

Developmental Coordination Disorder (DCD): Een bewegingsstoornis!

In het kader van een onderzoeksproject naar de bewegingscoördinatie en -controle bij kinderen met Developmental Coordination Disorder (DCD) werden verschillende basisbewegingsvaardigheden onderzocht en vergeleken met een controlepopulatie. Op basis van een nauwkeurige kinematische analyse proberen we de bewegingsproblemen van kinderen met DCD beter te begrijpen en te duiden vanuit een dynamisch-ecologisch perspectief. De opgedane kennis kan worden aangewend om de heersende hypothesen in verband met de onderliggende mechanismen te toetsen en om een aantal voorzichtige suggesties te doen voor de diagnostiek en de therapeutische praktijk.

■ Inleiding

Houterig, onhandig en stuntelig zijn maar een paar van de adjectieven die vaak worden gebruikt als het gaat over Developmental Coordination Disorder (DCD). Het dagelijks leven vereist heel wat motorische vaardigheden. Kinderen met DCD hebben problemen met een of meer van die handelingen. 's Morgens stommelen ze steevast letterlijk met het verkeerde been uit bed. Als ze de trap afgaan,

nemen ze liefst de leuning vast. Nog liever doen ze het zittend, omdat de kans dat ze struikelen niet gering is. Hun boterham smeren lukt, maar met veel moeite. En met een beetje extra geluk stoten ze ondertussen hun kop melk niet om. Op school schrijven ze hun naam liever met lettertjes uit de letterdoos, want telkens als ze het in een sierlijk handschrift proberen, zien de letters er ongewild helemaal anders uit. Tijdens een partijtje voetbal gaat de bal altijd weer de verkeerde kant

¹ Dr. Frederik Deconinck en prof. dr. Matthieu Lenoir zijn beiden verbonden aan de Vakgroep Bewegings- en Sportwetenschappen van de Universiteit Gent. Sinds kort is Frederik Deconinck werkzaam aan het Department of Physical Education, Sport and Leisure Studies van de University of Edinburgh (Scotland), frederik.deconinck@education.ed.ac.uk

uit en ook hun fiets lijkt steeds zelf te kiezen welke richting hij uitrijdt. Ze proberen wel, ze doen hun uiterste best, maar het lukt gewoon niet.

Deze anekdotische inleiding bulkt van de stereotypen. Laat duidelijk zijn dat niet alle kinderen met DCD in dit verhaal passen. Toch geeft het een beeld van de beperkingen die kinderen met een motorische stoornis zoals DCD dagelijks ervaren. In de diagnostiek van kinderen met ontwikkelingsstoornissen krijgt DCD steeds meer een plaats. Dit wijst niet alleen op een erkenning van het belang van beweging voor een optimale algemene ontwikkeling van het kind, maar ook op een grotere uniformiteit in de referentiekaders van de betrokken artsen en

therapeuten. Hoewel de verwarring over de naamgeving stilaan plaatsmaakt voor een consensus, blijft het stellen van de diagnose DCD een heel complexe zaak. De belangrijkste oorzaak hiervoor is het feit dat er voor de bewegingsproblemen van kinderen met deze stoornis (vooralnog) geen duidelijke medische oorzaak kan worden gevonden. Het is een pure gedragsdiagnose. Bij gebrek aan een fysiopathologische marker zijn artsen aangewezen op de kunstmatige en interpreteerbare criteria, voorgeschreven door de American Psychiatric Association (APA, 1994) (zie Tabel 1) of de Wereldgezondheidsorganisatie². Bovendien is comorbiditeit, het samengaan met andere ontwikkelingsstoornissen zoals ADHD, autismespec-

Tabel 1: De vier criteria voor Developmental Coordination Disorder volgens DSM-IV (APA, 1994)

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 cerebraal 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.

² Het equivalent voor DCD in de International Classification of Diseases (ICD-10) van de WHO is Specific Developmental Disorder of Motor Function (SDD-MF). Volgens een studie van Geuze, Jongmans, Schoemaker en Smits-Engelsman (2001) gebruikt een overgrote meerderheid van de klinische en wetenschappelijke studies de term DCD.

trumstoornis of dyslexie, eerder regel dan uitzondering (bv. Gilger & Kaplan, 2001; Gillberg, 2004). Daarnaast wordt het stellen van een correcte diagnose ook bemoeilijkt door het sterk variërende klinisch beeld van vele van deze ontwikkelingsstoornissen. Onder impuls van het wetenschappelijk onderzoek, zowel uit medische als uit (ontwikkelings)psychologische, therapeutische en kinesologische hoek, is de kennis over DCD er gedurende de laatste twee decennia sterk op vooruit gegaan. Toch blijven de onderliggende mechanismen grotendeels onbegrepen, zodat onderzoek naar de herkenbaarheid, de opspoorbaarheid en het inzicht in onderliggende mechanismen noodzakelijk blijft.

Ondanks het feit dat DCD in de eerste plaats een bewegingsstoornis is, ging de aandacht in het onderzoek naar de mogelijke oorzaken van dit probleem vooral naar de waarnemings- en informatieverwerkingsprocessen aan de basis van beweging (zie Wilson & McKenzie, 1998). Zo stelde men vast dat kinderen met DCD vaak minder goed scoren in taken die visuele en/of kinesthetische perceptie vereisen. Het betreft hier meestal fijnmotorische, manipulatieve taken, waarbij voorwerpen moeten worden vastgegrepen (bv. Huh, Williams & Burke, 1998) of waarbij vingers van linker- en rechterhand ten opzichte van elkaar moeten worden gepositioneerd, al dan niet

met het gebruik van visus en proprioceptie (bv. Mon-Williams, Wann & Pascal, 1999). De resultaten van deze studies zijn niet altijd even consistent en de laatste jaren werden de oorspronkelijke vaststellingen wat genuanceerd. Kinderen met DCD blijken voornamelijk problemen te hebben met visueel-ruimtelijk inzicht en de visueel-motorische integratie (Schoemaker et al., 2001). Het is echter niet altijd duidelijk hoe deze perceptuele problemen, vaak gemeten aan de hand van psychofysische taken, in verband staan met de motorische problemen die gepaard gaan met DCD (Henderson, Barnett & Herderson, 1994).

Verschillende studies suggereren ook dat sommige kinderen met DCD problemen hebben met de timing van fijnmotorische taken. In eenvoudige reactietijdexperimenten blijken ze vaak trager en meer variabel (bv. Henderson, Rose & Henderson, 1992). Daarnaast hebben ze het dikwijls ook moeilijker om tijdens een ritmische klaptaak een bepaald ritme aan te houden of dit ritme aan te passen (bv. Geuze & Kalverboer, 1987). Deze timingproblemen worden soms geïnterpreteerd als het resultaat van een verstoorde planning van de beweging. Anderen wijten de problemen eerder aan een neuromusculair defect (Raynor, 1998).

Behalve deze eerder informatietheoretische studies is onderzoek naar de

aard van de bewegingen van kinderen met DCD schaars. Kwalitatieve beschrijvingen van het bewegingsprofiel van kinderen met deze stoornis (zie Parker & Larkin, 2003) en zwakkere scores op motorische tests zoals de Movement Assessment Battery for Children (MABC) (Henderson & Sugden, 1992) bevestigen wel dat deze kinderen anders bewegen, maar de vraag hoe anders ze bewegen werd nog maar zelden belicht. Met andere woorden, springt een jongen met DCD minder ver omdat hij een minder efficiënte bewegingscoördinatie gebruikt of omdat hij onder de verkeerde hoek afstoot? Loopt er bij het vangen van de bal iets verkeerd bij de perceptueel-motorische timing of bij de plaatsing van de hand?

Een ecologische visie op beweging stelt dat elk bewegingspatroon het resultaat is van een dynamische interactie tussen de taak, de omgeving en de karakteristieken van het individu zelf (Newell, 1986). De plasticiteit van het zenuwstelsel en het bewegingssysteem leiden ertoe dat elk systeem op zoek gaat naar een bewegingsuitvoering die, binnen de beperkingen die de omgeving, de taak en het individu opleggen, het best voldoet. Inzicht in het bewegingsprofiel van kinderen met DCD kan dus leiden tot een beter en breder inzicht in hun beperkingen, maar ook in de manier waarop ze de coördinatie en controle van een beweging aan deze beperkingen aanpas-

sen. De studies die verder in dit artikel worden beschreven, zijn een aanzet om dit tekort aan kennis over het bewegingsverloop van kinderen met DCD bij verschillende bewegingsvaardigheden op te vullen. Aan de hand van gedetailleerde bewegingsanalyses wordt een objectieve en kwantitatieve beschrijving gegeven van een aantal dagelijkse bewegingsvaardigheden van een groep kinderen met DCD. Daarnaast worden de resultaten aangewend om de heersende ideeën in verband met de motorische controle en coördinatie bij kinderen met DCD te testen en te onderbouwen of nuanceren. De kennis over de verschillende bewegingsprofielen die kinderen met DCD vertonen, kan ons helpen om de stoornis beter te karakteriseren en bijgevolg makkelijker te herkennen en identificeren. Bovendien kan de informatie leiden tot inzicht in de onderliggende mechanismen, wat op zijn beurt kan dienen als katalysator voor beter onderbouwde en effectievere behandelingsstrategieën.

■ Methode

Hierna volgt een algemene beschrijving van de methodiek. Belangrijke details in verband met de uit te voeren taak of de analyse worden vermeld bij de bespreking van de resultaten. Voor een uitgebreide beschrijving van de gebruikte vragenlijsten, apparatuur en (statistische) analyses verwijzen we naar de respectievelijke artikelen.

Proefgroep

Verspreid over de verschillende studies waren bij het onderzoek 42 kinderen met DCD en evenveel controlekinderen betrokken. Voor de selectie van kinderen met DCD werd een beroep gedaan op het Centrum voor Ontwikkelingsstoornissen (COS) van Gent en een vijftigtal kinesitherapeuten in Vlaanderen. Alle kinderen met DCD voldeden aan de criteria voorgeschreven in de DSM-IV (zie Tabel 1). Hun gemiddelde leeftijd varieerde van 7.4 tot 7.8 jaar. Hun score op de MABC (Henderson & Sugden, 1992) lag onder percentiel 15 en een neurologisch onderzoek bracht geen duidelijke oorzaak voor de motorische problemen aan het licht. Om de heterogeniteit van de proefgroep wat te drukken, werden kinderen met comorbide stoornissen (zoals ADHD of dyslexie)

en kinderen met een mentale retardatie (IQ < 80) geweerd. De controlekinderen werden geselecteerd uit een pool van ongeveer vierhonderd kinderen uit het eerste, tweede en derde leerjaar van vijf Gentse basisscholen en een scoutsgroep. Om zoveel mogelijk storende verschillen in het bewegingspatroon ten gevolge van morfologische kenmerken uit te sluiten, werden de controlekinderen paarsgewijs gematched met de kinderen met DCD op basis van geslacht, leeftijd, lichaamslengte en -gewicht. Aan de hand van een vragenlijst werd informatie ingewonnen over de hoeveelheid en de aard van de dagelijkse fysieke activiteit van de kinderen en over het IQ. De controlekinderen waren vrij van medische problemen en scoorden boven percentiel 33 op de MABC. Tabel 2 geeft een overzicht van de karakteristieken van de proefgroep.

Tabel 2: Karakteristieken van de proefpersonen (gemiddelden per groep + SD) voor de beschreven studies. (Studie 1: Stappen op loopband, Studie 2: Stappen licht-donker, Studie 3: Posturale controle)

	Kinderen met DCD			Controlekinderen		
	Studie 1	Studie 2	Studie 3	Studie 1	Studie 2	Studie 3
Aantal	10	12	10	10	12	10
	9♂-1♀	10♂-1♀	10♂	9♂-1♀	10♂-1♀	10♂
Leeftijd (jaar)	7.4 (0.7)	7.8 (0.5)	7.7 (0.8)	7.5 (0.9)	7.7 (0.6)	7.5 (0.9)
Lichaamslengte (m)	1.28 (0.07)	1.27 (0.05)	1.29 (0.07)	1.31 (0.05)	1.28 (0.06)	1.31 (0.05)
Lichaamsgewicht (kg)	25.3 (4.1)	25.6 (4.4)	25.7 (4.1)	28.0 (4.4)	25.6 (3.4)	28.0 (4.3)
MABC (percentiel)	7.3 (4.5)	5.0 (3.8)	8.4 (4.6)	69.1 (22.2)	78.3 (17.3)	69.1 (22.2)

Bewegingsanalyse

De bewegingen werden geregistreerd met behulp van acht gesynchroniseerde, digitale infraroodcamera's (ProReflex - Qualisys). Dit camerasysteem maakt het mogelijk bewegingen uiterst nauwkeurig te registreren (240 beelden per seconde) en driedimensionaal te reconstrueren. Dit stelt ons in staat posities, hoeken, (hoek)snelheden en (hoek)versnellingen van de gewenste lichaamssegmenten en -gewrichten te berekenen.

Bewegingsvaardigheden

De bewegingsvaardigheden die werden onderzocht zijn stappen, springen, éénhandig balvangen en balgooien. Dit zijn functionele en relevante motorische vaardigheden, zowel vanuit de dagelijkse praktijk als vanuit wetenschappelijk oogpunt. Met andere woorden, de bewegingen hebben een daadwerkelijke functie of betekenis voor de kinderen, maar laten ons ook toe een licht te werpen op de motorische controle en coördinatie van bewegingen. Bovendien werd al heel wat onderzoek verricht naar de ontwikkeling van de coördinatie en de controle van deze bewegingen. Dit maakt het makkelijker om de specifieke karakteristieken van het bewegingspatroon van kinderen met DCD in het juiste perspectief te plaatsen.

In dit artikel concentreren we ons op het bewegingspatroon van het stappen van kinderen met DCD. Hierbij gaat de aandacht vooral naar verschillen met het stappatroon van controlekinderen in relatie tot de specifieke taak (stappen op een loopband en stappen op een vaste ondergrond) en veranderingen in de omgevingsomstandigheden (stappen met en zonder visuele informatie beschikbaar). Verder proberen we de bevindingen in verband met het stappatroon te koppelen aan de posturale controle tijdens een eenvoudige evenwichtstaak.

■ Resultaten en discussie

Stappen

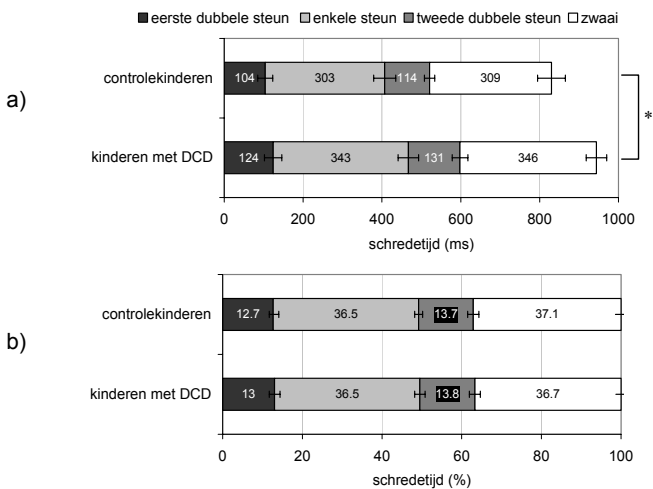
Vaak is er op het eerste gezicht niks veranderd met het stappatroon van kinderen met DCD. Pas wanneer de situatie moeilijker wordt, bijvoorbeeld over een obstakel stappen of stappen over een ongelijke ondergrond, duiken er problemen op. Het lijkt echter niet onwaarschijnlijk dat de moeilijkheden die kinderen met DCD ondervinden in meer uitdagende omstandigheden, hun oorsprong vinden in een probleem dat ook al aanwezig is in de eenvoudige situatie. Alleen het feit dat die eenvoudige situatie minder bewegingsbeperkingen oplegt, zou ertoe kunnen leiden dat de problemen makkelijker kunnen worden omzeild en bijgevolg minder manifest aanwezig zijn.

In een eerste studie onderzochten we de spatiotemporele controle en de kinematica van het stappen bij kinderen met DCD tijdens het stappen op een loopband. De relatieve snelheid van de loopband (d.i. de snelheid geschaald naar de beenlengte van de proefpersoon) was voor alle kinderen gelijk (Froude-getal: 0.15), wat resulteerde in een gemiddelde stapnelheid van 0.85 m/s.

Woodruff, Bothwell-Myers, Tingley en Albert (2002) concludeerden in een eerdere studie dat het stappatroon van kinderen met DCD 'abnormaal' was. Hiervoor baseerden ze zich op de Index for Walking Performance³. Ook in het huidige onderzoek lag

deze Index voor kinderen met DCD in de 'abnormale' range (DCD: 4.36 ± 3.197 , Controle: 1.28 ± 0.743). Dit atypisch stappatroon was echter niet te wijten aan een verschil in de temporele fasering. De relatieve duur van de steun- en zwaafasen was voor beide groepen (DCD en controle) gelijk (zie Figuur 1a). Wel waren bij kinderen met DCD de absolute duur van de stappen (Figuur 1b) en de schredelengte korter (DCD: 711 ± 85 mm, Controle: 799 ± 101 mm). Aangezien de snelheid voor beide groepen gelijk was, kwam dit overeen met een hogere stapfrequentie bij kinderen met DCD (DCD: 146 ± 16 stappen/min, Controle: 128 ± 17 stappen/min).

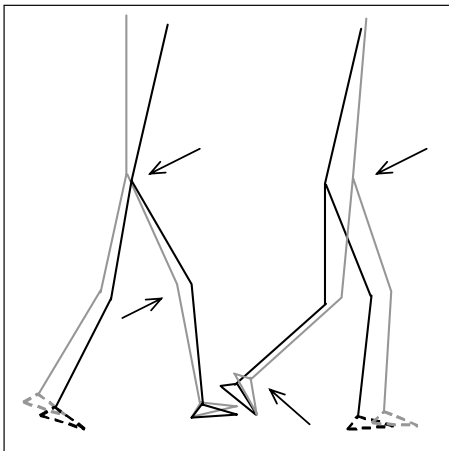
Figuur 1: Absolute (a) en relatieve duur (b) van de verschillende fasen in de stapcyclus voor kinderen met DCD en controlekinderen (* groepseffect: $p < .05$)



³ Dit cijfer wordt berekend op basis van vier variabelen: de duur van de (initiële) dubbele steunfase, de duur van de eerste stap, de duur van de enkelvoudige steunfase en de schredelengte. Via statistische vergelijking met een referentiepopulatie geeft de *Index of Walking Performance* de graad van abnormaliteit van een stappatroon weer.

Deze verschillen in het spatiotemporeel patroon gingen verder gepaard met enkele opvallende verschillen in de kinematica op kritieke tijdstippen van de stapcyclus. Gedurende de volledige cyclus neigde bij kinderen met DCD de romp meer naar voor, wat resulteerde in een kleinere heuphoek. Daarnaast was bij kinderen met DCD de knie meer gebogen bij initieel voetcontact (d.i. het tijdstip waarop de voet wordt neergezet). Bij 'toe off' (TO) (d.i. het ogenblik waarop de voet de grond verlaat) vertoonde hun enkel minder plantaire flexie. Figuur 2 geeft een globaal beeld van de lichaamsconfiguraties bij initieel voetcontact en toe off (TO) van beide groepen.

Figuur 2: Lichaamsconfiguratie bij initieel voetcontact (links) en TO (rechts) voor kinderen met DCD (donker) en controlekinderen (licht) (-> groepseffect: $p < .05$)



Samengevat lijkt het erop dat kinderen met DCD bij het stappen op de loopband niet het optimale compromis vin-

den tussen evenwicht en propulsie, wat leidt tot een voorzichtiger en veiliger stappatroon met kleinere stapjes, een kortere zwaai fase (d.i. ook de fase waarin slechts één voet steun biedt) en een behoedzame lichaamshouding. Deze verschillen zijn niet zomaar afwijkingen, maar eerder aanpassingsstrategieën als reactie op een probleem met de evenwichtscontrole en/of de neuromusculaire controle. In dit verband is het niet onbelangrijk op te merken dat niet alle tien kinderen met DCD dezelfde aanpassingen vertonen. De hierboven beschreven resultaten zijn gebaseerd op de gemiddelden per groep, maar uit een individuele analyse blijken slechts zes kinderen zowel de spatiotemporele factoren als de kinematische factoren (lichaamsconfiguratie) aan te passen. Van de vier anderen lijken er twee voor de spatiotemporele aanpassingen te kiezen en twee voor de kinematische aanpassingen. Overigens tonen deze resultaten ook aan dat het timingprobleem dat vaak wordt geassocieerd met DCD, niet voor alle bewegingsvaardigheden en -situaties van toepassing is.

De vraag is uiteraard wat kinderen met DCD precies doet teruggrijpen naar dit behoedzamer stappatroon. Zoals hierboven gesuggereerd kan dit te maken hebben met een minder efficiënte neuromusculaire controle. De bilaterale controle van de verschillende ledematen aan de basis van het

stappatroom vereist een nauwkeurige en specifieke controle van agonisten en antagonist (Winter, 1991). In de literatuur over DCD is dit een vaak gesuggereerd probleem. Zo toonde onderzoek aan dat kinderen met DCD een verhoogde mate van coactivatie van agonist en antagonist genereren bij de uitvoering van een flexie/extensie-beweging van het been (Raynor, 2001). Een onnodig verhoogde coactivatie van de spieren kan op zijn beurt leiden tot vermindering van de bewegingsrange en een verstoorde proprioceptie. Uiteraard is het mogelijk dat de taak zelf, stappen op een loopband, deze problemen in de verf zet, doordat er een uitwisseling van energie tussen het toestel en de proefpersoon plaatsvindt. Een doorgedrevene ganganalyse, waarin ook rekening wordt gehouden met de geleverde kracht, de arbeid en het vermogen van de verschillende segmenten en waarin de spieractivatie aan de hand van EMG in kaart kan worden gebracht, kan hierin meer duidelijkheid scheppen.

Een tweede mogelijke oorzaak voor de aanpassingen aan het stappatroom is te vinden in de controle van het dynamisch evenwicht tijdens het stappen. In de heterogene DCD-populatie is evenwicht één van de basisvaardigheden waarvan kinderen het vaakst hinder ondervinden (73 tot 87 procent van de DCD-populatie) (Hoare, 1994; Macnab, Miller & Polatajko, 2001). Verschillende studies onderzochten

met behulp van posturografie de posturale controle tijdens het rechtop staan (zie verder), maar slechts weinig is geweten over het dynamisch evenwicht. De resultaten van het huidige onderzoek geven aan dat een minder efficiënte evenwichtscontrole ook verantwoordelijk kan zijn voor problemen bij het stappen. Als oorzaak voor een problematische controle van het evenwicht wordt vaak verwezen naar de perceptuele systemen (visus, proprioceptie en vestibulair apparaat) die de informatie leveren in verband met de positie en balans van het lichaam. In die context moet stappen op een loopband opnieuw worden beschouwd als een bijzonder uitdagende taak, omdat bij gebrek aan een visuele flow (het bewegende beeld van de omgeving dat in een normale situatie op het netvlies wordt geprojecteerd) een perceptuele paradox wordt gecreëerd waarmee kinderen met DCD blijkbaar minder blijf weten. In de bespreking van de studie over posturale controle gaan we dieper in op moeilijkheden bij het oplossen van een dergelijk sensorisch conflict.

Om de denkpiste in verband met de rol van evenwicht en visuele controle tijdens het stappen nader te onderzoeken werd een vervolgstudie opgezet. Hierin gingen we na hoe het spatiotemporele patroon van kinderen met DCD tijdens het stappen op een vaste loopweg verschilde van controlekinderen en in hoeverre dat patroon afhankelijk was van visuele informatie. De

invloed van het zicht op het stappen werd getest door het spatiotemporele patroon in een normale situatie te vergelijken met het patroon tijdens het stappen in het donker, waarbij de kinderen enkel proprioceptieve en vestibulaire informatie (incl. cognitieve informatie afkomstig van het visueel geheugen) ter beschikking hadden.

Uit tabel 3 blijkt dat de spatiotemporele aanpassingen die kinderen met DCD in de eerste studie vertoonden, bij het stappen op een loopweg grotendeels afwezig zijn. Wel was de duur van de dubbele steunfase van deze kinderen significant langer, wat gepaard ging met een kortere zwaai fase. Dit wijst niet alleen op het feit dat de aanpassingen aan het stappatroon taak- en omgevings specifiek zijn, maar ook dat

evenwicht voor kinderen met DCD zelfs bij het stappen op een normale ondergrond een limiterende factor is. De subtiele verlenging van de dubbele steunfase wijst er namelijk op dat de kinderen de meest stabiele fase trachten uit te buiten. Daarnaast leidde de afwezigheid van visuele informatie bij stappen in het donker tot significante aanpassingen van het spatiotemporele patroon bij de kinderen met DCD, maar niet bij de controlekinderen. In het donker stapte de DCD-groep trager dan in het licht, wat gepaard ging met langere schredetijden (zowel de steun- als de zwaai fase) en kortere staplengtes. Verder was er in het donker ook een tendens tot een grotere mediolaterale uitwijking van het lichaamszwaartepunt, wat opnieuw wijst op een verhoogde mate van instabiliteit.

Tabel 3: Spatiotemporele variabelen (gemiddelden per groep + SD) en resultaten van de statistische analyse voor het stappen met en zonder visuele informatie (in licht en donker)

	Kinderen met DCD		Controlekinderen		p
	licht	donker	Licht	Donker	
Schredetijd (ms)	837 (76)	897 (93)	843 (49)	840 (64)	**
Schredesnelheid (m/s)	1.29 (0.10)	1.09 (0.14)	1.31 (0.12)	1.27 (0.13)	##
Duur steunfase (ms)	516 (52)	563 (66)	511 (37)	507 (43)	**
Duur zwaai fase (ms)	321 (28)	334 (35)	333 (17)	330 (22)	
Duur dubbele steunfase (ms)	96 (16)	119 (24)	83 (12)	84 (15)	** , ##
Steunfase (%)	61.6 (1.7)	62.7 (2.0)	60.6 (1.4)	60.3 (1.7)	* , #
Zwaai fase (%)	38.4 (1.6)	37.3 (2.0)	39.5 (1.3)	39.3 (1.3)	** , #
Dubbele steunfase (%)	11.4 (1.3)	13.2 (1.8)	9.9 (1.3)	10.0 (1.4)	* , ##
Schredelengte (mm)	1072 (93)	972 (86)	1097 (84)	1061 (79)	***
Mediolaterale uitwijking (mm)	33 (8)	40 (10)	36 (6)	34 (6)	*

* groep x visus interactie: $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

groepseffect: $p < .05$ ## $p < .01$

Deze resultaten lijken te bevestigen dat (subtiele) evenwichtsproblemen een mogelijke oorzaak zijn voor de aanpassingen aan het stappatroom van kinderen met DCD en een behoedzame strategie tijdens het stappen in meer uitdagende situaties (zoals stappen op een loopband, maar wellicht ook tijdens stappen op een onregelmatige ondergrond of op een trap). Bovendien lijkt deze strategie ook gekoppeld aan een sterkere behoefte aan visuele informatie, bij het stappen een belangrijke bron van snelheidsperceptie en de controle van het dynamische evenwicht (Patla, 1997). Deze vaststelling is in overeenstemming met andere studies naar de controle van fijnmotorische taken, waar kinderen met DCD ook meer afhankelijk bleken te zijn van online visuele feedback (bv. Smits-Engelsman, Wilson, Westenberg & Duyssens, 2003; Van Waelvelde et al., 2006), en toont aan dat andere perceptuele systemen minder vlot de functie van de visus overnemen. Nochtans zijn de controlekinderen daartoe wel in staat. Als onderliggend mechanisme voor dit probleem bij de integratie van sensorische informatie werd in vorig onderzoek verwezen naar een verstoorde generatie en inefficiënt gebruik van een interne bewegingsrepresentatie, wat aanleiding zou geven tot een sterkere neiging om bewegingen te sturen met behulp van (visuele) feedbackcontrole (Smits-Engelsman et al., 2003; Wilson, Maruff, Ives & Currie, 2001).

Posturale controle

Een accurate posturale controle wordt vaak beschouwd als de basis van elke willekeurige beweging. Dat het belang van deze component niet mag worden onderschat, bewijst een studie van Savelsbergh, Bennett, Angelakopoulos en Davids (2005). Zij toonden aan dat de vangprestatie van minder goede balvangers kan worden verbeterd door de kinderen steun te geven bij het rechtop staan of door zittend te vangen. Met behulp van deze 'posturale steun' bleek de postural sway (d.i. de subtiele schommeling van het lichaam) beter afgestemd te worden op de perceptueel-motorische organisatie van de arm en hand, wat aanleiding gaf tot effectieve aanpassingen van de vangbeweging. Ook de aanpassingen aan het stappatroom die bij kinderen met DCD werden vastgesteld, kunnen in verband worden gebracht met een problematische evenwichtscontrole. Daarom werd in onze laatste studie de posturale controle van een groep kinderen met DCD onder de loep genomen, met specifieke aandacht voor de invloed van de verschillende sensorische systemen. Voor de registratie van posturale stabiliteit, gekwantificeerd door middel van de beweging (sway) van het lichaamszwaartepunt, werd gebruikgemaakt van een krachtmeetplatform (Basic Balance Master - Neurocom). De postural sway werd gemeten in vier verschillende condities waarbij het zicht, de proprioceptie en het vestibulair systeem al dan niet op de proef werden gesteld (zie Tabel 4).

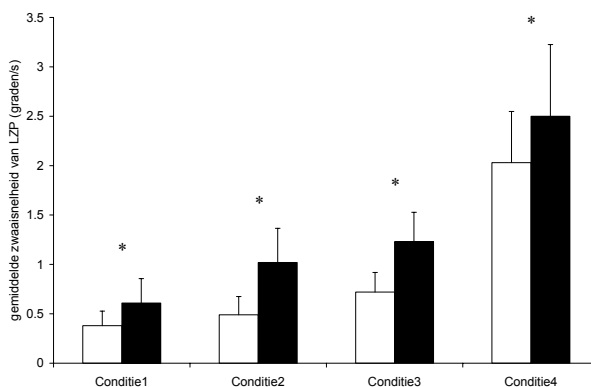
Tabel 4: Protocol van de evenwichtstest

	Zicht	Ondergrond
Conditie 1 (basis)	Normaal	vast - stabiel
Conditie 2	Gebblinddoekt	vast - stabiel
Conditie 3	Normaal	kussen - onstabiel
Conditie 4	Gebblinddoekt	kussen - onstabiel

Zoals verwacht en zoals ook al gevonden in voorgaande studies (Przysucha & Taylor, 2004; Wann, Mon-Williams & Rushton, 1998) vertoonden kinderen met DCD meer sway in alle vier de condities (Figuur 3). Dit kan erop wijzen dat ze instabieler staan zowel in een normale situatie (op een vaste ondergrond en met visuele informatie ter beschikking) als in een situatie waarin de perceptie wordt verstoord. Het is echter ook mogelijk dat hun controlesysteem nog in een leer- en ontwikkelingsproces verkeert waarin de grenzen van de stabiliteit meer worden afgetast, wat resulteert in meer variabiliteit in de sway (Kirshenbaum, Riach & Starkes, 2001). Daarnaast toonden

de statistische analyses aan dat de respons van beide groepen op de verstoring van de sensorische systemen verschillend was. Meer bepaald bleek de mate van postural sway bij kinderen met DCD significant meer toe te nemen in conditie 2 ($p < .01$) en conditie 3 ($p = .05$), de condities waarin visus of proprioceptie afzonderlijk werden verstoord. In conditie 4 verviervoudigde de postural sway, maar ook de controlekinderen lieten een dergelijke toename optekenen. Dit toont aan dat kinderen van zes tot acht jaar nog niet in staat zijn om het evenwicht te controleren op basis van enkel vestibulaire informatie. De sensorische integratie die aan de basis ligt van de pos-

Figuur 3: Grafische voorstelling van de gemiddelde snelheid van de postural sway tijdens de vier condities voor kinderen met DCD (donker) en controlekinderen (licht) (* groepseffect: $p = .001$)



turale controle zou pas op latere leeftijd voldoende ontwikkeld zijn om deze meer ingrijpende sensorische conflicten op te lossen (Peterson, Christou & Rosengren, 2006).

De posturale controle van kinderen met DCD wordt dus gekenmerkt door een verhoogde mate van postural sway. Ze zijn bovendien sterker afhankelijk van visuele informatie en minder geneigd om de relatieve bijdrage van de andere sensorische systemen aan te passen aan de omgevingsomstandigheden. Dit alles lijkt te resulteren in een eerder ballistische strategie, waarin feedback- en feedforwardcomponenten onvoldoende zijn geïntegreerd. Beide componenten zijn afhankelijk van een nauwkeurig sensorisch integratieproces dat op zijn beurt afhangt van een proces waarin de relatieve bijdragen van de perceptuele informatie continu worden aangepast. Het lijkt erop dat bij kinderen met DCD het intern model, dat lichaamsposities, bewegingen en hun motorische en sensorische consequenties zou representeren in het cerebellum, onvoldoende ontwikkeld is of meer ruis vertoont (Barela, Jeka & Clark, 2003; Wolpert, Gharamani & Jordan, 1995).

Los van deze vermeende verstoorde pathways in het centraal zenuwstelsel als onderliggende oorzaak van een posturale controle, ligt het praktische belang ervan vooral in de gevolgen voor het aanleren en uitvoeren van

bewegingsvaardigheden. Zoals bovenstaand voorbeeld in verband met balvangen duidelijk maakt, is de integriteit van het evenwichtssysteem van primordiaal belang voor het accuraat vangen van een bal. Een studie van Johnston, Burns, Brauer en Richardson (2002) toonde ook al aan dat de minder efficiënte armbewegingen die kinderen met DCD vertonen in een reiken grijptaak kunnen worden verklaard door de verschillen in posturale controle van de rompspieren.

■ Algemene discussie en implicaties

Het doel van dit onderzoeksproject was de bewegingsproblemen die gepaard gaan met DCD beter in kaart te brengen en uit te leggen vanuit een dynamische en ecologische visie op het ontstaan en ontwikkelen van bewegingen. Dit werd gedaan door middel van een nauwkeurige bewegingsanalyse van specifieke, functionele en relevante motorische vaardigheden. Op die manier werd DCD onderzocht uitgaande van de bewegingsproblemen zelf. Een duidelijk inzicht in de manier waarop kinderen met DCD bewegen, over de grenzen van kwalitatieve beschrijvingen heen, is immers noodzakelijk voor een beter begrip van de stoornis. Informatie over het bewegingsverloop dat aan de grondslag ligt van een bepaald bewegingsresul-

taat, of dit nu goed of minder goed is, is van cruciaal belang om na te gaan wat de beperkingen zijn die de uitvoerder ervaart en hoe hij/zij deze probeert te omzeilen.

Een dynamische visie op het atypisch bewegingspatroon

In de hierboven beschreven studies worden de verschillen tussen het stappatroon van kinderen met DCD en controlekinderen gekwantificeerd. Aan de hand van een gedetailleerde analyse van een aantal specifieke kenmerken, zoals de spatiotemporele controle van de stapcyclus en de lichaamsconfiguratie, blijkt het dus mogelijk de eigenaardigheden van het stappatroon van kinderen met DCD op te sporen. Dit stelt ons in staat om de kwalitatieve termen die vaak worden gebruikt in verband met DCD, zoals houderig of stuntelig, te belichten vanuit een meer normatieve invalshoek.

Dit betekent echter niet dat kwantitatieve verschillen tussen het bewegingsverloop van kinderen met DCD en controlekinderen moeten worden geïnterpreteerd als zuiver afwijkend of abnormaal. Een dynamische kijk op beweging beschouwt het bewegingsverloop als het resultaat van een interactie tussen de kenmerken van het individu, de taak en de omgeving. Een tweede belangrijke pijler van deze visie, die grotendeels gebaseerd is op het werk van Nikolai Bernstein (Bernstein,

1967), is het principe van zelforganisatie. Dit principe zet zich af tegen de traditionele, zuiver neurofysiologische kijk op bewegen die elke beweging ziet als het resultaat van een eenduidige en enkelvoudige relatie tussen het zenuwstelsel, de stimulus en het bewegingsverloop. Het principe van zelforganisatie gaat ervan uit dat een beweging op bijna oneindig veel mogelijke manieren tot stand kan komen. Omgekeerd leidt een bepaald contractiepatroon van een groep spieren niet steevast tot hetzelfde bewegingsresultaat. Dit komt omdat niet alleen het zenuwstelsel de controle heeft over het bewegende lichaam. Naast de neuromusculaire controle spelen fysische krachten, zoals de inertie van de bewegende segmenten, centripetale krachten en de gravitatiekracht een heel belangrijke rol in de totstandkoming van beweging. Omdat die zelforganiserende krachten afhankelijk zijn van de momentane staat van het bewegingssysteem, de kenmerken van de omgeving en de vereisten van de taak, is net die context waarin de beweging plaatsvindt heel belangrijk voor het uiteindelijk gemanifesteerde bewegingsverloop.

Toegepast op het voorbeeld van het stappen betekent dit dat het andere stappatroon van kinderen met DCD kan worden beschouwd als een adaptatie van het zichzelf organiserende bewegingssysteem aan de taak en de omgeving. Stappen impliceert dat het lichaam zich, binnen de beperking

van een periodiek contact met de grond van afwisselend de linker- en de rechervoet, voortbeweegt en rechtop blijft. Met name deze laatste vereiste lijkt er bij kinderen met DCD voor te zorgen dat ze hun bewegingspatroon zullen aanpassen om op die manier niet te falen tegen de evenwichtsbeperking. Dit geeft aanleiding tot een functioneel, maar ander stappatroon. Opvallend is dat deze evenwichtsfactor in meer bewegingsvaardigheden voor adaptaties lijkt te zorgen. Resultaten van andere studies uitgevoerd in het kader van ditzelfde onderzoeksproject illustreren dit (Deconinck et al., 2006 a, b, c en d). Zo was de minder goede prestatie voor de vertesprong uit stilstand van kinderen met DCD niet zozeer te wijten aan een verschil in coördinatie, maar eerder aan het minder efficiënte gebruik van de romp en een sterk verminderde voorwaartse inclinatie van het lichaam, voorafgaand aan de afstoot. Net zoals bij het stappen zijn dit aanpassingen die kunnen worden geassocieerd met een evenwichtsprobleem. Bij het éénhandig balvangen werden geen verschillen gevonden tussen kinderen met en zonder DCD in prestatie of in de temporele controle van de grijpbeweging in een sterk vereenvoudigde situatie, zittend aan een tafel met de arm tegen een steun. Wanneer de kinderen rechtop stonden en zelf de hand in de richting van de bal moesten bewegen, bleek de temporele controle echter wel verstoord, wat resulteerde

in een significant sterkere daling in de vangprestatie van kinderen met DCD in vergelijking met de controlekinderen. In overeenstemming met de eerder vermelde bevindingen van Savelsbergh et al. (2005) kan ook hier worden gesuggereerd dat een probleem met de posturale controle een rol speelt in de minder efficiënte perceptueel-motorische timing van de vangtaak. Uiteraard is, zoals eerder al aangehaald, meer onderzoek nodig naar de rol van de controle van het evenwicht in de dynamische relatie tussen het individu, de taak en de omgeving. Desondanks tonen deze gegevens alvast aan dat een dynamische benadering van de atypische bewegingspatronen die kinderen met DCD vertonen een interessant licht kan werpen op hun bewegingsproblemen.

Praktische implicaties

De vaststelling dat een gedetailleerde bewegingsanalyse verschillen in bewegingspatronen kan blootleggen die bij een normale observatie of tijdens een traditioneel bewegingsonderzoek niet zichtbaar zijn, spoort aan tot enige voorzichtigheid bij het stellen van een diagnose en het uitwerken van een handelingsplan. De kinderen met DCD die in het hierboven beschreven onderzoek naar posturale controle duidelijk meer postural sway vertoonden, bleken allemaal goed te scoren op de evenwichtsitens van de MABC. Dit

wijst erop dat deze test niet in staat is subtiele, maar belangrijke verschillen in de controle van het evenwicht te identificeren. De oorzaken voor deze inconsistente resultaten liggen deels bij tekortkomingen van de testbatterij zelf (zie Van Waelvele, De Weerd, De Cock & Smits-Engelsman, 2004), maar zeker ook in het verschil tussen de twee niveaus waarop de vaardigheid wordt geanalyseerd en beschreven. De integratie van een gedetailleerde kinematische analyse in de diagnostiek van kinderen met bewegingsstoornissen lijkt praktisch moeilijk haalbaar. Toch strekt de combinatie van een observationele analyse, een motoriektest en een nauwkeurige posturografie-test tot aanbeveling om ook in de klinische praktijk een accurate evaluatie van bewegingsproblemen te verzekeren.

Verder kan een dynamische kijk op beweging, die ruimte laat voor zelforganisatie van het bewegingssysteem en voor plasticiteit - zowel in het zenuwstelsel als het bewegingssysteem - ook helpen bij het opstellen van een handelingsplan in de therapeutische praktijk. Zodra de belangrijkste beperkende factoren zijn opgespoord, is het de taak van de therapeut om een motivationeel klimaat te scheppen waarin het bewegingssysteem en het zenuwstelsel door middel van actieve exploratie van de verschillende bewegingsmogelijkheden op zoek gaan naar een stabiele bewegingsoplossing. Zoals uit het voorgonderzoek van Savelsbergh et

al. (2005) blijkt, kan begeleiding van dit ontdekkingsproces, door de beperking gradueel weg te nemen of te versterken (bv. zittend vangen - rechtopstaand vangen met steun - normaal rechtopstaand vangen), helpen bij het vinden van het optimale perceptueel-motorische antwoord. Het ontwikkelen van een adequate interventiemethode behoorde echter niet tot de doelstellingen van dit onderzoek. De voorgestelde richtlijnen zijn daarom eerder richtinggevend suggesties op basis van de mogelijkheden die het bewegingsonderzoek en de gehanteerde theoretische concepten te bieden hebben.

■ Dankbetuiging

Met dank aan alle proefpersonen, ouders, kinesitherapeuten en leden van de begeleidingscommissie (prof. dr. D. De Clercq, G. Dewitte, prof. dr. M. Lenoir, dr. A. Oostra, prof. dr. G.J.P. Savelsbergh, Vrije Universiteit Amsterdam en Manchester Metropolitan University; prof. dr. R. Van Coster, UGent). Deze studies maakten deel uit van het doctoraatsonderzoek van Frederik Deconinck met als titel 'Kinematics of Developmental Coordination Disorder: Motor control of functional movement skills' (promotor: prof. dr. M. Lenoir, co-promotor: prof. dr. D. De Clercq). Het onderzoeksproject werd financieel gesteund door het Bijzonder Onderzoeksfonds van de UGent, BOF 01112902.

■ Referenties

American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (4th ed.). Washington, DC: APA.

Barela, J.A., Jeka, J.J., & Clark, J.E. (2003). Postural control in children. Coupling to dynamic somatosensory information. *Experimental Brain Research*, *150*, 434-442.

Bernstein, N. (1967). *The coordination and regulation of movements*. Londen: Pergamon.

Deconinck, F.J.A., De Clercq, D., Savelsbergh, G.J.P., Van Coster, R., Oostra, A., Dewitte, G., & Lenoir, M. (2006a). Visual contribution to walking in children with Developmental Coordination Disorder. *Child: Care, Health and Development*, *32* (6), 711-722.

Deconinck, F.J.A., De Clercq, D., Savelsbergh, G.J.P., Van Coster, R., Oostra, A., Dewitte, G., & Lenoir, M. (2006b). Differences in gait between children with and without Developmental Coordination Disorder. *Motor Control*, *10*, 125-142.

Deconinck, F.J.A., De Clercq, D., Savelsbergh, G.J.P., Van Coster, R., Oostra, A., Dewitte, G., & Lenoir, M. (2006c). Adaptations to task constraints in catching by boys with DCD. *Adapted Physical Activity Quarterly*, *23*, 14-30.

Deconinck, F.J.A., De Clercq, D., Van Coster, R., Oostra, A., Dewitte, G., Savelsbergh, G.J.P., Cambier, D., & Lenoir, M. (2006d). *Sensory contributions to balance in children with DCD*. Ingeïend voor publicatie.

Geuze, R.H. (2003). Static balance and Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*, *22*, 527-548.

Geuze, R.H., Jongmans, M.J., Schoemaker, M.M., & Smits-Engelsman, B.C.M. (2001). Clinical and diagnostic criteria for Developmental Coordination Disorder: A review and discussion. *Human Movement Science*, *20*, 7-47.

Geuze, R.H., & Kalverboer, A.F. (1987). Inconsistency and adaptation in timing of clumsy children. *Journal of Human Movement Studies*, *13*, 421-432.

Gilger, J.W., & Kaplan, B.J. (2001). Atypical brain development: A conceptual framework for understanding developmental learning disabilities. *Developmental Neuropsychology*, *20*, 465-481.

Gillberg, C. (2003). Deficits in attention, motor control, and perception: A brief review. *Archives of Disease in Childhood*, *88*, 904-910.

Henderson, S.E., Barnett, A., & Henderson, L. (1994). Visuospatial difficulties and clumsiness: On the interpretation of conjoined deficits. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *35*, 961-969.

Henderson, L., Rose, P., & Henderson, S.E. (1992). Reaction time and movement time in children with a developmental coordination disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *33*, 895-905.

Henderson, S.E., & Sugden, D.A. (1992). *Movement Assessment Battery for Children: Manual*. Londen: Psychological Corporation.

Hoare, D. (1994). Subtypes of Developmental Coordination Disorder. *Adapted Physical Activity Quarterly*, *11*, 158-169.

Huh, J., Williams, H.G., & Burke, J.R. (1998). Development of bilateral motor control in children with Developmental Coordination Disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *40*, 474-484.

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.

Kirshenbaum, N., Riach, C.L., & Starkes, J.L. (2001). Non-linear development of postural control and strategy use in young children: A longitudinal study. *Experimental Brain Research*, *140*, 420-431.

Macnab, J.J., Miller, L.T., & Polatajko, H.J. (2001). The search for subtypes of DCD: Is cluster analysis the answer? *Human Movement Science*, *20*, 49-72.

- Mon-Williams, M.A., Wann, J.P., & Pascal, E. (1997). Visual-proprioceptive mapping in children with Developmental Coordination Disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *41*, 247-254.
- Newell, K.M. (1986). Constraints on the development of coordination. In M.G. Wade & H.T.A. Whiting (Red.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control*. Boston: Martinus Nijhoff.
- Parker, H.E., & Larkin, D. (2003). Children's coordination and developmental movement difficulty. In G.J.P. Savelsbergh, K. Davids, J. van der Kamp & S. Bennett (Red.), *Development of movement and coordination in children* (pp. 107-132). Londen: Routledge.
- Patla, A.F. (1997). Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait & Posture*, *5*, 54-69.
- Peterson, M.L., Christou, E., & Rosengren, K.L. (2006). Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait & Posture*, *23*, 455-463.
- Przysucha, E.P., & Taylor, M.J. (2004). Control of stance and Developmental Coordination Disorder: The role of visual information. *Adapted Physical Activity Quarterly*, *21*, 19-33.
- Raynor, A.J. (1998). Fractionated reflex and reaction times in children with Developmental Coordination Disorder. *Motor Control*, *2*, 114-124.
- Raynor, A. J. (2001). Strength, power and co-activation in children with Developmental Coordination Disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *43* (10), 676-684.
- Savelsbergh, G.J.P., Bennett, S.J., Angelakopoulos, G.T., & Davids, K. (2005). Perceptual-motor organization of children's catching behaviour under different postural constraints. *Neuroscience Letters*, *373*, 153-158.
- Schoemaker, M.M., van der Wees, M., Flapper, B., Verheij-Jansen, N., Scholten-Jaegers, S., & Geuze, R.H. (2001). Perceptual skills of children with Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*, *20*, 111-133.
- Smits-Engelsman, B.C.M., Wilson, P.H., Westenberg, Y., & Duyssens, J. (2003). Fine motor deficiencies in children with Developmental Coordination Disorder and learning disabilities: An underlying open-loop control deficit. *Human Movement Science*, *22*, 495-513.
- 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., De Weerd, W., De Cock, P., Janssens, L., Feys, H., & Smits-Engelsman, B.C.M. (2006). Parametrization of movement execution in children with Developmental Coordination Disorder. *Brain and Cognition*, *60*, 20-31.
- Wann, J.P., Mon-Williams, M., & Rushton, K. (1998). Postural control and coordination disorders: The swinging room revisited. *Human Movement Science*, *17*, 491-513.
- Wilson, P.H., Maruff, P., Ives, S., & Currie, J. (2001). Abnormalities in motor and praxis imagery in children with Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*, *20*, 135-139.
- 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 and Psychiatry*, *39*, 829-840.
- Winter, D.A. (1991). *The biomechanics and motor control of human gait: Normal, elderly and pathological* (2nd ed.). Waterloo, CA: University of Waterloo Press.
- Wolpert, D.M., Gharamani, Z., & Jordan, M.I. (1995). An internal model of sensorimotor integration. *Science*, *269*, 1880-1882.
- Woodruff, S.J., Bothwell-Myers, C., Tingley, M., & Albert, W.J. (2002). Gait pattern classification of children with Developmental Coordination Disorder. *Adapted Physical Activity Quarterly*, *19* (3), 378-391.