

# Dyslexie: een beknopt wetenschappelijk overzicht

**Pol Ghesquière, Bart Boets, Els Gadeyne & Ellen Vandewalle**

K.U. Leuven – Centrum voor Gezins- en Orthopedagogiek  
Vesaliusstraat 2 (postbus 3765) – 3000 Leuven  
Pol.Ghesquiere@ped.kuleuven.be

*Dyslexie* is geen onbekend begrip meer. Mensen fronsen de wenkbrauwen niet langer wanneer ze met deze leerstoornis geconfronteerd worden. Integendeel zelfs, te pas en te onpas wordt de term in de mond genomen en gebruikt om bepaalde fenomenen te duiden. We kunnen ons echter niet van de indruk ontdoen dat er hierover toch nog veel misverstanden bestaan. In dit hoofdstuk proberen we een beknopt overzicht te geven van de wetenschappelijke kennis over dyslexie. We hopen daarmee een aantal misverstanden over deze specifieke stoornis bij het leren lezen en/of spellen weg te werken. We moesten daarbij selectief te werk gaan. Niet alle theorieën kunnen in een beknopt overzicht aan bod komen. We hebben ons tot die strekkingen beperkt waarover op dit moment de meeste consensus bestaat.

## **Dyslexie is een stoornis bij het leren lezen en/of spellen**

Als we in deze context spreken over leerproblemen dan gaat het over problemen die personen ondervinden bij het leren van de schoolse vaardigheden (zoals lezen, spellen en rekenen). Leerproblemen kunnen op verschillende wijzen geordend worden. De meest eenvoudige indeling is gebaseerd op de schoolse vaardigheid waarin de problemen zich voordoen. Zo spreekt men van *leesproblemen*, *spellingproblemen* en *rekenproblemen* (Ghesquière & Ruijsenaars, 2005). Het gebruik van de term 'leerstoornissen' verwijst echter naar een andere manier om leerproblemen in te delen, namelijk op basis van de vermoedelijke oorzaken ervan. Binnen deze causale indeling

van leerproblemen maakt men een onderscheid tussen primaire leerproblemen en secundaire leerproblemen (Dumont, 1994). Leerstoornissen of specifieke ('op zichzelf staande') leerproblemen zijn het gevolg van tamelijk geïsoleerde (cognitieve en/of biologische) problemen die zich manifesteren in het leren van schoolse vaardigheden, zonder dat in principe andere gebieden van de ontwikkeling vertraagd hoeven te zijn. Niet-specifieke of secundaire leerproblemen daarentegen zijn het gevolg van omstandigheden buiten het leren van die vaardigheden zelf. Deze kunnen gelegen zijn in de omgeving van het kind (zoals het gezin, de school, het milieu of de cultuur) of in een ander probleem van het kind (zoals een fysieke, sensorische of verstandelijke beperking, een gedrags- of emotioneel probleem). *Dyslexie* verwijst naar de leerstoornis in het leren lezen en/of spellen.

Hoewel de term dyslexie dus in principe refereert naar een specifieke cognitieve en/of biologische oorzaak van de lees- en/of spellingproblemen, is er tot op vandaag nog geen eenduidige en objectief en fysiek vaststelbare oorzaak van dyslexie 'ontdekt'. Dit heeft belangrijke implicaties voor de classificerende diagnostiek. Meerbepaald kunnen we nog steeds niet terugvallen op één algemeen erkende en internationaal aanvaarde definitie van dyslexie, en zijn er ook op vlak van de diagnostiek een veelvoud van procedures en criteria in omloop (Ghesquière & Ruijsenaars, 2005). De vraag blijft dus hoe we in de concrete klinische praktijk kunnen uitmaken of er sprake is van een specifiek lees- en/of spellingprobleem.

Tot voor kort nam het *discrepantie criterium* in de diagnostische operationalisering van dyslexie een centrale plaats in. De term discrepantie verwijst naar een vaststelbaar verschil tussen de reële lees- of spellingvaardigheid enerzijds en het niveau dat verwacht kan worden op basis van leeftijd, genoten onderwijs en intelligentie anderzijds. Deze opvatting komt heel duidelijk naar voren in de diagnostische criteria van de psychiatrische classificatie DSM-IV (American Psychiatric Association, 2001, p. 83). Criterium A voor een leesstoornis luidt daar:

*'Het leesniveau ligt, gemeten met een individueel afgenomen gestandaardiseerde test voor leesvaardigheid of begrip, aanzienlijk onder het te verwachten niveau dat hoort bij de leeftijd, de gemeten intelligentie en de bij de leeftijd passende opleiding van de betrokkene.'*

Echter, de centrale plaats van het discrepantie criterium bij de classificerende diagnostiek van dyslexie (en daaraan gekoppeld de functie van het IQ) is al jaren bron

van hevige kritiek. Uit onderzoek blijkt immers dat de correlatie tussen intelligentie en lees/spellingvaardigheden een stuk lager ligt dan veelal wordt aangenomen en dat de manifestaties van dyslexie niet fundamenteel verschillen naargelang van de hoogte van het IQ. *“There exists no strong evidence that poor readers of high and low intelligence display marked differences in the fundamental cognitive and neurological processes that are the source of their reading difficulties”* (Stanovich, 1996, p. 160). IQ is dus geen goede maat voor verwacht schoolsucces.

Tegenwoordig wordt het discrepantiecriterium dan ook niet meer als adequaat beschouwd bij de classificerende diagnostiek van dyslexie. Het is vervangen door twee andere criteria, namelijk het *achterstandscriterium* en het *resistentiecriterium*. Dyslexie wordt daarbij geoperationaliseerd als een ernstige achterstand in de ontwikkeling van lezen en/of spellen die bovendien zeer hardnekkig (didactisch resistent) blijkt te zijn. De definitie van de Stichting Dyslexie Nederland (2004, p. 6) vormt een goede illustratie van een dergelijke benadering:

*‘Dyslexie is een stoornis die gekenmerkt wordt door een hardnekkig probleem met het aanleren en het accuraat en/of vlot toepassen van het lezen en/of spellen op woordniveau.’*

Een ernstige achterstand wordt geoperationaliseerd als een zwakke score (bijvoorbeeld beneden percentiel 10) voor lezen en/of spellen in vergelijking met een relevante normgroep. Van didactische resistentie is er sprake wanneer adequate instructie en oefening (gaande van klassikale instructie tot intensieve individuele remediërende leerhulp) aantoonbaar onvoldoende resultaten hebben (Ghesquière & Van der Leij, 2007).

In combinatie met deze beide criteria wordt vaak ook (een milde vorm van) het *exclusiviteitscriterium* gehanteerd bij de classificerende diagnostiek van dyslexie. *“This component of the definition reflects the notion that learning disabilities are not primarily the result of other conditions, such as mental retardation, emotional disturbance, visual or hearing impairments, or cultural, social, or economic environments”* (Lerner, 1997, p. 15). Sommige auteurs interpreteren dit criterium heel strikt, in die zin dat ze de diagnose dyslexie uitsluiten als zich andere problemen voordoen. Andere benaderingen zijn ruimer. Ze gaan ervan uit dat bij dyslexie de leerproblemen niet volledig verklaard mogen worden door andere condities in of buiten de leerling in kwestie, zoals verstandelijke beperkingen, emotionele moeilijkheden, zintuiglijke

beperkingen, of ongunstige condities in de omgeving. De leerproblemen zijn met andere woorden ernstiger dan men op basis van de genoemde ongunstige condities kan verwachten.

Sommige auteurs zoeken de specificiteit van de lees- en/of spellingproblemen bij de classificerende diagnose van dyslexie in de specifieke cognitieve vaardigheid die voor het ontstaan van de lees/spellingproblemen verantwoordelijk wordt geacht. We kunnen hier spreken van *verklarende* definities. De definitie van dyslexie als fonologisch probleem (Braams, 1996, p. 56) is daarvan een goede illustratie:

*“Dyslexie is een specifiek probleem met de fonologische verwerking van taal door de hersenen, dat doorgaans leidt tot lees- en spellingproblemen en vaak ook tot meer of minder duidelijke problemen bij andere taken waarbij taal een rol speelt”.*

Deze definitie is toonaangevend in de Angelsaksische landen. Omdat echter nog niet volledig vaststaat of een fonologisch tekort de (enige) oorzaak van dyslexie is (zie causale theorieën verder in de tekst), wordt voor het gebruik van een beschrijvende benadering (met een combinatie van het achterstands-, het hardnekkigheids- en het exclusiviteitscriterium) gepleit (Van den Broeck, 2002; Ghesquière & Ruijsenaars, 2005; Ruijsenaars, Minnaert & Ghesquière, 2008).

## **Prevalentie**

Cijfers aangaande de prevalentie van dyslexie hangen uiteraard in belangrijke mate af van de operationalisering van de stoornis. De cut-off score die men gebruikt om het achterstandscriterium (of vroeger het discrepantiecriterium) te evalueren, bepaalt hoe hoog de prevalentie maximaal kan zijn. Het gebrek aan eenduidigheid hieromtrent brengt met zich mee dat de cijfers in de literatuur nogal kunnen uiteenlopen, soms zelfs oplopend tot bijna 20%. In de DSM-IV-TR wordt de prevalentie van de leesstoornis geschat op 4% (American Psychiatric Association, 2000). Dit cijfer is gebaseerd op studies in de Verenigde Staten. Uit onderzoek bij 9- tot 10-jarigen in Groot-Brittannië (Lewis, Hitch & Walter, 1994) kwam eenzelfde prevalentiecijfer naar voren. Over het algemeen wordt aangenomen dat de prevalentie van specifieke leesstoornissen tussen 5% en 10% ligt (Maughan & Yule, 1994; Snowling, 2000), maar de Commissie Dyslexie van de Nederlandse Gezondheidsraad (Commissie Dyslexie Nederlandse

Gezondheidsraad, 1995) gaat uit van 3% *hardnekkige of resistente* gevallen. Zij vertrekt hierbij van een cut-off van 10% bij de evaluatie van het achterstandscriterium. Ook al kan verwacht worden dat de prevalentiecijfers hoger zullen zijn in groepen op latere leeftijd – de kans neemt immers toe dat de symptomen aan de oppervlakte komen en onderkend worden –, zijn er niet zo veel betrouwbare prevalentiecijfers voor handen gebaseerd op onderzoek bij adolescenten of jongvolwassenen.

Opvallend is dat in vroegere studies een hogere prevalentie werd gevonden bij jongens dan bij meisjes, met een verhouding van 3 à 4 jongens op 1 meisje. Latere studies ontkennen echter deze sekseverschillen (Shaywitz, Shaywitz, Fletcher & Escobar, 1990; Wadsworth, et al., 1992). De vroegere gegevens zouden het gevolg zijn van *bias* bij de steekproeftrekking. Jongens komen om allerlei redenen immers sneller in contact met hulpverleningsinstanties. Momenteel gaat men ervan uit dat de verhouding ongeveer 1.5:1 jongens versus meisjes is (Fletcher, Lyon, Fuchs & Barnes, 2007).

Er is vaak sprake van comorbiditeit van dyslexie met andere problemen. De meest bestudeerde samenhang is deze met de aandachtstekortstoornis (Attention Deficit and Hyperactivity Disorder - ADHD). Overlapcijfers variëren van 20% tot 80% (Osman, 2000). Uiteraard zijn ook deze gegevens weer sterk afhankelijk van de gebruikte definities (Kotkin, Forness & Kavale, 2001). Om dezelfde reden zijn ook de gegevens over de prevalentie van de comorbiditeit van dyslexie en specifieke taalstoornissen (Specific Language Impairment - SLI) inconsistent en lopen uiteen van 12,5% tot zelfs 85% (McArthur, Hogben, Edwards, Heath & Mengler, 2000). Tenslotte is bij personen met dyslexie ook vaker sprake van coördinatieontwikkelingsstoornissen (Developmental Coordination Disorder – DCD), een primaire motorische stoornis die vroeger wel eens motorische onhandigheid of het '*clumsy child syndrome*' genoemd werd (Polatajko, 1999).

## **Erfelijkheid**

De hypothese dat dyslexie erfelijk zou zijn, is zeer oud en sluit nauw aan bij de ervaring van heel wat praktijkwerkers. Dyslexie komt immers vaak voor bij diverse leden van dezelfde familie. Uit erfelijkheidsonderzoek blijkt dat dyslexie een hoge overervingsgraad heeft. De cijfers variëren rond de 50% (Stevenson, 1999).

De vaststelling van deze hoge overervingsgraad heeft ertoe geleid dat er ook heel wat onderzoek is gedaan naar het overervingsmechanisme dat eraan ten grondslag ligt. Via moleculair genetisch onderzoek probeert men na te gaan welke genen betrokken zijn bij de erfelijke overdracht van de leerstoornis. Dit heeft echter nog niet tot éénduidige resultaten geleid. Er worden genetische factoren gesuggereerd die te situeren zijn op chromosoom 6 en chromosoom 15 (zie Stevenson, 1999 en Snowling, 2000). We mogen ervan uitgaan dat dyslexie poligenetisch bepaald is, maar verder onderzoek is zeker noodzakelijk.

Ook systematisch onderzoek naar de kenmerken van kinderen met een bekende genetische aandoening biedt mogelijkheden om de invloed van genetische factoren te analyseren. Er zijn verschillende genetische syndromen waarbij in hun gedragsfenotype sprake is van dyslexie. Het meest onderzochte is neurofibromatose, een erfelijke aandoening veroorzaakt door een mutatie in het gen voor het eiwit neurofibromine en gekenmerkt door café-au-lait vlekken op de huid en gezwellletjes in het omhulsel van de zenuwen in of net onder de huid (Brewer, Moore & Hiscock, 1997). Maar ook hier zijn de bevindingen nog niet eenduidig en dringt verder onderzoek zich op.

## Causale theorieën

Vanuit diverse disciplines werden verschillende causale theorieën over dyslexie ontwikkeld die de oorsprong van de stoornis ofwel in het cognitief-linguïstische domein, het auditieve domein of het visuele domein situeren. Binnen de cognitief-linguïstische benadering heerst er een brede consensus over het feit dat dyslexie veroorzaakt wordt door een tekort in de fonologische vaardigheid en onafhankelijk is van de algemene intelligentie (Stanovich, 1996). *“With respect to dyslexia, it seems likely that the failure to learn to read (and spell) along normal lines is a direct consequence of phonological deficits”* (Snowling, 2000, p. 137). Centraal in deze theorie staat de rol van het **fonologisch bewustzijn**. Verschillende longitudinale studies suggereerden een causaal verband tussen (het gebrek aan) sensitiviteit voor de fonologische structuur van woorden (zoals die bijvoorbeeld in het syllabisch of fonemisch kunnen segmenteren tot uiting komt) en de latere vooruitgang in de leesontwikkeling.

Bovendien blijkt dat het trainen van deze fonologische vaardigheden de leesvaardigheid van zwakke lezers verbetert (voor een overzicht zie Rack, 1994). Problemen met het fonologisch bewustzijn zijn dan ook zeer predictief voor dyslexie. Daarnaast werd echter aangetoond dat ook het leren lezen en spellen zelf een impact heeft op de ontwikkeling van deze fonologische vaardigheden. Er is dus veeleer sprake van een wisselwerking (Van den Broeck, 1997).

Naast het fonologisch bewustzijn blijken personen met dyslexie ook nog te kampen met andere fonologische problemen, zoals het **verbaal korte-termijn geheugen** en het **serieel benoemen** of in het Engels '*rapid automatized naming*' (bijvoorbeeld het snel kunnen benoemen van gekende voorwerpen of kleuren) (Wagner & Torgesen, 1987). Het blijft echter een discussiepunt of serieel benoemen al dan niet als onderdeel van de fonologie moet gezien worden. Volgens de traditionele zienswijze zijn de drie bovengenoemde vaardigheden (fonologisch bewustzijn, verbaal korte-termijn geheugen en serieel benoemen) gerelateerd aan een gelijkaardige onderliggende stoornis (zie Wagner & Torgesen, 1987). Deze wordt gewoonlijk beschreven als te weinig gespecificeerde of onvolledig ontwikkelde fonologische representaties of als moeilijkheden om toegang te krijgen tot deze fonologische representaties. Dit uit zich in een tragere benoemsnelheid, zwakker verbaal korte-termijn geheugen en een stoornis in het fonologisch bewustzijn.

Volgens andere auteurs (zie Wolf & Bowers, 1999) moet een trage seriële benoemsnelheid gezien worden als een aparte stoornis die geassocieerd is met leesproblemen en ook onafhankelijk van fonologisch bewustzijn en korte-termijn geheugen dyslexie kan voorspellen. De 'dubbele stoornis' hypothese van Wolf en Bowers (1999) sluit hierbij aan. Volgens deze hypothese kunnen er, onafhankelijk van elkaar, problemen optreden met fonologisch bewustzijn aan de ene kant en serieel benoemen aan de andere kant. Deze beide problemen kunnen dus elk afzonderlijk dyslexie veroorzaken. Als er moeilijkheden zijn op vlak van beide vaardigheden, dan heeft het kind een 'dubbele stoornis' en zullen zijn/haar lees- en spellingproblemen gewoonlijk ernstiger zijn.

Recent onderzoek suggereert dat fonologisch bewustzijn belangrijker is in de beginfasen van de leesontwikkeling (voor het woordanalytisch decoderen) en dat serieel benoemen belangrijker zou zijn in de ontwikkeling van leesvloeiendheid (woordholistische herkenning) en leesbegrip (van den Bos, Ruijsenaars, & Spelberg,

2008). De onderlinge relatie tussen serieel benoemen en fonologisch bewustzijn en hun band met de leesontwikkeling bij personen met dyslexie verdient zeker verder onderzoek.

Onderzoek naar de onderliggende oorzaak van dyslexie suggereert dat de fonologische problemen op zich het resultaat kunnen zijn van een meer fundamenteel tekort in de perceptuele basismechanismen die verantwoordelijk zijn voor de verwerking van auditieve temporele informatie. Personen met dyslexie hebben problemen met het verwerken van auditieve stimuli die snel veranderen in de tijd of van korte duur zijn (bijv. McAnally & Stein, 1996; Talcott et al., 1999; Tallal, 2004; Van Ingelghem et al., 2005). Omdat het spraaksignaal gekenmerkt wordt door snelle veranderingen in de tijd, wordt verondersteld dat de vastgestelde basale auditieve problemen interfereren met de accurate detectie van snelle akoestische wisselingen in het spraaksignaal, met een subtiel probleem in spraakperceptie tot gevolg. Vervolgens zou dit spraakprobleem op zijn beurt de ontwikkeling van de fonologische vaardigheid bemoeilijken, wat dan uiteindelijk resulteert in een gebrekkige automatisering van de lees- en spellingvaardigheid (Boets, Ghesquière, van Wieringen & Wouters, 2007; McBride-Chang, 1995).

Daarnaast zijn er studies die wijzen op een specifiek visueel probleem bij personen met dyslexie, meer bepaald in het magnocellulaire visuele systeem (zie Cornelissen et al., 1995; Lovegrove, 1996; Stein & Walsh, 1997). Zowel anatomisch als functioneel worden er in het visuele systeem twee onafhankelijke maar gerelateerde subsystemen onderscheiden. Het parvocellulaire systeem bevat kleurgevoelige neuronen met kleine receptieve velden. Dit subsysteem wordt gekenmerkt door een relatief lage temporele resolutie in combinatie met een hoge spatiële resolutie. Het staat dus in voor detailperceptie. Het magnocellulaire systeem, daarentegen, bevat grotere neuronen met dikke gemyeliniseerde axonen die een snelle informatietransmissie bevorderen. Dit subsysteem reageert op visuele stimuli van lage spatiële en hoge temporele frequentie en is vooral verantwoordelijk voor de perceptie van globale vorm en beweging. In psychofysische en neurofysiologische studies is aangetoond dat personen met dyslexie een lagere gevoeligheid hebben voor stimuli die verwerkt worden door het magnocellulaire visuele subsysteem. Dit magnocellulaire deficit wordt verondersteld aan de basis te liggen van problemen met binoculaire stabiliteit, visuele aandacht, visueel zoeken en letterpositie-codering, en zou op deze wijze een



remmende invloed kunnen uitoefenen op de ontwikkeling van orthografische vaardigheden en de daaruit voortvloeiende lees- en spellingvaardigheden (Stein & Walsh, 1997; Stein & Talcott, 1999).

Zowel de auditieve als de visuele onderzoekslijn benadrukken het belang van temporele informatieverwerking bij de ontwikkeling van de lees- en spellingvaardigheid. Als een gevolg werd dan ook de hypothese geformuleerd van een **algemeen temporeel informatieverwerkingsdeficit** in beide sensorische modaliteiten (Farmer & Klein, 1995; Van Ingelghem et al., 2001) en werd ook een poging ondernomen om deze veronderstelde cross-modale tekorten te herleiden tot één onderliggende biologische oorzaak. Volgens de *general magnocellular theory* zou dyslexie dan de gedragsmatige manifestatie zijn van een neurologische disfunctie in de zenuwbanen die instaan voor een snelle verwerking van transiënte en dynamische sensorische informatie (Stein & Walsh, 1997; Stein, 2001; Talcott et al., 2002; Witton et al., 1998). Ondanks haar integratieve kracht en theoretische elegantie is de algemene magnocellulaire theorie de laatste jaren ook onderwerp geweest van groeiende kritiek (zie Skottun, 2000; Ramus, 2003; Ramus et al., 2003; Rosen, 2003; White et al., 2006). Deze critici beklemtonen dat (a) sommige studies niet in staat zijn om een auditief of visueel deficit aan te tonen bij dyslectici, (b) dat de geobserveerde sensorische problemen niet altijd van temporele aard blijken te zijn, en (c) dat de sensorische problemen slechts bij een relatief kleine proportie individuen met dyslexie worden geobserveerd.

In Vlaanderen werd de theorie van een algemeen temporeel informatieverwerkingsdeficit getoetst met behulp van een longitudinaal onderzoek dat werd opgestart vooraleer formele leesinstructie werd aangeboden (zie Boets, Wouters, Van Wieringen & Ghesquière, 2007; Boets, Van Wieringen, Wouters, De Smedt & Ghesquière, 2008; Boets, Wouters & Ghesquière, 2008). Daaruit blijkt dat de sensorische problemen (basale auditieve en visuele vaardigheden en spraakperceptie) die met dyslexie geassocieerd worden al aanwezig zijn vooraleer er sprake is van leesproblemen, en dat ze voorspellend zijn voor de ontwikkeling van lees- en spellingvaardigheden. Hoewel de analyse van de individuele profielen van kinderen ons ook tot enige nuancering dwingt, ondersteunen de globale bevindingen van deze studie de algemene magnocellulaire theorie van dyslexie.

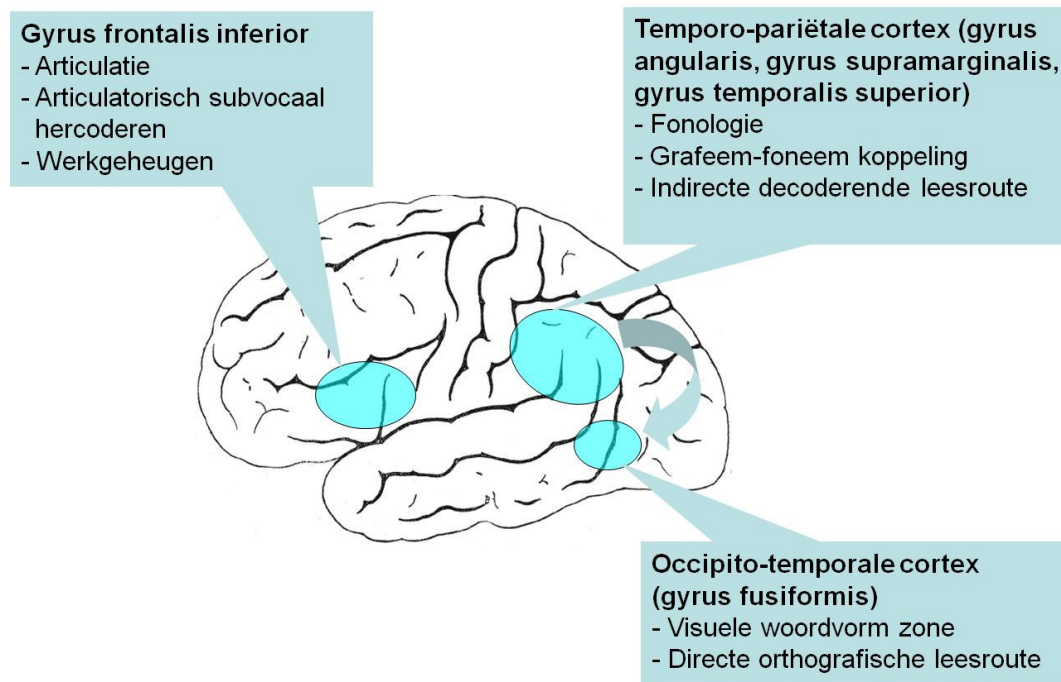
## Neurobiologie van lezen, leesproblemen en dyslexie

De theorie over magnocellulaire tekorten in de hersenen van personen met dyslexie is niet de enige en belangrijkste neurobiologische theorie over dyslexie. Neuroanatomisch en neurofysiologisch onderzoek naar de processen betrokken in de ontwikkeling van lezen en leesproblemen heeft intussen flink wat inzichten opgeleverd. We zetten de belangrijkste gegevens even op een rij.

Er is groeiende evidentie voor het feit dat een netwerk van frontale, temporo-pariëtale en occipito-temporale hersenregio's in de linkerhemisfeer verantwoordelijk is voor het verbinden van (visuele) orthografische informatie met fonologische en semantische representaties, en dus instaat voor woordherkenning (technisch lezen) (zie Fiez & Petersen, 1998; McCandliss & Noble, 2003; Pugh et al., 2001; Turkeltaub et al., 2002). Twee specifieke hersenzones lijken daarbij van groot belang (zie Figuur 1).

Een eerste zone bevindt zich in de temporo-pariëtale cortex en omvat het posterieur gedeelte van de gyrus temporalis superior, de gyrus angularis en de gyrus supramarginalis. Deze perisylvische zone is betrokken bij fonologische verwerking en bij grafeem-foneemkoppeling. Daarom wordt ze ook geassocieerd met de indirecte route (of decoderende strategie) bij het lezen (Jobard et al., 2003; Simos et al., 2002a).

De tweede zone die betrokken is bij woordherkenning is het linker occipito-temporale extrastriate visueel systeem in de omgeving van de gyrus fusiformis. Deze zone wordt vaak de visuele woordvorm zone genoemd ('Visual word form area'; Cohen et al., 2000; Dehaene et al., 2002; Dehaene, Cohen, Sigman & Vinckier, 2005) en wordt geassocieerd met leesvloeiendheid en het automatisch herkennen van visuele woordvormen (McCandliss & Noble, 2003). Coactivatie van deze zone met semantische zones (waarschijnlijk gesitueerd in het posterieur gedeelte van de gyrus temporalis medialis en de gyrus temporalis inferior, en in het triangulaire deel van de gyrus frontalis inferior) wordt verondersteld verantwoordelijk te zijn voor de rechtstreekse koppeling van woordbeelden aan betekenis, of de directe route (of herkende strategie) van het lezen (Jobard et al., 2003).



Figuur 1: Neurobiologie van lezen

Beeldvormingsstudies waarbij kinderen en volwassenen worden vergeleken, tonen aan dat de leesontwikkeling gekenmerkt is door een groeiende specialisatie van specifieke hersenzones (Booth et al., 2001; Simos et al., 2002), en dat de typische overslag van dominante leesstrategie (zie Frith, 1986; Coltheart & Rastle, 1994) zich ook weerspiegelt op het niveau van de hersenen. Jonge kinderen blijken bij het lezen meer dan volwassenen de hersenzones te gebruiken die instaan voor grafeem-foneemkoppeling (Booth et al., 2001), wat in overeenstemming is met het feit dat ze meer gebruik maken van een decoderende dan van een herkende strategie bij het lezen. Daarenboven is aangetoond dat hersenactivatie in die zone gecorreleerd is met hun fonologisch bewustzijn (Turkeltaub et al. 2003). Naarmate de leesontwikkeling vordert, wordt er meer en meer gebruik gemaakt van de occipito-temporale hersenzones die instaan voor directe woordherkenning (Pugh et al., 2001; Shaywitz et al, 2002).

Er zijn duidelijke neurobiologische verschillen aangetoond tussen normale lezers en lezers met dyslexie met betrekking tot de genoemde temporo-parietale, occipito-temporale en inferieur frontale hersenzones. Een aantal studies laat zien dat zowel bij kinderen als bij volwassenen met dyslexie de temporo-pariëtale en occipito-temporale zones minder geactiveerd worden bij fonologische taken en bij het lezen (voor het temporo-pariëtale deficit zie het overzicht van Temple, 2002; Eden & Zeffiro, 1998; voor

het occipito-temporale deficit zie bijvoorbeeld Brunswick, McCrory, Price, Frith & Frith, 1999; Shaywitz et al., 1998; Shaywitz, et al. 2002). De functionele en structurele afwijkingen in de temporo-pariëtale zones, die instaan voor fonologische verwerking en grafeem-foneemkoppeling, zouden het primaire probleem vormen bij personen met dyslexie en zouden negatief interfereren met de graduele specialisatie van de visuele woordvorm zone in de occipito-temporale cortex (McCandliss & Noble, 2003; Pugh et al., 2001; Simos, Breier et al., 2002), met gebrekkige automatisatie van het lezen tot gevolg. Naast de onderactivatie van deze linker temporo-pariëtale en occipito-temporale zones vertonen personen met dyslexie een relatieve bilaterale overactivatie ter hoogte van de inferieure frontale gyrus (Brunswick et al. 1999; Pugh et al., 2000). De overactivatie van deze hersengebieden die instaan voor werkgeheugen en articulatie is waarschijnlijk het gevolg van de toepassing van een compensatiestrategie waarbij dyslectici zich beroepen op coverte articulatie om hun problematische fonologische decodeervaardigheden te compenseren. Daarenboven weerspiegelt deze frontale overactivatie waarschijnlijk ook de hogere belasting van het werkgeheugen. Tijdens het moeizame en trage leesproces moet de dyslecticus immers het begin van een woord onthouden terwijl hij het einde decodeert (Ramus, 2004). Onderzoek moet echter nog aantonen of dergelijke mechanismes daardwerkelijk ook een rol spelen.

Waar de meeste beeldvormingsstudies onderzoek deden naar hersenactiviteit die normale lezers van personen met dyslexie onderscheidt, wordt in recentere studies meer de functionele en structurele connectiviteit tussen hersenzones bestudeerd. Daarbij wordt evidentie aangebracht voor een disconnectie tussen de linker temporo-pariëtale en occipito-temporale zones bij personen met dyslexie. Meer in het bijzonder is aangetoond dat bij proefpersonen met dyslexie in tegenstelling tot controlesubjecten functionele activatie van de gyrus angularis niet leidt tot activatie in het occipito-temporale orthografische systeem (Horwitz, Rumsey & Donohue, 1998; Pugh et al., 2000; Simos, Breier, Fletcher, Bergman & Papanicolaou, 2000). Deze disconnectie werd ook anatomisch aangetoond, en de kwaliteit van de witte hersenstof die instaat voor de verbinding tussen beide hersenzones blijkt ook significant gecorreleerd met fonologische vaardigheden en leesvaardigheden (Klingberg et al., 2000; Deutsch et al., 2005; Niogi & McCandliss, 2006). Wellicht hangt het moeilijk automatiseren van woordherkenning (snel koppelen van visuele woordbeelden aan hun fonologische en semantische representaties) hiermee samen.

Tot slot willen we nog aangeven dat het niet altijd duidelijk is of geobserveerde verschillen in hersenfunctioneren en hersenanatomie bij personen met dyslexie de oorzaak dan wel het gevolg zijn van hun leesproblemen of hun leesstrategie (Dowker, 2006). Recent interventieonderzoek toont immers ook aan dat intensieve training bij kinderen met dyslexie niet alleen hun lezen en fonologie bevordert, maar ook gepaard gaat met een hersenprofiel dat beter vergelijkbaar is met dat van normale lezers (Simos et al., 2002b; Temple et al., 2003). Als hersenactiviteit dus beïnvloed kan worden door leerervaringen, dan is het zeker aanneemlijk dat het functioneren van de hersenen zowel oorzaak als gevolg kan zijn van leesvaardigheid.

### **Klinische manifestaties van dyslexie**

De hierboven beschreven oorzaken van dyslexie kunnen zich in het gedrag van personen met dyslexie op verschillende manieren uiten.

Dyslexie manifesteert zich uiteraard het meest duidelijk in *hardnekkige lees- en spellingproblemen*. Wijdverspreide misverstanden zijn dat men aan typische fouten (zoals b/d of p/b omkeringen) dyslectici kan herkennen of dat dyslectici systematisch spellend dan wel radend lezen. Dyslectici maken geen speciale lees- of spellingfouten. Ze maken er alleen veel meer en blijven vaak langer last hebben van 'beginnersfouten', zelfs tot op volwassenleeftijd. Hun leesstrategie is vaak afhankelijk van de moeilijkheidsgraad van de tekst en van de omstandigheden waarin er gelezen moet worden. Het gebrek aan automatisering van het lezen en spellen uit zich in problemen met de snelheid en de accuratesse en in kwaliteitsverlies wanneer lezen en spellen in moeilijke omstandigheden moet gebeuren (bijvoorbeeld bij veel omgevingslawaai). Andere vaardigheden laten dyslectici soms toe om tot op zekere hoogte voor deze problemen te compenseren, zodat deze maar moeizaam of relatief laat ontdekt worden. Dit is vaak het geval bij hoogbegaafde personen met dyslexie.

De technische leesproblemen hebben vaak tot gevolg dat personen met dyslexie ook meer moeilijkheden ondervinden met het *begrijpend lezen*. Door het gebrek aan automatisme in het lezen blijft er te weinig energie en aandacht over voor tekstbegrip. Dyslectici moeten een tekst dan ook vaak een paar keer lezen vooraleer ze aan tekstbegrip toe zijn. Zeker voor studenten in het hoger onderwijs levert dat heel wat bijkomende problemen op. Zij moeten vaak verschillende keren een cursus doornemen alvorens de inhoud ervan te kunnen 'studeren'. Begrijpend luisteren levert hen

beduidend minder problemen op. Vandaar dat voorleessoftware voor een aantal studenten een goed hulpmiddel kan zijn.

Gelijkaardige mechanismen spelen een rol bij het leren lezen en spellen van *vreemde talen* (Schneider, 2009). De moeizaam verworven lees- en spellingkennis vanuit het Nederlands wordt ernstig verstoord door het andere taalklanksysteem van de nieuw te leren taal, zeker als deze taal een zeer onregelmatige spelling (bijvoorbeeld het Engels) kent. Ook hier zien we meestal een beduidend betere prestatie bij de gesproken taal. Meer zelfs, kennis van de gesproken taal laat hen vaak toe beter voor hun technische problemen te compenseren. De didactiek van vreemde talen in het secundair onderwijs vertrekt echter vaak van de geschreven taal. Dit levert leerlingen met dyslexie extra moeilijkheden op. De gesproken taal als basis nemen, is voor hen veel meer aangewezen.

Andere problemen die vaak als manifestaties van dyslexie aangeduid worden, zijn: moeizaam onthouden van langere en complexe instructies, moeizaam uit het hoofd leren van feiten en namen (associatief geheugen), moeilijk luisteren/lezen in een lawaaïge omgeving en niet goed kunnen noteren tijdens het luisteren (Braams, 1996). Dat laatste is opnieuw voor studenten van groot belang. Het is aangewezen dat zij zich tijdens de les enkel toeleggen op het luisteren en begrijpen van de leerstof, en dat ze gebruik maken van goede notities van collega's in plaats van zelf de inspanning te doen om alles te noteren.

Personen met dyslexie hebben ook een verhoogd risico op het ontwikkelen van *secundaire gedrags- en emotionele problemen*. Deze hangen vaak samen met een verlaagd sociaal-emotioneel welbevinden (of aspecten ervan) ten gevolge van herhaalde faalervaringen. Dit sociaal-emotioneel welbevinden is echter sterk onderhevig aan beïnvloeding door de omgeving (ouders, leerkrachten en/of leeftijdsgenoten). Een omgeving die erin slaagt om de basale psychologische behoeften (zoals de behoefte aan autonomie, aan competentiebeleving en aan sociale ondersteuning) bij personen met dyslexie te vervullen, draagt bij tot de verhoging van het sociaal-emotioneel welbevinden en is protectief ten aanzien van bijkomende gedrags- en emotionele problemen. Een positieve pedagogische benadering is dan ook ten zeerste aangewezen (Hellinckx & Ghesquière, 1999).

## Behandeling van dyslexie

De behandeling van kinderen en jongeren met dyslexie moet in de eerste plaats vanuit een **pedagogisch** perspectief vorm krijgen. Dit betekent dat men in eerste instantie nadenkt over hoe men het opvoedings- en onderwijsaanbod thuis en op school kan bijsturen in de richting van een betere afstemming op de opvoedings- en onderwijsbehoeften van het kind of de jongere met dyslexie. Op deze wijze werkt men aan de condities die noodzakelijk zijn voor een harmonische ontwikkeling en is men preventief ten aanzien van de ontwikkeling van secundaire gedragsproblemen. Hierin is deze doelgroep echter niet specifiek. Dit principe geldt voor de opvoeding en hulpverlening bij alle kinderen en jongeren met problemen.

We kunnen dit principe ook toepassen op latere leeftijd. Voor volwassenen met dyslexie is het bijvoorbeeld uitermate belangrijk dat de werkomgeving aangepast wordt aan de specifieke belemmeringen die men door dyslexie op de werkvloer ervaart. Een analyse van werkplaatsbehoeften gekoppeld aan 'redelijke aanpassingen' zijn daarbij noodzakelijk (Moody, 2009; Hagan, 2009; McLoughlin & Leather, 2009). De antidiscriminatiewetgeving inzake arbeid roept daartoe ook op.

De specifieke leerproblemen waarmee kinderen en jongeren met een leerstoornis geconfronteerd worden, vergen vaak ook een specifieke en gerichte aanpak. Er is in de geschiedenis van de behandeling van leerstoornissen een belangrijke verschuiving vast te stellen van een procesgerichte benadering naar een taakgerichte benadering.

Basisfunctietrainingen (het trainen van de visuele en auditieve perceptie en de sensomotoriek) en een aantal neuropsychologische behandelvormen zijn voorbeelden van een *procesgerichte* benadering. Zowel de theoretische fundering van deze behandelvormen als de effectiviteit ervan werden echter wetenschappelijk weerlegd (Swanson, Hoskyn & Lee, 1999).

Zoals de naam suggereert, gaan de **taakgerichte** behandelingen (ook wel orthopedagogische of orthodidactische behandelingen genoemd) uit van de te leren taak (lezen of spellen). Daarbij hanteert men een theoretisch model omtrent lezen of spellen als uitgangspunt en wordt de behandeling expliciet door instructieprincipes gestuurd. De taakgerichte leerhulp wordt zeer systematisch en planmatig opgezet.

Wat de instructieprincipes betreft, zijn twee belangrijke benaderingen te onderscheiden, namelijk directe instructie en strategie-instructie (Swanson, Hoskyn & Lee, 1999).

*Directe instructie* kenmerkt zich door de leerinhoud gedetailleerd op te splitsen in deelstappen die dan gestructureerd en systematisch inge oefend worden, om daarna opnieuw tot een geheel geïntegreerd te worden. Veelvuldige oefening van geïsoleerde deelstappen gekoppeld aan regelmatige feedback maken er deel van uit. Er is hierbij sprake van een sturende didactiek. *Strategie-instructie* legt veeleer de nadruk op het aanleren van diverse oplossingsstrategieën en de verantwoording ervan. De leerkracht fungeert daarbij als model en gebruikt vaak cognitieve zelfinstructietechnieken. Metacognitieve vaardigheden (weten waarom en wanneer voor een bepaalde strategie gekozen wordt) krijgen daarbij een belangrijke plaats. Instructie in kleine, interactieve groepen wordt vaak als werkvorm gehanteerd. Hierin wisselen leerlingen met elkaar uit hoe ze een bepaald probleem (bijvoorbeeld een aspect van de spelling) voor zichzelf tot een oplossing proberen te brengen.

Op basis van een meta-analyse op 275 effectstudies komen Swanson, Hoskyn en Lee (1999) tot de conclusie dat een gecombineerd model van directe instructie en strategie-instructie de meest efficiënte methode oplevert voor de behandeling van leerstoornissen.

De taakgerichte behandelingen zijn vaak gericht op het wegwerken van tekorten. Men zoekt welke vaardigheden het kind of de jongere niet beheerst en geeft hulp tot deze beheerst zijn. We spreken daarom van **remediëren**. Maar vaak is het bij kinderen en jongeren met dyslexie ook noodzakelijk om hen middelen en strategieën aan te reiken waardoor ze de taak aankunnen, ondanks hun tekorten. We spreken dan van **compenseren**. Het leren gebruiken van de spellingcontrole van de tekstverwerker of de toepassing van spraaktechnologie via voorleessoftware zijn daar voorbeelden van. Zeker naarmate de leerlingen ouder worden, zal de klemtoon in de begeleiding meer op het compenseren komen te liggen. De hardnekkigheid van de problematiek heeft immers voor gevolg dat vroeg of laat de resultaten van remediëren verwaarloosbaar worden. Op sommige momenten en in sommige situaties kan het zelfs nodig zijn om kinderen en jongeren met dyslexie (tijdelijk) van bepaalde opdrachten te ontslaan. Deze ingreep wordt aangeduid met de term **dispenseren**. Het niet aanrekenen van spellingfouten bij de taalvakken of het vervangen van schriftelijke examens door mondelinge gelden hierbij als illustraties. Ten slotte zullen we bij de begeleiding van kinderen en jongeren met dyslexie ook activiteiten moeten opzetten om hen te



**stimuleren** of te motiveren. Vaak hebben ze zoveel moeite met de schoolse vakken dat ze het plezier in lezen of schrijven verloren hebben. De begeleider moet zich actief inzetten om hieraan iets te doen. Het zoeken van materiaal dat aansluit bij hun interesse en leefwereld kan daarbij zeer heilzaam werken. De combinatie van de vier vernoemde maatregelen wordt in de praktijk doorgaans met het letterwoord 'STICORDI-maatregelen' aangeduid.

Een aantal benaderingen moeten duidelijk tot de **dwaalwegen** gerekend worden. We denken onder meer aan het gebruik van prismabridlen, oogbedekking, gekleurde lenzen, medicatie, vitaminekuren, dieet, homeopathie en basisfunctietrainingen (zoals visuele, auditieve of psychomotorische training). Sommige van deze therapieën kunnen aangewezen zijn wanneer er sprake is van comorbiditeit, maar ze hebben geen direct effect op de specifieke problemen met lezen en spellen die dyslexie kenmerken (Van der Leij, 1985; 1988).

## Afsluiting

Over dyslexie is het laatste woord nog niet gezegd; wel is er doorheen de jaren al heel wat meer duidelijkheid gekomen over zinvolle en minder zinvolle benaderingen omtrent definiëring, diagnostiek, verklaring en behandeling. Het is van belang dat mensen die in hun professionele praktijk met dyslexie in aanraking komen, zich hierover blijven informeren en hun denken en handelen daar zo goed mogelijk op afstellen en bijstellen. We hopen dat dit hoofdstuk daartoe heeft bijgedragen.

## Over de auteurs

**Prof. Dr. Pol Ghesquière** is als gewoon hoogleraar verbonden aan het Centrum voor Gezins- en Orthopedagogiek van de K.U.Leuven (faculteit Psychologie en Pedagogische Wetenschappen). Hij is tevens voorzitter van de Stichting Leerproblemen Vlaanderen.

**Dr. Bart Boets** is als postdoctoraal onderzoeker van het FWO verbonden aan het Centrum voor Gezins- en Orthopedagogiek van de K.U.Leuven (faculteit Psychologie en Pedagogische Wetenschappen) en het laboratorium voor experimentele ORL (faculteit Geneeskunde). Hij verricht er cognitief en neurowetenschappelijk onderzoek bij personen met dyslexie.

**Dr. Els Gadeyne** is coördinator van de Orthopedagogische Consultatiedienst van de K.U.Leuven en consulent voor het domein van de leerproblemen. Ze is tevens als onderzoeksmedewerker verbonden aan het Centrum voor Gezins- en Orthopedagogiek van de K.U.Leuven (faculteit Psychologie en Pedagogische Wetenschappen).

**Ellen Vandewalle** is doctoraatstudente verbonden aan de opleiding logopedie en audiologische wetenschappen van de K.U.Leuven (faculteit Geneeskunde). Haar onderzoek betreft de comorbiditeit tussen specifieke taalstoornissen en dyslexie.

## Referenties

- American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders. Fourth edition, text revision. (DSM-IV-TR)*. Washington: American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association (2001). *Beknopte handleiding bij de Diagnostische Criteria van de DSM-IV-TR*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Boets, B., Ghesquière, P., van Wieringen, A., & Wouters, J. (2007). Speech perception in preschoolers at family risk for dyslexia: Relations with low-level auditory processing and phonological ability. *Brain and Language*, *101*, 19-30.
- Boets, B., Wouters, J., Van Wieringen, A., & Ghesquière, P. (2007). Auditory processing, speech perception and phonological ability in pre-school children at high risk for dyslexia: A longitudinal study of the auditory temporal processing theory. *Neuropsychologia*, *45*(8), 1608-1620
- Boets, B., Wouters, J., Van Wieringen, A., De Smedt, B., & Ghesquière, P. (2008). Modelling relations between sensory processing, speech perception, orthographic and phonological ability, and literacy achievement. *Brain and Language*, *106*(1), 29-40
- Boets, B., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2008). Dyslexie als temporeel informatieverwerkingsdeficit!? TOKK. *Tijdschrift voor orthopedagogiek, kinderpsychiatrie en klinische kinderpsychologie*, *33*(1), 2-18.
- Booth, J.R., Burman, D.D., Van Santen, F.W., Harasaki, Y., Gitelman, D.R., Parrish, T.B., & Mesulam, M.M. (2001). The development of specialized brain systems in reading and oral-language. *Child Neuropsychology*, *7*(3), 119-141.
- Braams, T. (1996). *Dyslexie: een complex taalprobleem*. Amsterdam/Meppel: Boom.
- Brewer, V.R., Moore, B.D. & Hiscock, M. (1997). Learning disability subtypes in children with neurofibromatosis. *Journal of learning disabilities*, *30*(5), 521-533.
- Brunswick, N., McCrory, E., Price, C.J., Frith, C.D., & Frith, U. (1999). Explicit and implicit processing of words and pseudowords by adult developmental dyslexics: A search for Wernicke's Wortschatz? *Brain*, *122*, 1901-1917.
- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehéricy, S., Dehaene-Lambertz, G., Hénnaf, M.A., & Michel, F. (2000). The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split brain patients. *Brain*, *123*, 291-307.
- Coltheart, M., & Rastle, K. (1994). Serial processing in reading aloud – evidence for dual route models of reading. *Journal of Experimental Psychology – Human Perception and Performance*, *20*(6), 1197-1211.
- Commissie Dyslexie Nederlandse Gezondheidsraad (1995). *Dyslexie: afbakening en behandeling*. Den Haag: Gezondheidsraad (publikatie nr 1995/15).
- Cornelissen, P., Richardson, A., Mason, A., Fowler, S., & Stein, J. (1995). Contrast sensitivity and coherent motion detection measures at photopic luminance levels in dyslexics and controls. *Vision Research*, *35*, 1483-1494.
- Dehaene, L., Le Clec'H, G., Poline, J. B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2002). The visual word form area: a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *NeuroReport*, *13*, 321-325.
- Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., & Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: a proposal. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(7), 335-341.
- Deutsch, G.K., Dougherty, R.F., Bammer, R., Siok, W.T., Gabrieli, J.D., & Wandell, B. (2005). Children's reading performance is correlated with white matter structure measured by diffusion tensor imaging. *Cortex*, *41*(3), 354-363.
- Dowker, A. (2006). What can brain imaging studies tell us about typical and atypical development? *Journal of Physiology*, (99), 333-341.
- Dumont, J.J. (1994). *Leerstoornissen. Deel 1: Theorie en model*. Rotterdam: Lemniscaat.

- Eden, G.F., & Zeffiro, T.A. (1998). Neural systems affected in developmental dyslexia revealed by functional neuroimaging. *Neuron*, 21, 279-282.
- Farmer, M.E., & Klein, R.M. (1995). The evidence for a temporal processing deficit linked to dyslexia: A review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2(4), 460-493.
- Fiez, J.A., & Petersen, S.E. (1998). Neuroimaging studies of word reading. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 95, 914-921.
- Fletcher, J.M., Lyon, G.R., Fuchs, L.S. & Barnes, M.A. (2007). *Learning disabilities: From identification to intervention*. New York/London: Guilford Press.
- Frith, U. (1986). A developmental framework for developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 36, 69-81.
- Ghesquière, P., & Ruijsenaars, W. (2005). Kinderen en jongeren met een leerstoornis. - In: H. Grietens, J. Vanderfaellie, W. Hellinckx, & W. Ruijsenaars (red.), *Handboek orthopedagogische hulpverlening. 1. Een orthopedagogisch perspectief op kinderen en jongeren met problemen* (pp. 65-90). Leuven/Voorburg: Acco.
- Ghesquière, P., & Van der Leij, A. (2007). Technisch lezen en spellen. - In: K. Verschueren, & H. Koomen (red.), *Handboek diagnostiek in de leerlingenbegeleiding* (pp. 57-72). Antwerpen: Garant.
- Hagan, B. (2009). Reasonable adjustments. - In: S. Moody (Ed.), *Dyslexia and Employment. A guide for assessors, trainers and managers* (pp. 41-46). West Sussex: Wiley-Blackwell.
- Hellinckx, W. & Ghesquière, P. (1999). *Als leren pijn doet... Opvoeden van kinderen met een leerstoornis*. Leuven/Amersfoort: Acco.
- Horwitz, B., Rumsey, J.M., & Donohue, B.C. (1998). Functional connectivity of the angular gyrus in normal reading and dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 95, 8939-8944.
- Jobard, G., Crivello, F., & Tzourio-Mazoyer, N. (2003). Evaluation of the dual route theory of reading: a meta-analysis of 35 neuroimaging studies. *Neuroimage*, 20, 693-712.
- Klingberg, T., Hedehus, M., Temple, E., Salz, T., Gabrieli, J.D.E., Moseley, M.E., & Poldrack, R.A. (2000). Microstructure of temporo-parietal white matter as a basis for reading ability: evidence from diffusion tensor magnetic resonance imaging. *Neuron*, 25, 493-500.
- Kotkin, R.A., Forness, S.R., & Kavale, K.A. (2001). Comorbid ADHD and learning disabilities: Diagnosis, special education, and intervention. In D.P. Hallahan, & B.K. Keogh (Eds.), *Research and global perspectives in learning disabilities. Essays in honor of William M. Cruickshank* (pp. 43-63). Mahwah, New Jersey/London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lerner, J. (1997). *Learning disabilities: theories, diagnosis, and teaching strategies*. Seventh edition. Boston, New York: Houghton Mifflin Company.
- Lewis, C., Hitch, G.J. & Walter, P. (1994). The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9- to 10-year-old boys and girls. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 35(2), 283-292.
- Lovegrove, B. (1996). Dyslexia and a transient/magnocellular pathway deficit: The current situation and future directions. *Australian Journal of Psychology*, 48(3), 167-171.
- Maughan, B. & Yule, W. (1994). Reading and Other Learning Disabilities. - In: M. Rutter, E. Taylor & L. Hersov (eds), *Child and Adolescent Psychiatry: Modern Approaches. Third Edition* (pp. 647-665). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- McAnally, K.I., & Stein, J.F. (1996). Auditory temporal coding in dyslexia. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 263, 961-965.
- McArthur, G.M., Hogben, J.H., Edwards, V.T., Heath, S.M., & Mengler, E.D. (2000). On the "specifics" of specific reading disability and specific language impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41, 869-874.
- McBride-Chang, C. (1995). Phonological processing, speech perception and reading disability: an integrative review. *Educational Psychologists*, 30(3), 109-121.
- McCandliss, B.D., & Noble, K.G. (2003). The development of reading impairment: a cognitive neuroscience model. *Mental Retardation and Developmental Disabilities, Research Reviews*, 9, 196-205.
- McLoughlin, M. & Leather, C. (2009). Dyslexia: meeting the needs of employers and employees in the workplace. - In: G. Reid (Ed.), *The Routledge Companion to Dyslexia* (pp. 286-294). London/New York: Routledge.
- Moody, S. (2009). How to do workplace needs assessment. - In: S. Moody (Ed.), *Dyslexia and Employment. A guide for assessors, trainers and managers* (pp. 47-56). West Sussex: Wiley-Blackwell.
- Niogi, S.N., & McCandliss, B.D. (2006). Left lateralized white matter microstructure accounts for individual differences in reading ability and disability. *Neuropsychologia*, 44, 2178-2188.
- Osman, B.B. (2000). Learning disabilities and the risk of psychiatric disorders in children and adolescents. In L.L. Greenhill (Ed.), *Learning disabilities: Implications for psychiatric treatment* (Review of Psychiatry Series, Vol. 19, nr. 6) (pp. 33-57). Washington, DC: American Psychiatric Press.

- Polatajko, H.J. (1999). Developmental coordination disorder (DCD): Alias the clumsy child syndrome. In K. Whitmore, H. Hart, & G. Willems (Eds.), *A neurodevelopmental approach to specific learning disorders*. (pp. 119-133), London: Mac Keith Press.
- Pugh, K.R., Mencl, W.E., Jenner, A.R., Katz, L., Frost, S.J., Lee, J.R., Shaywitz, S.E., & Shaywitz, B.A. (2001). Neurobiological studies of reading and reading disability. *Journal of Communication Disorders*, 34, 479-492.
- Pugh, K.R., Mencl, W.E., Shaywitz, B.A., Shaywitz, S.E., Fulbright, R.K., Constable, R.T., Skudlarski, P., Marchione, K.E., Jenner, A.R., Fletcher, J.M., & et al. (2000). The angular gyrus in developmental dyslexia: task-specific differences in functional connectivity with posterior cortex. *Psychological Science*, 11, 51-56.
- Rack, J.P. (1994). Dyslexia: The phonological deficit hypothesis. In A. Fawcett & R. Nicolson (Eds.), *Dyslexia in children: Multidisciplinary perspectives* (pp. 5-37). London: Harvester Wheatsheaf.
- Ramus, F. (2003). Developmental dyslexia: specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction? *Current Opinions in Neurobiology*, 13(2), 212-218.
- Ramus, F. (2004). The neural basis of reading acquisition. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences* (3rd ed., pp. 815-824). Cambridge, MA: MIT Press.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S.C., Day, B.L., Castellote, J.M., White, S., & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126(4), 841-865.
- Rosen, S. (2003). Auditory processing in dyslexia and specific language impairment: is there a deficit? What is its nature? Does it explain anything? *Journal of Phonetics*, 31, 509-527.
- Ruijsenaars, W., Minnaert, A., & Ghesquière, P. (2008). Leerproblemen en leerstoornissen. - In: P. Prins, & C. Braet (red.), *Handboek klinische ontwikkelingspsychologie. Over aanleg, omgeving en verandering* (pp. 403-425). Houtem: Bohn Stafleu van Loghum.
- Schneider, E. (2009). Dyslexia and foreign language learning. - In: G. Reid (Ed.), *The Routledge Companion to Dyslexia* (pp. 297-310). London/New York: Routledge.
- Shaywitz, S.E., Shaywitz, B.A., Fletcher, J.M. & Escobar, M.D. (1990). Prevalence of reading-disability in boys and girls. Results of the Connecticut longitudinal study. *Journal of the American Medical Association*, 264(8), 998-1002.
- Shaywitz, B.A., Shaywitz, S.E., Pugh, K.R., Mencl, W.E., Fullbright, R.K., Skudlarski, P., & et al. (2002). Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biological Psychiatry*, 52( 2), 101-110.
- Shaywitz, S.E., Shaywitz, B.A., Pugh, K.R., Fulbright, R.K., Constable, R.T., Mencl, W.E., & et al. (1998). Functional disruption in the organization of the brain for reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 95(5), 2636-2641.
- Simos, P.G., Breier, J.I., Fletcher, J.M., Bergman, E., & Papanicolaou, A.C. (2000). Cerebral mechanisms involved in word reading in dyslexic children: a magnetic source imaging approach. *Cerebral Cortex*, 10(8), 809-816.
- Simos, P.G., Breier, J.I., Fletcher, J.M., Foorman, B.R., Castillo, E.M., & Papanicolaou, A.C. (2002a). Brain mechanisms for reading words and pseudowords: an integrated approach. *Cerebral Cortex*, 12(3), 297-305.
- Simos, P.G., Fletcher, J.M., Bergman, E., Breier, J.I., Foorman, B.R., Castillo, E.M., Davis, R.N., Fitzgerald, M., & Papanicolaou, A.C. (2002b). Dyslexia-specific brain activation profile becomes normal after successful remedial training. *Neurology*, 58, 1203-1213.
- Skottun, B.C. (2000). The magnocellular deficit theory of dyslexia: the evidence from contrast sensitivity. *Vision Research*, 40, 111-127.
- Snowling, M.J. (2000). *Dyslexia. Second edition*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Stanovich, K.E. (1996). Toward a more inclusive definition of dyslexia. *Dyslexia: An International Journal of Research and Practice*, 2 (3), 154-166.
- Stein, J. (2001). The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, 7, 12-36.
- Stein, J., & Talcott, J. (1999). Impaired neuronal timing in developmental dyslexia. The magnocellular hypothesis. *Dyslexia*, 5, 59-77.
- Stein, J., & Walsh, V. (1997). To see but not to read; the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neuroscience*, 20(4), 147-152.
- Stevenson, J. (1999). The genetics of specific learning disorders. -In: K. Whitmore, H. Hart & G. Willems (eds), *A neurodevelopmental approach to specific learning disorders* (pp. 157-165), London: Mac Keith Press.
- Stichting Dyslexie Nederland (2004). *Diagnose dyslexie. Brochure van de Stichting Dyslexie Nederland, derde, herziene versie*. Bilthoven: Stichting Dyslexie Nederland.
- Swanson, H.L., Hoskyn, M. & Lee, C. (1999). *Interventions for students with learning disabilities. A meta-analysis of treatment outcomes*. New York/London: Guilford Press.
- Talcott, J.B, Witton, C., Hebb, G.S, Stoodley, C.J, Westwood, E.A, France, S.J, Hansen, P.C, & Stein, J.F. (2002). On the relationship between dynamic visual and auditory processing and literacy skills; results from a large primary-school study. *Dyslexia*, 8(4), 204-225.

- Talbot, J.B., Witton, C., McClean, M., Hansen, P.C., Rees, A., Green, G.G.R., & Stein, J.F. (1999). Can sensitivity to auditory frequency modulation predict children's phonological and reading skills? *Neuroreport*, 10, 2045-2050.
- Tallal, P. (2004). Opinion – Improving language and literacy is a matter of time. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(9), 721-728.
- Temple, E. (2002). Brain mechanisms in normal and dyslexic readers. *Current Opinion in Neurobiology*, 12, 178-183.
- Temple, E., Deutsch, G.K., Poldrack, R.A., Miller, S.L., Tallal, P., Merzenich, M.M., & Gabrieli, J.D. (2003). Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: evidence from functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 100(5), 2860-5.
- Turkeltaub, P.E., Eden, G.F., Jones, K.M., & Zeffiro, T.A. (2002). Meta-analysis of the functional neuroanatomy of single-word reading: method and validation. *NeuroImage*, 16, 765-780.
- Turkeltaub, P.E., Gareau, L., Flowers, D.L., Zeffiro, T.A., & Eden, G.E. (2003). Development of neural mechanisms for reading. *Nature Neuroscience*, 6, 767-773.
- van den Bos, K.P., Ruijsenaars, A.J.J.M., & Spelberg, H.C.L. (2008). De diagnose van dyslexie en de ontwikkeling van woorden lezen. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, 47, 325-338.
- Van den Broeck, W.J.M. (1997). *De rol van fonologische verwerking bij het automatiseren van de leesvaardigheid*. Unpublished doctoral dissertation, Rijksuniversiteit Leiden. Faculteit der Sociale Wetenschappen, Leiden.
- Van den Broeck, W. (2002). Dyslexie: naar een wetenschappelijk verantwoorde definitie. – In: A.J.J.M. Ruijsenaars & P. Ghesquière (red.), *Dyslexie en dyscalculie: ernstige problemen in het leren lezen en rekenen. Recente ontwikkelingen in onderkenning en aanpak* (pp. 13-22). Leuven/Leusden: Acco.
- Van der Leij, A. (1985). Dwaalwegen in theorie, diagnostiek en behandeling. –In: A. van der Leij & L.M. Stevens (red.), *Dyslexie '84. Verslag van het congres over dyslexie, woordblindheid, lees- en schrijfstoornissen gehouden aan de Katholieke Universiteit te Nijmegen op 20 en 21 juni 1984* (pp. 95-118), Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Van der Leij, A. (1988). Dwaalwegen revisited: vijf jaar onderzoek naar validiteit van behandelingsmethoden. - In: A. Van der Leij & J. Hamers (red.), *Dyslexie '88. Verslag van het congres over dyslexie, woordblindheid, lees- en schrijfstoornissen gehouden in de Koninklijke Nederlandse Jaarbeurs te Utrecht op 14 en 15 juni 1988* (pp. 17-25). Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Van Ingelghem, M., Boets, B., van Wieringen, A., Onghena, P., Ghesquière, P., & Wouters, J. (2005). An auditory temporal processing deficit in children with dyslexia? In P. Ghesquière & A.J.J.M. Ruijsenaars (Eds), *Learning disabilities: a challenge to teaching and instruction. Series: Studia Paedagogica* 40. (pp. 47-63). Leuven: University Press.
- Van Ingelghem, M., Van Wieringen, A., Wouters, J., Vandenbussche, E., Onghena, P., & Ghesquière, P. (2001). Psychophysical evidence for a general temporal processing deficit in children with dyslexia. *Neuroreport*, 12(16), 3603-3607.
- Wadsworth, S.J., Defries, J.C., Stevenson, J., Gilger, J.W. & Pennington, B.F. (1992). Gender ratios among reading-disabled children and their siblings as a function of parental impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 33(7), 1229-1239.
- Wagner, R.K., & Torgesen, J.K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, 101, 192-212.
- White, S., Milne, E., Rosen, S., Hansen, P., Swettenham, J., Frith, U., & Ramus, F. (2006). The role of sensorimotor impairments in dyslexia: a multiple case study of dyslexic children. *Developmental Science*, 9(3), 237-255.
- Witton, C., Talbot, J.B., Hansen, P.C., Richardson, A.J., Griffiths, T.D., Rees, A., Stein, J.F., & Green, G.G. (1998). Sensitivity to dynamic auditory and visual stimuli predicts nonword reading ability in both dyslexic and normal readers. *Current Biology*, 8(14), 791-797.
- Wolf, M., & Bowers, P. (1999). The "Double-Deficit Hypothesis" for the developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology*, 91, 1-24.