

Dyscalculie, een stoornis met vele gezichten

Een overzichtsbespreking van subtyperingen bij rekenstoornissen

Rekenen is een complexe neuropsychologische taak die de beheersing van verschillende rekenkundige basisvaardigheden vereist. Heel wat onderzoekers hebben geprobeerd om specifieke patronen in de verschijningsvormen van dyscalculie vast te stellen. Door een gebrek aan eenduidige theoretische verklaringsmodellen heeft dit in de literatuur geresulteerd in een veelheid aan beschrijvingen voor subtyperingen van dyscalculie en een wildgroei op het gebied van terminologie. Dit artikel biedt een overzicht van de belangrijkste beschrijvingen en stelt een indeling in vier fenotypes van dyscalculie voor: procedurele dyscalculie, semantische geheugendyscalculie, visuospatiale dyscalculie en getallenkennisdyscalculie. We bespreken de zin en onzin van subtyperingen en implicaties voor het diagnosticeren van dyscalculie.

■ Inleiding

Rekenen is een complex gebeuren. Een taart bakken, afrekenen in de winkel of de juiste wektijd op onze wekker instellen. In het dagelijkse leven worden we voortdurend geconfronteerd met allerhande rekenkundige bewerkingen en hun varianten.

Het uitvoeren van rekenoperaties is nochtans een complexe neuropsychologische

taak, waarbij de uitvoering van iedere rekenoperatie de beheersing van verschillende rekenkundige basisvaardigheden vereist (Shalev & Gross-Tsur, 2001). De eerste voorwaarde voor een goede uitvoering zit al in een perfecte kennis en beheersing van de getallen en ons getalsysteem. We moeten de betekenis van de getalwoorden (zoals 'vijf') kennen en het onderscheid weten te maken tussen eenheden (zoals de 5 in 765), tiental-

¹ Pieter Stock, prof. dr. Annemie Desoete en prof. dr. Herbert Roeyers zijn verbonden aan de Vakgroep Experimenteel-klinische en gezondheidspsychologie van de Universiteit Gent. Pieter.Stock@UGent.be

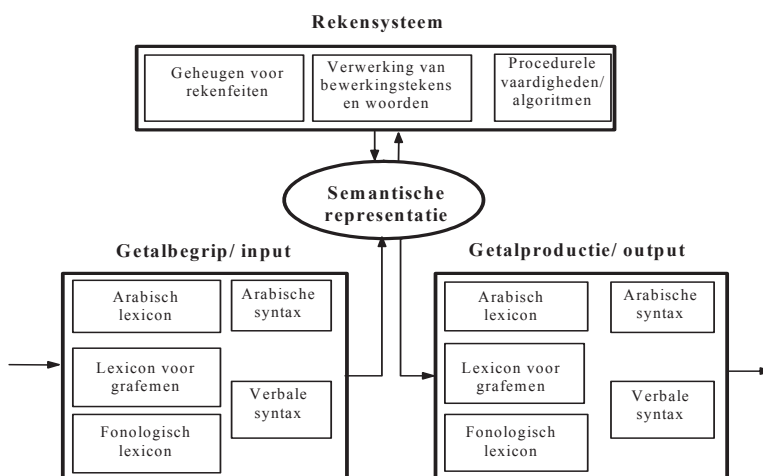
len (zoals de 6 in 765) en honderdtallen (zoals de 7 in 765). Pas wanneer we dat onder de knie hebben, leren we hoe we rekenoperaties (zoals optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen) kunnen uitvoeren. Hoe complexer we deze operaties maken, hoe sterker we een beroep doen op het kortetermijngeheugen. We onthouden tussenoplossingen en roepen de verschillende tussenstappen van die bewerking op (Koontz & Berch, 1996). Bovendien moeten we voor een goed begrip van ons getalsysteem en voor de uitvoering van complexe bewerkingen ook een beroep doen op visuospatiale vaardigheden en mentale representaties. Zo kunnen we bijvoorbeeld onze kennis van het getalsysteem ondersteunen door de voorstelling van een inwendige mentale getallenas. Ten slotte speelt ook het langetermijngeheugen een niet te

onderschatten rol. De uitkomst van rekenoperaties die we veelvuldig uitvoeren, slaan we als rekenfeiten op in ons geheugen, waardoor we na verloop van tijd in staat zijn om (tussen)oplossingen op te roepen en op die manier bewerkingen veel vlugger kunnen uitvoeren (Shalev, 2004).

Rekenmodellen

Er zijn heel wat auteurs die hebben geprobeerd om alle belangrijke facetten in de rekenontwikkeling in een theoretisch model te vatten. Zo bouwen McCloskey en collega's (McCloskey, Caramazza & Basili, 1985; McCloskey & Macaruso, 1995) een neurocognitief model voor de rekenvaardigheden op rond drie belangrijke componenten: (1) getalbegrip, (2) getalproductie en -begrip, en (3) gebruik van rekenkundige concepten.

Figuur 1: Model McCloskey en collega's (1995)

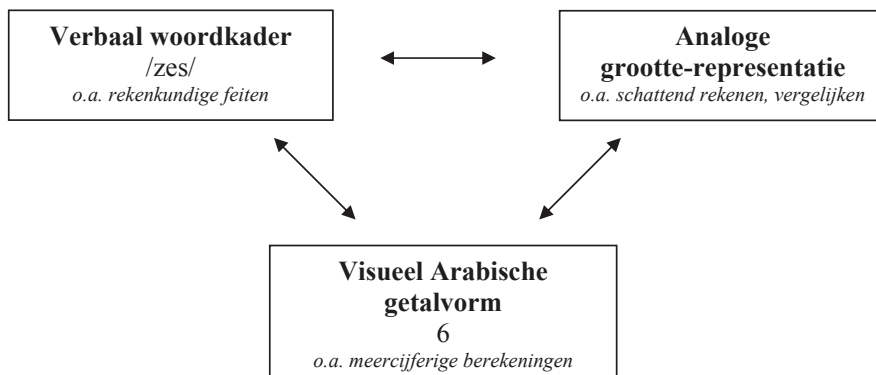


Via de component van het begrijpen (links onderaan op de figuur, bijv. Hoeveel poten zijn er aan vijf stoelen?) wordt de opdracht in verschillende modaliteiten geregistreerd en wordt deze doorgegeven naar het rekensysteem (bovenaan op de figuur, bijv. rekenfeit $4 \times 5 = 20$). Na verwerking door het rekensysteem wordt in de component voor de productie (rechts onderaan op de figuur, bijv. antwoord is Er zijn 20 poten aan vijf stoelen) het antwoord in de juiste modaliteit geformuleerd. McCloskey en collega's (1995) geven daarbij aan dat het rekensysteem is opgebouwd uit een geheugen voor rekenfeiten (onder meer tafels en splitsingen), een module voor het begrijpen van operatiesymbolen (onder meer $<$, $=$, enz.) en een module die instaat voor het uitvoeren van rekenprocedures (de kennis van rekenalgoritmes zoals optellen en vermenigvuldigen). Alle uitwisselingen tussen het rekensysteem en het input- en outputsysteem worden bovendien

talig gemedieerd. McCloskey en collega's (1995) kennen daarbij de semantische representatie een centrale rol toe in het uitvoeren van rekentaken.

Niet iedereen stelt de taal als centrale factor in het rekenmodel. Dehaene bijvoorbeeld bouwt zijn model over de rekenontwikkeling op rond drie belangrijke netwerken (Dehaene, 1992; Dehaene & Cohen, 1991; Dehaene, Spelke, Pinel, Stanescu & Tsivkin, 1999; Dehaene e.a., 1996). Het zogenaamde triple code-model is opgebouwd uit een verbaal woordkader (voor het begrijpen van het getalwoord zes), een module die instaat voor de analoge grootte-representatie (voor het inzien dat zes stippen meer zijn dan vijf stippen) en een component voor de verwerking van visueel Arabische getalvormen (voor het begrijpen van het Arabisch cijfer 6). Het model is schematisch weergegeven in figuur 2.

Figuur 2: Het triple code-model



Deze componenten staan rechtstreeks met elkaar in verbinding en worden volgens dit model niet talig gemeed. Deerd.

Los van deze verschillende theoretische modellen kunnen we op basis van diverse onderzoeksbevindingen nog heel wat andere neurologische en neurocognitieve structuren onderscheiden die een belangrijke rol schijnen te spelen in (de ontwikkeling van) rekenprocessen (Burbaud e.a., 1995; Rickard e.a., 2000; Stanescu-Cosson e.a., 2000; Van Harskamp & Cipolotti, 2001). Het gros van deze bevindingen beroept zich op dissociaties in de verschillende aspecten van getalverwerking die werden vastgesteld bij volwassen patiënten met hersenbeschadigingen.

Op basis van de theoretische modellen en het onderzoek naar de rekenprocessen hebben heel wat onderzoekers geprobeerd om specifieke patronen in de verschijningsvormen van dyscalculie vast te stellen. Doordat veel processen betrokken zijn bij (het ontwikkelen van) het rekenen krijgen we een nog ruimer spectrum van mogelijke (combinaties van) verstoringen. In de praktijk krijgen we heel diverse verschijningsvormen van dyscalculie te zien. Veel auteurs stellen dan ook een classificatiesysteem op en beschrijven de verschillende subtypes van dyscalculie (Fuchs & Fuchs, 2002; Knopik, Alarcón & Defries, 1997; Korhonen,

1991; Kronenberger & Dunn, 2003; Padget, 1998). Als we alle mogelijke beschrijvingen van subtypes van dyscalculie naast elkaar zetten, dan zijn er niet minder dan achttien soorten dyscalculie te onderscheiden (zie ook Desoete, Van Cauwelaert & Verraest, 2000; Intervisiewerkgroep, 2002). Uiteraard is er heel wat overlapping in de beschreven profielen of zijn de gelegde nuances soms heel klein. Bovendien is er een wildgroei in de gebruikte terminologie. Zonder de pretentie te hebben om een overkoepelende theorie of classificatie naar voor te schuiven, proberen we hier een overzicht te geven van de verschillende classificaties voor dyscalculie die ons in de ontwikkeling van de theorie rond dyscalculie of in de huidige theoretische stand van zaken belangrijk lijken.

Rekenstoornis versus dyscalculie

Voorafgaand willen we hierbij toch even kort stilstaan bij het gebruik van de verschillende termen. In Vlaanderen worden de termen rekenstoornis en dyscalculie vaak door elkaar en als synoniemen gebruikt (zie ook Desoete, Ghesquière, Walgraeve & Thomassen, 2006). Wanneer er sprake is van secundaire rekenproblemen (zoals niet vlot kunnen rekenen ten gevolge van ADHD of minder verstandelijke mogelijkheden) wordt ook de term rekenmoeilijkheden gehanteerd. Dumont (1980) gebruikt zowel voor reken-

moeilijkheden als rekenstoornissen de overkoepelende term rekenproblemen. Omdat we buiten onze taalgrenzen nog veel meer varianten op deze termen terugvinden en om een nog grotere taalverwarring te vermijden, kiezen we ervoor om in deze tekst consistent de term dyscalculie te hanteren. We wensen wel te benadrukken dat we deze term als beschrijvende (en niet als verklarende) diagnose gebruiken. We spreken van een rekenstoornis of dyscalculie wanneer de moeilijkheden toe te schrijven zijn aan tekorten op het gebied van rekenen die niet enkel en alleen voortkomen vanuit andere kindkenmerken of externe factoren buiten het kind. Het gaat dus niet om problemen met rekenen door een mindere intelligentie, slecht zien of horen, ziekte, enz. (d.i. het exclusie criterium). Verder moet het onderpresteren op een aantal aspecten van het rekenen vrij ernstig zijn (d.i. het discrepantie criterium). Om van dyscalculie te spreken bij normaal begaafde kinderen (IQ hoger of gelijk aan 85) moeten ze bij herhaling lager scoren dan $P_c < 10$ op een voor Vlaanderen genormeerde rekentest. Ten derde moeten de problemen hardnekkig zijn en niet op te lossen met een goede klasaanpak, wat bijles of zes maanden extra oefenen (d.i. het hardnekkigheidscriterium).

■ Dyscalculie: een waaier aan verschijningsvormen

In de beschrijving van de diverse subtypes voor dyscalculie is een wildgroei aan verschillende termen ontstaan. Bij de opmaak van het onderstaande overzicht hebben we een poging gedaan de (vaak anderstalige) gebruikte termen van de oorspronkelijke auteurs zo dicht mogelijk te benaderen.

Wanneer we ons een algemeen beeld van de verschillende classificaties proberen te vormen, kunnen we stellen dat er vier belangrijke fenotypische verschijningsvormen van dyscalculie terugkeren. Deze subtypes zijn terug te brengen tot stoornissen in de rekenprocedures, stoornissen in het semantische geheugen, visuospatiale stoornissen en stoornissen in de getalennis. Hieronder een kort overzicht van de bevindingen over deze vier subtypes. We geven telkens eerst een algemene omschrijving van het subtype. Daarna gaan we in op de specifieke bevindingen en de verschillende termen die voor dit patroon worden teruggevonden.

Procedurele dyscalculie

Een eerste soort type moeilijkheden die we bespreken, zijn de moeilijkheden met allerlei rekenprocedures. Kinderen (of volwassenen) met dit soort rekenproblemen maken veel fou-

ten in de rekenprocedures die ze gebruiken en vinden het moeilijk om de opeenvolging van verschillende tussenstappen bij complexere rekenopdrachten bij te houden. Typisch bij deze kinderen is dat ze veel trager werken en dat ze vaak ook gebruikmaken van rekenstrategieën die we normaal bij jongere kinderen mogen verwachten.

Dit subtype werd in 1961 voor het eerst beschreven door Hécaen, Angelergues en Houillier. Zij analyseerden rekenprocessen en probeerden hierin verschillende componenten te onderscheiden in de hoop op die manier een classificatie voor acalculie op te stellen. Bovendien hoopten ze om de verschillende componenten van rekenen elk aan een afzonderlijke hersenregio te kunnen koppelen. Hécaen en collega's stelden een indeling in drie componenten voor. Veel hedendaagse onderzoekers en theoretici verwijzen nog altijd naar dit werk, waaruit mag blijken dat de indeling nog altijd invloedrijk is. Hécaen en collega's (1961) hebben het in hun werk over anarithmetria. Daarmee verwijzen ze naar het niet kunnen uitvoeren van rekenprocedures, ondanks het feit dat het lezen van getallen goed verloopt en de visuospatiale vaardigheden intact zijn. De oorzaak van de problemen wordt toegeschreven aan een laesie in de hersenen, links posterieur of bilateraal.

We vinden bevestiging voor dit soort problemen bij Kosc (1974). Hij onderscheidt zes subtypes van ontwikkelingsdyscalculie, waaronder operationele dyscalculie. Hij definieert dit subtype als een onvermogen om rekenoperaties uit te voeren.

Badian (1983) heeft het op zijn beurt over spatiale dyscalculie. Het plannen en uitvoeren van complexe rekenproblemen wordt vaak door het visuele verbeeldingsvermogen ondersteund. Kinderen met spatiale dyscalculie maken meer fouten in de opeenvolging van de verschillende stappen van deze problemen, omdat ze problemen ervaren met het visuele verbeeldingsvermogen of met disfuncties in mentale rotatie. Volgens Nijokiktijen (2004) kan dit type rekenstoornis worden beschouwd als een subtype van operationele dyscalculie, zoals beschreven door Kosc. Wij zijn echter van mening dat dit soort van problemen ook als een visuospatiale vorm van rekenstoornissen kan worden getypeerd (zie verder). We willen hier wel de relativiteit van subtyperingen in rekenstoornissen aanstippen. Bovendien zien we in de praktijk meestal een combinatie van verschillende typologieën.

Von Aster (2000) maakte een comprehensief model voor ontwikkelingsdyscalculie, gebaseerd op eigen empirisch onderzoek en de theorieën van Anderson (1992), Dehaene (1992),

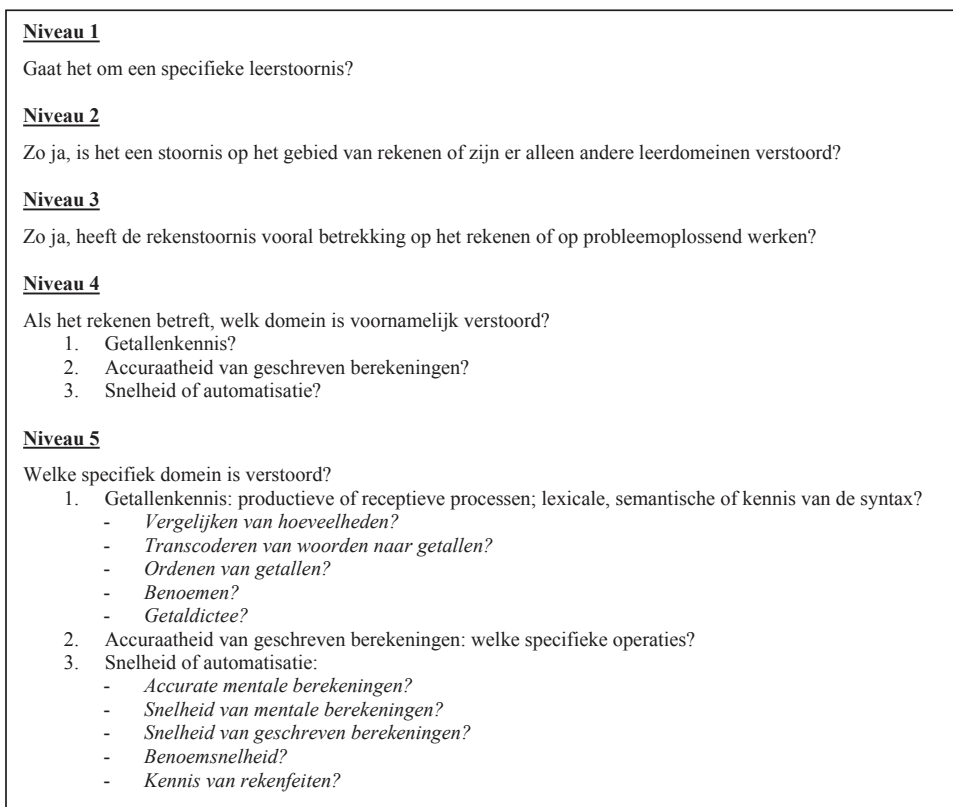
Fodor (1983) en Karmiloff-Smith (1992). Hij beschrijft een verbaal subtype van ontwikkelingsdyscalculie dat nauw aansluit bij de zopas beschreven moeilijkheden. Kinderen die in dit subtype kunnen worden ingedeeld, ervaren moeilijkheden in het gebruik van telprocedures en -routines. Hierdoor ervaren ze problemen bij het uitvoeren van mentale bewerkingen en blijven ze onrijpe rekenstrategieën gebruiken. Von Aster (2000) heeft het tevens over moeilijkheden met het oproepen van procedures en feitenkennis uit het geheugen. Doordat de gebruikte telprocedures onrijp blijven, maken deze kinderen veel fouten en kunnen ze geen feitenkennis opbouwen. Bijgevolg is de ontwikkeling van oproepingsstrategieën en de uitbouw van het geheugen met feitenkennis vertraagd. Vanuit dit theoretisch standpunt kunnen we dit subtype sterk linken aan het type met moeilijkheden in het semantisch geheugen dat in het volgende deel wordt beschreven.

Een andere beschrijving van moeilijkheden met procedurele rekentaken bij kinderen met rekenstoornissen vinden we in de onderzoeksbevindingen van Cornoldi en collega's (Cornoldi, Lucangeli & Bellina, 2002; Cornoldi & Lucangeli, 2004). In een theoretisch kader met vijf niveaus beschrijven zij een diagnostische boomstructuur voor de beoordeling van leerstoornissen

(Cornoldi & Lucangeli 2004, zie Figuur 3). Daar waar het vijfde niveau ruimte laat voor een individuele subtypering, worden op het vierde niveau categorieën van tekorten beschreven. Zij bestempelen moeilijkheden met geschreven rekenprocedures als de kern van het subtype met procedurele moeilijkheden dat hier wordt behandeld (Cornoldi & Lucangeli, 2004; Cornoldi et al., 2002).

Recent maakte Geary (2004) een model voor subtypering gebaseerd op de cognitief-theoretische inzichten en experimentele methodes. De kenmerken voor procedurele dyscalculie die hij beschrijft, vallen allemaal terug op moeilijkheden in de uitvoering van rekenprocedures. Deze kinderen hebben moeilijkheden met het opvolgen van de verschillende stappen in complexe rekenprocedures en maken veel fouten in de uitvoering ervan. De vertragingshypothese stelt dat deze kinderen relatief frequent gebruikmaken van procedures die vanuit ontwikkelingsperspectief te jong zijn voor hun (mentale) leeftijd. Bovendien begrijpen ze de concepten die ze hiervoor gebruiken minder goed. Terwijl Hécaen en collega's (1961) deze procedurele moeilijkheden links of bilateraal posterieur lokaliseren, attribueert Geary (2004) de problemen aan een links hemisferische of prefrontale disfunctie.

Figuur 3: Diagnostische beslissingsboom voor het nagaan van rekenstoornissen (Cornoldi & Lucangeli, 2004)



Semantische geheugen-dyscalculie

Naast het procedurele subtype wordt een tweede belangrijke patroon beschreven, met name de semantische geheugendyscalculie. Rekenfeiten zijn niet geautomatiseerd waardoor eenvoudige bewerkingen telkens opnieuw moeten worden uitgevoerd. Dit zorgt ervoor dat kinderen veel meer tijd nodig hebben om dezelfde soort oefeningen te maken.

Soms lukt het uiteindelijk wel om rekenfeiten uit het langetermijngeheugen op te roepen, maar de kans op een fout antwoord is groot. Deze beide zaken zorgen ervoor dat de nodige reactietijd heel variabel is (van heel snel tot uitermate langzaam). Dehaene en collega's (1996) lokaliseren deze tekorten in de linker basale ganglia op basis van hun PET-onderzoeken. We vinden dit soort tekorten noch bij de beschrijvingen van Hécaen en collega's (1961), noch bij de typologie van Kosc (1974) terug.

Rourke beschrijft een gelijkaardig patroon van tekorten in het semantisch geheugen op basis van een reeks van studies (Fisk & Rourke, 1979; Rourke, 1989, 1993, 1995; Rourke & Conway, 1997; Rourke & Finlayson, 1978; Rourke & Fuerst, 1995; Strang & Rourke, 1983). Hij beschrijft twee verschillende profielen die elk hun eigen sterktes en zwaktes bevatten. In het R/S-profiel worden moeilijkheden in het semantisch-akoestische aspect van het talige domein beschreven. De moeilijkheden op het gebied van rekenen zijn dan ook geworteld in verbale tekorten door disfuncties in de linker hemisfeer. Deze R/S-kinderen hebben normale visuele, spatiale, organisatorische, psychomotorische, tactiele en perceptuele vaardigheden. Daartegenover stelt Rourke een ander profiel (NLD, zie verder) waarbij de zwaktes vooral non-verbaal van aard zijn.

Eerder gaven we al aan dat Von Aster (2000) semantische geheugenproblemen bij het verbale subtype van ontwikkelingsdyscalculie beschrijft. Op basis van een theoretisch kader schrijft hij de verwerving van rekenfeitenkennis en de ontwikkeling van strategieën om deze kennis terug op te halen toe aan het herhaald gebruik van goede tel- en rekenprocedures. Kinderen met dit soort rekenstoornissen kunnen deze rekenfeitenkennis niet zo accuraat ophalen, waardoor de uitvoering van rekenprocedures vertraagd is. Vanuit dit oogpunt zijn moeilijkheden met de

kennis van rekenfeiten en procedurele moeilijkheden sterk gerelateerd en lijkt een opsplitsing van semantische geheugendyscalculie en procedurele dyscalculie niet langer zinvol (Von Aster, 2000).

Toch vinden we bij Cornoldi en collega's (Cornoldi e.a., 2002) onderzoeksevidentie voor een apart subtype van semantische geheugendyscalculie. Zij beschrijven stoornissen in mentale en geautomatiseerde rekenprocedures. Dit specifieke subtype komt tot uiting in de minder accurate uitvoering van mentale berekeningen, tragere mentale en schriftelijke berekeningen, meer tijd nodig hebben voor het maken van opsommingen en moeilijkheden bij het ophalen van rekenfeiten uit het geheugen (Cornoldi & Lucangeli, 2004).

Het model van Geary (2004) onderscheidt eveneens een apart subtype voor semantische geheugenproblemen. Deze kinderen hebben problemen met het ophalen van rekenkundige feiten. Wanneer ze het antwoord kunnen oproepen, zijn de reactietijden heel onregelmatig en ligt het foutenpercentage heel hoog. Geary (2004) voegt eraan toe dat de foutieve antwoorden die worden opgehaald, vaak gerelateerd zijn aan de getallen in de opgaven. Daaruit leidt hij af dat het vaak om verkeerde associaties gaat. Dit profiel van moeilijkheden kan met disfuncties in de linker hemisfeer wor-

den geassocieerd, hoewel Geary (2004) aangeeft dat de basale ganglia mogelijk ook mee betrokken zijn.

De moeilijkheden om elementaire rekenfeiten op te halen is door Njiokiktjien (2004) beschreven als verbale dyscalculie. Hij beschrijft kinderen die moeilijkheden in taalbegrip en passieve woordenschat ervaren. Deze kinderen hebben moeite met het benoemen van figuren, symbolen, getallen en hoeveelheden of hebben moeite met opdrachten die auditief worden aangeboden. Hoewel de kerndeficiënten van deze kinderen niet mathematisch van aard zijn, komen de moeilijkheden vooral tot uiting op het gebied van rekenen. Kinderen met verbale dyscalculie hebben moeite met opdrachten met betrekking tot conceptuele kennis. Njiokiktjien (2004) meent dat deze kinderen heel traag zijn in rekenen, omdat ze moeite hebben met interne spraak (wat noodzakelijk zou zijn voor een snelle uitvoering van veel rekenoperaties) en dat ze problemen hebben met het onthouden en het oproepen van rekenkundige feiten door hun slecht verbaal geheugen.

Visuospatiale dyscalculie

Een derde vorm van rekenmoeilijkheden wordt in de literatuur vaak beschreven als een patroon van visuospatiale stoornissen in het rekendomein. Dit subtype wordt gekenmerkt door problemen met het inzicht in en

de notie van ruimte. Deze tekorten vertalen zich meestal in moeilijkheden met het situeren van getallen op een getallenlijn, het door elkaar halen van cijfers in grote getallen en moeilijkheden in het begrip van meetkunde (Shalev, 2004).

Volgens de onderzoeksbevindingen van Hécaen en collega's (1961) kan dit type van stoornis in verband worden gebracht met disfuncties posterieur in de rechter hemisfeer. De gevolgen van deze disfunctie variëren van moeilijkheden in het behouden van de decimale positie van de cijfers en het plaatsen van getallen op de verkeerde lijn tot inversies, omkeringen en zelfs visueel neglect. Hoewel de klemtoon iets anders wordt gelegd, vinden we eenzelfde beschrijving bij Kosc (1974). Hij beschrijft praktognostische dyscalculia als een verstoring van het schatten en vergelijken van hoeveelheden, groepen voorwerpen opsommen en voorwerpen in volgorde van grootte rangschikken. Njiokiktjien (2004) voegt eraan toe dat deze vorm van dyscalculie meestal in combinatie met ernstige spraak- en taalstoornissen of een lage performante intelligentie voorkomt. Veel kinderen met praktognostische dyscalculie lijden ook aan dyspraxie, waardoor belangrijke vaardigheden in de ontwikkeling van elementaire rekentaken (zoals bijvoorbeeld vingertellen) verstoord worden. Dit kan natuurlijk als moeilijkheden met abstraheren worden beschouwd. Deze kin-

deren blijven op een concreet-operationele manier denken. Njokiktjien (2004) beschrijft ook een afzonderlijk profiel van problemen met symboolherkenning. Hij groepeert deze disfuncties als 'numerical dyssymbolics', waaronder verschillende secundaire rekenstoornissen zoals visuele agnosie, stoornissen in het lezen van symbolen (dyslectische vorm van dyscalculie) of het verkeerd positioneren van cijfers (dysgrafische dyscalculie).

In het werk van Badian (1983) herkennen we de visuospatiale dyscalculie in een beschrijving van spatiale dyscalculie. Badian verruimt de beschrijving van dit subtype en beschrijft ook moeilijkheden in de temporele orde en planning. Het oplossen van complexe rekenproblemen vereist meestal een goed visueel inlevingsvermogen. Verstoringen van dit vermogen leiden tot problemen in het uitvoeren van rekenprocedures en kunnen volgens Badian (1983) daarom ook als procedurele problemen worden begrepen. Het feit dat deze problemen opnieuw onder twee subtypes kunnen worden begrepen, benadrukt nog maar eens de relativiteit van subtype-ringen.

Rourke en collega's (Fisk & Rourke, 1979; Rourke, 1989, 1993, 1995; Rourke & Conway, 1997; Rourke & Finlayson, 1978; Rourke & Fuerst, 1995; Strang & Rourke, 1983) stellen tegenover het R/S-profiel dat we eer-

der beschreven ook een subtype dat kan worden toegeschreven aan een disfunctie in de rechter hemisfeer. De non-verbale leerstoornis (NLD) wordt gekenmerkt door tekorten in visuele, ruimtelijke, organisatorische, psychomotorische en tactueel-perceptuele vaardigheden. Deze non-verbale tekorten beperken dan ook de rekenprestaties. Rourke (Rourke & Conway, 1997) voegt eraan toe dat deze kinderen vooral moeite hebben met nieuwe en complexe opdrachten. Hoewel deze disfuncties in de rechter hersenhelft vaak schijnen voor te komen, blijft de wetenschappelijke wereld erg verdeeld over het bestaan van dit specifieke NLD-profiel (Little, 1993; Ruijsenaars, 2001; Von Aster, 1994; 2000) en worden rekenproblemen niet consistent teruggevonden bij kinderen met NLD (Gross-Tsur, Shalev, Manor & Amir, 1995; Klin, Volkmar, Sparrow, Cicchetti & Rourke, 1995; Van Luit, Kroesbergen, den Engelsman & van den Berg, 2003). Bzafka, Hein en Neumärker (2000) vonden evidentie voor gelijkaardige disfuncties in de rechter hersenhelft bij subtypes van rekenstoornissen. Cornoldi en collega's (2002) konden het bestaan van dergelijke tekorten niet bevestigen, maar beschrijven toch een visuospatiaal subtype van leerstoornissen. Ze beschrijven dit als een leerstoornis waarbij het vooral moeilijk is om non-verbale informatie te verwerken en waarbij er een duidelijke discrepantie is tussen de verbale en de performale

intelligentiecijfers. Bovendien rapporteren ze zwakke scores op cognitieve neuropsychologische tests die peilen naar het visuospatiaal geheugen, maar vinden ze goede scores met betrekking tot het verbaal geheugen (Cornoldi, Venneri, Marconato, Molin & Montinaro, 2003).

Visuospatiale tekorten in rekenstoornissen worden ook in het werk van Von Aster (2000) beschreven. Naast het verbale subtype dat we eerder vermeldden, beschrijft hij ook een zogenaamd 'Arabisch subtype'. Dit komt bijvoorbeeld tot uiting in moeilijkheden met de getalpositie en de uitlijning van cijfers. Terwijl we hier een onderscheid tussen visuospatiale tekorten en moeilijkheden met getallenkennis maken, plaatst Von Aster (2000) beide problemen onder eenzelfde noemer. Volgens dit theoretisch raamwerk zijn moeilijkheden met het Arabisch getalsysteem en visuospatiale problemen sterk gerelateerd en komen ze voort uit hetzelfde subtype van ontwikkelingsdyscalculie.

Recent vinden we dit subtype ook in het classificatiemodel van Geary (2004). Hij beschrijft het visuospatiale subtype als een profiel met moeilijkheden in de spatiale representatie van numerische en mathematische informatie en relaties. Kinderen met dit soort problemen interpreteren ruimtelijke informatie ook vaak verkeerd. Geary (2004) linkt dit profiel ook aan een disfunctie in de rechter hemisfeer.

Ten slotte rapporteert ook Mazzocco (2001) een opmerkelijk hogere prevalentie van visuospatiale problemen bij meisjes met het Fragiele X-syndroom. Deze bevindingen zijn gebaseerd op correlationeel onderzoek en bieden op zich dus geen enkele evidentie voor het bestaan van subtypering. Toch kunnen we dit als een bevestiging van het bestaan van een mogelijk apart cognitief subtype beschouwen met misschien zelfs een neurologische grondslag.

Getallenkennisdyscalculie

Een minder vaak beschreven profiel van rekenstoornissen betreft het subtype met tekorten in de getallenkennis. Bij dit subtype is er een gebrek aan inzicht in het getalsysteem en is de specifieke positie van eenheden, tientallen en honderdtallen niet goed gekend. Deze moeilijkheden steken vaak de kop op bij het lezen en schrijven van getallen, bij getalproductie en getallenkennis.

Een eerste type van acalculie dat door Hécaen en collega's (1961) werd beschreven, stemt met een gelijkaardig fenotype overeen. Het benadert de beschrijving van de problemen met getallenkennis die we eerder beschreven, maar we moeten altijd behoedzaam zijn wanneer we ontwikkelingsstoornissen bij kinderen vergelijken met modellen die zijn opgebouwd op basis van volwassenen- of patiëntenstudies.

Hécaen en collega's (1961) beschrijven dat de patiënt niet in staat is om getallen juist te lezen of te schrijven in functie van goed rekenen. Deze 'aphasic acalculia' komt voor uit laesies links posterieur (soms bilateriaal) (Hécaen, 1962). In 1974 beschrijft Kosc zes subtypes van ontwikkelingsdyscalculie. De ideagnostische dyscalculie wordt gekenmerkt door het onvermogen om rekenkundige ideeën en relaties te begrijpen die nodig zijn voor mentale berekeningen. Deze kinderen blijven op een sensorisch-motorische manier denken en beschikken niet over de preliminaire rekenvaardigheden die nodig zijn voor het uitvoeren van complexe wiskunde. Deze beschrijving benadert dicht de getallenkennisproblemen die we eerder beschreven. In onze ogen sluiten de observaties over drie andere subtypes van Kosc (1974) ook dicht aan bij onze beschrijving van getallenkennisproblemen. De verbale, lexicale en grafische dyscalculie worden beschreven als moeilijkheden in resp. het benoemen, lezen of schrijven van rekenkundige termen en relaties, met inbegrip van het benoemen van getallen, cijfers en operatiesymbolen (Kosc, 1974). In tegenstelling tot de ideagnostische dyscalculie die Kosc als 'centrale dyscalculie' beschrijft, worden deze vormen van dyscalculie eerder beschouwd als secundaire vormen van rekenstoornissen, veroorzaakt door verstoringen in het benoemen, lezen of schrijven.

Nijkiktjien (2004) neemt dit profiel van moeilijkheden met abstract getalbegrip en abstract begrip van elementaire operaties over, maar beschrijft het als ideagnostische dyscalculie, een vorm van centrale dyscalculie.

Het bestaan van dit soort subtype dyscalculie wordt bevestigd door de bevindingen van Cornoldi en collega's (Cornoldi & Lucangeli, 2004; Cornoldi e.a., 2002). In hun benadering met vijf niveaus beschrijven ze ook een patroon van tekorten in getallenkennis. De tekorten kunnen worden veroorzaakt door moeilijkheden in het vergelijken van hoeveelheden, transcoderen van woorden en getallen en het ordenen, opnoemen of dicteren van getallen.

Moeilijkheden in het lezen of vergelijken van Arabische cijfers worden door Von Aster (2000) gerapporteerd als het Arabische subtype van ontwikkelingsdyscalculie. Deze kinderen hebben moeilijkheden in het begrijpen van het Arabische notatiesysteem en in het omzetten tussen de verschillende modaliteiten. Een ander typerend kenmerk van deze soort rekenstoornissen zijn de moeilijkheden in de waarde van de getalplaatsen en de verticale uitlijning (Von Aster, 2000). Deze beschrijving komt natuurlijk dicht bij het visuospatiale subtype dat eerder aan bod kwam. Von Aster maakt dan ook geen onderscheid tussen beide.

In zijn onderzoek naar kinderen met neurofibromatose, Fragiele X- en Turnersyndroom rapporteert Mazzocco (2001) een opmerkelijk hogere prevalentie van number sense problemen bij kinderen met het Turnersyndroom. Deze bevindingen leveren opnieuw geen directe evidentie voor het bestaan van dit subtype, maar kunnen een aanwijzing vormen dat we bij rekenstoornissen verschillende cognitieve en neurologische patronen kunnen onderscheiden.

Samenvattend

Het is duidelijk dat de grenzen tussen de verschillende subtypes van rekenstoornissen zeer vaag zijn. Het derde subtype van Von Aster (2000) kan enigszins als getallenkennisdyscalculie worden gecategoriseerd. Naast het Arabische subtype van ontwikkelingsdyscalculie, beschrijft hij ook een pervasieve vorm van ontwikkelingsdyscalculie. Von Aster beschrijft dit subtype als de combinatie van de andere twee profielen, het verbale en het Arabische subtype. Het pervasieve subtype wordt daarbij veroorzaakt door onvoldoende rijping van de analoge groottemodule. Dit kan worden veroorzaakt door genetische invloeden of vroege hersenbeschadiging. De analoge groottemodule representeert normaal een basisgevoel van hoeveelheid en speelt een centrale rol in de codering van de betekenis van getallen. Door het feit

dat deze module onvoldoende tot rijping is gekomen, wordt de ontwikkeling van verschillende andere rekenvaardigheden belemmerd en worden rekenstoornissen veroorzaakt (Dehaene e.a., 1999, Von Aster, 2000). Deze beschrijving leunt heel dicht aan bij de beschrijving van getallenkennisdyscalculie.

Tabel 1 geeft een overzicht van de verschillende subtypes, de terminologie die door de verschillende auteurs wordt gebruikt en een korte beschrijving van de belangrijkste kenmerken. We benadrukken dat dit een zuiver beschrijvend overzicht is, dat niet gebaseerd is op een algemene theorie over rekenstoornissen. Bij ieder subtype geven we de verschillende kenmerken die door de vermelde auteurs worden opgesomd. Het gaat hierbij om mogelijke maar geen voorwaardelijke kenmerken.

Het mag duidelijk zijn dat de verschillende subtypes die voor dyscalculie worden beschreven niet apart te beschouwen zijn (Njiokiktijen, 2004). Wanneer er problemen in de ontwikkeling van de ene rekenvaardigheid ontstaan, heeft dit logischerwijze ook een invloed op de ontwikkeling van de andere rekenvaardigheden. Moeilijkheden in getallenkennis of visuospatiale problemen zorgen er bijvoorbeeld voor dat rekenprocedures trager worden uitgevoerd, wat op zijn beurt een invloed heeft in het opnemen van

*Tabel 1: Subtypes bij dyscalculie
Overzicht van de gebruikte terminologie en belangrijkste kenmerken*

Procedurele dyscalculie	
<u>Beschreven als</u>	<u>Belangrijkste kenmerken</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Anaritmetria (Hécaen, Angelergues & Huillier, 1961) • Operationele dyscalculie (Kosc, 1974) • Spatiale dyscalculie (Badian, 1983) • Verbale ontwikkelingsdyscalculie (Von Aster, 2000) • Procedureel subtype (Cornoldi & Lucangeli, 2004) • Procedureel subtype Geary (2004) 	<ul style="list-style-type: none"> • Moeite met procedures bij (geschreven) bewerkingen • Moeite met de opvolging van de verschillende stappen bij complexe rekenprocedures • Moeite met het plannen of uitvoeren van complexe rekenoperaties • Moeite met mentale bewerkingen • Moeite met routines • Gebruik van jonge strategieën • Veel fouten bij het uitvoeren van complexe procedures • Traag werken bij het uitvoeren van rekenprocedures • Zwak begrip van concepten in procedures
Semantische geheugendyscalculie	
<u>Beschreven als</u>	<u>Belangrijkste kenmerken</u>
<ul style="list-style-type: none"> • R/S-profiel (Rourke, 1995) • Verbale ontwikkelingsdyscalculie (Von Aster, 2000) • Stoornissen in mentale en geautomatiseerde rekentaken (Cornoldi e.a., 2002) • Stoornissen in het semantische geheugen (Geary, 2004) • Verbale dyscalculie (Njiokiktjien, 2004) 	<ul style="list-style-type: none"> • Moeite met het ophalen van rekenfeiten • Slechte toegang tot feitenkennis • Moeite met het semantisch-akoestische aspect van de linguïstiek • Minder accuraat in mentale bewerkingen • Trager in mentale en schriftelijke bewerkingen • Onregelmatige reactietijden • Lagere benoemselheid van figuren, symbolen, getallen en hoeveelheden • Hoog foutenpercentage • Verkeerde associaties bij het ophalen uit het geheugen • Moeite met conceptuele kennis • Moeite met taalbegrip • Moeite met passieve woordenschat • Moeite met verbaal aangeboden taken

Visuospatiale dyscalculie

Beschreven als

- Visuospatiale stoornissen (Hécaen et al., 1961)
- Praktognostische dyscalculie (Kosc, 1974)
- Spatiale dyscalculie (Badian, 1983)
- deel van 'Numerical dysymbolics' (Njiokiktjien, 2004)
- Non-verbale leerstoornis (Rourke, 1995)
- Visuospatiale leerstoornis (Lucangeli & Bellina, 2002)
- Arabische dyscalculie (Von Aster, 2000)
- Visuospatiale subtype (Geary, 2004)

Belangrijkste kenmerken

- Moeite met het plaatsen van getallen op een getallenas
 - Moeite met het rangschikken van voorwerpen volgens grootte
 - Omkeringen en inversies in getallen
 - Verkeerd plaatsen van cijfers in getallen
 - Moeite met symboolherkenning
 - Verstoring van het visuospatiale geheugen
 - Moeite bij het begrijpen van meekunde
 - Moeite met het interpreteren van ruimtelijke informatie
 - Niet-verbale moeilijkheden
 - Zwak tijdsinzicht
 - Moeite met abstractie
 - Moeite met het visuele verbeeldingsvermogen
 - Moeite met schatten en vergelijken van hoeveelheden
 - Moeite met planning en tijdsorde
 - Moeite met nieuwe en complexe taken
 - Visueel neglect
 - Eventueel dyspraxie
-

Getallenkennisdyscalculie

Beschreven als

- Aphasische acalculia (Hécaen et al. 1961)
- Verbale dyscalculie, Lexicale dyscalculie en Grafische dyscalculie, Ideognostische dyscalculie (Kosc, 1974)
- Ideognostische dyscalculie (Njiokiktjien, 2004)
- Moeilijkheden met getallenkennis (Cornoldi e.a., 2004)
- Arabische dyscalculie, Pervasive dyscalculie (Von Aster, 2000)

Belangrijkste kenmerken

- Moeite met het begrijpen van het Arabische notatiesysteem, rekenkundige ideeën en relaties
 - Moeite met abstract getalbegrip
 - Verstoring van de getallenkennis
 - Verstoord elementair hoeveelhedenbegrip
 - Moeite met het omzetten van getalwoorden
 - Moeite met het transcoderen tussen de verschillende modaliteiten
 - Moeite met het lezen van getallen
 - Moeite met het schrijven van getallen
 - Moeite met getalproductie
 - Moeite met het vergelijken van grootte
 - Moeite met het ordenen van getallen
 - Zwak met getaldictee
-

rekenfeiten in het geheugen. Bovendien zijn rekenstoornissen een vorm van ontwikkelingsstoornissen en wordt de verschijningsvorm van deze stoornissen beïnvloed door de leeftijd en de andere ontwikkelingsprocessen (Shalev & Gross-Tsur, 2001). De profielen van rekenvaardigheden die we in de praktijk ontmoeten, zijn immers niet altijd eenduidig in een categorie onder te brengen en bevatten meestal kenmerken van verschillende van deze beschreven subtypes.

Verder kan het prestatieniveau op de verschillende domeinen voor één kind zeer discrepant zijn (Dowker, 2005). Wij zijn dan ook van mening dat de diversiteit in de beschrijvingen van subtypes voor dyscalculie ons vooral leert aandacht te hebben voor alle belangrijke rekentaken. Een goede assessment van de sterktes en de zwaktes van ieder kind is dan ook fundamenteel voor een succesvolle remediëring. De brochure 'Alles op een rijtje' (Intervisiewerkgroep Rekenstoornissen, 2004) geeft een goed overzicht van alle belangrijke Vlaamse tests die een beeld geven van deze verschillende domeinen. Ze vormt in die zin een goede leidraad voor het samenstellen van een testbatterij voor een diagnostisch onderzoek bij kinderen met dyscalculie. Om het aantal vals negatieve diagnoses te beperken, is het van belang altijd een test af te nemen die informatie geeft over rekenfeiten/parate kennis (problemen met

het semantisch geheugen), bewerkingen en hoofdrekenen (procedurele problemen), meetkunde (visuospatiale problemen) en getallenkennis (problemen met getallenkennis).

■ Besluit

Zowel in de praktijk als vanuit literatuuronderzoek zien we dat er verschillende verschijningsvormen van dyscalculie zijn. Sommige kinderen hebben vanuit een geheugenproblematiek blijvende moeilijkheden met het onthouden van splitsingen ($6=2$ en 4), tafels ($6 \times 7 = _$), formules (oppervlakte en omtrek) en willekeurige afspraken (de teller staat boven de breukstreep, $<$ is kleiner dan) (semantische geheugendyscalculie). Andere kinderen maken vooral fouten in de procedure (d.i. de manier waarop of de volgorde waarin je een oefening oplost). We zien hier fouten als $5042-3=5041$ en hardnekkige problemen in het uitvoeren van de staartdeling (procedurele dyscalculie). Nog andere kinderen hebben vooral moeite met het lezen, het situeren en ontleden van getallen ($367,4 = 3$ honderdtallen + 6 tientallen + 7 eenheden + 4 tienden). Vooral als er nullen in die getallen komen of als er komma's aan te pas komen, vallen ze uit (getallenkennisdyscalculie). Ten slotte zijn er kinderen die vooral uitvallen voor aftrekken met brug en meetkunde (visuospatiale dyscalculie, vaak ook kenmerkend voor V(S)LD). In de prak-

tijk zien we echter dat het om een mengvorm van deze vier subtypes gaat. Voor meer informatie hierover verwijzen we naar Stock, Desoete en Roeyers (2006).

Op basis van ons overzicht van de wetenschappelijke literatuur inzake subtypering bij dyscalculie kunnen we echter concluderen dat er op het gebied van rekenen nog heel wat onduidelijkheden zijn en dat we nog over onvoldoende volledige modellen beschikken i.v.m. de ontwikkeling van de rekenvaardigheden. Pas wanneer deze processen verder bestudeerd en in kaart gebracht zijn, kunnen we de verschillende profielen van subtypes voor dyscalculie verder op punt stellen (Geary, 2004). Bovendien is voorzichtigheid geboden bij de interpretatie van de bovenstaande beschrijvingen, aangezien veel onderzoekers zich beroepen op gegevens van patiënten met verworven vormen van rekenstoornissen of studies die enkel en alleen bij volwassenen zijn uitgevoerd. Landerl, Bevan en Butterworth (2004) adviseren daarom dat er eerst voldoende onderzoek moet gebeuren naar de oorzaken van dyscalculie vooraleer duidelijke classificaties kunnen worden opgesteld. Zij leggen de oorsprong van ontwikkelingsdyscalculie in tekorten die al van bij de geboorte aanwezig zijn. Deze kinderen hebben als

baby moeite met het overzien en inschatten van kleine hoeveelheden (het zogenaamde subiteren). Als kleuter ontwikkelen ze hierdoor geen mentale getallen en hebben ze moeite met het leren tellen (Landerl e.a., 2004). Verder onderzoek is hier zeker nog nodig. Een goed begrip van de verschillende patronen van rekenstoornissen kan ons immers helpen om sterktes en zwaktes in rekenvaardigheden in kaart te brengen (Njiokiktjien, 2004).

Een andere belangrijke onderzoeksvraag betreft de stabiliteit van verschillende subtypering voor dyscalculie. Ginsburg (1997) geeft aan dat kinderen doorheen hun ontwikkeling misschien het ene subtype van dyscalculie kunnen ontgroeien, maar problemen ontwikkelen die in een ander subtype te categoriseren zijn. Een goede behandeling van deze stoornissen zal dan ook moeten aangrijpen op een stevige assessment van de rekenstoornissen en de detectie van mogelijke comorbide diagnoses.

■ Dankbetuiging

Dit artikel kadert mede in het onderzoeksproject 'Subtypering en comorbiditeit van rekenstoornissen' van de Adviesraad Wetenschappelijk Onderzoek van Sig.

■ Referenties

- Anderson, M. (1992). *Intelligence and Development. A cognitive theory*. Oxford: Blackwell.
- Badian, N.A. (1983). Arithmetic and nonverbal learning. In H.R. Myklebust (Red.), *Progress in learning disabilities* (pp. 235-264). New York: Grune and Stratton.
- Burbaud, P., Degreze, P., Lafon, P., Franconi, J.M., Bouligand, B., Bioulac, B., Caille, J.M., & Allard, M. (1995). Lateralisation of prefrontal activation during internal mental calculation: A functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neurophysiology*, *74*, 2194-2200.
- Bzofka, M.W., Hein, J., & Neumärker, K.-J. (2000). The specific disorder of arithmetic skills. Prevalence studies in a rural and an urban population sample and their clinico-neuropsychological validation. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *9*, 11/65-11/76.
- Cornoldi, C., & Lucangeli, D. (2004). Arithmetic education and learning disabilities in Italy. *Journal of Learning Disabilities*, *37*, 42-49.
- Cornoldi, C., Lucangeli, D., & Bellina, M. (2002). *AC-MT Test: Test per la valutazione delle difficoltà di calcolo [The AC-MT arithmetic achievement test]*. Trento: Erickson.
- Cornoldi, C., Venneri, A., Marconato, F., Molin, A., & Montinaro, C. (2003). A rapid screening measure for the identification of visuospatial learning disability in schools. *Journal of Learning Disabilities*, *36*, 299-306.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*, 1-42.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1991). Two mental calculation systems: A case study of severe acalculia with preserved approximation. *Neuropsychologia*, *29*, 1045-1074.
- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R., & Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: Behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, *284*, 970-973.
- Dehaene, S., Tzourio, N., Frak, V., Raynaud, L., Cohen, L., Mehler, J., & Mazoyer, B. (1996). Cerebral activations during number multiplication and comparison: A PET study. *Neuropsychologia*, *29*, 1097-1106.
- Desoete, A., Van Cauwelaert, R., & Verraest, K. (Red.) (2000). *Hardnekkige rekenstoornissen tellen mee in de Centra voor Ambulante Revalidatie. Signaal*, *30*, 3-25.
- Desoete, A., Ghesquière, P., Walgraeve, T., & Thomassen, J. (2006). *Dyscalculie: de stand van zaken in Vlaanderen*. In M. Dolk & M. Van Groenestijn (Red.), *Dyscalculie in discussie*. Assen: Van Gorcum.
- Dowker, A. (2004). *What works for children with mathematical difficulties*. Research Report No 554. University of Oxford: UK.
- Dumont, J.J. (1980). *Leerstoornissen 1: Theorie en model*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Fisk, J.L., & Rourke, B.P. (1979). Identification of subtypes of learning-disabled children at three age levels: A neuropsychological, multivariate approach. *Journal of Clinical Neuropsychology*, *1*, 289-310.
- Fodor, J.A. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge: MIT Press.
- Fuchs, L.S., & Fuchs, D. (2002). Mathematical problem-solving profiles of students with mathematics disabilities with and without comorbid reading disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *35*, 563-573.
- Geary, D.C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *37*, 4-15.
- Ginsburg, H.P. (1997). Mathematics learning disabilities: A view from developmental psychology. *Journal of Learning Disabilities*, *30*, 20-33.
- Gross-Tsur, V., Shalev, R.S., Manor, O., & Amir, N. (1995). Developmental right hemisphere syndrome: Clinical spectrum of the nonverbal learning disability. *Journal of Learning Disabilities*, *28*, 80-86.

- Hécaen, H. (1962). Clinical symptomatology in right and left hemispheric lesions. In V.B. Mountcastle (Red.), *Interhemispheric relations and cerebral dominance* (pp. 215-243). Baltimore: Johns Hopkins.
- Hécaen, H., Angelergues, R., & Houillier, S. (1961). Les variétés cliniques des acalculies au cours des lésions rétrorolandiques: Approche statistique du problème. *Revue Neurologique*, *105*, 85-103.
- Intervisiewerkgroep Rekenstoornissen (2002). Rekenen meten, een eerste stap op weg naar weten ... Diagnostiek van rekenstoornissen in Vlaanderen. *Signaal*, *38*, 14-40.
- Intervisiewerkgroep Rekenstoornissen (2004). *Allemaal op een rijtje. Overzicht van rekestests in Vlaanderen*. Sig: Destelbergen.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity*. Cambridge: MIT Press.
- Klin, A., Volkmar, F.R., Sparrow, S.S., Cichetti, D.V., & Rourke, B.P. (1995). Validity and neuropsychological characterisation of Asperger syndrome: Convergence with nonverbal learning disability syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *36*, 1127-1140.
- Knopik, V.S., Alarcón, M., & DeFries, J.C. (1997). Comorbidity of mathematics and reading deficits: Evidence for a genetic etiology. *Behavior Genetics*, *27*, 447-453.
- Koontz, K.L., & Berch, D.B. (1996). Identifying simple numerical stimuli: Processing inefficiencies exhibited by arithmetic learning disabled children. *Mathematical Cognition*, *2*, 1-23.
- Korhonen, T.T. (1991). Neuropsychological stability and prognosis of subgroups of children with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *24*, 48-57.
- Kosc, L. (1974). Developmental dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities*, *7*, 46-59.
- Kronenberger, W.G., & Dunn, D.W. (2003). Learning disorders. *Neurologic Clinics*, *21*, 941-952.
- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8-9-year-old students. *Cognition*, *93*, 99-125.
- Little, S.S. (1993). Nonverbal Learning Disabilities and socioemotional functioning: A review of recent literature. *Journal of Learning Disabilities*, *26*, 653-665.
- Mazzocco, M.M.M. (2001). Math learning disability and math LD subtypes: Evidence from studies of Turner syndrome, Fragile X syndrome and Neurofibromatosis type 1. *Journal of Learning Disabilities*, *34*, 520-533.
- McCloskey, M., Caramazza, A., & Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, *4*, 154-182.
- McCloskey, M., & Macaruso, P. (1995). Representing and using numerical information. *American Psychologist*, *50*, 351-363.
- Njiokiktjien, C. (2004). *Gedragsneurologie van het kind*. Amsterdam: Suyi.
- Padget, S.Y. (1998). Lessons from research on dyslexia: Implications for a classification system for learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, *21*, 167-178.
- Rickard, T.C., Romero, S.G., Basso, G., Wharton, C., Flitman, S., & Grafman, J. (2000). The calculating brain: An fMRI study. *Neuropsychologia*, *38*, 325-335.
- Rourke, B.P. (1989). *Nonverbal Learning Disabilities: The syndrome and the model*. New York: Guilford Press.
- Rourke, B.P. (1993). Arithmetic disabilities, specific or otherwise: A neuropsychological perspective. *Journal of Learning Disabilities*, *26*, 214-226.
- Rourke, B.P. (Red.) (1995). *Syndrome of nonverbal learning disabilities: Neurodevelopmental manifestations*. New York: Guilford Press.

- Rourke, B.P., & Conway, J.A. (1997). Disabilities of arithmetic and mathematical reasoning: Perspectives from neurology and neuropsychology. *Journal of Learning Disabilities, 30*, 34-46.
- Rourke, B.P., & Finlayson, M.A. (1978). Neuropsychological significance of variations in patterns of academic performance: Verbal and visuo-spatial abilities. *Journal of Abnormal Child Psychology, 6*, 121-133.
- Rourke, B.P. & Fuerst, D.R. (1995). Cognitive processing, academic achievement, and psychosocial functioning: A neuropsychological perspective. In D. Cichetti & D. Cohen (Red.), *Manual of developmental psychopathology* (pp. 391-423). New York: Wiley.
- Ruijsenaars, A.J.J.M. (2001). Kritische reflecties over NLD. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek, Kinderpsychiatrie en Klinische Kinderpsychologie, 26*, 109-123.
- Shalev, R.S. (2004). Developmental dyscalculia. *Journal of Child Neurology, 19*, 765-771.
- Shalev, R.S., & Gross-Tsur, V. (2001). Developmental Dyscalculia. *Pediatric Neurology, 24*, 337-342.
- Stanescu-Cosson, R., Pinel, P., Van De Moortele, P.F., Le Bihan, D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2000). Understanding dissociations in dyscalculia. A brain imaging study of the impact of number size on the cerebral networks for exact and approximate calculation. *Brain, 123*, 2240-2255.
- Stock, P., Desoete, A., & Roeyers, H. (2006). Focussing on mathematical disabilities: A search for definition, classification and assessment. In V. Soren & V. Randall (Red.), *Learning disabilities. New Research* (pp. 29-62). Nova Science: Hauppauge, NY.
- Strang, J.D., & Rourke, B.P. (1983). Concept-information/nonverbal reasoning abilities of children who exhibit specific academic problems with arithmetic. *Journal of Clinical Child Psychology, 12*, 33-39.
- Van Harskamp, N.J., & Cipolotti, L. (2001). Selective impairments for addition, subtraction and multiplication. Implications for the organisation of arithmetical facts. *Cortex, 37*, 363-388.
- Van Luit, J.E.H., Kroesbergen, E.H., den Engelsman, M.J., & van den Berg, A.E.M. (2003). Prevalentie van NLD in een rekenzwakke populatie en CAS-profielen van NLD. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek, 42*, 447-455.
- Von Aster, M.G. (1994). Developmental dyscalculia in children: Review of the literature and clinical validation. *Acta Paedopsychiatrica, 56*, 169-178.
- Von Aster, M. (2000). Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation: Varieties of developmental dyscalculia. *European Child & Adolescent Psychiatry, 9*, 11/41-11/57.
- Von Aster, M., & Weinhold, M. (2002). *Zareki. Testverfahren zur Dyskalkulie*. Swets: Lisse.