de International Classification of Diseases (ICD-10) van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO, 1992) gehanteerd. Dit is bijvoorbeeld ook zo in het Riziv. Het equivalent voor DCD in de ICD-10 van de WHO is *Specific Developmental Disorder of Motor Function* (SDD-MF), code F-820. Daarbij wordt een mentale retardatie (F-70 – F-79) als exclusief voor DCD vermeld, maar worden Pervasive Developmental Disorders (F 84) niet als exclusief vermeld. Dit is dus eigenlijk in overeenstemming met het Leeds Consensus Statement voor DCD. Momenteel wordt geprobeerd om Europese richtlijnen op te stellen voor de diagnose DCD. De mogelijkheid om gelijktijdig de diagnoses DCD en autisme te stellen, staat niet ter discussie. Over de manier waarop moet worden omgegaan met kinderen met een verlaagd IQ, is geen eensgezindheid. Sommige landen willen ook kinderen, functionerend met een milde

mentale retardatie met bovendien een uitgesproken motorische disfunctie, toegang geven tot de hulp georganiseerd voor kinderen met DCD. Het is dus duidelijk dat de criteria voor DCD geen absoluut gegeven zijn en dat ze vatbaar zijn voor discussie.

Daarnaast is ook de concretisering van de criteria een arbitrair gegeven. De afkapwaarde om te besluiten tot een stoornis in de motorische coördinatie (criterium 'A'; Tabel 1) varieert tussen percentielscores 5 en 15 op een genormeerde motorische test. De meest gebruikte motorische test in Vlaanderen en Nederland is de Movement Assessment Battery for Children (M-ABC) (Henderson & Sugden, 1992). Deze test meet zowel de hand- en balvaardigheid als het statische en dynamische evenwicht. Recent is de Nederlandse vertaling van de grondig herwerkte M-ABC-2 op de markt (Smits-Engelsman, 2010). Uiteraard zijn hiervoor ook nog andere tests beschikbaar, zoals de BOT-2 (Bruininks & Bruininks, 2005) of de KTK (Kiphard & Schilling, 1974). Het verband tussen verschillende motorische tests varieert tussen .50 en .70. Dit betekent dat de variantie in één test slechts voor een vierde tot de helft kan worden verklaard door de variantie in de andere test. Concreet betekent dit dat je bij een bepaald kind met eenzelfde afkapwaarde, maar met een verschillende test, tot een verschillende conclusie kan komen wat betreft de diagnose van DCD (Smits-Engelsman, Henderson

& Michels, 1998; Spironello, Hay, Missiuna, Fought & Cairney, 2010; Van Waelvelde, De Weerd, De Cock & Smits-Engelsman, 2004; Cairney, Veldhuizen & Szatmari, 2010).

Het nagaan van de invloed van de motorische stoornissen op het dagelijkse en schoolse functioneren (criterium 'B') is misschien nog subjectiever. Recent zijn in Nederland wel een aantal gedragsvragenlijsten voor leerkrachten en ouders vertaald en genormeerd. De Coördinatievragenlijst voor Ouders (CVO) (Schoemaker e.a., 2006) is een geschikte vragenlijst voor de bevraging van ouders van kinderen van 5 tot 15 jaar en 6 maanden. Ook het gebruik van de Nederlandstalige versie van de checklist van de M-ABC 2 (Henderson, Sugden & Barnett, 2007) voor ouders en leerkrachten is een mogelijkheid. Voor jongere kinderen is een vragenlijst voor leerkrachten beschikbaar, ontwikkeld en genormeerd in Vlaanderen, met name de Vragenlijst voor Motorische Vaardigheden bij Kleuters (VMVK) (Peersman & Van Waelvelde, 2006). Een score op een dergelijke vragenlijst kan enkel in combinatie met de andere DSM-criteria leiden tot de diagnose DCD. De hier genoemde vragenlijsten lijken niet geschikt als screeninginstrument. Daartoe zijn specificiteit en sensitiviteit onvoldoende.

Een neurologisch onderzoek kan uitsluitend geven over gekende medische aandoeningen (cf. criterium 'C'). Voor wat betreft criterium 'D' kan een intel-

ligentieonderzoek worden uitgevoerd, tenzij de schoolprestaties aantonen dat het kind niet lijdt aan mentale retardatie.

Een belangrijk kenmerk van DCD is de heterogeniteit in het klinische beeld. Er bestaan aanzienlijke verschillen in de aard en ernst van de motorische beperkingen tussen kinderen met DCD (Van Waelvelde e.a., 2006). Het kan gaan om een beperking in de fijn- of grofmotorische activiteiten, er kunnen problemen zijn in de planning van de motorische activiteiten, de posturale controle (matige hypotonie, minder goed evenwicht), het motorisch leren (o.a. leren van nieuwe vaardigheden, motorische adaptatie en het automatiseren van bewegingen) en een zwakke sensorimotorische coördinatie (o.a. gebruik van feedback, timing en anticipatie bij het bewegen) (Geuze, 2005). Het is dan ook waarschijnlijk dat uiteenlopende mechanismen aan de basis van DCD kunnen liggen.

Dit artikel wil in eerste instantie een overzicht geven van een aantal gedragsstudies die proberen een link te leggen naar het mogelijk onderliggend disfunctioneel neurale substraat bij kinderen met DCD. Aangezien DCD vaak voorkomt in combinatie met ADHD, dyslexie en taalstoornissen werd ook die literatuur bestudeerd om het verband tussen neurale disfuncties en motorische stoornissen toe te lichten. Slechts één studie bestudeerde de mogelijk genetische factor in het ontwikkelen van de combinatie van

ADHD en DCD. Zeer recent werd gestart met neurologische beeldvorming bij kinderen met DCD. Ook die studies worden hier besproken.

## ■ De neurale systemen van DCD

De sterke heterogeniteit in de gevonden stoornissen en de hoge comorbiditeit bemoeilijken de exploratie van de betrokken neurale systemen bij DCD. Er bestaan reeds aanwijzingen voor de invloed van het cerebellum, de pariëtale cortex, het corpus callosum en de basale ganglia (Figuur 1).

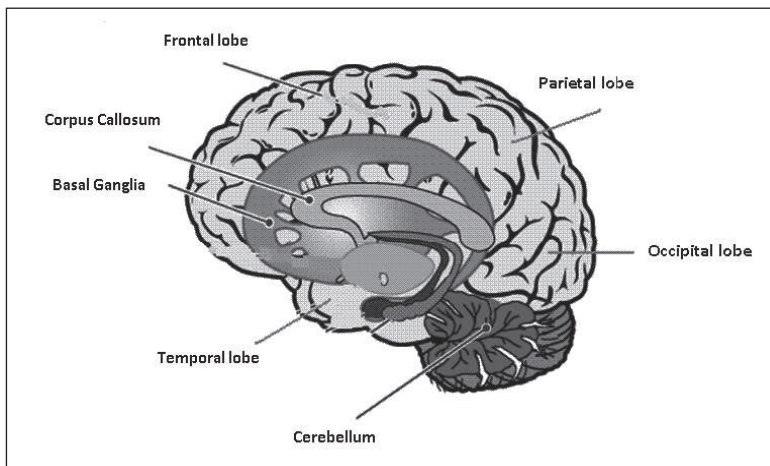
### Het cerebellum

Het is bekend dat cerebellaire letsels bij mens (Ivry, 2003) en dier (Swinny,

van der Want & Gramsbergen, 2005) resulteren in een afwijkende motorische coördinatie. Dit doet per definitie aan DCD denken. Naast de klinische observatie van subtiele neurologische symptomen bij kinderen met DCD, zijn ook zwakkere prestaties vastgesteld op traditionele tests voor de cerebellaire functie, zoals de vinger-neusproef en dysdiadochokinese (O'Hare & Khalid, 2002).

Aan cerebellaire disfuncties zijn tevens meer specifieke stoornissen gelinkt die terug te vinden zijn bij kinderen met DCD, zoals een verstoorde timing, een zwakke posturale controle en motorische adaptatie. Een verstoorde timing bij kinderen met DCD resulteert in het trager, minder accuraat en meer variabel uitvoeren van motorische taken, bijvoorbeeld bij het reproduceren van ritmische bewegingen (Johnston,

*Figuur 1: Hersenkaart met situering van het corpus callosum, cerebellum, de basale ganglia en corticale lobben (frontaal, pariëtaal, occipitaal en temporaal)*



Burns, Brauer & Richardson, 2002; Lundyekman, Ivry, Keele & Woollacott, 1991). Kinderen met DCD zijn gemiddeld gezien ook minder goed in het efficiënt activeren van distale spiergroepen, wat blijkt uit een minder goede posturale controle en geassocieerde evenwichtsproblemen (Geuze, 2005). Motorische adaptatie betreft het bijstellen van gekende motorische acties op basis van fouten, zodat de prestatie verbetert (Kawato, 1999). Een zwakke motorische adaptatie bij kinderen met DCD is onder meer vastgesteld met een tekentaak. Kinderen met DCD tekenen minder nauwkeurig door moeilijkheden met het maken van graduele aanpassingen in de tekenbeweging (Kagerer, Bo, Contreras-Vidal & Clark, 2004; Kagerer, Contreras-Vidal, Bo & Clark, 2006).

De hoge incidentie van DCD bij prematuur geboren kinderen en kinderen met een extreem laag geboortegewicht (Davis, Ford, Anderson & Doyle, 2007; Holsti, Grunau & Whitfield, 2002) wijst volgens sommige auteurs ook in de richting van een atypische ontwikkeling van het cerebellum in deze doelgroep. De cerebellaire ontwikkeling zou door prematuriteit verstoord kunnen zijn. Kinderen met een extreem laag geboortegewicht beschikken over een kleiner cerebellair volume (Messerschmidt e.a., 2005). Voor cerebellaire disfuncties betrokken bij DCD draagt onderzoek naar ADHD, dyslexie en taalstoornissen convergerende evidentie aan.

## De pariëtale cortex

---

Resultaten van een meta-analyse (Wilson & McKenzie, 1998) tonen aan dat de motorische problemen van kinderen met DCD geassocieerd zijn met moeilijkheden in de verwerking van visueel-ruimtelijke informatie. Deze beperking is bovendien ook vastgesteld tijdens het uitvoeren van niet-motorische opdrachten, zoals bijvoorbeeld het visueel discrimineren van vormen. De aanwezigheid van visueel-ruimtelijke stoornissen doet een betrokkenheid van de pariëtale cortex vermoeden.

Daarnaast wijzen moeilijkheden in het visueel voorstellen van bewegingen ook op een pariëtaal probleem bij DCD. Om het visueel voorstellingsvermogen van kinderen te testen is onder meer gebruikgemaakt van mentale rotatietaken van objecten en ledematen (Williams, Thomas, Maruff & Wilson, 2008). De resultaten van het onderzoek laten zien dat de vaardigheid van het mentaal roteren zwakker is, naarmate de ernst van de motorische problemen van kinderen met DCD toeneemt. Met een visuele aanwijstaak vindt men ook dat kinderen met DCD over een minder goede motorische voorstelling beschikken. Kinderen met DCD zijn gemiddeld trager in het uitvoeren van zich mentaal voorgestelde bewegingen en kunnen de duur ervan minder goed voorspellen dan typisch ontwikkelende kinderen (Maruff, Wilson, Trebilcock & Currie, 1999). Niet alleen pariëtale gebieden zijn betrokken bij de visueel-ruimtelijke

verwerking en motorische voorstelling, maar evenzeer het cerebellum. Dit gegeven suggereert dat een uitgebreid neuraal netwerk gerelateerd is met de beperkingen in visueel-ruimtelijke verwerking en motorische voorstelling bij kinderen met DCD (Zwicker, Missiuna & Boyd, 2009).

### Het corpus callosum

Een beperkt aantal klinische studies vermeldt het corpus callosum als mogelijk onderliggend neuraal systeem bij DCD (Zwicker e.a., 2009). Licari en Larkin (2008) onderzochten in hoeverre toegenomen geassocieerde bewegingen met motorische, dan wel met aandachtsstoornissen in verband staan. De resultaten tonen aan dat een toename in geassocieerde bewegingen indicatief is voor DCD-symptomen en niet voor ADHD-symptomen. Een verhoogde hoeveelheid van geassocieerde bewegingen is gerelateerd met een disfunctioneren van het corpus callosum (Cernacek, 1961). De activatie van een van beide hemisferen tijdens een unimanuele taak zou via het corpus callosum activatie in de andere hemisfeer veroorzaken. Dit resulteert in synkinesieën van de ledematen aan de contralaterale zijde.

### De basale ganglia (het striatum)

De basale ganglia zijn van belang voor de motorische controle en het motorisch leren. Of de basale ganglia

aangedaan zijn bij DCD is in essentie nog onbekend (Groenewegen, 2003). Subtiële neurologische symptomen zoals chorea of athetose kunnen optreden bij sommige kinderen met DCD, wat een disfunctie van de basale ganglia doet vermoeden. Kinderen met deze subtiële neurologische tekenen presteren bovendien minder goed op een test voor krachtregulatie als aspect van motorische controle (Lundyekman e.a., 1991). Op dit moment is de werking van de basale ganglia in interactie met andere hersenstructuren voor wat betreft het leren van motorische vaardigheden nog onvoldoende gekend. Verder onderzoek is nodig vooraleer afwijkingen in deze interacties bij kinderen met DCD kunnen worden geëxploreerd.

### ■ DCD en neurale disfuncties bij ADHD, dyslexie en taalstoornissen

Kaplan en collega's (2006) schuiven het begrip *Atypical Brain Development* (ABD) naar voor. Ze veronderstellen associaties tussen ontwikkelingsstoornissen op basis van een gemeenschappelijke oorzaak, een atypische ontwikkeling van de hersenen. Een ernstiger afwijkende ontwikkeling van de hersenen geeft dan aanleiding tot ernstiger motorische en/of cognitieve problemen, wat klinisch wordt gereflecteerd in het

voorkomen van meerdere diagnoses per kind. Er wordt niet gepleit om terug te keren naar het label *Minimal Brain Dysfunction*. De labels ADHD, DCD en dyslexie worden als dusdanig erkend, maar er wordt een gemeenschappelijke oorzaak verondersteld wanneer ze samen voorkomen. Ook het eerste genetische onderzoek steunt de ABD-theorie en vindt evidentie voor een sterke gedeelde genetische component tussen subtypes van ADHD en DCD (Martin, Piek & Hay, 2006). Deze genetische component is aangetoond via *structural equation modelling*, een statistische techniek die causale verbanden test op vragenlijstdata naar de aanwezigheid van ADHD- en DCD-symptomen bij 1285 tweelingen. Uitgaande van de ABD-theorie kan neurobiologische kennis van geassocieerde ontwikkelingsstoornissen bijdragen tot de identificatie van de neurale mechanismen bij DCD en vice versa (Zwicker e.a., 2009).

## DCD en ADHD

Het is bekend dat DCD en ADHD frequent samen voorkomen. Een aantal studies rapporteert dat 30 tot 50 procent van de kinderen met ADHD aanzienlijke motorische problemen heeft (Kadesjo & Gillberg, 1998; Piek, Pitcher & Hay, 1999; Pitcher, Piek & Hay, 2003). Het omgekeerde verband is eveneens vastgesteld, met ongeveer de helft van de kinderen met DCD die voldoen aan de criteria voor ADHD (Kadesjo & Gillberg, 1999; Watemberg, Waiserberg, Zuk &

Lerman-Sagie, 2007). Verschillen tussen gerapporteerde cijfers uit comorbiditeitsstudies zijn te verklaren door het gebruik van andere inclusiecriteria en zelfs diagnostische criteria. Zo maakt een lopende comorbiditeitsstudie in Vlaanderen melding van comorbiditeitscijfers die heel wat lager liggen (Van Waelvelde, Vanderzwalmen, Van Vreckem, Pieters & Desoete, 2009). Deze studie verzamelt gegevens van een zeer grote groep kinderen met een breed spectrum van klinische ontwikkelingsstoornissen. Op die manier kan een beter inzicht worden verkregen in de associaties tussen motorische en andere ontwikkelingsstoornissen zoals ADHD. Verschillende studies bestudeerden reeds de neurobiologische en klinische kenmerken van kinderen met DCD, ADHD en een gecombineerde diagnose, en suggereren dat verschillende delen van het cerebellum en het corpus callosum in beide condities betrokken zijn (Zwicker e.a., 2009).

## DCD, ADHD en het cerebellum

Bij kinderen met ADHD komen opvallend kleinere cerebellaire volumes voor. Meer bepaald zijn de inferieure posterieure cerebellaire vermis (Berquin e.a., 1998; Castellanos e.a., 1996; Castellanos e.a., 2001; Castellanos e.a., 2002; Hill e.a., 2003; Mackie e.a., 2007; Mostofsky, Reiss, Lockhart & Denckla, 1998) en superieure vermis (Carmona e.a., 2005; Hill e.a., 2003; Mackie e.a., 2007) in grote mate gereduceerd. Studies hebben ook



een verhoogd risico voor ADHD bij preterme geboorte getoond (Bhutta, Cleves, Casey, Craddock & Anand, 2002; Johnson, 2007).

Beeldvormingsstudies bevestigen de cerebellaire afwijkingen bij ADHD door verminderde homogeniteit in het cerebellum, wat duidt op een verminderd metabolisme of een hypofunctie (Cao e.a., 2006). Verdere evidentie is afkomstig uit diffusion tensor imaging (DTI)-studies die de integriteit van witte stofbanen nagaan (Ashtari e.a., 2005). Ashtari en collega's (2005) vonden indicaties voor een verminderde integriteit in de linker middelste cerebellaire pedunculus en het linker cerebellum bij kinderen met ADHD tegenover kinderen zonder ADHD. Beeldvormingsstudies laten dus zien dat kinderen met ADHD verschillen van typisch ontwikkelende kinderen inzake de anatomie en neurale activaties van onder meer het cerebellum. De verstoorde functie van de vermis lijkt daarom een logische verklaring voor op zijn minst een gedeelte van de motorische disfuncties van kinderen met ADHD en DCD.

Een belangrijk aantal kinderen met ADHD heeft moeite met handvaardigheid en fijnmotorische activiteiten (Schoemaker, Ketelaars, van Zonneveld, Minderaa & Mulder, 2005) die niet toe te schrijven zijn aan functies van de vermis (Zwicker e.a., 2009). Initieel werden fijnmotorische moeilijkheden bij kinderen met ADHD in verband gebracht met een gebrek-

kige aandachtsfunctie, maar Pitcher en collega's (2003) tonen dat de motorische prestatie niet gerelateerd is met ADHD-symptomatologie. Daarnaast zijn de motorische problemen bij kinderen met ADHD ook ernstiger in de aanwezigheid van comorbide stoornissen (Kooistra, Crawford, Dewey, Cantell & Kaplan, 2005). Dit impliceert de aanwezigheid van additionele neurale systemen onderliggend aan de motorische stoornissen bij ADHD.

### DCD en dyslexie

Studies met een beperkt aantal deelnemers rapporteren dat DCD en dyslexie frequent samen voorkomen (33,2 tot 87,5%) (Kaplan, Wilson, Dewey & Crawford, 1998; Miyahara e.a., 1997; Nicolson e.a., 1999). Nicolson en collega's (1999) vinden dat volwassenen met zowel dyslexie als motorische leerproblemen, verminderde hersenactivaties hebben in de rechter cerebellaire cortex tijdens aangeleerde en nieuwe sequenties van vingerbewegingen. Dyslectische kinderen hebben klaarblijkelijk moeilijkheden met het automatiseren van vaardigheden, een functie die onder meer het cerebellum veronderstelt (Nicolson, Fawcett & Dean, 2001). Dit automatiseringsprobleem kan eveneens optreden bij kinderen met DCD (Visser, 2003).

### DCD en taalstoornissen

Een recente studie vindt bij kinderen met taalstoornissen een hogere

kans op het hebben van DCD dan bij kinderen zonder deze stoornis (27,3 vs. 11,4%) (Cheng, Chen, Tsai, Chen & Cherng, 2009). Kinderen met DCD hebben vaker een taalstoornis (Archibald & Alloway, 2008; Hill, 2001; Visser, 2003). Een stoornis in de ontwikkeling van spraak en taal zou eveneens gerelateerd zijn met de werking van het cerebellum. De exacte betrokkenheid van het cerebellum in taal en linguïstische functies is tot nog toe onvoldoende begrepen (De Smet, Baillieux, De Deyn, Mariën & Paquier, 2007). Een systematische review van beeldvormingsstudies naar taalfuncties in de hersenen geeft cerebellaire activatie aan tijdens auditieve input, visuele input, semantische verwerking, gesproken en geschreven output (Walter & Joannette, 2007). Ook voor verbale vloeiendheid, woorden herinneren, syntax- en metalinguïstische vaardigheden zou het cerebellum mee instaan (De Smet e.a., 2007).

## ■ DCD en neurologische beeldvorming

Recent zijn een tweetal beeldvormingsstudies gepubliceerd die gebruikmaken van functionele magnetisch resonante imaging (MRI). Voor de eerste functionele MRI-studie van Querne en collega's (2008) zijn MRI-analyses gebeurd van 9 kinderen met DCD (zonder ADHD, depressieve symptomen of antisociale gedragsstoornis) en 10

typisch ontwikkelende kinderen tussen acht en dertien jaar. De functionele hersenactiviteit van de beide groepen is vergeleken tijdens het uitvoeren van een go/no go-taak. Deze taak test het vermogen om een uitgelokte motorische respons (op een knop drukken) te onderdrukken. Op gedragsmatig niveau is vastgesteld dat de responsen van kinderen met DCD trager en meer variabel zijn. Het functioneel netwerk van kinderen met DCD blijkt ook anders geactiveerd te zijn dan bij de controlegroep. Meer bepaald wijzen verschillen in connectiviteiten in het netwerk van de prefrontale (PFC), anterieure cingulate (ACC) en inferieure parietale cortex (IPC) op een verminderde vaardigheid in het switchen tussen een go- en no go-motorische respons. De auteurs vermoeden dat dit netwerk met over- en onderactivaties bij complexere taken aanleiding kan geven tot motorische problemen. Hieruit blijkt dat de problematiek van sommige kinderen met DCD niet beperkt is tot de zones die typisch worden gekoppeld aan de motorische controle, zoals het cerebellum. Ook de studie van Alloway (2007) wees er bijvoorbeeld op dat een zwak werkgeheugen meer gelinkt was aan het voorkomen van DCD dan aan een specifieke taalontwikkelingsstoornis.

In een tweede functionele MRI-studie (Kashiwagi, Iwaki, Narumi, Tamai & Suzuki, 2009) werd door 12 jongens met DCD (waarvan ook 3 met ADHD) en 12 typisch ontwikkelende jongens een visuele volgtaak uitgevoerd die

bestaat uit het volgen van een bewegend doel door het aansturen van een cursor met een joystick. Uit de studie blijkt dat kinderen met DCD tegenover typisch ontwikkelende kinderen verminderde activaties tonen in de linker posterieure pariëtale cortex (PPC) en de postcentrale gyrus. De auteurs van deze functionele MRI-studie besluiten dat voor beperkingen in de visuo-motorische prestatie bij kinderen met DCD een corticaal deficiet in de pariëtale regio's verantwoordelijk is.

## ■ Discussie en besluit

DCD is een veelvoorkomende stoornis in de kindertijd met verregaande implicaties voor het gedrag, de levenskwaliteit en de algemene gezondheid. Meerdere klinische en beeldvormingsstudies geven aan dat de beperkingen bij DCD geassocieerd kunnen zijn met disfuncties van de basale ganglia, het cerebellum, het corpus callosum en/of de pariëtale cortex. Omwille van de heterogeniteit en de hoge comorbiditeit van de stoornis laat het huidige onderzoek echter geen consensus toe. Het is weinig waarschijnlijk dat de problematiek voor alle kinderen dezelfde zal zijn. De eerste beeldvormingsstudies bevestigen het vermoeden dat verschillende neurale mechanismen bijdragen tot de heterogene motorische problemen van kinderen met DCD. Het is echter duidelijk dat nog een lange weg moet worden afgelegd vooraleer de link tussen gedrag en neurale disfunc-

ties bij kinderen met DCD uitgeklaard zal zijn. Vooral beeldvormend onderzoek – maar ook genetisch onderzoek – zullen in de toekomst waarschijnlijk toelaten de puzzel stukje per stukje in elkaar te schuiven. Gezien de heterogeniteit van de doelgroep moet beeldvormend onderzoek zich richten op specifieke taken waarop een subgroep van kinderen met DCD zwak presteert. Pas dan kan de stap worden gezet naar interventiestudies. Wat verandert in de afwijkende hersenfuncties na training? We hopen dat dit onderzoek in een niet al te verre toekomst kan bijdragen tot het ontwikkelen en verantwoorden van meer gerichte therapie voor kinderen met DCD.

## ■ Referenties

- American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (4 ed.). Washington DC: American Psychiatric Association.
- Alloway, T.P. (2007). Working memory, reading and mathematical skills in children with developmental coordination disorder. *Journal of Experimental Child Psychology*, *96*, 20-36.
- Archibald, L.M.D., & Alloway, T.P. (2008). Comparing language profiles: Children with specific language impairment and developmental coordination disorder. *International Journal of Language & Communication Disorders*, *43*, 165-180.
- Ashtari, M., Kumra, S., Bhaskar, S.L., Clarke, T., Thaden, E., Cervellione, K.L. e.a. (2005). Attention-deficit/hyperactivity disorder: A preliminary diffusion tensor imaging study. *Biological Psychiatry*, *57*, 448-455.

- Berquin, P.C., Giedd, J.N., Jacobsen, L.K., Hamburger, S.D., Krain, A.L., Rapoport, J.L. e.a. (1998). Cerebellum in attention-deficit hyperactivity disorder. A morphometric MRI study. *Neurology*, *50*, 1087-1093.
- Bhutta, A.T., Cleves, M.A., Casey, P.H., Craddock, M.M., & Anand, K.J.S. (2002). Cognitive and behavioral outcomes of school-aged children who were born preterm. A meta-analysis. *Journal of the American Medical Association*, *288*, 728-737.
- Bruininks, R.H., & Bruininks, B.D. (2005). *Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency* (2 ed.). Minneapolis, MN: Pearson Assessment.
- Cairney, J., Veldhuizen, S., & Szatmari, P. (2010). Motor coordination and emotional-behavioral problems in children. *Current Opinion in Psychiatry*, *23*, 324-329.
- Cantell, M.H., Smyth, M.M., & Ahonen, T.P. (2003). Two distinct pathways for developmental coordination disorder: Persistence and resolution. *Human Movement Science*, *22*, 413-431.
- Cao, Q.J., Zang, Y.F., Sun, L., Sui, M.Q., Long, X.Y., Zou, Q.H. e.a. (2006). Abnormal neural activity in children with attention deficit hyperactivity disorder: A resting-state functional magnetic resonance imaging study. *Neuroreport*, *17*, 1033-1036.
- Carmona, S., Vilarroya, O., Bielsa, A., Tremols, V., Soliva, J.C., Rovira, M. e.a. (2005). Global and regional gray matter reductions in ADHD: A voxel-based morphometric study. *Neuroscience Letters*, *389*, 88-93.
- Castellanos, F.X., Giedd, J.N., Berquin, P.C., Walter, J.M., Sharp, W., Tran, T. e.a. (2001). Quantitative brain magnetic resonance imaging in girls with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Archives of General Psychiatry*, *58*, 289-295.
- Castellanos, F.X., Giedd, J.N., Marsh, W.L., Hamburger, S.D., Vaituzis, A.C., Dickstein, D.P. e.a. (1996). Quantitative brain magnetic resonance imaging in attention-deficit hyperactivity disorder. *Archives of General Psychiatry*, *53*, 607-616.
- Castellanos, F.X., Lee, P.P., Sharp, W., Jeffries, N.O., Greenstein, D.K., Clasen, L.S. e.a. (2002). Developmental trajectories of brain volume abnormalities in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Medical Association*, *288*, 1740-1748.
- Cernacek, J. (1961). Contralateral motor irradiation – Cerebral dominance – Its changes in hemiparesis. *Archives of Neurology*, *4*, 165-172.
- Cheng, H.C., Chen, H.Y., Tsai, C.L., Chen, Y.J., & Cherng, R.J. (2009). Comorbidity of motor and language impairments in preschool children of Taiwan. *Research in Developmental Disabilities*, *30*, 1054-1061.
- Cousins, M., & Smyth, M.M. (2003). Developmental coordination impairments in adulthood. *Human Movement Science*, *22*, 433-459.
- Davis, N.M., Ford, G.W., Anderson, P.J., & Doyle, L.W. (2007). Developmental coordination disorder at 8 years of age in a regional cohort of extremely-low-birthweight or very preterm infants. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *49*, 325-330.
- De Smet, H.J., Baillieux, H., De Deyn, P.P., Marien, P., & Paquier, P. (2007). The cerebellum and language: The story so far. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, *59*, 165-170.
- Dewey, D., Kaplan, B.J., Crawford, S.G., & Wilson, B.N. (2002). Developmental coordination disorder: Associated problems in attention, learning, and psychosocial adjustment. *Human Movement Science*, *21*, 905-918.
- Geuze, R.H. (2005). Postural control in children with developmental coordination disorder. *Neural Plasticity*, *12*, 183-196.
- Green, D., Baird, G., & Sugden, D. (2006). A pilot study of psychopathology in developmental coordination disorder. *Child Care Health & Development*, *32*, 741-750.
- Groenewegen, H.J. (2003). The basal ganglia and motor control. *Neural Plasticity*, *10*, 107-120.

- Henderson, S., & Sugden, D. (1992). *Movement Assessment Battery for Children: Manual*. London: Psychological Corporation.
- Henderson, S., Sugden, D., & Barnett, A. (2007). *Movement Assessment Battery for Children (2 ed.) [Movement ABC-2]*. London: The Psychological Corporation.
- Hill, D.E., Yeo, R.A., Campbell, R.A., Hart, B., Vigil, J., & Brooks, W. (2003). Magnetic resonance imaging correlates of attention-deficit/hyperactivity disorder in children. *Neuropsychology, 17*, 496-506.
- Hill, E.L. (2001). Non-specific nature of specific language impairment: A review of the literature with regard to concomitant motor impairments. *International Journal of Language & Communication Disorders, 36*, 149-171.
- Holsti, L., Grunau, R.V.E., & Whitfield, M.F. (2002). Developmental coordination disorder in extremely low birth weight children at nine years. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics, 23*, 9-15.
- Ivry, R.B. (2003). Cerebellar involvement in clumsiness and other developmental disorders. *Neural Plasticity, 10*, 141-153.
- Johnson, S. (2007). Cognitive and behavioural outcomes following very preterm birth. *Seminars in Fetal & Neonatal Medicine, 12*, 363-373.
- Johnston, L.M., Burns, Y.R., Brauer, S.G., & Richardson, C.A. (2002). Differences in postural control and movement performance during goal directed reaching in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science, 21*, 583-601.
- Kadesjö, B., & Gillberg, C. (1998). Attention deficits and clumsiness in Swedish 7-year-old children. *Developmental Medicine & Child Neurology, 40*, 796-804.
- Kadesjö, B., & Gillberg, C. (1999). Developmental coordination disorder in Swedish 7-year-old children. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 38*, 820-828.
- Kagerer, F.A., Bo, J., Contreras-Vidal, J.L., & Clark, J.E. (2004). Visuomotor adaptation in children with developmental coordination disorder. *Motor Control, 8*, 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. *Human Movement Science, 25*, 622-633.
- Kaplan, B., Crawford, S., Cantell, M., Kooistra, L., & Dewey, D. (2006). Comorbidity, co-occurrence, continuum: What's in a name? *Child Care Health & Development, 32*, 723-731.
- Kaplan, B.J., Wilson, B.N., Dewey, D., & Crawford, S.G. (1998). DCD may not be a discrete disorder. *Human Movement Science, 17*, 471-490.
- Kashiwagi, M., Iwaki, S., Narumi, Y., Tamai, H., & Suzuki, S. (2009). Parietal dysfunction in developmental coordination disorder: A functional MRI study. *Neuroreport, 20*, 1319-1324.
- Kawato, M. (1999). Internal models for motor control and trajectory planning. *Current Opinion in Neurobiology, 9*, 718-727.
- Kiphard, B.J. & Schilling, F. (1974). *Körperkoordinationstest für Kinder*. Weinheim: Beltz Test GmbH.
- Kooistra, L., Crawford, S., Dewey, D., Cantell, M., & Kaplan, B.J. (2005). Motor correlates of ADHD: Contribution of reading disability and oppositional defiant disorder. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 195-206.
- Licari, M., & Larkin, D. (2008). Increased associated movements: Influence of attention deficits and movement difficulties. *Human Movement Science, 27*, 310-324.
- Lingam, R., Hunt, L., Golding, J., Jongmans, M., & Emond, A. (2009). Prevalence of developmental coordination disorder using the DSM-IV at 7 years of age: A UK population-based study. *Pediatrics, 123*, E693-700.

- Lundyekman, L., Ivry, R., Keele, S., & Woollacott, M. (1991). Timing and force control deficits in clumsy children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 367-376.
- Mackie, S., Shaw, P., Lenroot, R., Pierson, R., Greenstein, D.K., Nugent, T.F. e.a. (2007). Cerebellar development and clinical outcome in attention deficit hyperactivity disorder. *American Journal of Psychiatry*, 164, 647-655.
- Martin, N.C., Piek, J.P., & Hay, D. (2006). DCD and ADHD: A genetic study of their shared aetiology. *Human Movement Science*, 25, 110-124.
- Maruff, P., Wilson, P., Trebilcock, M., & Currie, J. (1999). Abnormalities of imagined motor sequences in children with developmental coordination disorder. *Neuropsychologia*, 37, 1317-1324.
- Messerschmidt, A., Brugger, P.C., Boltshauser, E., Zoder, G., Sterniste, W., Birnbacher, R. e.a. (2005). Disruption of cerebellar development: Potential complication of extreme prematurity. *American Journal of Neuroradiology*, 26, 1659-1667.
- Miyahara, M., Tsujii, M., Hori, M., Nakanishi, K., Kageyama, H., & Sugiyama, T. (1997). Brief report: Motor incoordination in children with Asperger syndrome and learning disabilities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 27, 595-603.
- Mostofsky, S.H., Reiss, A.L., Lockhart, P., & Denckla, M.B. (1998). Evaluation of cerebellar size in attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of Child Neurology*, 13, 434-439.
- Nicolson, R.I., Fawcett, A.J., Berry, E.L., Jenkins, I.H., Dean, P., & Brooks, D.J. (1999). Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in dyslexic adults. *Lancet*, 353, 1662-1667.
- Nicolson, R.I., Fawcett, A.J., & Dean, P. (2001). Developmental dyslexia: The cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*, 24, 508-511.
- O'Hare, A., & Khalid, S. (2002). The association of abnormal cerebellar function in children with developmental coordination disorder and reading difficulties. *Dyslexia*, 8, 234-248.
- Peersman, W., & Van Waelvelde, H. (2006). *Vragenlijst voor motorische vaardigheden bij kleuters (VMVK)*. Onuitgegeven werk.
- Piek, J.P., Barrett, N.C., Allen, L.S.R., Jones, A., & Louise, M. (2005). The relationship between bullying and self-worth in children with movement coordination problems. *British Journal of Educational Psychology*, 75, 453-463.
- Piek, J.P., Pitcher, T.M., & Hay, D.A. (1999). Motor coordination and kinaesthesia in boys with attention deficit-hyperactivity disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 41, 159-165.
- Pitcher, T.M., Piek, J.P., & Hay, D.A. (2003). Fine and gross motor ability in males with ADHD. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 45, 525-535.
- Querne, L., Berquin, P., Vernier-Hauvette, M.P., Fall, S., Deltour, L., Meyer, M.E. e.a. (2008). Dysfunction of attentional brain network in children with Developmental Coordination Disorder: a fMRI study. *Brain Research*, 1244, 89-102.
- Schoemaker, M.M., Flapper, B., Verheij, N.P., Wilson, B.N., Reinders-Messelink, H.A., & de Kloet, A. (2006). Evaluation of the developmental coordination disorder questionnaire as a screening instrument. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48, 668-673.
- Schoemaker, M.M., Ketelaars, C.E.J., 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. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47, 390-395.
- Skinner, R.A. & Piek, J.P. (2001). Psychosocial implications of poor motor coordination in children and adolescents. *Human Movement Science*, 20, 73-94.

- Smits-Engelsman, B.C.M. (2010). *Movement Assessment Battery for Children-2. Nederlandstalige bewerking*. Amsterdam: Pearson Assessment.
- Smits-Engelsman, B.C.M., Henderson, S.E., & Michels, C.G.J. (1998). The assessment of children with Developmental Coordination Disorders in the Netherlands: The relationship between the Movement Assessment Battery for Children and the Körperkoordinations Test für Kinder. *Human Movement Science, 17*, 699-709.
- Spironello, C., Hay, J., Missiuna, C., Faight, B.E., & Cairney, J. (2010). Concurrent and construct validation of the short form of the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency and the Movement-ABC when administered under field conditions: Implications for screening. *Child Care Health & Development, 36*, 499-507.
- Sugden, D., Chambers, M., & Utley, A. (2006). *Developmental coordination disorder as a specific learning difficulty*. In Leeds Consensus Statement Swindon, UK: ESRC Seminar Series.
- Swinny, J.D., van der Want, J.J., & Gramsbergen, A. (2005). Cerebellar development and plasticity: Perspectives for motor coordination strategies, for motor skills, and for therapy. *Neural Plasticity, 12*, 153-160.
- Van Waelvelde, H., De Weerd, W., De Cock, P., Janssens, L., Feys, H., & Engelsman, B.C.M. (2006). Parameterization of movement execution in children with developmental coordination disorder. *Brain & Cognition, 60*, 20-31.
- Van Waelvelde, H., De Weerd, W., De Cock, P., & Smits-Engelsman, B.C.M. (2004). Aspects of the validity of the Movement Assessment Battery for Children. *Human Movement Science, 23*, 49-60.
- Van Waelvelde, H., Vanderzwalmen, R., Van Vreckem, C., Pieters, S., & Desoete, A. (2009). Epidemiology of co-occurrence of DCD and other developmental disabilities. In *Developmental Coordination Disorder VIII – International Conference* (pp. 22). USA: University of Maryland.
- Visser, J. (2003). Developmental coordination disorder: A review of research on subtypes and comorbidities. *Human Movement Science, 22*, 479-493.
- Walter, N., & Joannette, Y. (2007). The unnoticed contributions of the cerebellum to language. *Folia Phoniatrica et Logopaedica, 59*, 171-176.
- Waternberg, N., Waiserberg, N., Zuk, L., & Lerman-Sagie, T. (2007). Developmental coordination disorder in children with attention-deficit-hyperactivity disorder and physical therapy intervention. *Developmental Medicine & Child Neurology, 49*, 920-925.
- Williams, J., Thomas, P.R., Maruff, P., & Wilson, P.H. (2008). The link between motor impairment level and motor imagery ability in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science, 27*, 270-285.
- Wilson, P.H. & McKenzie, B.E. (1998). Information processing deficits associated with developmental coordination disorder: A meta-analysis of research findings. *Journal of Child Psychology & Psychiatry, 39*, 829-840.
- World Health Organization (1992). *The tenth revision of the international classification of diseases and related health problems (ICD-10)*. Geneva: World Health Organization.
- Zwicker, J.G., Missiuna, C., & Boyd, L.A. (2009). Neural correlates of Developmental Coordination Disorder: A review of hypotheses. *Journal of Child Neurology, 24*, 1273-1281.