

# De spraakperceptie van kinderen met een genetisch risico voor dyslexie

Ellen Gerrits

*Afdeling Keel-, Neus- en Oorheelkunde, Academisch Ziekenhuis Maastricht*

In recent onderzoek wordt steeds meer evidentie gevonden voor een relatie tussen dyslexie en taalstoornissen. De symptomen in gesproken en geschreven taal overlappen elkaar en er worden dezelfde onderliggende oorzaken verondersteld. Eén van de hypothesen is dat dyslexie en taalontwikkelingsstoornissen verschillende verschijningsvormen zijn van dezelfde onderliggende stoornis in de spraakperceptie. Deze hypothese werd getoetst middels een onderzoek naar de klankwaarneming van jonge kinderen met een genetisch risico voor dyslexie en jonge kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis. De resultaten bevestigen de hypothese: beide groepen kinderen zijn minder consistent in het classificeren van spraakklanken dan de controlegroep. Het effect is foneem-specifiek en geldt alleen voor klanken die perceptueel moeilijk van elkaar te onderscheiden zijn, zoals plofklanken. Er wordt beargumenteerd dat een spraakperceptiestoornis één van de componenten is van een *Multiple-Risk Model* dat ten grondslag ligt aan dyslexie en specifieke taalontwikkelingsstoornissen.

## Introductie

Voor de meeste kinderen in groep 3 is het leren lezen niet anders dan het leren van een andere schoolse vaardigheid, zoals rekenen. Voor sommige kinderen echter start op dat moment een jarenlange strijd met letters en geschreven woorden. Dit zijn de kinderen met dyslexie. Dyslexie is een neurologische stoornis van genetische oorsprong (Galaburda, 1989; Grigorenko, 2001; Paulesu et al., 2001). Deze stoornis manifesteert zich door ernstige lees- en spellingsproblemen die vaak persistent zijn gedurende het hele leven. Ondanks jarenlang en intensief onderzoek is er nog steeds discussie over de onderliggende cognitieve oorzaken van dyslexie (Miles & Miles, 2001). Eén van de oorzaken die wordt voorgesteld is een onderliggende stoornis in de spraakperceptie (o.a. Joanisse et al., 2000; Mody et al., 1997; Studdert-Kennedy, 2002). Dit artikel beschrijft een onderzoek waarbij deze hypothese getoetst werd bij jonge kinderen (3 jaar) met een genetisch risico voor dyslexie (deze kinderen hadden ten-

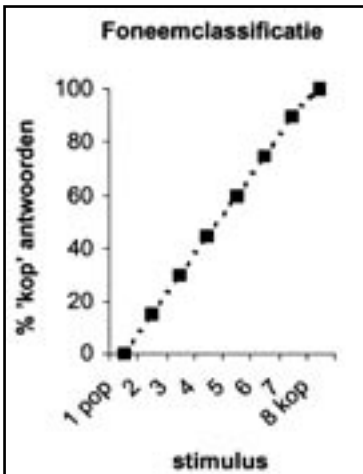
minste één dyslectische ouder). De spraakperceptie van deze zogenaamde ‘risicokinderen’ werd vergeleken met die van kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis. Een vergelijking tussen kinderen met een risico voor ontwikkelingsdyslexie en kinderen met specifieke taalontwikkelingsstoornissen is interessant om de volgende redenen:

- Uit retrospectief onderzoek blijkt dat dyslectische kinderen vaak taalontwikkelingsproblemen hebben gehad op jongere leeftijd (Goulandris et al. 2000; Scarborough, 1990).
- Kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis hebben vaak lees- en spelingsproblemen (Catts, 1993; Catts et al., 2001; Leonard, 1998; Snowling et al., 2000).
- Er is een overlap van ongeveer 50% tussen beide groepen kinderen wanneer resultaten worden vergeleken van gestandaardiseerde taal- en leestesten (McArthur et al., 2000).
- Er wordt verondersteld dat dyslexie en taalontwikkelingsstoornissen worden veroorzaakt door een stoornis in de spraakperceptie (Joanisse et al., 2000; Joanisse & Seidenberg, 1998; Mody et al., 1997; Studdert-Kennedy, 2002).
- Uit spraakperceptieonderzoek komen bij kinderen met dyslexie of een specifieke taalontwikkelingsstoornis vergelijkbare afwijkende resultaten naar voren (Maassen et al., 2001; Mody et al., 1997; Nitttrouer, 1999; Plaza & Rigouard, 2001; Steffens et al., 1992; Sussman, 1993; Tallal & Stark, 1981).

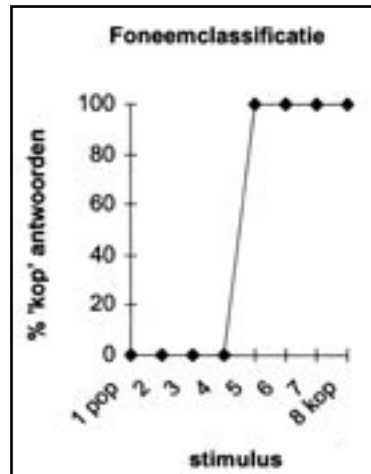
Op basis van de bevindingen van studies met ‘oudere’ kinderen met dyslexie of specifieke taalontwikkelingsstoornissen wordt verwacht dat de spraakperceptie van jonge kinderen met dyslexierisico overeenkomsten vertoont met die van jonge kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis. In de huidige studie werd deze hypothese getoetst middels een onderzoek naar de verwerving van categorieën voor spraakklanken in het langetermijngeheugen (foneemcategorieën). Fonemen zijn de kleinste betekenisonderscheidende elementen van taal, bijvoorbeeld in ‘peer’ versus ‘beer’. Om een gesproken woord te begrijpen moeten we eerst bepalen uit welke spraakklanken het bestaat. Dat is minder eenvoudig dan het lijkt. Er is namelijk veel variatie in de uitspraak van iedere [p], [t], [k] etc. die we waarnemen, door verschillen tussen sprekers, de invloed van omringende klanken, en door tal van andere factoren. Toch kunnen we al die verschillende realisaties moeiteloos als [p], [t], [k], etc. classificeren. We noemen dit *categorische spraakperceptie*. Categorische spraakperceptie betekent dat de luisteraar heeft geleerd om een abstractie te maken van het akoestische signaal en alleen informatie gebruikt die nodig is om spraak te begrijpen: de auditieve input wordt omgezet naar taalspecifieke fonemen. Welke foneemcategorieën in de moedertaal van belang zijn, leren kinderen gewoonlijk heel jong, ruim voordat ze zelf gaan praten.

### *Categorische spraakperceptie*

De aard van foneemcategorieën in het langetermijngeheugen is reeds veelvuldig bestudeerd. Het paradigma dat hiervoor gebruikt wordt is foneemclassificatie met als stimulusmateriaal een akoestisch continuüm tussen twee spraakklanken. De uitspraakvarianten van een foneem worden nagebootst met een computerprogramma dat de akoestische kenmerken van een klank geleidelijk verandert in de akoestische kenmerken van een andere klank. De doelfonemen verschillen meestal slechts in één onderscheidend kenmerk, zoals in /p/ versus /k/, plaats van articulatie. In een luisterexperiment wordt de luisteraar gevraagd elke stimulus te classificeren. In figuur 1 staan fictieve classificatieresultaten van een continuüm tussen /p/ en /k/ in de woorden 'pop' en 'kop'. De classificatiefunctie representeert het percentage 'kop' antwoorden voor elke stimulus. Wanneer de perceptieve beoordeling van de luisteraars een weerspiegeling is van de akoestische verschillen tussen de stimuluswoorden in het continuüm zijn de resultaten zoals in dit in voorbeeld: continue perceptie.



Figuur 1. Een gestileerde weergave van continue spraakperceptie.



Figuur 2. Een gestileerde weergave van categorische spraakperceptie.

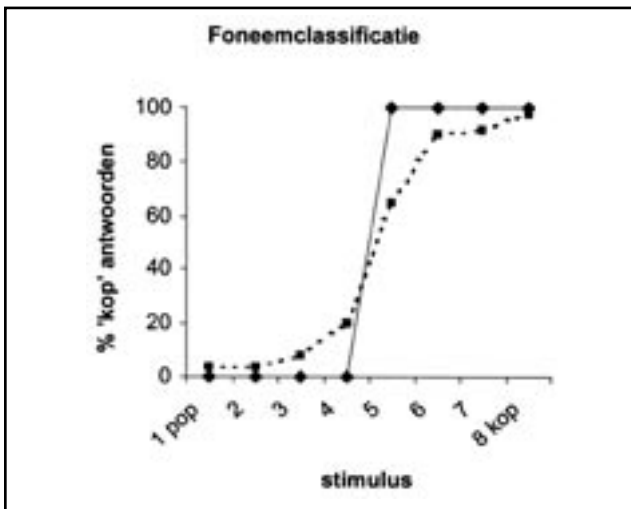
In de werkelijkheid zullen de resultaten van een dergelijk experiment echter veel meer lijken op het voorbeeld in figuur 2: categorische perceptie (Gerrits, 2001). In deze figuur is te zien dat stimulus 1-4 worden waargenomen als 'pop', en stimulus 5-8 als 'kop'. De luisteraar beslist dat het akoestische continuüm verdeeld kan worden over twee perceptieve categorieën met een abrupte foneemgrens tussen stimulus 4 en 5. Deze categorische waarneming is een mechanisme dat ervoor zorgt dat de spraakverwerking van de luisteraar snel en efficiënt verloopt. Het is namelijk niet effectief om waar te nemen dat stimulus 3 op /p/ lijkt maar ook een beetje op /k/ (zoals gebeurt in figuur 1, continue perceptie). De luisteraar richt zich alleen op verschillen tussen klanken die betekenisonderscheidend zijn en negeert verschillen in uitspraak.

### *Categorische spraakperceptie en dyslexie*

Hoe zit het nu met de categorische perceptie van kinderen en volwassenen met dyslexie? In talloze dyslexiestudies is de perceptie bestudeerd van een continuüm tussen twee plofklanken. Er is een opmerkelijk overeenstemming in de vorm van de classificatiecurven die gepresenteerd worden (o.a. Adlard & Hazan, 1998; Gibbs, 1996; Godfrey et al., 1981; Maassen et al., 2001; Manis et al., 1997; Werker & Tees, 1987). In figuur 3 wordt een voorbeeld gegeven van een gestileerde classificatiefunctie van een groep luisteraars met dyslexie en een controlegroep.

De curve van de dyslexiegroep is vlakker dan die van de controlegroep. Een vlakker curve betekent dat de categorische perceptie minder consistent is. Er zijn meer ambigue klanken, met name rond de foneemgrens. De dyslectische luisteraar twijfelt meer wanneer hij moet beoordelen welke klank hij heeft gehoord. Blijkbaar is er meer overlap tussen de foneemcategorieën, dus minder foneemcontrast, en zijn de foneemcategorieën minder gespecificeerd.

Hoe verloopt de categorische perceptie van veel jongere kinderen met een genetisch predispositie voor dyslexie? Hierover is nog niets bekend. Er is één studie waarbij de spraakdiscriminatie is onderzocht. Richardson et al. (2003) leerden risicobaby's van 6 maanden oud een hoofd draai te maken wanneer de auditieve stimulus 'atta' veranderde in 'ata'. Uit de resultaten van deze discriminatietask bleek dat de controlebaby's vaker reageerden op de nieuwe stimulus dan de risicobaby's. De onderzoekers concluderen dat kinderen met een risico voor dyslexie al op heel jonge leeftijd milde spraakperceptieproblemen hebben en dat deze problemen een vroeg signaal kunnen zijn van dyslexie.



Figuur 3. Een gestileerde weergave van categorische spraakperceptie (doorgetrokken curve) van gemiddeld lezende luisteraars plus een gestileerde weergave van categorische perceptie van volwassenen en kinderen met dyslexie (onderbroken lijn).

Het doel van de huidige studie was de waarneming van spraakklanken te bestuderen bij driejarige kinderen met een risico voor dyslexie en daarnaast de klankwaarneming van deze risicokinderen te vergelijken met die van kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis.

## **Methode**

### ***Proefpersonen***

De luisterexperimenten werden uitgevoerd met drie groepen kinderen.

- 15 risicokinderen (gemiddeld 3;10 jaar oud)
- 8 kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis (gemiddeld 4;2 jaar oud)
- 19 controlekinderen (gemiddeld 3;11 jaar oud)

De leeftijdsspreiding binnen de groepen was +/- 3 maanden van de gemiddelde leeftijd. De risicokinderen hadden tenminste één dyslectische ouder. Volgens Grigorenko (2001) is er een kans van 40-60% dat een kind uit een familie waarin dyslexie voorkomt, zelf ook dyslectisch is. Het erfelijkheidsrisico varieert als functie van aantal familieleden met dyslexie en geslacht van kind en familielid. Deze kinderen werden geworven via een oproep aan ouders in kranten en tijdschriften. De kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis werden geselecteerd via scholen voor kinderen met ernstige spraak- en taalmoeilijkheden (cluster 2 ESM-scholen). In de groep kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis kwamen geen familiale dyslexie, verbale ontwikkelingsdyspraxie en/of autisme-spectrum-stoornissen voor. De controlekinderen werden geworven via peuterspeelzalen in Utrecht. Bij de controlekinderen kwamen geen dyslexie of taalproblemen in de familie voor.

### ***Stimulusmateriaal***

Het stimulusmateriaal bestond uit twee stimulusreeksen: een continuüm tussen twee plofklanken en een continuüm tussen twee vocalen. In de literatuur wordt vrijwel altijd een plofklankcontinuüm gebruikt. Om te onderzoeken of de problemen in de spraakperceptie foneemspecifiek zijn, werd in de huidige studie ook een vocaalcontinuüm aangeboden.

- plofklankcontinuüm tussen /p/ en /k/ in de woorden ‘pop’ en ‘kop’
- vocaalcontinuüm tussen /a/ en /a/ in de woorden ‘zaak’ en ‘zak’

Er werd gekozen voor betekenisvolle stimuluswoorden in plaats van de gebruikelijke nonsenssyllaben (vb. ‘pa’-‘ka’) om de respons eenvoudiger te maken voor jonge kinderen. De kinderen werd gevraagd na elk stimuluswoord één van twee afbeeldingen aan te wijzen. Deze non-verbale respons had ook als voordeel dat er geen bias in de antwoorden kon optreden door problemen in de spraakproductie, die verwacht kunnen worden bij met name de kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis.

De doelwoorden werden ingesproken door een mannelijke spreker. Het continuüm werd gegenereerd met behulp van interpolatie tussen de spectrale omhullenden van de twee doelwoorden (zie van Hessen & Schouten, 1999). De grondfrequentie werd constant gehouden en bepaald door de gemiddelde  $F_0$  in ‘pop’ en ‘zaak’. In het vocaalcontinuüm werd ook de duur van de vocaal gemanipuleerd: de duur van de /a/ werd in stappen van 15 milliseconden verkort tot de duur van de /a/. Elk continuüm bestond uit 6 stappen en dus 7 stimuli. De interpolatie resulteerde in heel natuurlijk klinkende stimuluswoorden die duidelijk te herkennen waren als uitingen van de oorspronkelijke spreker.

### **Taak**

De taak was een *two-alternative forced-choice* classificatietaak. Elke stimulus werd 6x herhaald. De volgorde was gerandomiseerd in 3 lijsten.

### **Procedure**

De kinderen werden eerst vertrouwd gemaakt met de apparatuur. Het experiment bestond uit twee trainingsfasen en een testfase:

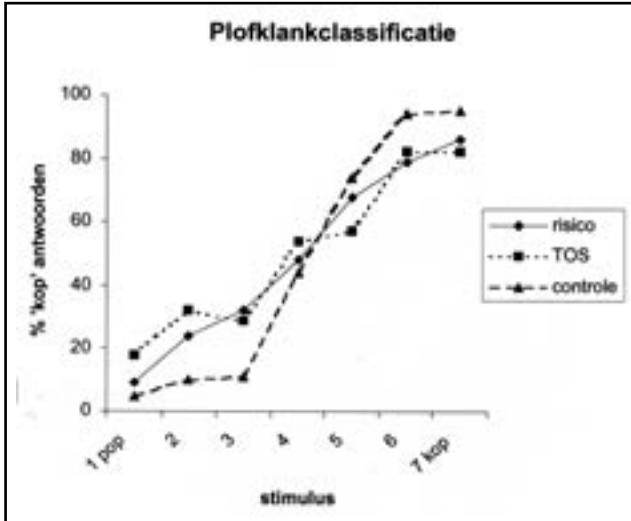
1. Training (1): ‘live’ oefenen van benoemen van twee afbeeldingen.
2. Training (2): classificatie door aanwijsrespons van de eerste en de laatste stimulus van het continuüm (elk 4x), aangeboden via laptop en hoofdtelefoon. Indien een kind het trainingscriterium van 75% goede antwoorden niet haalde werd het experiment afgebroken.
3. Test: classificatie (door aanwijsrespons) van willekeurig gekozen stimulus van het continuüm, aangeboden via laptop en hoofdtelefoon. Wanneer een kind ongeconcentreerd was tijdens de testfase werd het experiment afgebroken.

Het experiment werd uitgevoerd in het Language Acquisition Lab van de Universiteit Utrecht, op locatie in ESM-scholen en in peuterspeelzalen in Utrecht.

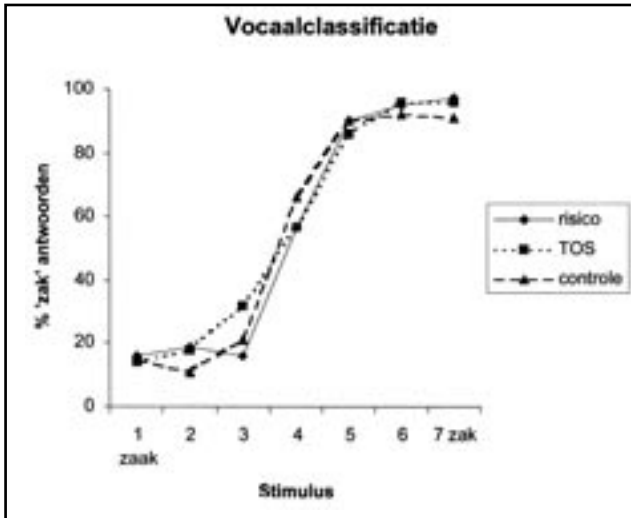
### **Resultaten**

De classificatieresultaten zijn weergegeven in figuren 4 en 5. In figuur 4 staat het percentage /kɔp/ antwoorden van de drie groepen kinderen voor elke stimulus.

In de figuur is te zien dat de helling van de classificatiefuncties van de risicokinderen en de kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis vlakker is dan die van de controlekinderen. Dit betekent dat de plofklankperceptie van de risicokinderen en de kinderen met een taalontwikkelingsstoornis minder categorisch is dan die van de controlekinderen. De resultaten van de risico- en taalstoornisgroep zijn zelfs beter te omschrijven als een continue functie, zoals in het voorbeeld in figuur 1. Deze continue waarneming heeft als gevolg dat er voor de risico- en taalgestoorde kinderen meer ambigue stimuli zijn en dus meer fouten in de beslissing tussen /p/ en /k/. De groepsverschillen worden bevestigd door de statistische analyse.



Figuur 4. Classificatiefuncties van de risicokinderen, kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis en controlekinderen



Figuur 5. Classificatiefuncties van de risicokinderen, kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis en controlekinderen.

Er werd een analyse uitgevoerd op basis van modellering van de curve met percentage /kɒp/ antwoorden als afhankelijke variabele. De onafhankelijke factoren in het

model waren Groep, Stimulus en Leeftijd. In het model hadden de factoren Groep (risico en taalontwikkelingsstoornis), Stimulus een statistisch significant ( $p < 0,01$ ) effect op foneemclassificatie. Er was tevens een significante interactie tussen Groep en Stimulus ( $p < 0,01$ ). Er was een significant verschil ( $p = 0,042$ ) in steilheid van de helling van de classificatiecurven van de controlegroep versus de risicogroep en de groep kinderen met taalstoornis (resp. 17,5 - 11,0 - 11,6). In de figuur is tevens te zien dat de eerste en laatste stimulus van de reeks minder consistent gelabeld wordt door de risico- en de taalstoornisgroep dan door de controlekinderen. Deze verschillen zijn echter niet statistisch significant.

De resultaten van de vocalen, het /zak-/zak/, continuüm worden weergegeven in figuur 5. In de figuur is te zien dat de drie classificatiefuncties elkaar overlappen wat suggereert dat er geen verschillen zijn tussen de drie groepen kinderen. Dit wordt bevestigd door de statistische analyse. De categorieën van deze twee vocalen zijn voor de drie groepen kinderen even duidelijk gespecificeerd. Er werd een analyse uitgevoerd op basis van modellering van de curve met het percentage /zak/ antwoorden als afhankelijke variabele. De onafhankelijke factoren in het model waren Groep, Stimulus en Leeftijd. In het model had alleen de factor Stimulus een statistisch significant ( $p < 0,01$ ) effect op foneemclassificatie.

## Discussie en conclusie

In deze studie werd aangetoond dat er bij jonge risicokinderen en kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis sprake is van spraakperceptieproblemen. De resultaten laten zien dat beide groepen minder consistent zijn in de classificatie van spraakklanken dan de controlegroep. Dit resultaat is foneemspecifiek (zie ook Maassen et al., 2001): de perceptie van foneemcontrasten met kleine akoestische verschillen, zoals plofklanken, is aangedaan, maar de perceptie van contrasten met relatief grote akoestische verschillen, zoals vocalen verloopt normaal. Dit duidt op een 'milde' spraakperceptiestoornis. In de literatuur wordt gewaarschuwd voor co-morbiditeit van ADHD en dyslexie en de hieruit volgende negatieve invloed op uitkomsten van psychofysische experimenten (o.a. Breier et al., 2003). In het vocaalexperiment zijn de classificatiefuncties van de drie groepen kinderen echter gelijk. Dit betekent dat de plofklankresultaten van de risico- en specifieke taalontwikkelingsstoornisgroep veroorzaakt worden door een afwijkende perceptie en niet door factoren zoals verminderde concentratie.

De spraakperceptieresultaten van de 3-jarige risicokinderen sluiten aan bij de bevindingen in het discriminatieonderzoek bij 6-maanden oude risicobaby's door Richardson et al. (2003). Daarnaast is er een grote overeenkomst in de afwijking in de classificatiefuncties van de risicokinderen en kinderen met een specifieke taalontwikkelingsstoornis met die van oudere kinderen met dyslexie of taalstoornissen in de literatuur: de klinische groep heeft een vlakkere curve dan de controlegroep (o.a. Maassen



et al., 2001; Sussman, 1993). De conclusie lijkt evident: dyslexie en taalstoornissen worden veroorzaakt door een onderliggende stoornis in de spraakperceptie.

Hoe beïnvloedt een spraakperceptiestoornis de taalverwerving en het leren lezen? Volgens Werker & Tees (1987), Snowling (2001) en Studdert-Kennedy (2002) is er sprake van een kettingreactie. Werker & Tees (1987) en Snowling (2001) menen dat 'minder robuuste' foneemrepresentaties of 'instabiele' mentale representaties leiden tot problemen in het uitvoeren van complexe talige taken, zoals het lezen. Zij gaan ervan uit dat minder robuuste foneemrepresentaties problemen veroorzaken bij de fonologische analyse van woorden en het koppelen van klanken aan letters. Studdert-Kennedy (2002) veronderstelt dat een probleem met de spraakwaarneming leidt tot 'fuzzy' of ondergespecificeerde foneemrepresentaties in het langetermijngeheugen en tot een zwak verbaal kortetermijngeheugen. Dit veroorzaakt problemen in het decoderen van spraak en in het koppelen van klanken aan de letters en dus het lezen en spellen. Hoewel deze modellen plausibel lijken is de empirische evidentie voor deze relaties helaas gering. Onderzoek in de toekomst moet inzichtelijk maken of milde spraakperceptieproblemen de oorzaak kunnen zijn van twee stoornissen die gekenmerkt worden door een grote mate van complexiteit en heterogeniteit. Wellicht is het waarschijnlijker dat er sprake is van een additief risico, zoals Bishop (2003) voorstelt in haar 'Multiple-Risk Model' voor specifieke taalstoornissen. Wanneer een kind een genetisch risico heeft voor dyslexie of een taalontwikkelingsstoornis, relatief laat is met de eerste woordjes en moeite heeft met categorische spraakperceptie lijkt het waarschijnlijker dat er taal/leesproblemen zullen ontstaan dan wanneer het kind slechts uitvalt op één van de genoemde aspecten. Bishop pleit daarom voor breed en longitudinaal onderzoek naar de oorzaken van dyslexie en taalontwikkelingsstoornissen. Dit belang wordt ondersteunt door de voorlopige resultaten van het project *'Early language development in Specific Language Impairment and dyslexia: A prospective and comparative study'* van de Universiteit Utrecht waar dit een deelonderzoek van is. Uit experimenten gericht op de morfologie, syntaxis, fonologie, semantiek en spraakperceptie blijkt unaniem dat risicokinderen minder goed presteren dan controlekinderen (Alphen et al., in press). Hierbij moet worden opgemerkt dat de familiale erfelijkheid bepaalt dat de risicogroep bestaat uit ongeveer 50% kinderen met dyslexie en 50% zonder dyslexie. Hoe deze verdeling er in werkelijkheid uitziet en wat het effect is op het groeps gemiddelde kan echter pas in een later stadium van het onderzoek bepaald worden, als de risicokinderen leren lezen. Op dit moment duiden de gezamenlijke resultaten van de driejarige risicokinderen op een breed scala aan 'milde' taalontwikkelingsproblemen. Dit betekent dat onderzoek naar alleen spraakperceptie niet voldoende is om dyslexie of taalontwikkelingsstoornissen te begrijpen. Voor de (vroeg)diagnostiek en (vroeg)behandeling van dyslexie is het van groot belang dat de gehele taalvaardigheid in kaart gebracht wordt. Niet alleen de spraakperceptie of het foneembewustzijn spelen een rol bij dyslexie. De resultaten pleiten voor onderzoek en therapie op *alle* linguïstische niveaus.

## Summary

The present study investigated the relationship between dyslexia and specific language impairment (SLI) by comparing the speech perception of 3-year-old children with a genetic risk for developing dyslexia and children with SLI. Speech perception was studied with two listening tasks, a phoneme identification task with minimally differing word pairs, and a categorical perception task with a stimulus continuum between a stop-consonant contrast and a vowel contrast. Results demonstrated that both the at-risk group en SLI group had more difficulty with the identification and categorisation of speech sounds than the control group. The findings support the view that dyslexia and SLI might be caused by the same underlying speech perception deficit. This study further shows that the perceptual performance of the at-risk children is highly similar to that of older dyslexic children and adults and therefore might be an early sign of the inherited disorder.

## Dankwoord

Ik wil mijn collega's van het project 'Early language development in Specific Language Impairment and dyslexia: A prospective and comparative study' hartelijk danken voor hun hulp bij dataverzameling en voor waardevolle discussies over het onderzoek: Petra van Alphen, Elise de Bree, Jan de Jong, Frank Wijnen, Carien Wilsenach en Marjolein van Woudenberg. Mickey Chenault dank ik voor haar hulp bij de statistiek. Dit onderzoek werd gefinancierd door NWO (programma 360-70-030) en het Utrecht Institute of Linguistics OTS, Universiteit Utrecht.

## Referenties

- Adlard, A., & Hazan, V. (1998). Speech perception in children with specific reading difficulties (Dyslexia). *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51, 153-177.
- Alphen, P. van, de Bree, E., Gerrits, E., de Jong, J., Wilsenach, C., & Wijnen, F. (in press). Early language development in children with a genetic risk of dyslexia. *Dyslexia*.
- Bishop, D.V.M. (2003). Genetic and environmental risks for specific language impairment in children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 67s1, s143-s157.
- Breier, J.I., Fletcher, J.M., Foorman, B.R., Klaas, P., & Gray, L.C. (2003). Auditory temporal processing in children with Specific Reading Disability with and without Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 31-42.
- Catts, H.W. (1993). The relationship between speech-language impairments and reading disabilities. *Journal of Speech and Hearing Research*, 36, 948-958.
- Catts, H.W., Fey, M.E., Zhang, Y., & Tomblin, J.B. (2001). Estimating the risk of future reading difficulties in kindergarten children: A research-based model and its clinical implementation. *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, 32, 38-50.
- Galaburda A.M. (1989). Ordinary and extra-ordinary brain development: Anatomical variation in developmental dyslexia. *Annals of dyslexia*, 39, 67-80.

- Gerrits, E. (2001) *The categorisation of speech sounds by adults and children*. Doctoral Thesis, Utrecht Institute of Linguistics OTS, Utrecht University.
- Gibbs, S. (1996). Categorical Speech Perception and Phonological Awareness in the Early Stages of Learning to Read. *Language & Communication*, 16, 37-60.
- Godfrey, J.J., Syrdal-Lasky, A.K., Millay, K.K., & Knox, C.M. (1981). Performance of dyslexic children on speech perception tests. *Journal of Experimental Child Psychology*, 32, 401-424.
- Goulandris, N., Snowling, M.J., & Walker, I. (2000). Is dyslexia a form of specific language impairment? A comparison of dyslexic and language impaired children as adolescents. *Annals of Dyslexia*, 50, 103-120.
- Grigorenko, E.L.(2001). Developmental dyslexia: An update on genes, brains, and environments. *Journal of Child Psychiatry and Psychology*, 42, 91-125.
- Hessen, A. van, & Schouten, M.E.H. (1999). Categorical perception as a function of stimulus quality. *Phonetica*, 56, 56-72.
- Joanisse, M.F., Manis, F.R., Keating, P., & Seidenberg, M.S. (2000). Language Deficits in Dyslexic Children: Speech Perception, Phonology, and Morphology. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 30-60.
- Joanisse, M.F., & Seidenberg, M.S. (1998). Specific Language Impairment: A Deficit in Grammar or Processing? *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 240-247.
- Leonard, L.B. (1998). *Children with specific language impairment*. Cambridge: MIT Press.
- Maassen, B., Groenen, P., Crul, T., Assman-Hulsmans, C., & Gabreëls, F. (2001). Identification and discrimination of voicing and place-of-articulation in developmental dyslexia. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 15, 319-339.
- Manis, F.R., McBride-Chang, C., Seidenberg, M.S., Keating, P. Doi, L.M., Munson, B., & Petersen, A. (1997). Are speech perception deficits associated with developmental dyslexia. *Journal of Child Experimental Psychology*, 66, 211-235.
- 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.
- Miles, T., & Miles, E. (2001). *Dyslexia, a hundred years on*. Buckingham: Open University Press.
- Mody, M., Studdert-Kennedy, M., & Brady, S. (1997). Speech perception deficits in poor readers: Auditory processing or phonological coding? *Journal of Experimental Child Psychology*, 64, 199-231.
- Nittrouer, S. (1999). Do temporal processing deficits cause phonological processing problems? *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 42, 925-942.
- Paulesu E., Demonet J-F., Fazio F., McCrory E., Chanoine V., Brunswick N., Cappa S.F., Cossu G., Habib M., Frith C.D., & Frith U. (2001). Dyslexia: Cultural Diversity and Biological Unity. *Science*, 291, 2165-2167.
- Plaza, M., & Rigouard, M.T. (2001). Phoneme discrimination and phoneme identification in French language-impaired and normally-developing children. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 15, 57-61.
- Richardson, U., Leppänen, P.H.T., Leiwo, W., & Lyytinen, H. (2003). Perception of duration in infants with high genetic risk for dyslexia. *Developmental Neuropsychology*, 23, 387-397.
- Scarborough, H.S. (1990). Very early language deficits in dyslexic children. *Child development*, 61, 1728-1734.

- Snowling, M.J. (2001). From Language to Reading and Dyslexia. *Dyslexia*, 7, 37-46.
- Snowling, M., Bishop, D.V.M., & Stothard, S.E. (2000). Is preschool language impairment a risk factor for dyslexia in adolescence? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41, 587-600.
- Steffens, M.L., Eilers, R.E., Gross-Glenn, K., & Jallad, B. (1992). Speech Perception in Adult Subjects With Familial Dyslexia. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 192-200.
- Studdert-Kennedy, M. (2002). Deficits in phoneme awareness do not arise from failures in rapid auditory processing. *Reading and Writing*, 15, 5-14.
- Sussman, J.E. (1993). Perception of formant transition cues to place of articulation in children with Language Impairments. *Journal of Speech and Hearing Research*, 36, 1286-1299.
- Tallal, P., & Stark, R.E. (1981). Speech acoustic-cue discrimination abilities of normally developing and language-impaired children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 69, 568-574.
- Werker, J.F., & Tees, R.C. (1987). Speech perception in severely disabled and average reading children. *Canadian Journal of Psychology*, 41, 48-61.