

Procesanalyse van spraakproductie bij kinderen met spraakontwikkelingsstoornissen

Margoke Nijssen¹, Frits van Brenk^{1,2}, Hayo Terband¹

¹*Utrecht Institute of Linguistics-OTS, Universiteit Utrecht*

²*Division of Speech and Language Pathology, University of Strathclyde, Glasgow*

Samenvatting

Differentiaaldiagnostiek en de behandeling van spraakontwikkelingsstoornissen (SOS) bij kinderen vormt een van de grote vraagstukken binnen het veld van de spraaktaalpathologie. Het doel van het huidige onderzoek was het ontwerpen en evalueren van een leertaak die inzicht geeft in de werking van verschillende (deel-)processen die betrokken zijn bij de verwerving van spraakklanken. Zes normaal ontwikkelende kinderen (leeftijd 4,8-7,8 jaar) en vijf kinderen met SOS (leeftijd 4,3-7,5 jaar) participeerden in een experiment dat bestond uit het aanleren van nieuwe spraakeenheden die niet behoren tot de moedertaal ([g], [ʃ], en het consonantencluster /ml/) in vijf verschillende condities van herhaling en variatie. Statistische analyse toonde een leereffect en een groepseffect, maar geen interactie tussen groep en leervermogen. De uitkomsten benadrukken de rol van prosodie bij het leren van spraakklanken en suggereren het bestaan van een wisselwerking tussen segmenteel en suprasegmenteel niveau met betrekking tot de accurateheid van de aangeleerde spraakeenheden. Gedetailleerde analyse van de individuele data van de klinische groep wijst verder uit dat de onderliggende spraakprofielen sterk variëren. De bevindingen laten zien dat het analyseren van de processen betrokken bij acquisitie van spraakeenheden bijdraagt aan de diagnostiek van SOS en aanknopingspunten biedt voor therapeutische doeleinden.

Summary

Differential diagnosis and treatment planning of speech sound disorders (SSD) is one of the major bottlenecks in the field of pediatric speech-language pathology. The current study comprised the development and evaluation of a learning task designed to provide insight in different (sub-)processes involved in the acquisition of sensori-motor representations of novel speech sound units. Six normally developing children (aged 4.8-7.8 yrs) and five children with SSD (aged 4.3-7.5 yrs) participated in the study. The learning paradigm comprised a repetition task of three speech sound units that are not present in the children's mother tongue ([g], [ʃ], and the consonant cluster /ml/) in five conditions of repetition and variation. Statistical analyses revealed significant main effects

of learning as well as significant differences between groups, but no group by learning interactions. Results highlighted the role of prosody in SSD, suggesting a trade-off between accuracy at the segmental and supra-segmental levels. Furthermore, detailed analysis of the individual data show underlying profiles to vary widely per child with SSD. These preliminary results are promising for the profiling of SSD and suggest that a detailed assessment of the acquisition of speech sound units may provide direct starting points for therapy.

Inleiding

Van alle communicatiestoornissen bij kinderen vormen spraakontwikkelingsstoornissen (SOS) de grootste groep (ongeveer 75%; Van Borsel, 2009). De groep kinderen met SOS betreft ongeveer 6% van de schoolgaande kinderen (McLeod & Harrison, 2009). Tegenwoordig is binnen de spraakontwikkelingsproblematiek een indeling in grofweg vier subgroepen gebruikelijk: een groep met voornamelijk problemen in de articulatie (fonetische stoornis), een groep met motorische plannings- en programmeringsproblemen (dyspraxie), een groep met problemen in de motorische aansturing (dysartrie), en een subgroep die gekarakteriseerd wordt door fonologische problemen (fonologische stoornis; Terband & Maassen, 2012; Waring & Knight, 2013).

In de praktijk is het stellen van een differentiaaldiagnose vaak lastig, en hindert het opstellen van een effectief behandelprogramma. De huidige diagnostiek bij kinderen met spraakontwikkelingsstoornissen (SOS) is een classificatie op basis van de inventarisatie van symptomen. Er is echter een grote overlap in symptomatologie tussen de verschillende stoornissen waardoor er grijze gebieden ontstaan in de differentiëring. Op basis van de huidige standaardtesten uit de logopedische praktijk is het juiste behandelprogramma in veel gevallen moeilijk te bepalen. Er bestaat een overvloed aan behandelingsmethoden voor kinderen met SOS, maar desondanks is er een grote groep kinderen die weinig progressie boekt in therapie. Dit geeft reden om aan de bestaande classificering te twijfelen (Terband & Maassen, 2012).

Symptoomanalyse kan voorbij gaan aan het vinden van de daadwerkelijke oorzaak van de spraakproblematiek. Overtre spraaksymptomen hoeven geen directe weerspiegeling te zijn van de afwijking in het spraaksysteem; de spraakoutput is niet alleen het resultaat van de primaire verstoring maar ook van aanpassingsgedrag. Daardoor kunnen verschillende onderliggende afwijkingen op de oppervlakte hetzelfde lijken. Het lijkt vanzelfsprekend dat behandeling gericht moet zijn op de kern van het probleem teneinde de spraakproblematiek het meest effectief aan te pakken. Naast de bestaande diagnostiek gericht op symptoomanalyse is er daarom behoefte aan een instrument gericht op procesanalyse; een analyse van de werking van deelprocessen voorafgaand aan de spraakoutput (Terband & Maassen, 2012). Het doel van het huidige onderzoek is de ontwikkeling en evaluatie van een instrument dat verschillende spraakproductieprocessen kan isoleren en analyseren.

Spraakontwikkelingsmodellen

De productie van spraak is één van de meest complexe motorische vaardigheden die de mens kent en vereist een serie grotendeels parallel verlopende processen op verschillende niveaus in het brein. Aan de spraakmotorische uitvoering gaan plannings- en programmeringsprocessen vooraf, zoals het selecteren en het in volgorde zetten van spraakeenheden (fonologische encoding) en het omzetten van deze eenheden in een motorcommando (Levelt, 1989; Van der Merwe, 1997). De processen in spraakproductie die nodig zijn voor het omzetten van een fonologische code naar een motorisch plan vallen onder de spraakmotorische controle.

Een van de meest geavanceerde modellen van de ontwikkeling en werking van spraakmotorische controle op dit moment is het DIVA-model (Guenther, 1994), een neurale netwerkmodel dat bestaat uit feedforward and feedback controlelussen die betrokken zijn bij de aansturing van het articulatieapparaat. Meer specifiek beschrijft DIVA het opbouwen en aanleren van fonologische representaties als bouwstenen voor de spraakproductie. Deze representaties zijn structuren die auditieve, somatosensorische, motorische en lexicale informatie bevatten passend bij een bepaalde doelklank (Guenther, 1994; Perrier, 2005; Maassen, Nijland & Terband, 2010). In de normale ontwikkeling is de brabbelfase het stadium waarin voor het eerst de mogelijkheden van het articulatorische systeem wordt verkend. Er worden verbindingen gelegd tussen articulatorische bewegingen en auditieve en somatosensorische informatie. Deze verbindingen worden een 'systemische mapping' genoemd (Guenther, Hampson & Johnson, 1998). Op basis van deze systemische mapping kan het systeem afleiden welke motorische beweging het moet maken om tot een bepaald geluid te komen. Dit kan vervolgens gebruikt worden voor imitatie. In de imitatiefase leert het kind welke beweging nodig is om aan de sensorische en auditieve eisen te voldoen die passen bij de spraakklanken van de moedertaal. De informatie wordt opgeslagen in zogenaamde 'fonemische mappings'; taalspecifieke verbindingen die de auditieve en somatosensorische doelen van fonemen, syllabes en/of woorden bevatten samen met de bijbehorende motorcommando's (hoe de articulatoren aangestuurd moeten worden om deze doelen te bereiken) (Guenther, 2006). Het vormproces van een klankrepresentatie vereist dus interacties tussen motorische, auditieve, somato-sensorische en fonetische informatiestromen. (Guenther et al., 1998; Guenther, 2006).

Planning- en programmeringsprocessen

De processen van fonologische/fonetische planning en spraakmotorische uitvoering overlappen elkaar in tijd, zo lopen ook de processen van planning en programmering parallel aan elkaar (MacNeilage, 1998; Maas & Mailend, 2012). Uit onderzoek naar reactietijden bij volwassen sprekers bleek dat onderscheid tussen processen mogelijk is aangezien een deel van het planningsproces voorgeprogrammeerd kan worden (Klapp, 2003). Hij maakt hierbij onderscheid tussen twee processen; namelijk het selecteren (interne structurering) en het in volgorde zetten (sequentiëring) van spraakunits. De resultaten toonden aan dat het proces van interne structurering werd beïnvloed door de complexiteit van de geselecteerde

units (/dada/-/daba/). Het proces van sequentiëren werd beïnvloed door het aantal units (/dada/-/dadada/). De verschillende condities met betrekking tot complexiteit en lengte deden een beroep op verschillende deelprocessen binnen het planningsproces en leidden daardoor tot een verschil in reactietijden (Klapp, 2003).

Het onderscheid in processen waar Klapp naar refereert aan de hand van zijn reactietijdmetingen zijn ook te verklaren vanuit de Frame/Content Theory van MacNeilage (1998). Klapp's toename in complexiteit is vergelijkbaar met een afwisseling van 'content' in dezelfde 'frames'. Een toename in lengte is een aanpassing in syllabestructuur, wat eigenlijk gelijk gesteld kan worden aan het selecteren van een ander frame (verschillend in lengte) dat vervolgens ingevuld wordt met dezelfde content.

Hoewel deze conclusies enkel gebaseerd zijn op reactietijdmetingen, geven ze inzichten in het kunnen isoleren van subprocessen betrokken bij spraakplanning (Maas & Mailend, 2012). Het is mogelijk de werking van de verschillende processen te analyseren door te werken met stimuli die wisselen in complexiteit en lengte. De bovengenoemde modellen beschrijven de verschillende informatiestromen die betrokken zijn bij de ontwikkeling van spraak en meer specifiek de processen die betrokken zijn bij de planning, programmering en uitvoering van spraak. De werking en interactie van deze processen is van invloed op het verloop van de spraakontwikkeling. Binnen de diagnostiek omtrent spraakontwikkelingsstoornissen zou onderzoek op het niveau van deze processen een belangrijk inzicht kunnen bieden in de mogelijke oorzaken van spraakontwikkelingsproblematiek bij kinderen.

Symptomatologie bij spraakontwikkelingsstoornissen

De American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) beschrijft een fonologische stoornis (FS) als een tekort aan kennis van de betekenisonderscheidende regels van het klanksysteem van de taal. Hierdoor ervaart het kind problemen in de realisatie van klankcontrasten waardoor het niet in staat is de spraakklanken te produceren die passen bij de leeftijd. De stoornis spraakontwikkelingsdyspraxie (SOD) wordt gedefinieerd als een motorische spraakstoornis waarbij het kind moeite heeft met het programmeren en aansturen van de articulatoren. Het probleem zit vooral in een beperking in het programmeren van spatiële en temporele parameters van spraakbewegingen, zonder dat er sprake is van neuromusculaire aandoeningen (ASHA, 2007).

De spraak van kinderen met FS wordt gekenmerkt door veel verwisselingen (substituties) en deleties van klanken. Dit zijn spraakkenmerken die ook gezien worden bij andere spraakstoornissen waaronder kinderen met SOD. Daarnaast wordt de spraak van kinderen met SOD gekenmerkt door een zeer slechte verstaanbaarheid, een inconsequent foutenpatroon, een afwijkende prosodie en zoekend articulatiegedrag (Shriberg, Aram & Kwiatkowski, 1997a; Thoonen, Maassen, Gabreëls & Schreuder, 1994; Nijland, Maassen, Van der Meulen, Gabreëls, Kraaimaat & Schreuder 2003a; Nijland, Maassen & Van der Meulen, 2003b). Beide groepen laten afwijkingen zien in de ontwikkeling van spraakproductie; minder gevarieerd brabbelen en een trage opbouw van woordenschat (Shriberg et al., 1997a; Nijland, 2009). De variabiliteit in spraakkenmerken binnen de groep kinderen met

spraakontwikkelings-problematiek is groot. Dit maakt het stellen van de juiste diagnose en het vinden van een gepaste behandelmethode moeilijk waardoor in de praktijk een soort restcategorie binnen deze groep bestaat.

Probleemstelling

Spraakproductie komt tot stand door verschillende processen met meerdere informatiestromen die gedurende de ontwikkeling veranderen en met elkaar interacteren. Hoe deze interacties verlopen, kan zeer bepalend zijn voor de kwaliteit van spraak op latere leeftijd (Maassen, 2002). Er zijn aanwijzingen dat de processen betrokken bij het opbouwen van een representatie en de processen betrokken bij de planning en programmering van spraak een rol spelen in de spraakproblematiek bij kinderen met spraakontwikkelingsstoornissen (Terband, Maassen, Guenther & Brumberg, 2014; Terband, Maassen, van Lieshout & Nijland, 2011; Bahr, 2005; Nijland, Maassen & van der Meulen, 2003; Marquardt, Sussman, Snow & Jacks, 2002). Dit geeft aan dat bij het zoeken naar de oorzaak van spraakontwikkelingsstoornissen verder gekeken moet worden dan naar de spraaksymptomen alleen (Terband & Maassen, 2012).

Voor de diagnostiek van spraakontwikkelingsstoornissen wordt in de praktijk fonologisch en spraakmotorisch onderzoek uitgevoerd gericht op de overte spraaksymptomen. Er is een groep kinderen die op basis van deze onderzoeksgegevens goed te classificeren zijn. Dit zijn bijvoorbeeld de zuivere enkelvoudige fonologische of fonetische spraakstoornissen. Echter, bij het grootste gedeelte van de kinderen met deze diagnose worden ook symptomen van andere spraakontwikkelingsstoornissen gezien, zoals spraakmotorische problemen.

De variabiliteit in spraakkenmerken binnen de groep kinderen met spraakontwikkelingsproblematiek is groot en de overte symptomen differentiëren onvoldoende tussen kinderen met verschillende spraakontwikkelingsproblematiek. Dit belemmert zowel de diagnostiek als de therapie bij deze doelgroep (Nijland, 2009; Bahr, 2005). Het is nodig de spraak van deze kinderen naast analyse op symptoomniveau ook op procesniveau te analyseren (Terband & Maassen, 2012). Proces-georiënteerd onderzoek biedt inzicht in de opbouw van een klankrepresentatie en de subprocessen betrokken bij planning en programmering van spraakproductie. De oorzaak van de spraakproblematiek kan via deze weg beter in kaart worden gebracht en is positief voor de diagnosestelling en het vinden van een gepaste behandelmethode.

Het doel van de huidige studie was het ontwikkelen en evalueren van een leertaak die inzicht geeft in de werking van de deelprocessen die bij de productie van spraak betrokken zijn, door deze deelprocessen te isoleren. Deze procesanalyse vormt een mogelijke klinische en diagnostische meerwaarde voor de groep kinderen met spraakontwikkelingsproblematiek. De methodologie is gebaseerd op de bevindingen van recente studies naar de onderliggende oorzaken bij spraakontwikkelingsstoornissen en de bevindingen over processen betrokken bij het vormen van representaties en de planning en programmering van spraak.

Methode

Ontwikkeling leertaak

De leertaak heeft als doel te toetsen in hoeverre kinderen nieuwe representaties voor spraakklanken of klankcombinaties kunnen aanleren en toepassen in spraakproductie. De inhoud van de leertaak is gebaseerd op de bevindingen van de recente studies naar de onderliggende oorzaken bij spraakontwikkelingsstoornissen, de besproken spraak-karakteristieken bij de verschillende stoornissen en de recentelijke bevindingen over processen betrokken bij het vormen van representaties en de planning en programmering van spraak.

De gekozen stimuli zijn drie spraakklanken die niet behoren tot de moedertaal van het kind (maar alleen in leenwoorden of eigennamen voorkomen), namelijk de consonanten [g] en [ʃ] en het consonantcluster /ml/, gevolgd door de open klinker [a]. In hoeverre het kind de spraakitem kan toepassen in verschillende contexten zegt iets over de werking van de subprocessen betrokken bij de planning en programmering van spraak.

Bij het opbouwen van een interne representaties wordt uitgegaan van twee leerprincipes; herhaling en variatie, die beiden in dit proces een faciliterende werking hebben. Dit sluit aan bij de principes van motorisch leren (zie Maas et al. (2008) voor een overzicht). Door de representatie te herhalen en te variëren in verschillende contexten wordt de representatie vollediger. De verschillende feedbackmechanismen (auditief en somatosensorisch) zorgen voor een referentiekader passend bij de doelklank.

Processen betrokken bij de planning en programmering van spraak:		In de leertaak:	
1	Selecteren syllabestructuur (frame)	<i>Conditie</i>	<i>Proces</i>
2	Verlengen van syllabestructuur	A: Herhaling	1+4
3	Aanpassen prosodisch frame	B: Verlenging	1+2+4
4	Activeren representatie (content)	C: Prosodie	1+2+3+4
5	Activeren meerdere representaties	D: Consonantwisseling	1+2+4+5+6
6	Sequentiëren van representaties	E: Inbedding	1+2+4+5+6

Figuur 1: Overzicht van de verschillende subprocessen betrokken bij de programmering van spraak gekoppeld aan de verschillende condities van leertaak.

Bij de ontwikkeling van de taak is uitgegaan van deze twee leerprincipes. Deze worden aangeboden in de leertaak door middel van een vijftal condities die variëren in planning- en programmeringseisen door wisseling in complexiteit en/of lengte. Alle deelprocessen zijn ondergebracht in vijf verschillende condities met als gevolg dat de werking van de verschillende processen geïsoleerd kan worden (zie figuur 1). Het doel van de variërende condities is tweeledig. Enerzijds helpen de condities in het opbouwen van de representatie, waarbij herhaling en variatie het leerproces ondersteunen (Maas, Robin, Austermann-Hula, Freedman, Wulf, Ballard & Schmidt, 2008). Anderzijds bieden de condities los van elkaar een uitkomstmaat voor de werking van verschillende deelprocessen die bij de productie van spraak

betrokken zijn. Een leereffect is gemeten door de uitkomstmaten van fase 1 en fase 2 te vergelijken. In tabel 1 staat een schematische weergave van de opbouw van de leertaak en de vijf condities die daarbij aan bod komen: herhaling, verlenging, prosodie, consonantwisseling en inbedding.

Tabel 1: Schematische weergave van de leertaak

Fase	Doel	Conditie		Voorbeeld
		Syllable /ga/ en /ja/	Syllabe-cluster /mla/	
Introductie	Kennismaking spraakeenheid	Auditieve en visuele input	Auditieve en visuele input	
Beginmeting		10 x herhaling van spraakeenheid in isolatie		/ga/
Fase 1	Toepassen spraakeenheid in verschillende articulatorische condities (elk item 3x)	Verlenging	Verlenging	/gagaga/
		Prosodie	Prosodie	/'gaga/, /ga'ga/
		Consonantwisseling		/gaka/, /gaxa/, /gaba/
		Inbedding	Inbedding	/gapa/, /taga/, /tagapa/
Pauze		5 minuten pauze		
Fase 2	Herhaling Fase 1	Verlenging	Verlenging	/gagaga/
		Prosodie	Prosodie	/'gaga/, /ga'ga/
		Consonantwisseling		/gaka/, /gaxa/, /gaba/
		Inbedding	Inbedding	/gapa/, /taga/, /tagapa/
Eindmeting		10 x herhaling van spraakeenheid in isolatie		/ga/

Participanten

De onderzoeksgroep bestond uit Nederlands sprekende kinderen met en zonder spraakontwikkelingsstoornis. De groep met kinderen met een spraakontwikkelingsstoornis bestond uit vijf kinderen gediagnosticeerd met een fonetische en / of fonologische stoornis en/of spraakontwikkelingsdyspraxie (gem. leeftijd 67,2 maanden; range 52-90). Tabel 2 geeft een overzicht van de demografische en onderzoeksgegevens van deze groep. Daarnaast was er een controlegroep met zes zich normaal ontwikkelende kinderen (gem. leeftijd 73,2 maanden; range 59-94). De gegevens van deze kinderen staan in tabel 3.

Inclusiecriteria waren een Nederlandstalige en eentalige opvoeding en er mocht geen sprake zijn van gehoorverlies (<25 dB). Er is gekozen voor een minimale leeftijd van 48 maanden omdat de leertaak een bepaalde mate van concentratievermogen, aandacht en cognitie vereist. Om deze reden waren ook kinderen met een beneden-gemiddelde intelligentie (IQ<85), een specifiek syndroom of een autisme spectrum stoornis uitgesloten voor onderzoek. De kinderen zijn geworven via Audiologische Centra, scholen voor speciaal onderwijs, reguliere basisscholen, en logopediepraktijken.

Tabel 2: Overzicht gegevens proefpersonen uit de klinische groep met spraakontwikkelingsproblematiek (KG): leeftijd (jaar; maanden), geslacht (m/v), taalniveau (WBQ), auditief vermogen (Palpa), oraal-motorische vaardigheden (DDK,OMMA) en articulatorische vaardigheden (CAI). Een gedetailleerde beschrijving van de diagnostische taken kan gevonden worden in Terband et al. (2011;2012).

PP	Diagnose ¹	Leeftijd	Geslacht	WBQ (PPVT ²)	Verstaanbaar- heid (ICS ³)	Palpa ⁴ woorden (% correct)	Palpa non-woorden (% correct)	DDK ⁵ (pataka)		OMMA ⁶ iso - hh- snel (% correct)
								score	oordeel	
KG1	FS	5;9	m	127	4	94	100	1	2	85-83-60
KG2	FS/FON	7;6	v	106	4	94	86	1	1	92-94-50
KG3	FS/SOD	4;11	v	115	3,86	94	86	0	4	77-78-60
KG4	FS	6;7	v	84	3,42	64	44	1	1	77-67-40
KG5	FS/SOD	4;8	m	85	4,29	56	47	1	3	58-33-30

PP	Diagnose	Benoemen (50 woorden CAI ⁷)				Woordherhaling (10 x CAI)				Non-woordherhaling (10 x CAI)			
		PCCI	PCCCI	PSSC	atyp/typ subproc	PCCI	PCCCI	PSSC	atyp/typ subproc	PCCI	PCCCI	PSSC	atyp/typ subproc
KG1	FS	0,94	0,70	0,96	3/0	0,98	0,50	1,00	1/0	0,88	0,27	0,94	4/1
KG2	FS/FON	1,00	0,96	0,97	0/0	1,00	0,95	1,00	0/0	0,88	0,95	0,95	13/5
KG3	FS/SOD	0,57	0,13	0,80	28/9	-	-	-	-	0,71	0,27	0,80	26/10
KG4	FS	0,81	0,39	0,82	4/8	0,69	0,77	0,82	5/7	0,65	0,50	0,73	18/24
KG5	FS/SOD	0,88	0,65	0,92	5/4	0,91	0,77	0,95	0/5	0,73	0,09	0,67	4/4

Klankbord

Het testprotocol van de leertaak is vormgegeven in een digitaal klankbord. Het klankbord was een computerprogramma dat was opgedeeld in de verschillende spraakeenheden en condities, waarachter de bijhorende spraakitems als geluidsbestanden waren opgeslagen. Vanuit dit computerprogramma kon de onderzoeker de spraakitems achtereenvolgens laten

¹Diagnose is consensus op basis van observatie, anamnese en score op de diagnostische testen door twee onafhankelijke logopedisten (FS=fonologische stoornis; FON=fonetische spraakstoornis; SOD=de aanwezigheid van een dyspractisch component).

²Peabody Picture Vocabulary Test is een test voor de passieve woordenschat (Dunn & Dunn, 1997). Een woordbegripsquotiënt (WBQ) van 100 is gemiddeld, range 85 ? 115.

³Het Intelligibility (ICS) is een subjectieve observatieschaal (5-puntsschaal) voor de verstaanbaarheid van de spraak (McLeod, Harrison & McCormack, Nederlandse vertaling door Doornik-van der Zee & Terband, 2013).

⁴Palpa is een auditieve woordendiscriminatietaak (Bastiaanse, Bosje & Visch-Brink, 1995). De eerst weer-gegeven score is het percentage goede antwoorden van de 36 items

⁵DDK is een diadochokinese taak voor het onderzoeken van de oraal motorische vaardigheden (onderdeel van het CAI; Maassen et al., in press). Voor de uitgebreide toelichting van de scoring zie Nijland (2009) en Terband et al. (2011)

⁶OMMA is een oraal-motorische anamnese uit het Dyspraxieprogramma (Erlings-van Deurse et al., 1993). Weergegeven zijn de percentages correct uitgevoerde motorische beweging in isolement, herhaling en in versnelling, respectievelijk.

⁷CAI is het Computergestuurd Articulatie Instrument (Maassen et al., in press) waarin de articulatie op woord- en non-woordniveau wordt beoordeeld.

Tabel 3: Overzicht gegevens proefpersonen uit de controlegroep (CG): leeftijd (maanden), geslacht (m/v), taalniveau (WBQ) en auditief vermogen (Palpa).

PP	Leeftijd	Geslacht	WBQ (PPVT ²)	Palpa ⁴ woorden (% correct)	Palpa non-woorden (% correct)
CG1	7;0	v	-	97	94
CG2	4;11	v	-	92	92
CG3	7;10	m	120	94	94
CG4	7;1	m	117	89	92
CG5	4;11	v	102	50	89
CG6	4;10	m	125	69	86

afspelen. Het klankbord van de leertaak bestond uit 42 items (non-woorden) gevormd door een combinatie van de spraakeenheden met verschillende syllabes. De items zijn ingesproken door de eerste auteur in een geluidsdichte opnamecabine. De geluidsbestanden zijn mono opgenomen met een sampling frequentie van 48 kHz (16 bit) in Praat (versie 5.3.37, Boersma & Weenik, 1995). Bij het inspreken van de non-woorden is natuurlijke prosodie toegepast op alle items, met uitzondering van de items met prosodische wisseling. Voor het afspelen van het klankbord is gebruik gemaakt van een laptop (Toshiba Satellite C855-226) en hoofdtelefoon (Beyerdynamic DT770 Pro).

Procedure

Voor het aanleren van de spraakeenheden is gewerkt via multimodale input gebaseerd op therapeutisch materiaal van het Dyspraxieprogramma (Erlings-van Deurse et al., 1993), een therapieprogramma voor kinderen met spraakontwikkelingsdyspraxie. Dit betekent dat de onbekende spraakklank aan het kind werd geïntroduceerd met behulp van visuele en auditieve input. Het kind werd gevraagd de woorden te herhalen die werden aangeboden via de hoofdtelefoon. Elk item werd driemaal aangeboden. Het kind werd aangemoedigd in zijn/haar spreken, maar feedback werd niet gegeven. De leertaak duurde ongeveer dertig minuten per kind. De stimuli zijn quasi-gerandomiseerd, waarbij het aanbieden van spraakstimuli in twee mogelijke volgorden plaatsvond. Spraakopnames zijn gemaakt in Praat (versie 5.3.37) met een revermicrofoon met externe voeding (Sennheiser MZT100) met een sampling frequentie van 48 kHz (16 bit, mono).

Data-analyse

De uitingen zijn getranscribeerd in Praat, volgens de regels van het Speech Assessment Methods Phonetic Alphabet (SAMPA). De items uit de leertaak zijn geanalyseerd en gescoord op (1) percentage consonanten correct (PCC) en (2) percentage prosodie correct (PPC; de proportie items waarbij de wisseling in woordklemtoon correct wordt toegepast in de conditie prosodie).

De statistische analyses zijn uitgevoerd in SPSS (versie 20). Er is gebruik gemaakt van repeated measures analyses of variance (RM-ANOVA) om de variantie tussen de verschillende uitkomstmaten te vergelijken. Er is uitgegaan van de variabele groep als between-subject factor (2 niveaus: controlegroep vs. klinische groep). Er zijn afzonderlijke analyses uitgevoerd om de effecten van de individuele condities (5; herhaling, verlenging, prosodie, wisseling in consonanten, inbedding), spraakeenheden (3; /ga/, /ja/, /mla/) en fasen (2; fase 1 vs. fase 2) te toetsen. Levene's test is gebruikt om gelijkheid van variantie tussen groepen te toetsen. Bij ongelijke variantie zijn de bijbehorende conservatieve significantieniveaus gerapporteerd. Pearsons correlatiecoëfficiënten zijn gebruikt om de relatie tussen de resultaten bij de leertaak met de prestaties bij overige testen te onderzoeken. Hierbij is tweezijdig getoetst. Voor alle analyses is een significantieniveau van $p < .05$ aangehouden.

Resultaten

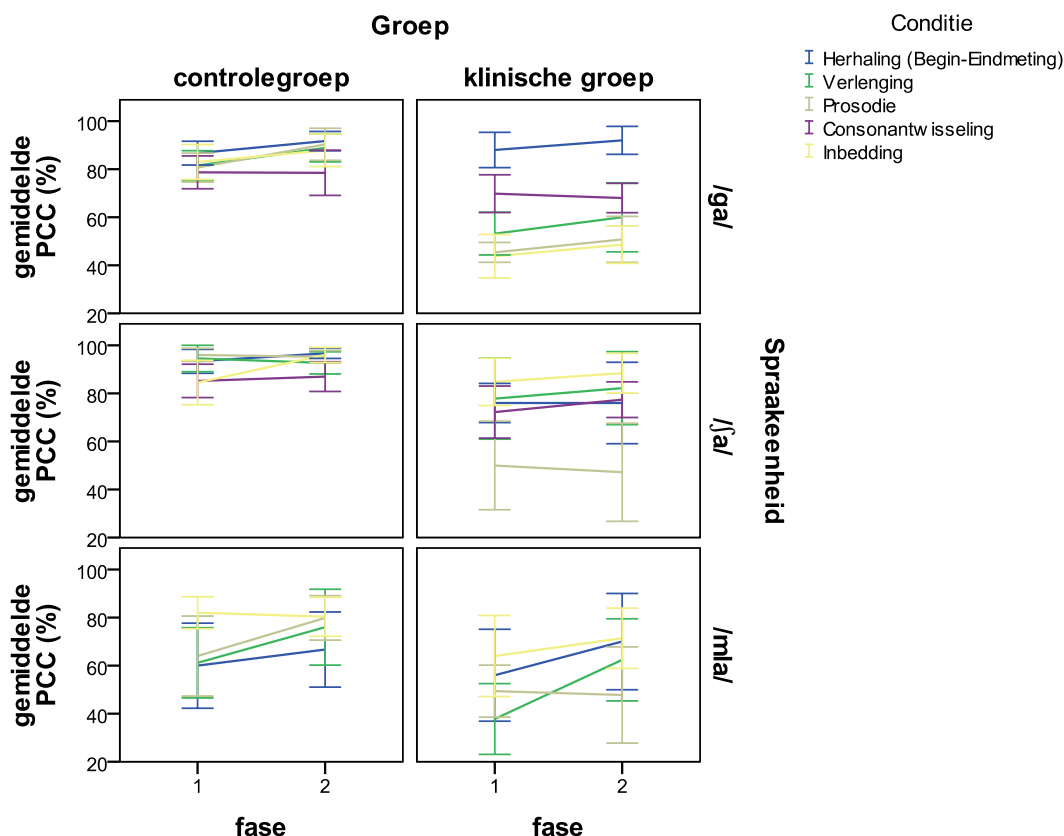
De leertaak is ontworpen om inzicht te krijgen in de processen die betrokken zijn bij het aanleren en inzetten van een nieuwe spraakklankrepresentaties in verschillende contexten. Hiervoor is er gekeken naar de prestaties en leereffecten per groep bij de verschillende individuele condities en spraakeenheden. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 2.

De resultaten van de RM-ANOVA toonden een groepseffect in gemiddeld percentage consonanten correct (PCC) bij de spraakeenheid /ga/ [$F(1,7) = 28,000$, $p < 0,001$]. Hierbij liet de controlegroep een hoger PCC zien dan de klinische groep. Er werden geen andere groepseffecten gevonden op de verschillende spraakeenheden.

Om te onderzoeken welke processen tussen de kinderen met en zonder SOS mogelijk anders verlopen, was het interessant om de prestaties op de verschillende condities tussen de groepen met elkaar te vergelijken. Gekeken per conditie bleek een groepseffect in gemiddeld PCC bij de conditie prosodie [$F(1,7) = 20,939$, $p < 0,01$]. Hierbij is gemeten over alle spraakklanken. De controlegroep scoorde significant hoger bij deze conditie dan de klinische groep. Er was eveneens een trend zichtbaar in PCC bij de conditie inbedding [$F(1,7) = 4,158$, $p = 0,072$] waarbij de controlegroep een hogere score liet zien in vergelijking met de klinische groep. Bij de condities herhaling, verlenging en consonantwisseling werden geen significante verschillen tussen groepen gevonden.

Vervolgens is er gekeken naar effect van fase tussen de verschillende spraakeenheden en groepen. Een dergelijk effect wordt gezien als een leereffect, waarbij oefening en herhaling van de spraakeenheid zou leiden tot verbetering in de spraakproductie. Analyse wees een hoofd-leereffect uit bij de spraakeenheid /mla/ [$F(1,7) = 5,417$, $p < 0,05$] maar niet voor /ga/ of /ja/. Gekeken per groep en conditie wees een post-hoc analyse uit dat er bij de klinische groep een leereffect aanwezig was bij het gemiddelde PCC bij de conditie inbedding [$F(1,7) = 5,648$, $p < 0,05$]. Hiernaast toonde deze groep een trend-leereffect bij de conditie verlenging [$F(1,7) = 4,959$, $p = 0,053$]. Binnen de controlegroep werd voor geen van de verschillende condities een leereffect gevonden.

Verdere analyse laat zien dat de klinische groep lagere gemiddelde PCC-scores behaalde bij alle individuele condities in vergelijking met de controlegroep gemeten over beide fasen,



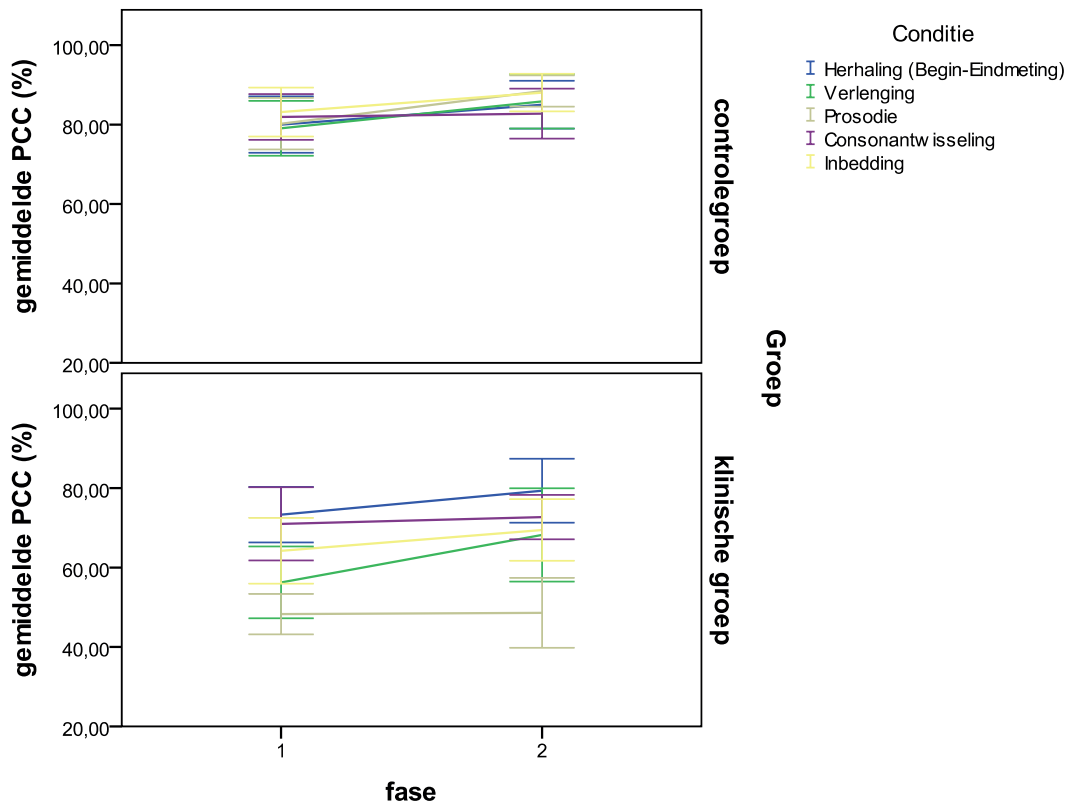
Figuur 2: Het gemiddelde PCC op de totale leertaak weergegeven per groep, spraakeenheid en fase met standaarddeviatie (+/-1 SE).

zie figuur 3. Enkel bij de conditie prosodie is dit verschil tussen de groepen significant bevonden ($t(1,9) = 4,435$, $p < 0,05$). De klinische groep scoorde zowel in fase 1 als 2 gemiddeld het laagst bij de condities prosodie en verlenging. De prestaties per conditie bij de klinische groep varieerden sterker van elkaar dan bij de controlegroep.

Een correlatieanalyse is uitgevoerd om de relatie tussen de resultaten op de leertaak te vergelijken met de prestaties bij de andere testen. Deze analyse laat zien dat er een verband is tussen het auditief discriminatievermogen voor woorden (Palpa) en het gemiddelde PCC van de totale leertaak ($r = 0,690$, $p < 0,05$). Dit verband wordt grafisch weergegeven in een correlatiediagram, zie figuur 4. Het auditief discriminatievermogen van zowel de woordtaak als de non-woordtaak correleerde eveneens met het leereffect van /ga/ ($r = 0,601$, $p = 0,05$; $r = 0,649$, $p < 0,05$, respectievelijk).

Klinische groep

Gedetailleerde analyse binnen de klinische groep wees uit dat de prestaties van de kinderen onderling sterk verschillen per spraakeenheid en per spraakconditie. De verschillen tussen

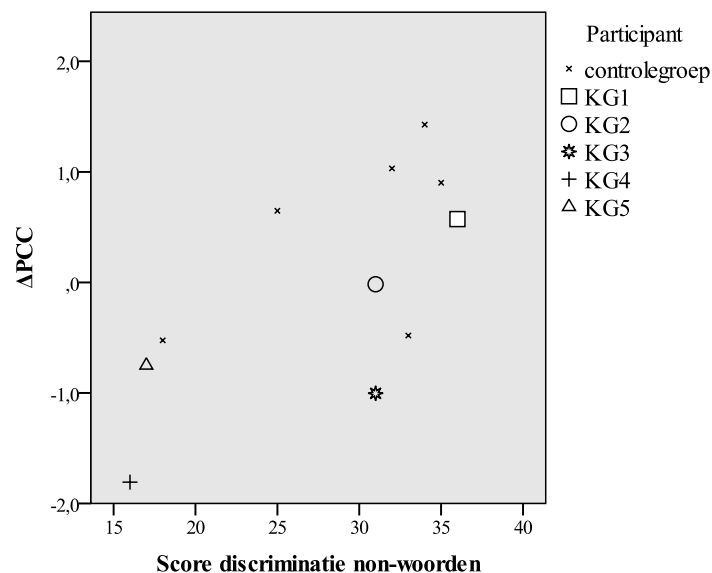


Figuur 3: Overzicht van de gemiddelde percentages consonanten correct (PCC) per conditie, groep en fase met standaarddeviatie (+/-1 SE).

de kinderen uit de klinische groep waren het grootst bij de spraakeenheid /mla/. Bij deze spraakeenheid was het gemiddelde PCC van de gehele groep het laagst (58,9) en de individuele scores liepen van uiteen van 15,1 tot 92,6 procent (zie figuur 5). Het gemiddelde PCC was het hoogst bij de spraakeenheid /ʃa/ (73,3 procent; range 34,7-97,7).

Twee kinderen (KG1 en KG2) in de klinische groep laten een opvallend profiel zien in accuraatheid op segmenteel en suprasegmenteel niveau in de scores bij de conditie prosodie. Dit profiel wordt gekenmerkt door een significant negatieve correlatie tussen het percentage consonanten correct (PCC) en percentage prosodie correct (PPC) gemeten over de klinische groep ($r = -0.651, p < .05$).

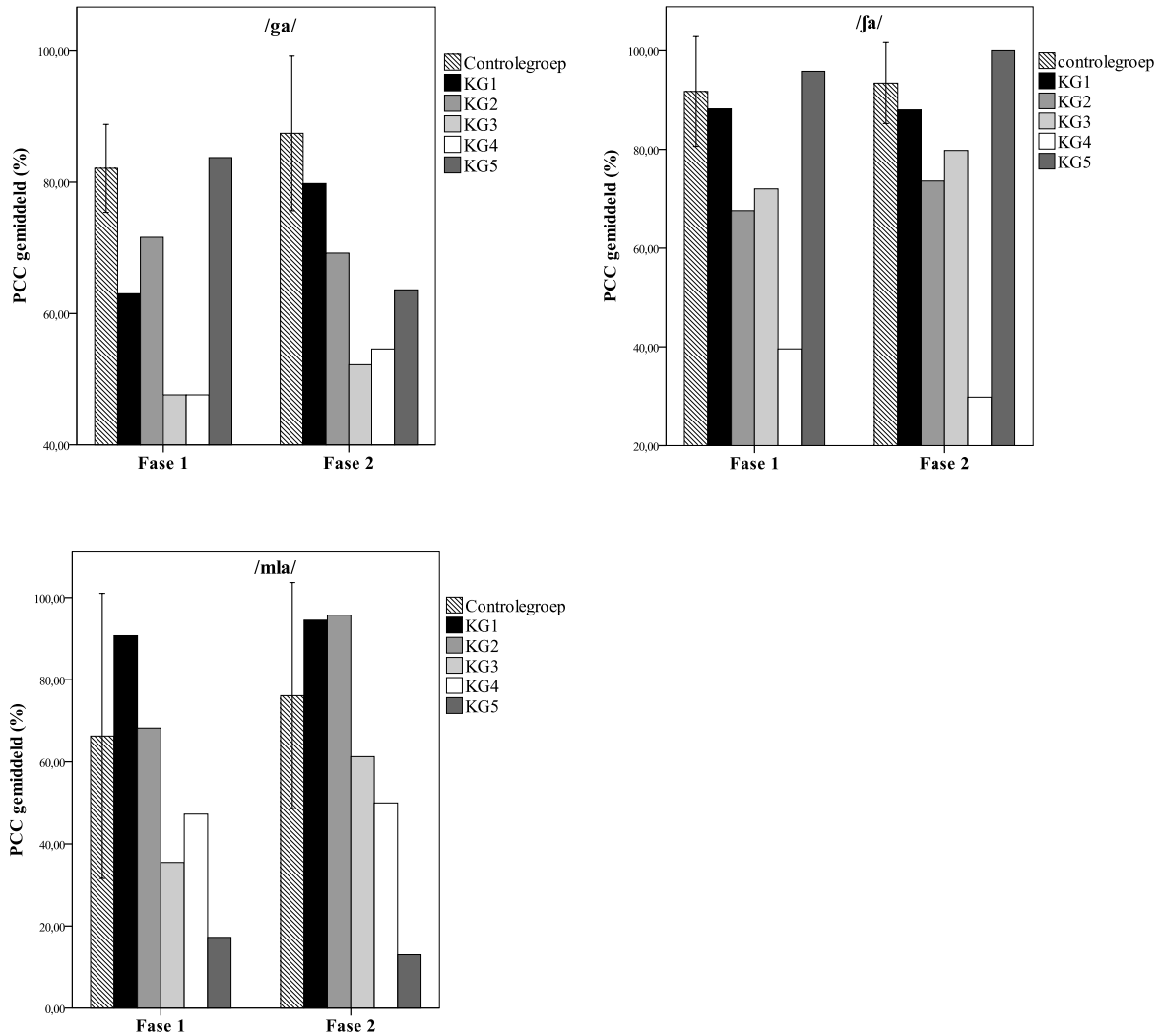
Figuur 6 laat zien dat één kind uit de klinische groep (KG1; diagnose fonologische stoornis) opvallend veel fouten maakte in het toepassen van klemtoonwisseling tussen de eerste en tweede syllabe van dezelfde spraakeenheid ('gaga vs. ga'ga). Het lage PPC op dit onderdeel (22,4%) suggereert dat het kind de wisseling in klemtoon niet kon waarnemen, of deze wisseling niet kon verwerken in de spraakprogrammering. De eerste verklaring lijkt onwaarschijnlijk gezien zijn sterke auditieve vermogen (Palpa-score 94/100). Het lijkt er dus op dat het verschil tussen de opeenvolgende syllabes wel gehoord werd, maar vervolgens mogelijk niet vertaald kon worden naar een prosodisch verschil. Een mogelijke verklaring hiervoor



Figuur 4: Weergegeven is een correlatiediagram tussen Δ PCC en de score op auditieve discriminatie voor non-woorden per kind uit controlegroep en klinische groep (KG1 t/m KG5).

zou een stoornis in het programmeren van de temporele parameters van spraak kunnen zijn. In dat geval kunnen de duurverschillen die nodig zijn voor de wisseling in woordklemtoon niet toegepast worden. Daarnaast leidde de klemtoonwisseling tot vele klankverwisselingen (ga'ga > 'gada) terwijl het kind in staat was de bi-syllabische variant van dezelfde spraakeenheid (/gaga/) foutloos te produceren. Dit suggereert dat het proces van prosodische verwerking het spraakproductiesysteem gevoelig maakte voor fonologische fouten.

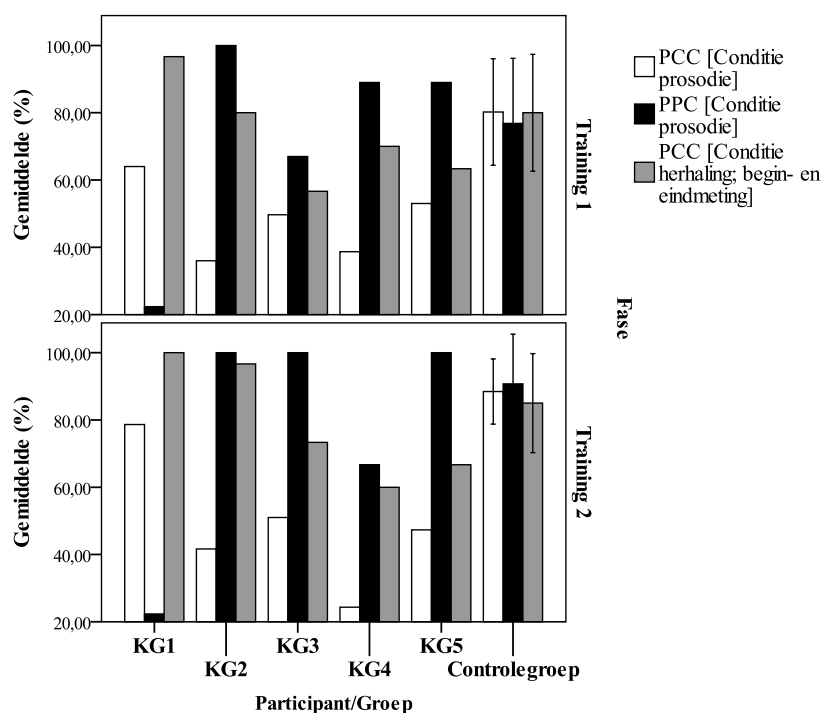
Een ander kind (KG2; diagnose fonologische stoornis en fonetische articulatiestoornis) paste de wisseling in woordklemtoon op alle items bij de conditie prosodie goed toe en scoorde het hoogste gemiddelde PCC over beide fases (100%). Bij deze conditie scoorde het kind echter een opvallend laag PCC ten opzichte van het individuele PCC voor de totale leertaak gemeten over alle condities (38,8 vs. 73,6). De wisseling in woordklemtoon leidde tot vele klankverwisselingen in de spraakoutput (ga'ga > ga'da). De substituties zijn merkwaardig gezien het kind in staat blijkt de bi-syllabische variant van dezelfde spraakeenheid (/gaga/) foutloos te produceren. Een verklaring zou zijn dat de representatie van /ga/ niet stabiel genoeg is voor modulatie in spraakproductie wat zou wijzen op een onvolledige/onnauwkeurige klankrepresentatie. De verandering in de spraakmotorische eisen op suprasegmenteel niveau leidt dan tot fouten op segmenteel niveau.



Figuur 5: Overzicht van het gemiddelde PCC per kind uit de klinische groep (KG1 t/m KG5) en de totale controlegroep weergegeven per fase en spraakeenheid (/ga/,/ja/,/mla/).

Discussie

In dit onderzoek is een leertaak ontwikkeld en getest ten behoeve van een aanvullende analyse op procesniveau voor de differentiaaldiagnostiek bij kinderen met spraakontwikkelingsstoornissen. De leertaak heeft als doel inzicht te geven in de werking van de verschillende subprocessen die een rol spelen bij het aanleren en gebruiken van spraakklankrepresentaties. De verschillende condities van de leertaak zijn dusdanig ontworpen dat ze verschillende subprocessen van spraakproductie representeren. De aanname was dat een probleem in één (of meerdere) subproces(sen) gekenmerkt zou worden door een hoger foutenpercen-



Figuur 6: Overzicht van het percentage prosodie correct (PPC) en het percentage consonanten correct (PCC) van conditie prosodie en het PCC van de conditie herhaling van de controlegroep en per kind uit de klinische groep (KG1 t/m KG5) gemeten over alle spraakeenheden en weergegeven per fase.

tage op één (of meerdere) conditie(s). In totaal zijn de resultaten van zes kinderen met een normale ontwikkeling en vijf kinderen met een spraakontwikkelingsstoornis geanalyseerd.

De verwachting was dat de leertaak geschikt zou zijn voor de differentiatie tussen kinderen met en zonder spraakontwikkelingsstoornis (SOS). Het percentage consonanten correct (PCC) toonde geen significant groepsverschil voor de totale leertaak, maar er was wel een verschil tussen de twee groepen bij de spraakeenheid /ga/. Dit suggereert dat deze spraakeenheid voldoende onderscheidend vermogen biedt om te differentiëren tussen kinderen met en zonder SOS. De items bij /ja/ leidden bij sommige kinderen tot een plafondeffect, waaronder ook enkele kinderen met SOS. De spraakeenheid /j/ biedt om deze reden de minste diagnostische meerwaarde.

De prestaties op de verschillende condities van de leertaak lopen ver uiteen zowel tussen als binnen de onderzoeksgroepen. Dit suggereert dat de werking van de onderliggende deelprocessen die betrokken zijn bij het leren van nieuwe spraakklanken per kind verschilt. De grootste verschillen in de resultaten zijn zichtbaar bij de conditie prosodie en de spraakeenheid /mla/. De wisseling van woordklemtoon die in deze conditie moet worden toege-

past lijkt een gevoelige maat voor de kwaliteit van het spraakproductieproces. De items bij de conditie consonantwisseling waarbij een verandering in programmeringseisen van het spraakmotorische systeem wordt gevraagd leiden eveneens tot meer fouten in de spraakoutput.

De uitkomsten van de leertaak suggereren dat bij kinderen met SOS een verandering in programmeringseisen aan het spraakmotorische systeem kan leiden tot afwijkingen in de spraakoutput. De kinderen uit de klinische groep laten opvallend meer moeilijkheden zien met het cluster /ml/ in vergelijking met de spraakeenheden /g/ en /ʃ/. Dit komt overeen met de resultaten uit het onderzoek van Bahr (2005) waarbij de articulatorische problemen bij kinderen met SOS zich met name voordeden bij de klankovergangen. Het cluster /ml/ is een heterogeen cluster bestaande uit een labiale en coronale klank waarbij de realisatie van een overgang in constricties van de articulatoren lip naar tongpunt wordt gevraagd. Een cluster vergt door de opeenvolging van twee consonanten andere programmeringseisen van het spraakmotorische systeem en vereist een grotere precisie in de aansturing van de articulatoren. De lage scores op de leertaak bij de spraakeenheid /mla/ suggereert dat de klinische groep moeite heeft met het programmeren van twee consonanten na elkaar. Bahr (2005) vergeleek de realisatie van klankovergangen bij kinderen met FS en SOD en keek daarbij naar het foutenpatroon, woordduur en F2 transitie. De groepen produceerden een gelijkwaardig aantal fonologische fouten. Wat betreft klankovergangen hadden beide groepen het meest moeite met een overgang gecombineerd met de lippen. Het onderzoek wees tevens uit dat heterogene monosyllabische woorden (/bad/) met meer fouten geproduceerd werden dan homogene monosyllabische woorden (/bam/) door kinderen met SOD. Er werden eveneens significant langere woordduren gevonden bij SOD wat zou wijzen op moeilijkheden in het plannen en programmeren van spraakeenheden na elkaar (Bahr, 2005). In overeenstemming met de resultaten van Bahr (2005) scoorden de twee kinderen uit de onderzoeksgroep met een dyspractische component (KG3: FS/SOD en KG5: FS/SOD) het laagst gemiddelde PCC op de spraakeenheid /mla/ gemeten over alle condities. Dit suggereert dat SOD gepaard gaat met moeilijkheden in plannen en programmeren van meerdere spraakeenheden achter elkaar.

De uitkomstmaten van de leertaak geven inzicht in het leervermogen. Het verschil in resultaten tussen de eerste en tweede fase reflecteren het leerproces van de participant binnen de reikwijdte van de leertaak. Sommige kinderen scoren relatief laag in de eerste fase bij een bepaalde conditie, maar laten een vooruitgang zien in de tweede fase. De klinische groep laat een leereffect zien bij de conditie inbedding en verlenging. In beide onderzoeksgroepen zijn er ook kinderen die gemiddeld scoren maar weinig tot geen vooruitgang laten zien. Een geringe vooruitgang weerspiegelt, afhankelijk van de beginsituatie, een plafond-effect, een mogelijk defect in het spraakontwikkelingssysteem of wijst op het baat hebben bij meer oefening en herhaling dan aangeboden in de leertaak. Deze bevindingen geven een belangrijke indicatie voor therapie en het opstellen van behandeldoelen. Het kan ook zijn dat de leerprincipes van variatie en herhaling, zoals deze in de leertaak zijn verwerkt, geen positief effect hebben op het leerproces. Deze principes worden in de leertaak voornamelijk aangeboden vanuit een auditieve benadering. De kinderen die geen of een geringe vooruitgang laten zien, profiteren mogelijk meer van een behandeling vanuit de visuele of

(senso-)motorische benadering voor het leren van spraakklanken.

Rol van prosodie in spraakvermogen

Bij het ontwikkelen van de leertaak is uitgegaan van de natuurlijke woordklemtoon. Dit houdt in dat de klemtoon bij alle items is gelegd op de eerste syllabe van het tweelettergrepige of drielettergrepige woord. Alleen in de conditie prosodie is er afgeweken van natuurlijke woordklemtoon en verschuift de klemtoon van de eerste naar de tweede lettergreep. De segmentele eigenschappen van het spraakitem blijven binnen deze conditie gelijk.

De resultaten bij de conditie prosodie wijzen op een wisselwerking in accuraatheid op segmenteel en suprasegmenteel niveau. De klinische groep laat duidelijk meer moeilijkheden zien met het correct toepassen van woordklemtoon. Deze items lijken het spraakproductieproces bij sommige kinderen sterk te beïnvloeden waarbij de wisseling in woordklemtoon leidt tot fouten op segmenteel niveau. Een mogelijke verklaring voor de vele spraakfouten bij deze conditie is gelegen in het afwijken van de natuurlijke woordklemtoon. Uit automatisme wordt geneigd de klemtoon op de eerste lettergreep te leggen. De onverwachte wisseling in klemtoon leidt mogelijk tot perceptuele verwarring wat tot een klankverwisseling leidt. Een andere verklaring voor het hoge foutenpatroon zou kunnen zijn dat het spraakproductieproces gehinderd wordt door een verandering in de programmeringseisen. Door de wisseling in woordklemtoon wordt er een beroep wordt gedaan op een ander/extra proces (op suprasegmenteel niveau) binnen het spraakproductiesysteem. Dit lijkt het totale proces negatief te beïnvloeden, waardoor spraakfouten ontstaan. De problemen in het toepassen van wisseling in woordklemtoon zouden ook verklaard kunnen worden door een tekort aan verwerkingscapaciteit binnen het spraakontwikkelingssysteem bij kinderen met spraakontwikkelingsstoornissen. Het selecteren van een nieuw prosodisch frame zou dan gezien worden als een extra programmeringseis wat het spraakproductiesysteem niet kan verwerken.

Twee kinderen met een diagnose fonologische stoornis (KG1:FS en KG2:FS/FON) laten op de conditie prosodie een opvallend profiel in accuraatheid zien. Vanuit de diagnostiek zou men verwachten dat met name de twee kinderen (KG3:FS/SOD en KG4:FS/SOD) uit de klinische groep met een dyspractische component problemen bij de conditie prosodie zouden laten zien, een afwijkende realisatie van woordklemtoon is immers één van de kernkenmerken van SOD (ASHA, 2007). De huidige resultaten toonden echter juist bij de kinderen met een FS-diagnose een afwijking in het programmeren van woordklemtoon aanwezig kan zijn. Gezien de huidige diagnostiek de afwijkingen op het niveau van processen binnen de spraakproductie niet naar boven zou halen, benadrukt deze nieuwe kennis het belang van procesanalyse bij alle kinderen met SOS.

Munson, Bjorum, & Windsor (2003) onderzochten de productie van prosodische cues van non-woorden bij kinderen met spraakontwikkelingsstoornissen. Aan de hand van vier akoestische metingen werd de productie van woordklemtoon onderzocht: klinkerduur; eerste formantfrequentie (F0); timing van de F0 piek en de intensiteit in het midden van de klinker. De aanwezigheid van woordklemtoon werd daarnaast ook perceptueel beoordeeld. Op basis van de akoestische metingen concludeerden ze dat er geen verschillen waren in de

productie van prosodische cues tussen de groep kinderen met FS en de kinderen met SOD. Echter, de verschillen tussen de beklemtoonde en niet-beklemtoonde syllaben werden door de luisteraars in de spraak van de kinderen met SOD niet altijd waargenomen. In het huidige onderzoek scoorden de twee kinderen met een dyspractische component (FS/SOD: KG3 en KG5) niet lager in percentage prosodie correct op de leertaak dan de overige kinderen uit de klinische groep.

De uitkomsten uit het onderzoek van Munson et al. (2003) maken het interessant om de spraak van kinderen met een zuivere diagnose SOD met de leertaak te onderzoeken. Om het verschil tussen de beklemtoonde en niet-beklemtoonde syllaben te kunnen meten zou dan naast perceptuele analyse ook een akoestische analyse nodig zijn. De rol van het toekennen van woordklemtoon in het spraakproductieproces en de relatie tussen prosodie en spraakleren biedt zich aan voor verder onderzoek.

Rol van perceptie in spraakleren

Kinderen met SOS hebben naast afwijkingen in de planning en programmering vaak ook perceptie-problemen (Nijland, 2009). De interactie tussen perceptie en productie is een veel onderzocht onderwerp binnen de spraak-taalpathologie. Meerdere studies hebben aangetoond dat het kunnen produceren van een fonologische contrast tussen twee spraakklanken gerelateerd is aan de capaciteit om het fonologische contrast te kunnen waarnemen (Edwards, Fox & Rogers, 2002; Nijland, 2009).

Kinderen met SOS hebben meer moeite met het herkennen en produceren van fonetische verschillen, zoals bij rijmen, minimale paren of clusters. Dit zou er op duiden dat er een probleem is in het vergelijken van interne representaties. De resultaten uit onderzoek van Nijland (2009) wijzen uit dat zowel kinderen met SOD als FS slechter scoren op perceptuele rijmtaken in vergelijking met normaal ontwikkelende leeftijdsgenoten. Tussen de groepen SOD en FS werden echter geen verschillen gevonden. Marquardt, Sussman, Snow & Jacks (2002) suggereerden op basis van hun onderzoek dat de aanhoudende problematiek die deze kinderen ondervinden in syllabisch bewustzijn, het gevolg is van een ondergespecificeerd representatiesysteem voor fonologische eenheden. Dit zou de problematiek in het kunnen herkennen en produceren van fonetische verschillen verklaren.

Uit het huidige onderzoek blijkt een significante correlatie tussen de prestatie op de auditieve discriminatietaken en het percentage consonanten correct op de totale leertaak. Er lijkt een verband te zijn tussen het auditief discriminatievermogen en het leervermogen van nieuwe spraakeenheden. De correlatie tussen het leereffect op de spraakeenheid /ga/ en het auditief discriminatievermogen versterkt de suggestie nogmaals dat het perceptuele vermogen een rol speelt in het leerproces van spraakklanken.

Voor de ontwikkeling van spraakproductie volgens het spraakontwikkelingsmodel van Guenther (1994; 2006) vormen bouwstenen van klankrepresentaties de basis. Het vormen van een representatie is een interactief proces waarbij multimodale informatiestromen op elkaar worden afgestemd (Guenther et al., 1998; Perrier, 2005). Zwakkere auditieve discriminatievaardigheden bemoeilijken het integreren van deze informatiestromen voor de opbouw van een representatie. Een aspect van perceptie dat een mogelijke rol speelt in het

auditieve vermogen is zelfmonitoring. Bij een zwakke zelfmonitoring worden afwijkingen van de doelklank niet opgemerkt en dit verhindert dat de informatie passend bij een representatie (het motorcommando) kan worden aangevuld of aangepast. Het is zodoende onmogelijk tot een volledige/nauwkeurige representatie te komen van een foneem. Computersimulaties suggereren dat de manier waarop feedback verwerkt wordt en de kwaliteit van zelfmonitoring in grote mate het leerproces van spraak bepaalt. Bij kinderen met SOD zou sprake zijn van een zwakkere zelfmonitoring of een onvoldoende of afwijkende integratie van de verschillende informatiestromen. Dit zou leiden tot een onvolledige opbouw van een spraakklank wat de kwaliteit van het spreken beïnvloedt (Terband & Maassen, 2010; Terband et al., 2014).

Toekomst

Deze pilot study is exploratief van aard en de huidige resultaten bieden een goede aanleiding voor vervolgonderzoek. De onderzoeksgroep van het huidige onderzoek bestond uit elf kinderen en de heterogeniteit binnen de klinische groep was groot. Om een onderscheid te kunnen maken tussen kinderen die moeite hebben met het aanleren van een klank of het toepassen van een nieuwe spraakklank in verschillende plannings- en programmeringsprocessen, is aanvullend onderzoek nodig. Naast de perceptuele, fonologische foutenanalyse zou een akoestische analyse meer geobjectiveerde data bieden. Perceptuele waarnemingen zijn subjectief en persoonsafhankelijk. Het is mogelijk dat de klankrealisatie wel stabiliseert en richting de doelklank verschuift, maar dit niet auditief wordt waargenomen door de luisteraar en vervolgens niet als betekenisonderscheidend wordt beoordeeld. Akoestische metingen kunnen een perceptuele beoordeling over spraakitems onderschrijven maar ook (deels) weerleggen.

Akoestische analyse biedt een oplossing voor een primaire uitkomstmaat die staat voor de kwaliteit van de representatie. De kwaliteit van productie zou berekend zijn op twee parameters: accuraatheid en stabiliteit. De accuraatheid van de representaties zou bepaald kunnen worden door middel van een afstandsmaat die representatief is voor het verschil tussen de geproduceerde klank en de doelklank aangeboden door het model (het klankbord). Een voorbeeld hiervan is een distributiemaat in de formantfrequenties (F1 en F2). De mate van stabiliteit zou gemeten kunnen worden aan de hand van een akoestische variabiliteitsindex (Brenk & Lowit, 2012). De toevoeging van een akoestische analyse en een uitbreiding aan data zal leiden tot meer betrouwbare uitspraken over de verschillen tussen en binnen verschillende stoornisgroepen. Deze aanvullende gegevens zullen eveneens de diagnostische meerwaarde van de leertaak kunnen bevestigen.

Conclusie

Deze pilotstudie is uitgevoerd ten behoeve van een aanvullende analyse op procesniveau voor de differentiaaldiagnostiek bij kinderen met spraakontwikkelingsstoornissen. Gezien de kleine onderzoeksgroep moeten de uitkomsten voorzichtig worden geïnterpreteerd maar

desalniettemin geven de resultaten duidelijke suggesties en aanwijzingen voor vervolgonderzoek. Allereerst illustreren de uitkomsten dat er bij kinderen met een spraakontwikkelingsstoornis afwijkingen op procesniveau vastgesteld kunnen worden en dat ondanks gelijke diagnostische classificatie op basis van symptomatologie, het leerproces van spraak individueel is bepaald en de verwerving van (nieuwe) spraakklanken zeer verschillend kan verlopen. De analyse van het leerproces toont het belang van een individuele beschrijving op het niveau van spraakproductieprocessen naast de bestaande symptoomanalyse. De huidige resultaten benadrukken verder vooral de rol van prosodische en auditieve verwerking in het spraakproductieproces. Procesanalyse zal voor de klinische praktijk directe uitgangspunten bieden voor zowel de diagnostiek als therapeutische doeleinden.

Referenties

- American Speech-Language-Hearing Association (2007). *Childhood Apraxia of Speech [Technical Report]*. Opgevraagd April 2013 via www.asha.org/policy.
- Bahr, R.H. (2005). Differential Diagnosis of Severe Speech Disorders Using Speech Gestures. *Topics in Language Disorders* 25(5), 254-265.
- Bastiaanse, R., Bosje, M., & Visch-Brink, E.G. (1995). *Palpa: Psycholinguistic assessment of language processing in aphasia*. Dutch adaptation of Kay, J., Lesser, R. & Coltheart, M. Hove, UK, Lawrence Erlbaum Associates Ltd., 1995.
- Boersma, P., & Weenink, D. (1996). *Praat; doing phonetics by computer, version 5.3.4*. Institute of Phonetic Sciences of the University of Amsterdam, Amsterdam, the Netherlands.
- Borsel, J. van, (2009). *Basisbegrippen Logopedie. Deel 2: Communicatie- en articulatiestoornissen*. Leuven: Uitgeverij Acco.
- Brenk, F. van, & Lowit, A. (2012). The relationship between acoustic indices of variability of speech motor control in dysarthria and other measures of speech performance. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 20(4), 24-29.
- Dunn, L.M., & Dunn, L.M. (1997). *Peabody Picture Vocabulary Test-III-NL [PPVT-III-NL]*. Pearson Assessment and Information, San Antonio. Nederlandse vertaling en bewerking: L. Schlichting, 2005.
- Edwards, J., Fox, R. A., & Rogers, C. L. (2002). Final consonant discrimination in children: Effects of phonological disorder, vocabulary size, and articulatory accuracy. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45(2), 231-242.
- Erlings-van Deurse, M., Freriks, A., Goudt-Bakker, K., van der Meulen, S., & de Vries, L. (1993). *Dyspraxieprogramma*. Pearson Assessment and Information, San Antonio.
- Guenther, F. H. (1994). A neural network model of speech acquisition and motor equivalent speech production. *Biological Cybernetics*, 72, 43-53.
- Guenther, F. H., Hampson, M., & Johnson, D. (1998). A theoretical investigation of reference frames for the planning of speech movements. *Psychological Review*, 105, 611-633.
- Guenther, F. (2006). Cortical interactions underlying the production of speech sounds. *Journal of Communication Disorders*, 39, 350-365.

- Klapp, S.T. (2003). Reaction time analysis of two types of motor preparation for speech articulation: Action as a sequence of chunks. *Journal of Motor Behavior*, 35, 135-150.
- Levelt, W. (1989). *Speaking: From intention to articulation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Maas, E., & Mailend, M.L. (2012). Speech planning happens before speech execution: on-line reaction time methods in the study of apraxia of speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(5), 1523-34.
- Maas, E., Robin, D., Austermann-Hula, S., Freedman, S. Wulf, G., Ballard, K. & Schmidt, R. (2008). Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 17, 277-298.
- Maassen, B. (2002). Issues contrasting adult acquired versus developmental apraxia of speech. *Seminars in Speech and Language*, 23, 257-266.
- Maassen, B., van Haaften, L., Diepenveen, S., de Swart, B., van der Meulen, S., & Nijland, L. (in press). *Computer Articulatie-Instrument (CAI)*. Amsterdam: Boom test uitgevers.
- Maassen, B., Nijland, L., & Terband, H. (2010). Developmental models of Childhood Apraxia of Speech In: B. Maassen & P. Van Lieshout (Eds.), *Speech motor control: New developments in basic and applied research* (pp. 243-258). Oxford: Oxford University Press.
- MacNeilage, P. F. (1998). The frame/content theory of evolution of speech production. *Behavioral & Brain Sciences*, 21(4), 499-512.
- Marquardt, T.P., Sussman, H., Snow, T., & Jacks, A. (2002). The integrity of the syllable in developmental apraxia of speech. *Journal of Communication Disorders*, 35(1), 31-49.
- McLeod, S., & Harrison, L.J. (2009). Epidemiology of speech and language impairment in a nationally representative sample of 4- to 5-year-old children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 1213-1229.
- McLeod, S., Harrison, L. J., & McCormack, J. (2012). *Schaal voor Verstaanbaarheid in de Context [Intelligibility in Context Scale: Dutch]*. (J. C. van Doornik-van der Zee & H. R. Terband, Trans.). Bathurst, NSW, Australia: Charles Sturt University. Retrieved from <http://www.csu.edu.au/research/multilingual-speech/ics>. Published April 2013.
- Merwe, A. van der (1997). A theoretical framework for the characterization of pathological speech sensorimotor control. In M. R. McNeil (Ed.), *Clinical Management Of Sensorimotor Speech Disorders* (pp. 1-25). New York: Thieme Medical Publishers Inc.
- Munson, B., Bjorum, E. M., & Windsor, J. (2003). Acoustic and perceptual correlates of stress in non-words produced by children with suspected developmental apraxia of speech and children with phonological disorder. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 189-202.
- Nijland, L. (2009). Speech perception in children with speech output disorders. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 23(3), 222-239.
- Nijland, L., Maassen, B., van der Meulen, S., Gabreels, F., Kraaimaat, F. W., & Schreuder, R. (2003a). Planning of syllables in children with developmental apraxia of speech. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 17, 1-24.
- Nijland, L., Maassen, B. & van der Meulen, S., (2003b). Evidence of motor programming deficits in children diagnosed with CAS. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 437-450.
- Perrier, P. (2005). Control and representations in speech production. *Papers in Linguistics*,

- 40, 109-132.
- Shriberg, L.D., Aram, D.M., & Kwiatkowski, J. (1997a). Developmental apraxia of speech: I. Descriptive perspectives. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40, 273-285.
- Terband H., & Maassen, B. (2010). Speech motor development in Childhood Apraxia of Speech (CAS) generating testable hypotheses by neurocomputational modeling. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 62, 134-142.
- Terband, H. & Maassen, B. (2012). Spraakontwikkelingsstoornissen: van symptoom- naar procesdiagnostiek. *Logopedie en Foniatrie*, 7, 229-233.
- Terband, H., Maassen, B., Guenther, E.H., & Brumberg, J. (2014). Auditory-Motor Interactions in Pediatric Motor Speech Disorders: Neurocomputational Modeling of Disordered Development. *Journal of Communication Disorders*, 47, 17-33.
- Terband, H., Maassen, B., Van Lieshout, P., & Nijland, L. (2011). Stability and composition of functional synergies for speech movements in children with developmental speech disorders. *Journal of Communication Disorders*, 44, 59-74.
- Thoonen, G., Maassen, B., Gabreëls, F., & Schreuder, R. (1994). Feature analysis of singleton consonant errors in developmental verbal dyspraxia (DVD). *Journal of Speech and Hearing Research*, 37, 1424-1440.
- Waring, R., & Knight, R. (2013). How should children with speech sound disorders be classified? A review and critical evaluation of current classification systems. *International Journal Language and Communication Disorders*, 48, 25-40.