

Het verband tussen fonologische vaardigheden, voorbereidende rekenvaardigheden en verbaal korte-termijn geheugen bij jonge kinderen met een genetisch risico op dyslexie

Alice Kruisselbrink¹ en Ben Maassen^{1,2,3}

¹*Medische Psychologie*, ²*Afdeling Kinderneurologie/Neurologie, Universitair Medisch Centrum St Radboud, Nijmegen*; ³*Afdeling Neurolinguïstiek, Rijksuniversiteit Groningen*

Ontwikkelingsdyslexie (hierna te noemen: dyslexie) is een specifieke stoornis die leidt tot lees- en spellingsproblemen. Onderzoek heeft laten zien dat dyslexie vaak samen voorkomt met dyscalculie, een specifieke rekenstoornis. In dit onderzoek werd onderzocht of de co-morbiditeit tussen dyslexie en dyscalculie ook op jonge leeftijd te vinden is. Tevens werd onderzocht of een eventueel verband te verklaren is vanuit een tekort in de fonologische lus van het werkgeheugen. Hiertoe zijn de fonologische vaardigheden, voorbereidende rekenvaardigheden en capaciteit van de fonologische lus van het werkgeheugen van 23 kinderen met een genetisch risico op dyslexie vergeleken met die van 11 controlekinderen. Alle kinderen zaten ten tijde van het onderzoek in het einde van groep 2. Resultaten laten zien dat relatief meer risicokinderen slecht presteren op het herkennen en benoemen van letters. Bovendien scoorde de risicogroep slechter op een toets voor getalbegrip. Verder werd er een overlap gevonden tussen fonologische problemen en problemen met voorbereidende rekenvaardigheden. Deze overlap kon echter niet verklaard worden door een tekort in de fonologische lus van het werkgeheugen. Deze data benadrukken het belang van vroege diagnostiek aangezien er kinderen zijn die al op jonge leeftijd meerdere leerproblemen ondervinden.

Inleiding

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 het spellen op woordniveau (Van der Leij et al., 2004). Deze problemen worden niet verklaard door

bepkeringen in intelligentie, opleiding of andere, zoals neurologische problemen (DSM IV, 1994). Dyslexie komt vaak samen voor met andere stoornissen, waaronder dyscalculie, een hardnekkige stoornis in het rekenen. Verschillende onderzoekers hebben inmiddels de co-morbiditeit tussen dyslexie en dyscalculie beschreven (Badian, 1999; Helland & Asbjornsen, 2004; Lewis, Hitch & Walker, 1994; Miles, Haslum & Wheeler, 2001). Uit een grootschalige studie van Badian (1983) blijkt dat 56% van de kinderen met leesproblemen ook slecht scoort op rekentaken. Omgekeerd rapporteert Badian ook een grote samenhang: 43% van de kinderen met rekenproblemen heeft ook problemen met het lezen. Dat er sprake is van co-morbiditeit tussen dyslexie en dyscalculie zegt nog weinig over het oorzakelijk verband tussen de twee stoornissen. Juist over dit oorzakelijk verband is nog veel onduidelijk. Dit wordt mede veroorzaakt doordat in bovenstaande onderzoeken veel gebruik gemaakt wordt van een composiet-score van rekenen, waarbij er verschillende rekenkundige vaardigheden (o.a. uitrekenen van eenvoudige sommen, getalbegrip en redactiesommen) worden samengenomen tot één rekenkundige score. Hierdoor is het niet duidelijk welke rekenkundige vaardigheid het meest samenhangt met leesvaardigheid.

Een mogelijke verklaring voor de co-morbiditeit tussen dyslexie en dyscalculie die van onderzoekers veel aandacht heeft gekregen is het (dis)functioneren van het werkgeheugen. Volgens het model van Baddeley (1986) bestaat het werkgeheugen uit drie verschillende componenten: een deel voor auditieve informatie (de fonologische lus), een deel voor visuele informatie (het visuo-spatieële schetsblok) en een centrale besturingseenheid (de 'central executive'). Zowel bij dyslexie als bij dyscalculie zijn er onderzoekers die de oorzaak van de stoornis zoeken in de fonologische lus van het werkgeheugen. Empirisch bewijs voor een correlatie tussen een verminderde geheugenspanne in het fonologische werkgeheugen en dyscalculie is echter tegenstrijdig. Uit onderzoek van McLean en Hitch (1999) bleek dat kinderen met slechte rekenprestaties ook een beperkte getalspanne hadden vergeleken met leeftijdgenoten alhoewel het verschil niet significant was. Uit een andere studie bleek dat het verschil wel significant was (Hitch & McAuley, 1991). Het beeld is echter nog niet duidelijk aangezien er ook studies zijn waarbij geen verschil werd gevonden (Bull & Johnston, 1997; Geary, Hamson & Hoard, 2000). Voor al deze studies geldt dat werd gecontroleerd voor leesprestaties. Landerl et al. (2004) concluderen dat er weinig overeenkomsten zijn in de resultaten tussen de verschillende studies naar de werkgeheugencapaciteit bij kinderen met rekenproblemen. Er is hierdoor nog geen overtuigend bewijs dat een bepaalde component van het werkgeheugen aangewezen zou kunnen worden als onderliggende oorzaak van dyscalculie. Ook ontbreekt het nog aan een theorie die de verschillende uitkomsten van de onderzoeken kan verklaren. De oorzaak van de problemen die sommige kinderen ondervinden bij het tellen en rekenen blijft hiermee tot op heden onduidelijk.

Over de oorzaak van dyslexie bestaat meer consensus. De meeste onderzoekers zijn het er inmiddels over eens dat dyslectici specifieke cognitieve problemen hebben in de representatie, opslag en/of het ophalen van spraakklanken. Bovendien is uit verschillende onderzoeken gebleken dat kinderen met dyslexie een beperktere geheugen-

spanne hebben van het type fonologische lus (De Bree, Wilsenach & Gerrits, 2004; Durand et al., 2005; Helland & Asbjørnsen, 2004; Jeffries & Everatt, 2004; Snowling, 2000).

Studies waarin alle mogelijke subgroepen met betrekking tot lees- en rekenvaardigheden worden beschreven bieden veel informatie over de rol van de fonologische lus bij lees- en/of rekenproblemen. Subgroepen die worden genoemd zijn: kinderen zonder lees- of rekenproblemen, een groep met alleen leesproblemen, een groep met alleen rekenproblemen en een groep met zowel lees- als rekenproblemen. Helaas zijn er maar weinig onderzoeken waarin dit onderscheid is gemaakt (Geary et al., 1999, 2000; Van der Sluis, Van der Leij & De Jong, 2005). Uit het onderzoek van Van der Sluis et al. (2005) bleek dat kinderen met leesproblemen en zonder rekenproblemen niet slechter scoorden dan de controlegroep op voorwaartse getalspanne, een taak die geacht wordt het functioneren van de fonologische lus te meten. Kinderen met alleen rekenproblemen scoorden alleen slecht op een taak voor het visuele werkgeheugen. De kinderen met zowel lees- als rekenproblemen scoorden alleen slechter op de taak voor achterwaartse getalspanne. Kinderen met één leerprobleem scoorden ook iets slechter op achterwaartse getalspanne maar het verschil met de controlekinderen was niet zo groot. Volgens Van der Sluis et al. verschillen de problemen die kinderen met zowel lees- als rekenproblemen hebben niet kwalitatief van kinderen met één leerstoornis, maar zijn deze problemen uitsluitend meer prominent aanwezig.

Het onderzoek

In dit onderzoek is er onderzocht of de fonologische lus van het werkgeheugen, ook wel verbaal korte-termijn geheugen genoemd, op jonge leeftijd al een rol speelt bij lees- en rekenproblemen. Het onderzoek is uitgevoerd binnen het Landelijk Prospectief Longitudinaal Onderzoek Dyslexie (NWO: http://www.nwo.nl/nwohome.nsf/pages/NWOA_6NZHH9) dat er op is gericht om de voorlopers van dyslexie op jonge leeftijd te vinden. Binnen dit project wordt gesproken van een genetisch risico op dyslexie indien één van de ouders en tenminste één ander eerste- of tweede-graads familielid dyslectisch is. De kans dat een kind uit een dergelijke dyslectische familie zelf ook dyslectisch wordt, ligt tussen de 40 en 60% (Grigorenko, 2001). Deze kinderen met een verhoogd risico op dyslexie zullen vanaf dit punt risicokinderen genoemd worden. De diagnoses dyslexie en dyscalculie kunnen pas gesteld worden nadat kinderen gestart zijn met lees- en rekenonderwijs (eind groep 3). De kinderen die in het kader van dit onderzoek zijn onderzocht zaten allemaal in groep 2 van het basisonderwijs. De kinderen konden hierdoor nog niet worden gediagnosticeerd. Daarom zijn er bij de kinderen zowel fonologische taken als voorbereidende rekentaken afgenomen om een indicatie te kunnen krijgen van het aantal kinderen dat op deze jonge leeftijd al risicofactoren vertoont op het gebied van lezen en/of rekenen. Uit onderzoek is gebleken dat letterkennis en fonologische vaardigheden gemeten in groep 2 voorspellende waarde hebben voor leesvaardigheid in groep 3 en groep 4 (Aarnoutse, Van Leeuwe & Verhoeven, 2005; De

Jong & Van der Leij, 1999). Daarnaast is gebleken dat kinderen met dyslexie al in groep 2 moeite ondervinden met deze vaardigheden (De Jong & Van der Leij, 2003; Elbro, Borstrøm & Petersen, 1998; Pennington & Lefly, 2001). Hieruit volgt de verwachting dat kinderen met een verhoogd risico op dyslexie een grotere kans hebben om slechter te scoren op deze vaardigheden. De verwachting dat de kinderen binnen dit onderzoek slechter zullen scoren op de voorbereidende rekenvaardigheden is voornamelijk gebaseerd op onderzoek waaruit is gebleken dat dyslectische kinderen een grotere kans hebben op dyscalculie (Badian, 1983; Badian, 1999; Helland & Asbjørnsen, 2004; Lewis, Hitch & Walker, 1994; Miles, Haslum & Wheeler, 2001). Bovendien is uit onderzoek gebleken dat kinderen met dyscalculie een slechter getalgevoel hebben (Butterworth, 2005; Landerl et al., 2004) en uit sommige onderzoeken blijkt ook dat ze langzamer tellen (Butterworth, 2005; Geary, 1993).

Het testen van kinderen op fonologische vaardigheden en voorbereidende rekenvaardigheden nog voor het lees- en rekenonderwijs is begonnen, kan een aanwijzing bieden of geheugenproblemen een rol spelen bij het ontwikkelen van een lees- of rekenachterstand. Als problemen met het werkgeheugen zich reeds op deze leeftijd voordoen dan kan dit erop duiden dat de geheugenproblemen de lees- en rekenproblemen veroorzaken. Bovendien veronderstellen Van der Sluis et al. (2005) dat de geheugenproblemen minder worden als kinderen leren lezen. Omdat de kinderen in dit onderzoek nog geen leesonderwijs hebben gehad, heeft het lezen nog geen invloed gehad op hun capaciteit van het werkgeheugen.

Method

Proefpersonen

Voor het onderzoek zijn 36 kinderen getest, waarvan 25 risicokinderen (11 meisjes; 14 jongens, gemiddelde leeftijd 6;1) en 11 kinderen uit de controlegroep (2 meisjes; 9 jongens, gemiddelde leeftijd 5;11). Alle kinderen hebben tussen de 8 en 10 maanden onderwijs in groep 2 gevolgd. De onderzochte kinderen waren afkomstig uit de Nijmeegse onderzoeksgroep van het Landelijk Prospectief Longitudinaal Onderzoek Dyslexie. Kinderen behoorden tot de risicogroep indien één ouder en tenminste één ander eerste- of tweede-graads familielid dyslectisch waren. Dit was onderzocht middels een dyslexietoets en een vragenlijst voor de ouders in een eerder stadium. De kinderen in de controlegroep hadden geen familieleden met dyslexie. Een ander selectie criterium was dat de kinderen op het moment van testen geheel of gedeeltelijk onderwijs in groep 2 hadden gevolgd. Ten gevolge van de onderzoeksperiode konden slechts 9 controlekinderen uit de Nijmeegse onderzoeksgroep onderzocht worden. Daarom zijn er 2 controlekinderen extra onderzocht die geen deel uitmaakten van de Nijmeegse onderzoeksgroep. Deze kinderen zijn geworven via een buitenschoolse opvang te Deventer. Voor deze kinderen geldt dat gegevens over de ouders en het kind zijn verkregen via een enquête.

Taken

De taken die werden afgenomen bestonden zoveel mogelijk uit genormeerde testen. Voor vaardigheden waarvoor geen genormeerde tests voorhanden waren, werden experimentele tests afgenomen. De normen werden op basis van de binnen het Landelijk Prospectief Longitudinaal Onderzoek Dyslexie verzamelde data vastgesteld.

Fonologische vaardigheden

Actieve letterkennis (Grafementoets LVS – CITO, 1993). Deze toets meet de kennis van grafemen. Er worden in totaal 34 letters aangeboden, die zo snel mogelijk opgelezen dienen te worden. De opdracht is de letterklank te noemen, niet de letternaam (dus: /p/ en niet /pe/ voor ‘p’).

Passieve Letterkennis. Deze toets meet in hoeverre een kind in staat is om letters te herkennen. Er worden 32 rijtjes met zes letters aangeboden, en het kind krijgt de opdracht om een door de testleider benoemde letter aan te wijzen. Bijvoorbeeld: “Waar zie je de /k/ van kaas?”

Verbale Vlotheid – Beginklanken. Deze test meet hoe efficiënt het kind woorden kan oproepen uit het geheugen. Bij deze taak noemt de testleider een letterklank en krijgt het kind 20 seconden de tijd om zo veel mogelijk woorden te noemen die met die klank beginnen. Er worden in totaal 6 series geproduceerd.

Beginklank Identificatie. Deze toets meet hoe goed het kind de eerste klank in een woord kan herkennen. Het kind krijgt per opgave vijf plaatjes te zien. De testleider zegt met welke klank de naam van het eerste plaatje begint, bijvoorbeeld: “Zaag begint met /zzz/”. Het kind moet aangeven welk van de andere plaatjes met dezelfde klank begint. Er zijn in totaal 10 opgaven.

Toets voor Auditieve Synthese (CITO: LVS, Taal voor Kleuters). Auditieve synthese vormt een belangrijke deelvaardigheid van technisch lezen. De testleider biedt iedere keer een woord aan, uitgesproken in losse klanken. Het is de bedoeling dat het kind de klanken samenvoegt tot een woord. Deze toets bestaat uit 20 opgaven.

Toets voor Auditieve Analyse (CITO: LVS, Taal voor Kleuters). Auditieve analyse vormt een belangrijke deelvaardigheid van spellen. Auditieve analyse is het omgekeerde van auditieve synthese. De testleider zegt telkens een woord in zijn geheel en het kind moet dat woord in losse klanken verdelen. Ook deze toets bestaat uit 20 opgaven.

Voorbereidende rekenvaardigheden

Utrechtse Getalbegrip Toets (UGT, Luit e.a., 2005). De UGT is een genormeerde taakgerichte toets die het niveau van getalbegrip meet. De toets is niet gebonden aan een bepaalde rekenleergang of – methodiek en bestaat uit twee vormen: Vorm A en Vorm B. Beide vormen hebben 40 items, verdeeld over acht onderdelen. Dit zijn: Vergelijken, Classificeren, Correspondentie leggen, Seriëren, Telwoorden gebruiken, Synchroon en verkort tellen vanuit de dubbelsteenstructuur, Resultatief tellen en Toepassen van kennis van getallen. Voor elk van de acht onderdelen zijn er vijf items.

De test maakt voornamelijk gebruik van een map met zwart-wit tekeningen waarbij het kind het goede antwoord moet kiezen uit 3 of 4 verschillende tekeningen. Daarnaast wordt er ook gebruik gemaakt van kleine blokjes en werkbladen. Per correct antwoord op een item krijgt het kind 1 punt. In dit onderzoek is bij alle kinderen vorm B afgenomen.

Stippen Tellen (Dyscalculiescreener, Butterworth, 2003). Deze genormeerde test meet het getalgevoel door de snelheid en accuraatheid te bepalen waarmee het kind de correspondentie tussen aantal stippen en getal kan aangeven. Het kind ziet op het beeldscherm een aantal stippen met daarnaast een getal. Vervolgens moet het met de linkerhand op een knop drukken als het aantal stippen niet overeenkomt met het getal en met de rechterhand op een andere knop als het aantal stippen wel overeenkomt. Het aantal stippen en de cijfers variëren van 1 tot en met 10. Er is voor gekozen om de proefleider de getallen voor te laten lezen omdat nog niet alle kinderen alle getallen kunnen herkennen. Op deze wijze kon deze taak bij alle kinderen in het onderzoek worden afgenomen.

Geheugentaken

Hiervoor zijn twee genormeerde subtests van de Sequential Processing Scale van de Kaufman Assessment Battery for Children afgenomen (Kaufman & Kaufman, 2004).

Cijfers Nazeggen (Kaufman-ABC). Deze test heeft als doel de capaciteit van de fonologische lus van het werkgeheugen te meten. De test bestaat uit 22 cijferreeksen. De eerste reeks bestaat uit 2 cijfers, de laatste reeks uit 9 cijfers. De testleider biedt de cijferreeksen één voor één aan, waarbij het kind de reeks in dezelfde volgorde moet nazeggen. Het hoogste aantal cijfers dat een kind kan onthouden wordt de geheugenspan genoemd. De testleider moet de cijfers zo monotoon mogelijk proberen op te zeggen om de afname niet te beïnvloeden door intonatie. De cijfers dienen aangeboden te worden met een frequentie van één cijfer per seconde. De test wordt afgebroken bij drie opeenvolgende foutieve responsies van het kind. Het kind krijgt 1 punt per goed antwoord.

Woordvolgorde (Kaufman-ABC). Deze test meet de geheugenspan voor woorden en daarmee ook de capaciteit van de fonologische lus. De testleider noemt de namen van bekende objecten. Vervolgens moet het kind de reeks genoemde objecten in dezelfde volgorde aanwijzen in een rij afbeeldingen. De woorden zijn allemaal eenvoudige voornamelijk monosyllabische woorden. De test wordt verder op dezelfde wijze afgenomen als Cijfers Nazeggen.

Afnameprocedure

Alle kinderen zijn getest door 2 verschillende proefleiders in een daarvoor ingerichte ruimte in het Max Planck Instituut voor Psycholinguïstiek te Nijmegen. Als het kind voldoende had kennis gemaakt met de eerste proefleider, werd het kind meegenomen naar de ruimte waar de test afgenomen kon worden. De ouder was hier niet bij, tenzij het noodzakelijk was voor het functioneren van het kind. De voorbereidende leestaken

werden het eerst afgenomen. Dit nam ongeveer 40 minuten in beslag. De leestaken werden afgenomen in de volgorde zoals ze hierboven beschreven staan. Vervolgens was er een kwartier pauze waarin het kind naar de ouder/groepsleidster toe kon en wat te eten en te drinken kreeg. Daarna werd de andere reeks testen afgenomen in dezelfde testruimte, alleen dan door de tweede proefleider. Alle kinderen kregen aan het begin van deze afname een diploma, waarop ze na elke taak een cijfersticker mochten plakken. Op deze manier kregen de kinderen inzicht in het aantal taken. Tevens was het een extra motivatiemiddel. De testleider begon met de geheugentaken van de Kaufman-ABC in de hierboven beschreven volgorde. Deze taken werden als eerste afgenomen om te voorkomen dat het concentratieniveau van het kind een te grote rol ging spelen in de prestatie van het kind. Vervolgens werd de UGT afgenomen en tot slot Stippen Tellen van de Dyscalculiescreener. Alles bij elkaar nam dit 50-60 minuten in beslag. Na afloop mocht het kind als beloning een klein presentje uitzoeken.

Data analyse

Fonologische vaardigheden

Om de invloed van meeteenheden in de verschillende variabelen te neutraliseren zijn alle scores omgerekend naar z-scores. Vervolgens zijn alle z-scores hoger dan 2 of lager dan -2 vervangen door een z-score van respectievelijk 2 of -2 om te voorkomen dat uitschieters een grote invloed hebben op de verdeling. Voor de controlegroep was het niet nodig om scores te vervangen. Voor de risicogroep zijn twee scores vervangen door 2 en drie scores vervangen door -2 . Om het aantal variabelen te beperken zijn verschillende variabelen samengevoegd. De keuze voor de samen te voegen variabelen is bepaald op basis van correlaties tussen de verschillende variabelen. De nieuwe variabele bestaat uit de gemiddelde z-score van de samengevoegde variabelen. Op deze wijze zijn de scores van Actieve en Passieve Letterkennis samengevoegd tot 'Letterkennis'. De scores op de testen voor auditieve analyse, auditieve synthese en beginklankidentificatie zijn samengevoegd en de nieuwe variabele wordt hierna 'Analyse-synthese' genoemd. De scores van Verbale vlotheid zijn op zichzelf staand gebleven. De gemiddelden per groep zijn voor elke variabele vervolgens vergeleken en tweezijdig getoetst ($\alpha = 0,05$) door middel van een t-toets voor twee onafhankelijke steekproeven.

Er zijn ook individuele scores geanalyseerd volgens de twee-stap methode van Ramus et al. (2003). De eerste stap volgens deze methode is het berekenen van het gemiddelde en de standaard deviatie (SD) van de controlegroep. Op basis hiervan worden controlekinderen geïdentificeerd die lager scoren dan $1,65$ SD beneden het gemiddelde. De tweede stap bestaat uit het opnieuw berekenen van het gemiddelde en de standaard deviatie van de controlegroep maar dan met exclusie van de controlekinderen die bij stap één laag scoorden. Vervolgens worden alle kinderen die lager scoren dan $1,65$ SD beneden dit gemiddelde, als afwijkend beschouwd. Het aantal afwijkende kinderen per groep is vervolgens voor elke variabele vergeleken en tweezijdig getoetst ($\alpha = 0,05$) door middel van Fischer's Exact test.

Voorbereidende rekenvaardigheden

Er werden geen uitschieters gevonden dus er hoefden geen scores te worden vervangen. De scores van beide groepen op de Utrechtse Getalbegrip Toets zijn met elkaar vergeleken door middel van een t-toets voor twee onafhankelijke steekproeven. Vervolgens is ook hier per groep bekeken welke kinderen afweken van het gemiddelde door middel van de twee-stap methode van Ramus et al. zoals hiervoor is beschreven.

Voor de Stippen Tellen test van de Dyscalculiescreener geldt dat zowel de ruwe scores als de reactietijden per kind gemeten zijn. Reactietijden kleiner dan 200 ms en groter dan 10.000 ms zijn uit de analyses verwijderd. Voor analyse van de reactietijden zijn alleen correcte reacties gebruikt. In de controlegroep was 18,9% van de antwoorden fout en in de risicogroep was 21,8% fout. Voor alle correcte antwoorden is per proefpersoon de gemiddelde reactietijd per aantal stippen bepaald. Indien reactietijden uit de betreffende conditie meer dan twee standaarddeviaties afweken van het gemiddelde zijn deze niet meegenomen in de analyse. Het percentage van de data dat overbleef voor statistische analyse was voor de controlegroep 77,6% en voor de risicogroep 74,9%. Zowel de percentages correcte antwoorden als de reactietijden zijn geanalyseerd met een GLM (General Linear Model) Repeated Measures design van SPSS 12.0. De analyse bestaat uit één fixed between-subject factor Groep (controle en risico) en uit één fixed within-subject factor Aantal Stippen (1 tot en met 10).

Om de individuele prestatie per kind op de Stippen Tellen test van de Dyscalculiescreener te toetsen is er gebruik gemaakt van een composietscore die het programma van de Dyscalculiescreener automatisch berekent. De score is gebaseerd op de mediane reactietijd van alle correcte antwoorden en vergeleken met een normgroep van 92 Engelse 6-jarigen. De verkregen score had een bereik van 1 tot en met 9 en een gemiddelde van 5. Voor een uitgebreide beschrijving van de berekening van deze score wordt verwezen naar bijlage 2 van de handleiding behorende bij de Dyscalculiescreener (Butterworth, 2003). De kinderen in dit onderzoek zijn als afwijkend aangemerkt wanneer ze lager dan 1,65 SD beneden het gemiddelde van de controlegroep scoorden. Dit is vergelijkbaar met stap één van de methode van Ramus (2003). Er is voor deze conservatievere werkwijze gekozen in vergelijking met de twee-stap methode die bij andere toetsscores is toegepast omdat Butterworth (2003) aangeeft dat er bij jonge kinderen sprake is van grote variatie in scores op de Stippen Tellen test.

Geheugentaken

Ook hier zijn z-scores hoger dan 2 of lager dan -2 vervangen door een z-score van respectievelijk 2 of -2. Er is een score van een controlekind vervangen door 2 en een score van een risicokind is vervangen door -2. Om de verbanden tussen de verschillende variabelen weer te geven zijn voor alle variabelen de correlaties berekend door middel van Spearman's rho. Er is voor Spearman's rho gekozen omdat niet alle variabelen normaal verdeeld zijn.

Verder zijn ook hier de individuele scores vergeleken volgens de twee-stap methode van Ramus et al. (2003). Om uitval op het verbaal korte-termijn geheugen weer te geven is gebruik gemaakt van een combinatie van de testcores op woordvolg-orde en cijfers nazeggen van de K-ABC. Hiertoe is gebruik gemaakt van de gemiddelde z-scores van beide taken.

Resultaten

Fonologische vaardigheden

In tabel 1 worden de gemiddelde z-scores van de risicogroep en de controlegroep per variabele weergegeven.

Tabel 1. Scores op de fonologische taken, weergegeven in gemiddelde z-scores.

Variabelen van Fonologische Vaardigheden	Risicogroep (N=25)		Controlegroep (N=11)		t	Significantie (tweezijdig)	observed power
	M	SD	M	SD			
Letterkennis	-0,19	1,03	0,43	0,80	-1,748	0,089	0,397
Analyse-Synthese	-0,12	1,00	0,28	0,98	-1,134	0,265	0,197
Verbale vlotheid	-0,04	1,06	0,07	0,87	-0,287	0,776	0,059

De verschillen in z-scores tussen de risicogroep en de controlegroep zijn niet significant. Wel is er een tendens te zien; de gemiddelde z-scores voor de risicogroep zijn allemaal negatief terwijl de controlegroep positieve gemiddelde z-scores heeft. De risicogroep lijkt dus wel iets slechter te scoren dan de controlegroep op alle 3 de variabelen. Verder blijkt uit Tabel 1 dat de power van de verschillende toetsen erg laag is. Wellicht wordt dit veroorzaakt door grote verschillen binnen de groepen en door het relatief geringe aantal proefpersonen.

Tabel 2. Percentage (en aantallen) kinderen per groep dat zwak scoort op de fonologische taken.

Variabelen van Fonologische Vaardigheden	Risicogroep (N=25)		Controlegroep (N=11)		Significantie (tweezijdig)
	%	n	%	n	
Letterkennis	64,0	16	18,2	2	0,028
Analyse-Synthese	12,0	3	0,0	0	0,54
Verbale vlotheid	24,0	6	9,1	1	0,34

In Tabel 2 is per fonologische variabele een overzicht gegeven van het percentage en aantal kinderen dat slecht presteerde volgens de twee-stap methode van Ramus et al. (2003). Voor alle variabelen geldt dat er relatief meer zwakke scoorders voorkomen

in de risicogroep dan in de controlegroep. Het grootste en tevens enige significante verschil doet zich voor bij letterkennis waar veel meer kinderen laag scoren in de risicogroep dan in de controlegroep. Uit analyses van de individuele scores blijkt verder dat zwak presteren op verbale vlotheid altijd gepaard gaat met zwakke prestaties op letterkennis. Kinderen die laag scoren op Analyse-Synthese, scoren in alle gevallen ook laag op zowel Verbale Vlotheid als op Letterkennis. Alleen een zwakke prestatie op Letterkennis kan voorkomen, zonder lage scores op één van de andere fonologische variabelen.

Voorbereidende rekenvaardigheden

De gemiddelden en de standaarddeviaties van de scores op de Utrechtse Getalbegrip Toets (UGT) zijn in Tabel 3 weergegeven. De risicokinderen presteren slechter dan de controlekinderen. Uit de t-toets blijkt dat dit verschil significant is ($t(32)=2,22$; $p = 0,034$).

Tabel 3. Vaardigheidsscores op de Utrechtse Getalbegrip Toets.

	Risicogroep (N=23)		Controlegroep (N=11)		t	Significantie (tweezijdig)
	M	SD	M	SD		
Utrechtse Getalbegrip Toets	68,0	6,7	73,7	7,6	2,22	0,034
Min / Max score	57 / 80		61 / 84			

In Tabel 4 zijn de correlaties tussen de scores op de UGT en de verschillende variabelen voor fonologische vaardigheden weergegeven. Hierin is te zien dat de UGT hoog correleert met alle variabelen voor fonologische vaardigheden.

Tabel 4. Correlaties tussen scores op de Utrechtse Getalbegrip Toets en fonologische vaardigheden ($n = 34$).

	Letterkennis	Analyse - Synthese	Verbale Vlotheid
UGT (getalbegrip)	0,70*	0,65*	0,75*

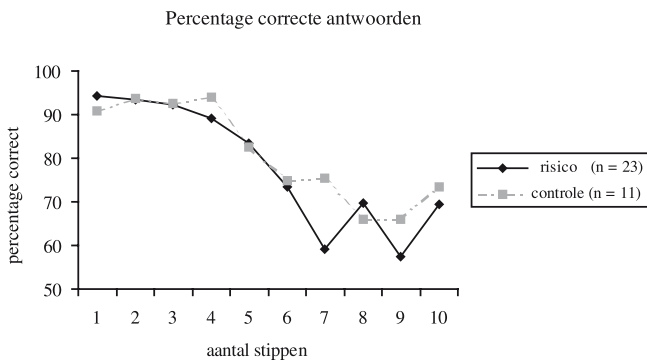
* $p < 0,01$.

De gemiddelde percentages correcte antwoorden van de Stippen Tellen test van de Dyscalculiescreener zijn in Tabel 5 en Figuur 1 weergegeven voor de controlegroep en de risicogroep. Het verschilt per conditie welke groep de meeste goede antwoorden geeft. Bij het aantal van 7 stippen is het verschil tussen de beide groepen het grootste, waarbij de controlegroep meer goede antwoorden geeft (controle 75,3%; risico 59,3%). Gemiddeld genomen over alle condities geeft de controlegroep meer correcte antwoorden (80,9%) dan de risicogroep (78,2%), hoewel het verschil niet erg groot is.

Tabel 5. Gemiddelden en standaarddeviaties van het percentage goede antwoorden per aantal stippen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Totaal
Controle (n = 11)	90,9 (16,9)	93,6 (8,9)	92,7 (14,3)	93,9 (9,0)	82,5 (15,9)	75,0 (12,5)	75,3 (19,3)	65,9 (22,4)	66,1 (16,8)	73,5 (25,2)	80,9 (7,4)
Risico (n = 23)	94,2 (11,4)	93,3 (13,2)	92,4 (10,5)	89,3 (16,9)	83,5 (17,1)	73,3 (17,3)	59,3 (23,2)	69,6 (21,2)	57,5 (19,5)	69,6 (24,6)	78,2 (8,0)

Voor het aantal stippen van 1 tot en met 4 geven beide groepen de meeste correcte antwoorden. Bij grotere aantallen neemt het aantal correcte antwoorden bij beide groepen af.

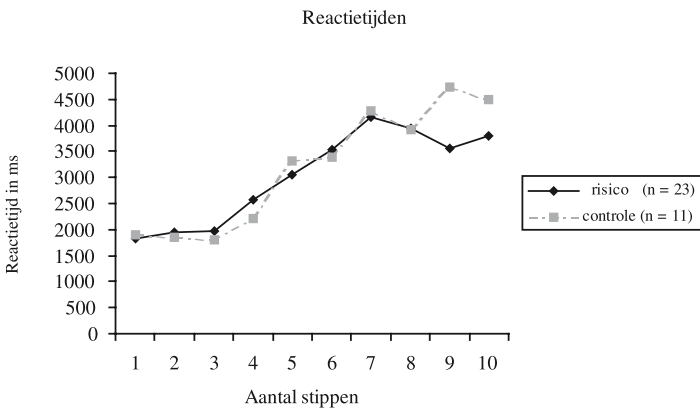
**Figuur 1.** Het gemiddeld percentage correcte antwoorden per groep op de Stippen Tellen test.

Uit de toetsing blijkt dat de verschillen tussen de risicogroep en de controlegroep niet significant zijn ($F(1,32) = 0,93$; $p = 0,343$). De interactie tussen de factoren groep en aantal stippen is ook niet significant ($F(9,288) = 0,94$; $p = 0,480$). De enige factor die wel significant is, is de factor aantal stippen ($F(9,288) = 16,31$; $p = 0,000$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0,338$).

De reactietijden van de correcte antwoorden op de Stippen Tellen test zijn in Tabel 6 en Figuur 2 weergegeven. Het verschilt per aantal stippen welke groep de snelste reactietijd heeft. De risicokinderen waren over de hele taak gezien gemiddeld 162 ms sneller dan de controlegroep. In Tabel 6 en Figuur 2 is te zien dat de reactietijden voor beide groepen op het aantal stippen 1 tot en met 3 nauwelijks toeneemt. Dit komt door het effect dat subitizing genoemd wordt (Kaufman et al., 1949); de proefpersonen zien meteen hoeveel stippen er zijn afgebeeld. Voor grotere aantallen stippen neemt voor beide groepen de reactietijd steeds meer toe. Voor de risicokinderen neemt de reactietijd echter vanaf 7 stippen weer af.

Tabel 6. Gemiddelden en standaarddeviaties van de reactietijden (ms) per aantal stippen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Totaal
Controle (n = 11)	1901 (559)	1862 (487)	1814 (377)	2206 (356)	3317 (585)	3401 (1058)	4274 (1703)	3927 (1809)	4743 (1837)	4489 (1892)	3193 (869)
Risico (n = 23)	1838 (364)	1947 (382)	1963 (410)	2581 (779)	3048 (976)	3541 (1501)	4160 (1723)	3952 (1710)	3566 (2013)	3796 (2344)	3032 (943)

**Figuur 2.** De gemiddelde reactietijden per groep op de Stippen Tellen test.

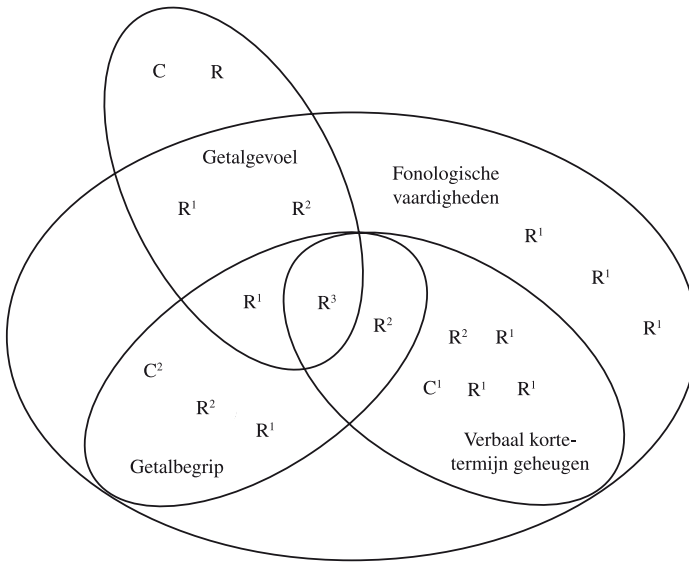
Uit de toetsing blijkt dat de verschillen tussen de risicogroep en de controlegroep niet significant zijn ($F(1,31) = 0,12$; $p = 0,732$). De interactie tussen de factoren groep en aantal stippen is ook niet significant ($F(9,279) = 1,34$; $p = 0,267$). De enige factor die wel significant is, is de factor aantal stippen ($F(9,279) = 27,85$; $p = 0,000$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0,473$). In het algemeen kan gezegd worden dat de reactietijd toeneemt, naarmate het aantal stippen toeneemt.

Individuele scores

Om te kunnen vaststellen in hoeverre kinderen die slecht scoren op de taken voor fonologische vaardigheden ook slecht scoren op de UGT (getalbegrip) en op de Stippen Tellen test van de Dyscalculiescreener (getalgevoel) is er gekeken naar de individuele scores op de verschillende taken. In Figuur 3 is te zien welke kinderen relatief zwak presteren op fonologische vaardigheden, op de UGT en/of op Stippen Tellen van de Dyscalculiescreener.

Er zijn in totaal 6 kinderen die zwak presteren op de UGT (getalbegrip), waarvan 1 controlekind en 5 risicokinderen. Al deze kinderen scoren ook laag op minstens 1 fonologische variabele. Bovendien geldt dat de kans dat kinderen laag scoren op de UGT groter is als ze op meerdere fonologische variabelen laag scoren. Op de Stippen Tellen test (getalgevoel) presteren ook 6 kinderen zwak. Er zijn slechts 2 kinderen die

zowel zwak presteren op zowel de UGT als op Stippen Tellen. Uit de figuur is verder nog op te maken dat twee van de zes kinderen die laag scores op de Stippen Tellen test op geen enkele andere variabele laag scores. Van de 16 kinderen die zwak presteren op één of meerdere fonologische variabelen, presteert precies de helft zwak op één of twee taken voor voorbereidende rekenvaardigheden.



Figuur 3. Combinaties van vaardigheden waarop kinderen zwak scores. C = kind uit de controlegroep, R = kind uit de risicogroep.

Noot: ¹ zwakke presteerder op letterkennis, ² zwakke presteerder op letterkennis en verbale vlotheid, ³ zwakke presteerder op letterkennis, verbale vlotheid en analyse-synthese.

Geheugentaken

In tabel 7 zijn de correlaties tussen de verschillende variabelen binnen dit onderzoek weergegeven.

Tabel 7. Correlaties tussen alle variabelen (n = 34).

Variabele	1	2	3	4	5	6
1. Letterkennis						
2. Analyse-synthese	,66*					
3. Verbale Vlotheid	,71*	,75*				
4. Utrechtse Getalbegrip Toets	,70*	,65*	,75*			
5. Stippen Tellen	,47*	,33	,46*	,49*		
6. Cijfers nazeggen	,55*	,49*	,62*	,57*	,22	
7. Woordvolgorde	,49*	,40	,59*	,65*	,34	,70*

* $p < 0,01$.

Er valt te zien dat de scores op de fonologische vaardigheden sterk correleren met zowel de scores op de Utrechtse Getalbegrip Toets als op de taken voor het verbaal korte-termijn geheugen. De correlaties tussen fonologische vaardigheden en Stippen Tellen zijn een stuk lager. De geheugentaken cijfers nazeggen en woordvolgorde correleren sterker met de UGT dan met Stippen Tellen. De correlatie tussen de verbaal korte-termijn geheugentaken en Stippen Tellen is zelfs erg laag.

In Figuur 3 valt te zien dat er een grote overlap bestaat tussen zwakke presteerders op verbaal korte-termijn geheugentaken en zwakke presteerders op fonologische vaardigheden: alle kinderen die slecht scoren op taken voor het verbaal korte-termijn geheugen scoren ook slecht op één of meerdere fonologische variabelen. Omgekeerd presteert iets meer dan de helft van de zwakke presteerders op fonologische variabelen ook slecht op het verbaal korte-termijn geheugen. Tussen zwakke presteerders op verbaal korte-termijn geheugen en zwakke presteerders op voorbereidende rekenvaardigheden is weinig overlap. Dit geldt zowel voor de UGT als voor Stippen Tellen. Verder valt op dat de kinderen die zowel slecht scoren op geheugentaken als op voorbereidende rekentaken, op meerdere fonologische vaardigheden slecht scoren.

Discussie en conclusie

De risicogroep en de controlegroep zijn elk op drie verschillende variabelen voor fonologische vaardigheden getoetst: letterkennis, analyse-synthese en verbale vlotheid. Voor al deze variabelen geldt dat de risicogroep slechter scoorde dan de controlegroep. De verschillen zijn echter voor geen van de variabelen significant. Uit analyse van individuele scores bleek dat er meer kinderen in de risicogroep zwak presteerden op de fonologische variabelen dan kinderen in de controlegroep. Alleen voor letterkennis was dit verschil significant. Dit komt overeen met de literatuur waarin letterkennis wordt beschreven als een van de beste voorspellers van latere leesvaardigheid (De Jong & Van der Leij, 1999; Pennington & Lefly, 2001). Verder bleek dat zwakke prestaties op analyse-synthese en verbale vlotheid alleen voorkwamen in combinatie met zwakke prestaties op letterkennis. Zwakke presteerders op letterkennis konden wel op zichzelf voorkomen. Indien er vanuit wordt gegaan dat letterkennis een goede voorspeller is voor latere leesvaardigheid dan betekent dit dat de taken Analyse-Synthese en Verbale Vlotheid een lage sensitiviteit hebben voor latere dyslexie. Dit wil zeggen dat ze niet altijd een tekort aantonen op het moment dat er sprake is van dyslexie. Toekomstig onderzoek over het voorkomen van dyslexie bij de geteste kinderen zal dit moeten uitwijzen. In dit onderzoek is de diagnose dyslexie nog niet gesteld, waardoor alleen verschillen tussen kinderen met een genetisch risico op dyslexie en controlekinderen konden worden vergeleken. Niet alle kinderen in de risicogroep zullen uiteindelijk dyslectisch blijken te zijn. Dit zou een mogelijke verklaring kunnen zijn voor het feit dat de meeste gevonden verschillen niet significant zijn.

Risicokinderen scoorden significant slechter dan de controlekinderen op de Utrechtse Getalbegrip Toets. Daarnaast werden er sterke correlaties gevonden tussen de scores op de variabelen voor fonologische vaardigheden en de scores op de getalbegripstoets. Verder bleek dat naarmate kinderen op meer fonologische vaardigheden zwak presteerden, de kans groter was (3/5) dat dezelfde kinderen ook zwak presteerden op de toets voor getalbegrip. Op de Stippen Tellen test van de Dyscalculiescreener werden geen verschillen tussen de risicogroep en de controlegroep gevonden. Dit gold zowel voor de reactietijden als voor het percentage correcte antwoorden. De factor 'aantal stippen' was in beide gevallen wel significant; naarmate er meer stippen waren, werd de reactietijd langer en het percentage goede antwoorden werd kleiner. Het feit dat er wel verschil is gevonden tussen de risicogroep en de controlegroep bij de Utrechtse Getalbegrip Toets en niet bij de Stippen Tellen test van de Dyscalculiescreener is mogelijk te verklaren door grote variatie in de scores van de Stippen Tellen test in beide groepen. Butterworth (2003) geeft aan dat de scores van jonge kinderen op de Stippen Tellen test een grotere spreiding vertonen dan die van oudere kinderen. De Dyscalculiescreener is volgens hem betrouwbaarder voor kinderen van 7 jaar of ouder. In dit onderzoek waren de kinderen rond de 6 jaar. Bovendien was er vanwege de jonge leeftijd van de kinderen maar één testonderdeel van de Dyscalculiescreener geschikt, terwijl Butterworth voor een goede diagnose afname van minimaal 2 testonderdelen adviseert. Daarnaast was de power van de uitgevoerde statistische analyses erg laag, hetgeen inhoudt dat de kans op het vinden van verschillen klein is. Bij een onderzoekspopulatie met een grotere omvang, is de kans op het vinden van significante verschillen groter.

Uit analyse van de individuele scores blijkt dat 50% van de kinderen dat zwak presteert op één of meerdere fonologische variabelen, ook zwak presteert op de Utrechtse Getalbegrip Toets en/of op de Stippen Tellen test. Dit betekent dat er reeds op jonge leeftijd een verband bestaat tussen beperkingen van de voorlopers van leesvaardigheid en beperkingen van de voorlopers van rekenvaardigheden. Uit een groot-schalige studie van Badian (1983) bleek dat 56% van de kinderen met leesproblemen slecht scoorden op rekentaken. Dit percentage komt in grote mate overeen met het percentage van 50% dat in dit onderzoek is gevonden.

Er werd een matig verband gevonden tussen de scores op de taken voor het verbaal korte-termijn geheugen (Cijfers nazeggen en Woordvolgorde) en scores op de verschillende taken voor fonologische vaardigheden. Analyse van individuele scores liet zien dat voor iets minder dan de helft van de kinderen die zwak presteren op één of meerdere fonologische variabelen geldt dat zij ook zwak presteren op het verbaal korte-termijn geheugen. Dit komt overeen met de resultaten van De Bree, Wilsenach en Gerrits (2004), die 4-jarige risicokinderen op voorwaartse getalspanne onderzochten.

Het verband tussen het verbaal korte-termijn geheugen en de Utrechtse Getalbegrip Toets was matig. Verder bleek dat het verband tussen het verbaal korte-termijn geheugen en de Stippen Tellen test van de Dyscalculiescreener zwak was. Overlap

van lage scores op het verbaal korte-termijn geheugen en lage scores op één van de taken voor voorbereidende rekenvaardigheden kwam in slechts enkele gevallen voor. Er is dus weinig bewijs gevonden voor een verband tussen het verbaal korte-termijn geheugen en voorbereidende rekenvaardigheden. Ook Geary et al. (2000) en Van der Sluis, Van der Leij & De Jong (2005) vonden bij kinderen met zowel lees- als rekenproblemen geen kleinere voorwaartse geheugenspanne dan bij kinderen met normaal ontwikkelde lees- en rekenvaardigheden. Bovendien bleek eerder al dat uitkomsten van onderzoeken naar de rol van de fonologische lus van het werkgeheugen bij rekenproblemen tegenstrijdig zijn. De resultaten van dit onderzoek lijken aan te sluiten bij onderzoeken waarbij er geen verschillen in capaciteit van de fonologische lus bij kinderen met rekenproblemen gevonden werden (Bull & Johnston, 1997; McLean en Hitch, 1999).

Problemen met het verbaal korte-termijn geheugen en problemen met voorbereidende rekenvaardigheden komen beide voor bij de kinderen met verminderde fonologische vaardigheden. De problemen komen echter vaker los van elkaar voor dan tegelijkertijd. Daar komt bij dat er geen verband is gevonden tussen het verbaal korte-termijn geheugen en voorbereidende rekenvaardigheden. Deze resultaten bieden daarom geen ondersteuning om een tekort aan capaciteit van de fonologische lus als oorzaak van de co-morbiditeit tussen dyslexie en dyscalculie te beschouwen. Deze resultaten zijn echter gebaseerd op een zeer klein aantal kinderen en het is niet bekend hoe deze vaardigheden zich in de toekomst zullen ontwikkelen. Deze conclusies moeten daarom beschouwd worden als voorlopige conclusies, die verder onderzoek behoeven.

Klinische implicaties

Kinderen met zowel dyslexie als dyscalculie ondervinden ernstige beperkingen in didactische ontwikkeling. Vroege diagnostiek is daarom van groot belang en kan mogelijk de ernst van de stoornissen en de verdere gevolgen beperken. Eén van de problemen van dyslexie en dyscalculie is dat de stoornissen op dit moment pas laat kunnen worden gediagnosticeerd. Wanneer de kinderen beginnen met leren lezen en rekenen komen de eerste problemen aan het licht. Aangezien er sprake moet zijn van een hardnekkige achterstand in de leesvaardigheid en/of rekenvaardigheid, die niet valt te verklaren uit een andere stoornis of uit onvoldoende didactische begeleiding, wordt de diagnose dyslexie pas op 8- à 9-jarige leeftijd gesteld. Ook de diagnose dyscalculie kan pas na enkele jaren rekenonderwijs gesteld worden. Voor veel kinderen wordt hierdoor pas op het moment dat er al problemen zijn ontstaan, hulp geboden. Het is daarom van groot belang dat kinderen met een genetisch verhoogd risico op dyslexie en/of dyscalculie vanaf zeer jonge leeftijd goed worden gevolgd in hun ontwikkeling om problemen vroegtijdig te kunnen signaleren.

Kennis over het verband tussen de beide stoornissen en geheugenproblemen draagt bij aan het tijdig stellen van de juiste diagnose. Indien bekend is of lees- en/of rekenproblemen geheugenproblemen veroorzaken of juist het omgekeerde, kan dit

een extra aanwijzing bieden bij het stellen van de diagnose. Onderzoek bij zeer jonge kinderen, zoals hier beschreven, kan hiertoe extra aanwijzingen bieden.

Summary

Developmental dyslexia is a specific disorder that causes reading- and spelling difficulties. Research has demonstrated that dyslexia often coincides with dyscalculia, a specific arithmetical disorder. The present study was undertaken to see whether the comorbidity of dyslexia and dyscalculia can also be found at a young age. We also examined whether a possible correlation could be explained by a deficit in the phonological loop of the working memory. Therefore, phonological skills, preparatory arithmetical skills and phonological loop capacity of the working memory of 23 children with a genetic risk to develop dyslexia were compared to that of 11 control children. All children were about 6 years old. Results show that relatively more at-risk children were poor performers on recognizing and naming letters. The at-risk group scored lower at understanding of number concepts. In addition, there was a co-occurrence between phonological deficits and deficits in preparatory arithmetical skills. However, this could not be explained by a deficit in the phonological loop of the working memory. The findings emphasize the concern of early diagnosis since there are children who have multiple learning problems at a young age.

Dankwoord

Graag bedanken we de kinderen en hun ouders die met grote inzet aan dit onderzoek hebben meegewerkt. Ook gaat onze dank uit naar Debby Stinstra-Rijk en Marieke van Herten voor hun hulp bij het opzetten en uitwerken van het onderzoek.

Dit onderzoek werd verricht in het kader van het ‘Dutch Dyslexia Programme’, gefinancierd door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

Referenties

- Aarnoutse, C., Leeuwe, J. van & Verhoeven, L. (2005). Early literacy from a longitudinal perspective. *Educational Research and Evaluation*, 11, 253 – 275.
- American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (Fourth Edition)*. Washington DC, American Psychiatric Association.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Badian, N.A. (1983). Dyscalculia and nonverbal disorders of learning. In Myklebust, H. (ed.), *Progress in learning disabilities*, Stratton, New York, pp. 235-264.

- Badian, N.A. (1999). Persistent arithmetic, reading, or arithmetic and reading disability. *Annals of dyslexia*, 49, 45-70.
- Bree, E. de, Wilsenach, C. & Gerrits, E. (2004). Fonologische verwerking en fonologisch werkgeheugen van kinderen met taalproblemen. *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 12, 172-186.
- Bull, R. & Johnston, R.S. (1997). Children's arithmetical difficulties: Contributions from processing speed, item identification, and short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65, 1-24.
- Butterworth, B. (2003). *Dyscalculia screener*. London: NFER Nelson publishing Company Ltd.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46, 3-18.
- Durand, M., Hulme, C., Larkin, R. & Snowling, M. (2005). The cognitive foundations of reading and arithmetic skills in 7- to 10-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91, 113-136.
- Elbro, C., Borstrøm, I. & Petersen, D.K. (1998). Predicting dyslexia from kindergarten: The importance of distinctness of phonological representations of lexical items. *Reading Research Quarterly*, 33, 36-60.
- Geary, D.C. (1993). Mathematical disabilities: Cognition, neuropsychological and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114, 345-362.
- Geary, D.C., Hoard, M.K. & Hamson, C.O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 213-239.
- Geary, D.C., Hamson, C.O. & Hoard, M.K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 236-263.
- Grigorenko, E.L. (2001). Developmental Dyslexia: An Update on Genes, Brains, and Environments. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 42, 91-125.
- Helland, T. & Asbjørnsen, A. (2004). Digit Span in Dyslexia: Variations According to Language Comprehension and Mathematics Skills. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26, 31-42.
- Hitch, G.J. & McAuley, E. (1991). Working memory in children with specific arithmetical learning disabilities. *British Journal of Psychology*, 82, 375-386.
- Jeffries, S. & Everatt, J. (2004). Working Memory: Its role in dyslexia and other specific learning difficulties. *Dyslexia*, 10, 196-214.
- Jong, P.J. de & Leij, A. van der (1999). Specific contributions of phonological abilities to early reading acquisition: Results from a Dutch latent variable longitudinal study. *Journal of educational psychology*, 91, 450-476.
- Jong, P.J. de & Leij, A. van der (2003). Developmental changes in the manifestation of a phonological deficit in dyslexic children learning to read a regular orthography. *Journal of Educational Psychology*, 95, 22-40.
- Kaufman, A.S. & Kaufman, N.L. (2004). Kaufman assessment battery for children second edition: Technical manual. Circle Pines, MN: American Guidance Service.
- Kaufman, E.L., Lord, M.W., Reese, T.W. & Volkman, J. (1949). The discrimination of visual number. *American Journal of Psychology*, 62, 498-525.
- 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.

- Leij, A., van der, Struiksmā A.J.C., Ruijssenaars A.J.J.M., Verhoeven L., Kleijnen R., Henne-
man K., et al. (2004). *Diagnose van dyslexie*. Brochure van de Stichting Dyslexie Neder-
land.
- Lewis, C., Hitch, G.J. & Walker, P. (1994). The prevalence of specific arithmetic difficulties
and specific reading difficulties in 9- and 10-year-old boys and girls. *Journal of Child Psy-
chology and Psychiatry*, 35, 283–292.
- Luit, J.E.H. van, Rijt, B.A.M. van de & Pennings, A.H. (2005). *Utrechtse Getalbegrip Toets*.
Doetinchem: Graviant (derde druk).
- McLean, J.F. & Hitch, G.J. (1999). Working memory impairments in children with specific
arithmetical difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 240–260.
- Miles, T.R., Haslum, M.N. & Wheeler, T.J. (2001). The mathematical abilities of dyslexic 10-
year-olds. *Annals of dyslexia*, 51, 299–321.
- NWO: Identifying the core features of developmental dyslexia: A multidisciplinary approach
http://www.nwo.nl/nwohome.nsf/pages/NWOA_6NZHH9.
- Pennington, B.F. & Lefly, D.L. (2001). Early reading development in children at family risk for
dyslexia. *Child Development*, 72, 816–833.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S.C., Day, B.L., Castelotte, J.M., White, S., & Frith, U. (2003).
Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults.
Brain, 126, 842–865.
- Sluis, S. van der, Leij, A., van der & Jong, P.F. de (2005). Working memory in Dutch children
with reading- and arithmetic-related LD. *Journal of learning disabilities*, 38, 207–221.
- Snowling, M.J. (2000). *Dyslexia*. Oxford: Blackwell.