

# Coarticulatie bij kinderen met spraakdyspraxie

Mees Pluut  
Studentnummer: 4081714  
Bachelorscriptie Taalwetenschap

Faculteit Geesteswetenschappen  
Universiteit Utrecht

Begeleider: Hayo Terband  
Tweede lezer: Hugo Quené

Juli 2016



## Samenvatting

### *Achtergrond/Doel:*

Afwijkende coarticulatie is een van de drie kenmerkende eigenschappen van spraakontwikkelingsdyspraxie. Hoe coarticulatie afwijkt is echter onduidelijk; er worden resultaten in beide richtingen gerapporteerd. De huidige studie onderzoekt de hypothese dat deze verschillen worden veroorzaakt door verschillen in gerealiseerd klinkercontrast en dat, wanneer hiervoor wordt gecorrigeerd, kinderen met spraakontwikkelingsdyspraxie enkel sterkere coarticulatie laten zien dan kinderen met een normale spraakontwikkeling.

### *Methode:*

Bij zestien dyspractische kinderen met een leeftijd van 5,5 jaar tot 7,5 jaar (gemiddelde 6,5 jaar, standaarddeviatie 0,6 jaar) en acht normaalspreekende kinderen met een leeftijd van 5 jaar tot 7,3 jaar (gemiddelde 6,7 jaar, standaarddeviatie 0,75 jaar) vond opname plaats van de geproduceerde uitingen /bi/, /bu/, /di/ en /du/ in de context van de zin “Hé de (...) weer”. Deze uitingen zijn later in een verwerkingsprogramma geannoteerd en door middel van een script zijn de formantwaardes van de F1 en de F2 gemeten. Er is een coarticulatiendex gecreëerd om te bepalen wat de coarticulatie van kinderen was. Er zijn vier coarticulatieindices gemaakt, twee per groep (een groep met spraakdyspractische kinderen en een groep met controlekinderen). Vooraf is het klinkercontrast gemeten en via SPSS is geanalyseerd of er een verschil in coarticulatie zit tussen kinderen met spraakdyspraxie en controlekinderen.

### *Resultaten:*

Allereerst laten de resultaten zien dat er geen verschil is tussen de twee groepen van klinkercontrast. Tevens zit er geen significant verschil in coarticulatie tussen de groepen. De factor Consonant heeft wel een significante rol en deze rol verschilt tussen controlekinderen en spraakdyspractische kinderen; er is een trendeffect tussen de stoornisgroep en de controlegroep bij de /d/. Ook is er een significant verschil binnen de controlegroep; de /b/ laat meer coarticulatie zien dan de /d/. Dit significante verschil is afwezig bij de stoornisgroep.

### *Conclusie:*

De resultaten van het huidige onderzoeken geven aanleiding om te constateren dat kinderen met spraakdyspraxie in een enkele context sterkere coarticulatie vertonen ten opzichte van de controlekinderen. Een trendeffect tussen de controlekinderen en de kinderen met spraakdyspraxie was aanwezig en wel bij de medeklinker /d/. Kinderen met spraakdyspraxie lieten op dat vlak dus meer coarticulatie zien dan controlekinderen. De belangrijkste uitkomst laat zien dat hyperarticulatie of lagere coarticulatie niet terugkomt bij de groep kinderen met SOD, wanneer coarticulatie wordt gecorrigeerd voor klinkercontrast. Vermoedelijk is de meetmethode zonder gecorrigeerd klinkercontrast verantwoordelijk voor de bevindingen van hyperarticulatie in vorige onderzoeken naar coarticulatie bij kinderen met spraakdyspraxie. Verder is het nodig om opnieuw te kijken naar de beschrijving van het kernsymptoom van spraakontwikkelingsdyspraxie en deze in formulering te herzien.

Sleutelwoorden: Dyspraxie, coarticulatie, spraakstoornis

## **Inhoudsopgave**

1.	Inleiding	4
2.	Methode	8
3.	Resultaten	10
4.	Discussie	11
5.	Conclusie	14
6.	Literatuurlijst	15

## Inleiding

De American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) definieert de stoornis spraakontwikkelingsdyspraxie (SOD) als een neurologische spraakstoornis bij kinderen, waarbij spraakbewegingen minder precies en coherent zijn zonder dat er neuromusculaire aandoeningen zijn (bijvoorbeeld het minder goed reageren van spierreflexen). De articulatorische bewegingen die nodig zijn om spraak te verwezenlijken en doelen te bereiken worden niet goed uitgevoerd. De oorzaak hiervan lijkt te liggen in het motorische plannings- en programmeerdeelte van het spraakproductieproces (ASHA, 2007). Een normale ontwikkeling vertoont een geleidelijke groei van de controle over diverse articulatoren en spraakbewegingen. Bij kinderen met spraakdyspraxie is de planning en programmering minder sterk ontwikkeld dan bij kinderen met een normale spraak- en taalontwikkeling, waardoor er minder controle aanwezig is.

Ogar (2005) en de ASHA (2007) stellen vast dat spraakdyspraxiepatiënten last hebben van hardnekkige fouten in de prosodie, articulatorische instabiliteit, productiefouten in medeklinkers en klinkers in herhaalde uitingen en verstoorde, afwijkend coarticulatie. De spreekfouten die kinderen met spraakdyspraxie maken, proberen ze wel te herstellen. Ze beseffen dus dat ze fouten maken. De symptomen hierboven zijn echter niet enkel op spraakontwikkelingsdyspraxie van toepassing; andere spraakontwikkelingsstoornissen laten deze symptomen ook zien waardoor weinig differentiatie tussen spraakontwikkelingsstoornissen op basis van symptomatologie mogelijk is. Het is belangrijk specifieke symptomen te hebben voor spraakontwikkelingsdyspraxie, om logopedisten de goede diagnose te kunnen laten stellen en om een juiste behandelmethodete toe te passen op de spraakdyspractische kinderen (Bahr, 2005).

Er is een verschil tussen de stoornissen SOD, dysarthrie en de fonologische stoornis (FS). Bij dysarthrie zijn de aansturingsspieren van de articulatoren daadwerkelijk aangetast, meestal door neurologische schade (Spencer en Rodgers, 2005). Bij SOD is het plannings- en programmeerdeelte aangetast, maar de neurologische aansturing van de spieren zelf is onaangetast. Bij een fonologische stoornis heeft een kind een tekort aan kennis van het klanksysteem van een taal (Nijssen, van Brenk en Terband, 2015). Het kind produceert niet de juiste klanken. Bij spraakontwikkelingsdyspraxie is de kennis van het klanksysteem van een kind in principe intact. Bahr (2005) geeft aan dat de spraakstoornis spraakdyspraxie enkele nadelige gevolgen kan hebben op de ontwikkeling van andere vlakken. Dit omvat problemen met articulatie, expressieve taal, leesvaardigheidsvermogen, spraakproductievermogen bij moeilijker woorden, fonetische vaardigheden en wisselingen in prosodie.

De onderliggende theorieën voor SOD richten zich op de sequentiëring en op de sensomotoriek. Volgens de sequentiëringstheorie vormen de productie van lettergrepen en prosodie de belangrijkste knelpunten bij kinderen met SOD (ASHA, 2007). Nijland, Maassen, Van der Meulen en anderen (2003) stellen dat door een probleem bij het vormen van de syllabestructuur kinderen minder goed prosodische elementen produceren. Het omzetten van de fonologische eenheid naar productie leidt tot een hardnekkig probleem. De suggestie is dat kinderen met spraakdyspraxie onvoldoende een geheel aan fonologische elementen kunnen creëren. Zij produceren veel sequentiëringfouten door de verminderde omzetting en uitwerking van de syllabestructuur. In tegenstelling tot Nijland en anderen (2003) stellen Odell en Shriberg (2001) dat onderliggende problemen in de prosodie het produceren van lettergrepen en segmenten belemmert. In deze studie vergeleken zij kinderen met spraakdyspraxie en volwassenen met spraakdyspraxie. Zij vonden dat kinderen met

spraakdyspraxie veel meer verstoorde klemtoonverschijnselen lieten zien dan volwassenen met dyspraxie. De onderzoekers stelden hierdoor dat een klemtoonprobleem aanwezig is in de talige, representatieve fase van het spraakproductieproces bij kinderen met spraakdyspraxie.

Aan de andere kant laat de sensomotorische theorie zien dat perceptie, sensoriek en motoriek een verband vertonen en samen verantwoordelijk zijn voor verkeerde producties. Barry (1995) en Boutsen en Christman (2002) stellen dat kinderen met spraakdyspraxie een verminderd feedbacksysteem hebben. Hierdoor kunnen zij minder goed gebruik maken van sensomotorische feedback. Het gevolg is dat het autocorrect-systeem minder in staat is te corrigeren. Het is mogelijk dat dit een negatieve invloed heeft op de automatisering van het motorische plannings- en programmeringsysteem, waardoor problemen in de spraakmotoriek ontstaan.

Beide theorieën ondersteunen het idee dat problemen bij het programmeren en plannen tot de kern van de stoornis horen. Hoe dit programmeren en plannen technisch gezien in elkaar zit, blijft echter een ferm discussiepunt. De twee theorieën hebben dus een aantal globale overeenkomsten, terwijl de nadruk bij de twee theorieën op een technisch vlak anders ligt.

De symptomen van SOD zijn vaak ook zichtbaar bij andere spraakstoornissen. Als gevolg is het te diagnosticeren ziektebeeld van SOD lastiger, aangezien er slechts een compacte lijst van verschillende eigenschappen en symptomen aanwezig is om spraakstoornissen te onderscheiden. Forrest (2003) laat zien dat er discussie is omtrent de etiologie van SOD. In het ene geval wordt SOD onder de fonologische stoornis geschaard en in het andere geval ziet men SOD als een motorische stoornis.

Marquardt (2004) stelt dat kinderen met SOD ook meer moeite hadden met en minder scoorden op fonologische discriminatietaken. Blijkbaar zijn kinderen met SOD gevoeliger voor fonologische beperkingen in tegenstelling tot kinderen met een normale taal- en spraakontwikkeling. De studie van Bahr (2005) geeft ook aan dat kinderen met SOD kenmerken laten zien die gedeeltelijk overlappen met de kenmerken van kinderen met een fonologische stoornis. Het zou kunnen dat er een verband bestaat tussen de fonologische zwakheden van kinderen met spraakdyspraxie en de fonologische stoornis, zoals in Forrest (2003) al werd gesuggereerd. Voor SOD zijn twee zienswijzen het belangrijkste: aan de ene kant staat het motorische perspectief. Het andere perspectief is het gecombineerde linguïstische en motorische perspectief, waarbij de fonologie samen met motoriek de hoofdbestanddelen zijn.

SOD kan drie verschillende oorzaken hebben (ASHA, 2007). Mogelijkerwijs veroorzaakt een neurologisch ziektebeeld (zoals een infectie of een hersenbloeding of –infarct) de stoornis. Verder kan SOD gezien worden als een prominent onderdeel van een complexe, genetische neurologische stoornis. Als derde is kinderspraakdyspraxie eventueel toe te schrijven aan een spraakstoornis die geen duidelijke (neurologische) etiologie heeft en dus idiopathisch lijkt. Kort gezegd komt het er op neer dat SOD verschillende oorzaken kan hebben, en dat de oorzaken niet altijd duidelijk zijn.

Verschillende onderzoekers zijn drie kernkenmerken voor SOD overeengekomen, die eerder bij de symptomatologie zijn benoemd (ASHA, 2007). Hieronder vallen productiefouten in medeklinkers en klinkers in herhaalde uitingen, verstoorde en afwijkende coarticulatie en verkeerd gebruik van prosodie, met name klemtoon bij woorden. Deze drie kenmerken zijn karakteristiek voor een plannings- en programmeringsprobleem.

Eén van de kenmerken voor de spraak van kinderen met spraakdyspraxie is dus afwijkende coarticulatie (ASHA, 2007). Dat kenmerk staat centraal in dit onderzoek; de literatuur laat zien dat er verschillende bevindingen zijn die resultaten vanuit twee kanten rapporteren. De andere kenmerken worden in dit onderzoek verder niet behandeld. Coarticulatie is de variatie die een spraakeenheid vertoont onder invloed van zijn buurfonemen (Hardcastle en Hewlett, 2006). Farnetani en Recasens (1997) spreken over coarticulatie als bewegingen van verschillende articulators voor opeenvolgende fonetische segmenten die op elkaar inwerken en in tijd overlappen. Meerdere (fonetische) segmenten beïnvloeden dus altijd het spraakkanaal.

Coarticulatie werkt twee kanten op, namelijk anticipatorisch (in /laat/ kan de /t/ invloed uitoefenen op de /l/ en de /a/ tijdens het uitspreken van deze fonemen) of perseveratief of carry-over (in /laat/ kan de /l/ invloed uitoefenen tijdens het produceren van de /a/ of de /t/). Daarnaast is coarticulatie niet syllabegebonden; coarticulatie komt zowel binnen de syllabe als over de syllabes heen voor (Farnetani en Recasens, 1997).

Normaalsprekende kinderen vertonen over het algemeen meer coarticulatie dan volwassenen (Nittrouer, Studdert-Kennedy en McGowan, 1989). Bij kinderen met een normaal verloop van hun taal- en spraakontwikkeling is er aanvankelijk sprake van de werking van basale, algemene motorische programma's ter uitvoering van articulatorische bewegingen. Zodoende is de fonetische eenheid nog niet bekend. De verschuiving van een holistisch naar een segmenteel systeem gaat stap voor stap gedurende de taal- en spraakontwikkeling (Terband, Namasivayam en anderen, nog te publiceren). Volwassenen coarticuleren over het algemeen minder dan kinderen aangezien hun planning van fonemen en segmenten volledig ontwikkeld is. Daarentegen groeit de coarticulatie aanzienlijk wanneer volwassenen 'sloppy speech' vertonen (Yu, 2004). Daarnaast worden sterkere coarticulatiewaardes bereikt door taalspecifieke en taalafhankelijke uitingen (bijvoorbeeld assimilatie) die tegen de tendens van minder coarticulatie in algemene spraak ingaan. Ook tonen volwassenen meer coarticulatie dan bij kinderen in zeer frequente uitingen (Terband, Namasivayam en anderen, nog te publiceren).

In de literatuur vinden de meeste onderzoekers meer coarticulatie bij kinderen met SOD dan bij kinderen met een normale taal- en spraakontwikkeling (Maassen, Nijland en Van der Meulen, 2001; Nijland, Maassen, van der Meulen, Gabreëls, Kraaimaat en Schreuder, 2002). De uitkomsten van een paar andere onderzoeken tonen het tegenovergestelde; er wordt minder coarticulatie gevonden bij kinderen met SOD dan bij normaalsprekende kinderen (Nijland, Maassen, Van der Meulen, Gabreëls, Kraaimaat en Schreuder, 2002; Nijland, Maassen, van der Meulen, 2003). Deze bevindingen lijken tegenstrijdig, aangezien verminderde coarticulatie of hyperarticulatie op basis van theorie zeer onverwacht is. De verminderde ontwikkeling en uitvoering van de motorische planning bij spraakdyspractische kinderen zijn verantwoordelijk voor uitingen die algemener en minder specialistisch zijn. Deze uitingen zouden daardoor sterkere coarticulatie bevatten dan uitingen van controlekinderen. Kinderen met een normale taal- en spraakontwikkeling volgen meer een segmenteel systeem. De verwachting is dat zij op die manier minder coarticulatie laten zien dan kinderen met SOD.

Nijland, Maassen, Van der Meulen, Gabreëls, Kraaimaat en Schreuder (2002) onderzochten de coarticulatiepatronen bij kinderen met SOD en bij kinderen met een normale taal- en spraakontwikkeling in een sjwa-medeklinker-klinker volgorde en vonden op groepsniveau bij

kinderen met SOD geen en bij kinderen met een normale ontwikkeling wel significante, tussensyllabische coarticulatie. Bij individuele kinderen met spraakdyspraxie vonden ze soms zelfs minder coarticulatie. Een mogelijkheid van de bevindingen van Nijland en anderen (2002) kan vloeien uit het verminderde klinkercontrast. In een tweetal experimentele onderzoeken (Nijland en anderen, 2002; Nijland, Maassen, van der Meulen, 2003) over spraakontwikkelingsdyspraxie waarbij de onderzoekers minder coarticulatie vonden bij dyspractische kinderen, rapporteerden zij een verminderd klinkercontrast of een kleiner contrastverschil bij dyspractische kinderen.

Het onderzoek en analyse zoals die terugkomen in Nijland en anderen (2002) wordt geprobeerd opnieuw uit te voeren. Door middel van gebruik van een andere meetmethode was de verwachting andere uitkomsten te krijgen. Nijland en anderen (2002) maakten gebruik van een i/u ratio, waarmee ze het verschil in kaart brachten van de F2 tussen verschillende consonant- en klinkerpunten. Zij maten op zes verschillende punten de F2 van de sjwa-medeklinker-klinker uitingen (medeklinkers /s/, /x/, /b/ en /d/ en klinkers /a/, /i/ en /u/). Vervolgens deelden ze alle uitingen van de /i/ door de uitingen van de /u/. Een F2-ratio boven de 1 zou een significant effect laten zien. Een gemis aan deze meetmethode is dat er geen rekening gehouden wordt met het verschil tussen de klinkers zelf. In het artikel van Nijland en anderen (2002) wordt zodoende een kleiner klinkercontrast opgemerkt. Het kleinere klinkercontrast is een factor voor potentieel minder coarticulatie. Bij een kleiner verschil tussen klinkers is het waarschijnlijk dat er een kleinere kans is vanuit de hoofdklinker (/a/, /i/ of /u/) op beïnvloeding van de eerste consonant en sjwa. Dit zal leiden tot minder coarticulatie. De verminderde coarticulatie of hyperarticulatie bij kinderen met SOD als resultaat uit vorige onderzoeken kan dus wellicht komen door een verkeerd toegepaste berekening. In zulke onderzoeken werd namelijk geen rekening gehouden met het klinkercontrast bij het meten van coarticulatie. Eén van zulke onderzoeken is de eerder genoemde studie van Nijland en anderen (2002).

Het doel van de huidige studie is om te onderzoeken of dyspractische kinderen meer of minder coarticulatie vertonen dan controlekinderen. De coarticulatie bij kinderen met spraakdyspraxie en kinderen met een normale ontwikkeling zal worden vergeleken; er zal worden gekeken of er een verschil is in coarticulatie tussen beide groepen, wanneer rekening wordt gehouden met het gerealiseerde klinkercontrast.

De gesproken uitingen zijn vooraf geannoteerd waarna de formantwaardes berekend konden worden door middel van een script. De frequenties van deze formantwaardes zijn omgezet van Hertz naar Bark. Het eerste punt om te onderzoeken is het klinkercontrast. Hiervoor wordt een correctie toegepast en later wordt gekeken of hiervoor geen verschil is tussen de twee groepen kinderen. Vervolgens wordt in dit onderzoek de coarticulatieindex berekend. Het creëren van de coarticulatieindex gebeurt door middel van het gebruik van de i/u ratio. Het verschil van de F2 van de gemiddelde sjwa tussen de /i/ en de /u/ wordt gedeeld door het verschil van de F2 tussen de /i/ en de /u/. In SPSS zal de analyse uitgevoerd worden die bevindingen laat zien tussen en binnen de controlegroep en de stoornisgroep.

De verwachting is dat, wanneer gecorrigeerd voor het klinkercontrast, kinderen met SOD meer coarticulatie zullen vertonen dan kinderen met een normale taal- en spraakontwikkeling en dat hyperarticulatie bij spraakdyspractische kinderen niet meer voor zal komen. De ontwikkelingsachterstand van de dyspractische kinderen houdt in dat een meer holistisch systeem werkzaam is bij spraak. Hierdoor zal er minder onderscheid gemaakt worden tussen fonemen. Het systeem bij controlekinderen zal meer neigen naar het segmentele systeem. Zij

zullen fonemen waarschijnlijk afzonderlijker produceren waardoor bij hen minder coarticulatie aanwezig zal zijn dan bij kinderen met spraakdyspraxie.

## **Methode**

### *Participanten*

De dataset van Nijland, Maassen en anderen (2002) wordt opnieuw gebruikt, aangevuld met extra kinderen. Hierin zitten spraakopnames van kinderen met SOD en kinderen met een normale taal- en spraakontwikkeling. De kinderen met spraakdyspraxie zijn geselecteerd van speciale scholen voor leerlingen met taal- en spraakstoornissen. Rond de 70 kinderen waren beschikbaar, die de schoollogopedisten met spraakdyspraxie hadden gediagnosticeerd. Deze kinderen zijn via het kinderneurologisch centrum te Nijmegen doorgestuurd naar de onderzoekers. Van de kinderen werden spraakopnames, korte zinnen en een diadochokinetische taak (om de spraakbewegingen te controleren) verzameld. Er was een selectie van 29 van de 70 kinderen op basis van de volgende criteria: veel gemaakte spraakfouten, hoog aantal verwisselingen van lettergrepen en moeilijkheden bij het snel vormen van lettergrepen achter elkaar. Deze kinderen kregen vervolgens nog enkele testen (een taalbegriptest, een auditieve test en nog extra spreektaken), waarna er 16 kinderen met een diagnose spraakontwikkelingsdyspraxie zijn vastgesteld. Bij 13 kinderen bleek de oorzaak een verminderd gehoor en/of een slechte score op de taalbegriptest, waarop zij geëxcludeerd werden. De controlegroep bestond uit 8 kinderen met een normale spraakontwikkeling die gematcht waren op geslacht, leeftijd en regionale herkomst.

### *Materiaal*

Het spreekmateriaal bestaat uit tweesyllabische betekenisloze uitingen van het type /de/ /bi/ba/bu/ en /de/ /di/da/du/ in context van de zin: “Hé de (...) weer”. Ook werd het lidwoord en de tweesyllabische uitingen “de (...)” geproduceerd. Er waren 6 opnames per klinker gemaakt, waardoor er 36 opnames per kind waren. In vergelijking met de studie van Nijland (2002) zijn de fonemen /s/ en de /x/ niet gebruikt. Enkel de plosieven /b/ en /d/ zijn gekozen omdat deze makkelijk de formantwaardes laten berekenen en duidelijk de formantovergangen laten zien. De sjwa is gekozen omdat dit de klinker is die het meest onderhevig is aan coarticulatie. De klinkers /a/, /i/ en /u/ zijn meegenomen vanwege het feit dat deze klinkers zich in het Nederlands het meest uiteenspreiden en het contrast tussen de klinkers in formanten aanzienlijk is. Dit grote klinkercontrast wordt gecorrigeerd in de berekening van de coarticulatie, door het verschil van de gemiddelde sjwa van de twee groepen kinderen in de context van de hoofdklinker (/a/, /i/ of /u/) te delen door het verschil van de gemiddeldes tussen de hoofdklinkers zelf. Om de spraakopnames te maken is een koptelefoon (type Shure Sm10a) met een microfoon en een taperecorder (Kenwood KH54) gebruikt. Van sommige kinderen heeft twee keer een meting plaatsgevonden. Hiervan is er één meegenomen. Meestal zat er 8 maanden tot 1,5 jaar tussen de meting. Er is gekeken naar de leeftijd van de twee groepen en de meting met de meest corresponderende leeftijd is geïnccludeerd. Een overzicht van alle kinderen is te zien in Appendix 1.

### *Procedure*

Aangezien het aantal uitingen per proefpersoon verschilde, evenals het aantal vloeiende gerealiseerde uitingen, zijn eerst de drie meest vloeiende uitingen van alle kinderen geselecteerd. Die uitingen zijn vervolgens geannoteerd met behulp van het oscillogram en het



spectrogram via het programma Praat (Boersma & Weenink, 2016). Hierbij zijn voor de fonemen het middelste, stabiele stuk geannoteerd. Vervolgens zijn de formantwaardes gemeten met een script. Zodoende werden de gemiddeldes en de standaardafwijkingen van de F1 en de F2 verkregen van de geannoteerde sjwa (/ə/), consonant (/b/ en /d/) en klinker (/a/, /i/ en /u/). Elke uiting van een kind had een gemiddelde en een standaardafwijking per sjwa, consonant en klinker, dus in totaal had elk kind (36\*6) 108 gemiddeldes en 108 standaardafwijkingen over alle herhaalde uitingen.

Om de betrouwbaarheid van het script te controleren, zijn de door het script gemeten formantwaardes vergeleken met handmatig gemeten formanten. Van alle uitingen werd 10 procent willekeurig gekozen. Vervolgens werden de spectra van die spraakklanken gebruikt om eigenhandig na te gaan wat de eerste en tweede formant van elke uiting was. Als betrouwbaarheidscoëfficiënt werd Cronbach's alpha gebruikt. Deze bleek voor elke onderlinge differentiatie (F1-F2 en sjwa-medeklinker-klinker) ten minste .70 te zijn, wat duidt op een sterke betrouwbaarheid. Alle betrouwbaarheidscoëfficiënten zijn in tabel 1 te zien. Door de sterke betrouwbaarheid kon de data van het Praat-script worden gebruikt.

De formantfrequenties waren oorspronkelijk in Hertz. De formantfrequenties zijn in een later stadium omgezet in de frequentieschaal van Bark. Bark geeft via een schaalverdeling een perceptief realistische weergave van de formantfrequenties; op deze manier zijn de verschillen in formantfrequenties beter dan in Hertz. De formule ( $Bark = (26.81 * F2 / 1960 + F2) - 0.53$ ) is afkomstig van Traunmüller (1990).

In SPSS is het berekenen van de i/u coarticulatieindex uitgevoerd. Deze coarticulatieindex is verkregen door het verschil van de gemiddelde sjwa's in de context van de /i/ en de /u/ te delen door het verschil in het gemiddelde van de klinkers /i/ en /u/ maal honderd. In formule:

$$\frac{(F2 \text{ (gemiddelde } \text{/ə/ in } \text{/i/)} - F2 \text{ (gemiddelde } \text{/ə/ in } \text{/u/))}{(F2 \text{ gemiddelde } \text{/i/)} - F2 \text{ (gemiddelde } \text{/u/))} * 100$$

De uitingen van /a/ zijn niet meegenomen in de berekening en de coarticulatie is berekend met de i/u indices over de F2. Met de /i/ en /u/ uitingen was een directe vergelijking mogelijk met de studie van Nijland (2002). Bovendien is het contrast in i/u in F2 veel meer onderscheidend dan in F1. Het i/a en het u/a contrast neigt meer naar verschillen in F1. De coarticulatieindex is twee keer verkregen van elke proefpersoon, van de /b/ (met /bi/ en /bu/) en de /d/ (met /di/ en /du/). Vervolgens zijn alle individuele indices verzameld en de gemiddeldes berekend, waardoor op groepsniveau in totaal vier verschillende coarticulatieindices verschenen (twee per groep).

De coarticulatieindex werd getest op de groepen (stoornis en controle) met behulp van een Linear mixed model analyse in SPSS. Hiermee konden de verschillen tussen stoornis- en controlekinderen en binnen de stoornis- en controlekinderen gemeten worden. Voor de fixed-factors waren er twee niveaus: consonant (/b/ en /d/) en groep (stoornis en controle). Voor de repeated factors waren er eveneens twee niveaus: subject en consonant (/b/ en /d/). Voor de analyses is een significantieniveau gehanteerd van  $p < .05$ .  $P < 0.1$  is aangehouden als niveau voor een trendeffect.

Tabel 1. Cronbach's alpha uitgevoerd over de F1 en de F2 per foneem (sjwa, medeklinker en klinker). Een waarde van ten minste .70 duidt op een sterke betrouwbaarheid.

	F1	F2
Sjwa	.78	.72
Medeklinker	.70	.77
Klinker	.90	.89

## Resultaten

In SPSS is gekeken of er een verschil zit in klinkercontrast tussen de /i/ en de /u/ bij controlekinderen en kinderen met SOD. Uit het Linear Mixed Model in SPSS, waarvan alle gegevens in Tabel 2 zijn genoteerd, blijkt geen significant effect van Consonant [ $F(1,20.46) = 2.457, p = .132$ ], Groep [ $F(1, 21.02) = 1.185, p = .289$ ] en geen interactie tussen Consonant en Groep [ $F(1,20.46) = 0.269, p = .610$ ].

Voor wat betreft de coarticulatieindex laten de resultaten zien dat er een algemeen effect is van consonant [ $F(1,24.10) = 7.909, p = .010$ ]. Dit houdt in dat de Consonant een bepalende factor is voor de hoeveelheid coarticulatie. De factor Groep laat geen significant effect zien [ $F(1,24.25) = 0.105, p = .749$ ]. Kinderen met spraakdyspraxie vertonen niet meer coarticulatie dan kinderen met een normale spraakontwikkeling. Er is tevens een interactie-effect tussen Consonant en Groep [ $F(1,24.10) = 5.264, p = .031$ ].

De uitkomsten van de coarticulatieindex laten zien dat de factor Consonant een rol speelt en invloed heeft op de coarticulatie. Binnen Consonant is er een trendeffect voor de /d/ tussen Controle en Stoornis [ $F(1,22,97) = 3.559, p = .072$ ]. Kinderen met spraakdyspraxie laten meer coarticulatie zien dan controlekinderen bij de /d/. Bij controlekinderen is het effect in hoeveelheid coarticulatie aanwezig tussen de twee consonanten [ $F(1,23,58) = 9.98, p = .004$ ], terwijl het effect bij de kinderen met SOD niet aanwezig is [ $F(1,25,05) = 0.193, p = .664$ ]. De Consonant als onderscheidende rol laat binnen de controlegroep een zeer sterk effect zien tussen de /b/ en de /d/, dat afwezig is bij de stoornisgroep.

Tabel 2. Gemiddeldes (standaarddeviaties) van klinkercontrasten (/i/ en /u/) en coarticulatieindex (/bi+/bu/ en /di+/du/) in Bark.

Klinkercontrast	/b/	/d/
Stoornis (n=16)	5.66 (0.48)	5.15 (0.45)
Controle (n=8)	6.58 (0.67)	5.58 (0.60)
Coarticulatieindex		
Stoornis (n=16)	16.77 (3.90)	15.15 (2.78)
Controle (n=8)	22.39 (5.51)	6.37 (3.73)

## Discussie

De hypothese was dat kinderen met spraakdyspraxie meer coarticulatie laten zien in vergelijking met normaalspreekende kinderen wanneer er rekening wordt gehouden met het gecorrigeerde klinkercontrast.. Uit de resultaten komt allereerst naar voren dat er geen verschil in klinkercontrast is tussen de controlekinderen en de kinderen met SOD in de huidige steekproef. Klinkerreductie bij spraakdyspractische kinderen zoals gevonden in Nijland en anderen (2002) is hier dus niet aan de orde.

Er is wel sprake van een verschil bij de coarticulatieindex, namelijk een verschil tussen de stoornisgroep en de controlegroep. Er is een trendeffect binnen Consonant (/d/) tussen Stoornis en Groep. Het effect tussen de twee groepen bij de /d/ kan echter niet significant beschouwd worden, daar de p-waarde dicht boven de .05 is. Op deze manier wordt de hypothese ondersteund dat kinderen met spraakdyspraxie meer coarticulatie laten zien dan controlekinderen. Tevens is er een interactie-effect zichtbaar tussen Consonant en Groep. Binnen Groep (Controle) was een significant effect tussen consonanten (/b/ en /d/). Deze worden later uitgebreider behandeld.

De gevonden resultaten in deze studie zijn afwijkend ten opzichte van die van Nijland (2002), waar de kinderen met SOD minder coarticulatie vertoonden dan controlekinderen. Verder is in vergelijking met de studie van Nijland (2002) een aantal zaken op een andere manier geoperationaliseerd. De manier van berekening is de belangrijkste. In de huidige steekproef is gecorrigeerd voor het klinkercontrast, terwijl dit ontbreekt in de studie van Nijland (2002). Bovendien zijn de formantwaardes in Nijlands studie (2002) in Hertz, terwijl in de huidige studie de formantwaardes vanuit Hertz omgerekend zijn naar Bark. Dit zorgt voor minder fluctuaties tussen de formantmetingen, doordat hogere en lagere waardes worden afgevlakt. Hierdoor is deze manier van meten beter en betrouwbaarder. Daarnaast is de grootte van de populatie anders. In de studie van Nijland (2002) zijn 9 kinderen met SOD en 6

controlekinderen gebruikt en in de huidige studie 24 (16 stoornis- en 8 controlekinderen). De huidige studie heeft zodoende een sample van waaruit beter te generaliseren is dan Nijlands sample (2002). Daarnaast hebben de 9 kinderen met SOD in het onderzoek van Nijland (2002) meer individuele invloed op de resultaten dan de huidige studie. De invloed van outliers op het gemiddelde zal in Nijlands studie (2002) door de kleinere sample hoger zijn dan in de huidige studie. Een derde verschil zijn de uitingen. In deze studie is uiteindelijk gebruikt gemaakt van de /bi/, de /bu/, de /di/ en de /du/. In Nijlands studie (2002) komen naast die uitingen ook de /ba/, de /da/, de /xi/, de /xa/ de /xu/ en de /si/, de /sa/ en de /su/ voor. De /s/ heeft een moeilijk te meten signaal; vaak zijn de formanten hier niet goed af te lezen en moeilijker te bepalen. De betrouwbaarheid van /s/ uitingen zullen daarom lager liggen dan de /b/ en /d/ uitingen. Het kan zijn dat in Nijlands studie (2002) het toewenden van de /s/ in de analyse voor minder valide uitkomsten heeft gezorgd. In hoeverre de /s/ verantwoordelijk is voor het verschil tussen dat en het huidige onderzoek is onduidelijk.

Nijland beargumenteert in haar studie (2002) een minder sterke coarticulatie te verwachten bij een lager gerealiseerd klinkercontrast. Zij stelt dat minder contrastverschil tussen klinkers ertoe leidt dat hun invloed op de voorgaande sjwa en medeklinkers afneemt. Ook het verschil in F2 tussen /i/ en /u/ uitingen wordt kleiner zodat de mogelijkheid op coarticulatie beperkt wordt. In de studie van Nijland (2002) lieten enkele kinderen op individueel niveau zien dat een verlaagd klinkercontrast niet per se een verlaagde coarticulatie tot gevolg had. Zo was er een normaalsprekend kind dat minder klinkercontrast kende, maar toch significant meer coarticulatie vertoonde. Hiermee wordt het argument van Nijland weerlegd dat een lager klinkercontrast minder sterke coarticulatie tot gevolg heeft.

Nijland (2002) liet verder zien dat de /d/ en de /s/ minder coarticulatie vertoonde dan de /b/ en de /x/ voor zowel controlekinderen als de kinderen met spraakdyspraxie. Volwassenen toonden echter geen coarticulatieverschil bij de /b/. De eerste bevinding bekrachtigt daarmee volledig de huidige bevindingen dat de uitingen met /b/ meer coarticulatie laten zien dan de /d/ bij de controlegroep. Echter is er in de resultaten van het huidige onderzoek geen verschil in coarticulatie tussen consonanten binnen kinderen met spraakdyspraxie. De reden voor meer coarticulatie van de /b/ in Nijland (2002) bij beide groepen kinderen was voornamelijk toe te schrijven aan de uiting /bu/. Deze twee fonemen delen dezelfde articulators: de lippen, die ronding geven. Zo zou het kunnen zijn dat deze medeklinker-klinker combinatie voor een samensmelting van articulatorische bewegingen zorgt, dat uiteindelijk sterkere coarticulatie oplevert. In bovenstaande tabel 2 is te zien dat de coarticulatieindex van de /b/ veel hoger is dan de /d/ bij de controlegroep. De grotere hoeveelheid coarticulatie bij de controlekinderen lijkt, net zoals in Nijlands studie (2002), te komen door de /bu/ uiting vanwege de homo-organische sequentie.

Het verschil tussen de /i/ en de /u/ in articulatie is respectievelijk de lipspreiding en liproning. Het zou kunnen dat het contrast bij de /b/ uiting goed wordt doorgegeven in de sjwa en niet in /d/ uiting. De suggestie is dat dit komt door de homogene /b/ die coarticulatie doorgeeft, terwijl de heterogene /d/ de coarticulatie zou kunnen neutraliseren.

Als dat het geval is, zijn de controlekinderen afhankelijk van dat doorgeefcontrast tussen klinkers, maar de kinderen met SOD niet. Dit kan zorgen voor het onderscheid tussen de vier indices. Bij de kinderen met spraakdyspraxie ontbreekt er een significant effect tussen de /d/ en de /b/. Een mogelijke verklaring voor de grote overeenkomst in coarticulatie tussen de /b/ en de /d/ bij spraakdyspractische kinderen is dat deze medeklinkers op dezelfde manier worden geproduceerd voor beide klinkers. Eveneens kan het zo zijn dat kinderen met SOD

niet een gespreide /b/ kunnen maken in de /bi/ uiting. Aan de andere kant is het denkbaar dat kinderen met SOD meer liprondding toepassen bij de /du/ dan controlekinderen.

De /d/ herbergt dus een andere articulator (tongpunt) dan de klinkers /i/ en /u/ (lippen). Dit zou bij de controlekinderen een beperkende factor kunnen zijn bij het doorgeven van de coarticulatie. Dit suggereert dat homo-organische articulatiepatronen later verworven worden in de normale taal- en spraakontwikkeling dan hetero-organische articulatiepatronen. Door de eerdere verwerving van heterogene articulatiepatronen zal er minder coarticulatie bij de uitingen aanwezig zijn. In Nijland (2002) vertoonden volwassenen namelijk geen significante tussensyllabische coarticulatie bij de /b/, terwijl controlekinderen wel significante coarticulatie lieten zien. Dit ondersteunt het idee van de latere verwerving van homo-organische articulatiepatronen bij controlekinderen. Er is echter articulografie nodig om de rol van de liprondding te kunnen bekrachtigen. Hiermee zou ook de hoge overeenkomst in gemiddeldes te verklaren zijn tussen de /b/ en de /d/ uitingen van de spraakdyspractische kinderen.

De resultaten geven aan dat er opnieuw moet worden gekeken naar het kernsymptoom van SOD, namelijk afwijkende coarticulatie. Het rapport van de American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) (2007) beschrijft dat de coarticulatie bij spraakdyspractische kinderen verstoord is en effect van twee kanten laat zien, zowel meer als minder coarticulatie. De mindere coarticulatie wordt voornamelijk bekrachtigd door de studie van Nijland en anderen (2002). In het huidige onderzoek is juist naar voren gekomen dat spraakdyspractische kinderen niet minder coarticuleren dan controlekinderen. De resultaten laten zien dat ze van invloed zouden kunnen zijn op het vakgebied. De huidige studie laat zien dat wanneer gecorrigeerd wordt voor het klinkercontrast er geen hyperarticulatie bij kinderen met SOD gevonden wordt. In het geval van de medeklinker /d/ wordt juist meer coarticulatie gevonden bij spraakdyspractische kinderen dan controlekinderen. Zodoende is er reden om de bevindingen van hyperarticulatie door Nijland en anderen (2002) in twijfel te trekken of zelfs te weerleggen. Deze zaken kunnen een aanleiding zijn om het symptoomprofiel en de onderliggende mechanismen van spraakontwikkelingsdyspraxie te herevalueren.

### *Verbeterpunten*

Het huidige onderzoek kent een aantal beperkingen. De opnames verschilden in kwaliteit, en de kinderen produceerden niet altijd homogene uitingen: meestal werd “hé de ba weer” geproduceerd, maar “de ba” kwam ook regelmatig voor. Onduidelijk is of er in de uitingen is geknipt, en of misschien wel de hele “hé de ba weer” uiting is geproduceerd. Deze onduidelijkheid is iets wat vermeden dient te worden, dus dat is een aandachtspunt voor de dataverzameling van een volgend onderzoek.

Er wordt beweerd dat het analyseren van formantanalyses problematisch is bij kinderen, voornamelijk door de hoge variabiliteit in formantpatronen (Zharkova en anderen, 2011). Het is belangrijk deze kwestie mee te nemen in de analyse van de coarticulatieindices. De hoge variabiliteit zal consistente producties laten afnemen, waardoor een formantscript moeite zal hebben met het berekenen van formantwaardes van kinderen. Dit zal vooral het geval zijn bij kinderen met spraakdyspraxie, aangezien hun producties over het algemeen nog meer variatie vertonen dan controlekinderen (Nijland en anderen, 2002). Gedeeltelijk is hier rekening mee gehouden door de F1 en de F2 van de spraakklanken over een interval te bepalen, en door te middelen over herhaalde uitingen. Formantanalyses blijven echter een lastige aangelegenheid. De discussie is er of akoestische analyse voor formantwaardes de beste manier is om

coarticulatie te meten. Zharkova en anderen (2011) laten zien dat er via de tongmetingmethode op een articulatorische manier gecompenseerd wordt voor het gegeven dat akoestische analyses bij kinderen problematisch zijn. In het onderzoek staat het coarticulatieverschil tussen kinderen en volwassenen centraal, beide met een normale taal- en spraakontwikkeling. Hierbij is de tong als uitgangspunt genomen; er is gekeken naar alle tongbewegingen van proefpersonen waarna een tong curve is gemaakt. Hierdoor was het mogelijk de hoeveelheid coarticulatie te herleiden. Via deze methode is er dus gecompenseerd voor het gegeven dat akoestische analyses bij kinderen problematisch zijn, onder andere door de hoge variabiliteit in formantwaardes bij kinderen. Het is belangrijk naar verschillende manieren te blijven kijken om coarticulatie te meten, zoals het gebruik van tongbewegingen, om te analyseren of er een verschil is in validiteit van formantgegevens tussen verschillende meetmethodes. Ongetwijfeld zullen ook bij articulatorische meetmethodes vraagtekens gezet kunnen worden.

Spraakontwikkelingsdyspraxie is lastig te diagnosticeren (Terband, Maassen en Maas, nog te publiceren, Bahr 2005). In Bahr (2005) komt naar voren dat in principe elke SOD diagnose enigszins twijfelachtig is omdat de diagnostische criteria voor SOD divers zijn en ze soms weinig coherentie vertonen. Davis (1998) stelt dat logopedisten moeite hebben om een duidelijk onderscheid te maken tussen de spraakontwikkelingsstoornissen, omdat zij vaak op basis van aanwezige symptomen diagnosticeren en niet op basis van onderliggende problemen (Terband, Maassen en Maas, nog te publiceren). Zoals eerder is aangehaald in de inleiding, is er wat betreft de symptomatologie voor SOD nog niet genoeg onderscheiding ten opzichte van symptomatologieën van andere spraakontwikkelingsstoornissen. De literatuur erkent dus het ontbreken van die onderscheiding en stelt dat voor juiste diagnosticering zowel een groter onderscheid tussen symptomatologieën noodzakelijk is als een goede kijk op de onderliggende problemen van SOD.

Van de 70 doorverwezen kinderen hadden sommige een SOD diagnose terwijl andere een combinatiediagnose hadden van SOD en een fonologische stoornis. Van de 16 kinderen die zijn geïnccludeerd in dit onderzoek, hadden in eerste instantie alle kinderen het label "SOD" gekregen (zowel van de logopedist als van de klinisch neuropsycholoog van het kinderneurologisch centrum te Nijmegen). Ondanks deze specialistische diagnoses is bijna de helft van de kinderen in een later stadium nog ingedeeld in een mixgroep. Die mixgroep bestond uit kinderen die kenmerken vertoonden van verschillende soorten spraakontwikkelingsstoornissen, waaronder SOD en fonologische stoornissen. De aanleiding hiervoor zal waarschijnlijk het symptoomprofiel zijn geweest dat in de loop der tijd veranderd is. Waar in het begin het symptoomprofiel SOD was, is dat in het latere stadium een combinatie van SOD en FS geworden. Tussen de meetmomenten is er dus een behoorlijk verschil opgetreden in de aanwezigheid van spraakdyspractische en fonologische kenmerken. Als de spraakdyspractische kenmerken verminderd zijn of de kenmerken van fonologische stoornissen vergroot zijn, is het mogelijk dat de kinderen die eerst een SOD diagnose hadden, op het tweede meetmoment een mixstoornis diagnose kregen. Een aantal van de kinderen in de huidige studie had dus ook fonologische kenmerken.

## **Conclusie**

Vanuit de besproken data is er aanleiding om te constateren dat kinderen met spraakdyspraxie sterkere coarticulatie vertonen ten opzichte van de controlekinderen. Een trendeffect tussen de controlekinderen en de kinderen met spraakdyspraxie was aanwezig en wel bij de medeklinker /d/. Hier lieten kinderen met spraakdyspraxie meer coarticulatie zien dan

controlekinderen. Dit vervult de vooraf gestelde hypothese dat kinderen met spraakdyspraxie meer coarticulatie laten zien dan controlekinderen. Ondanks de grootte van de steekproef die is gebruikt (n=24) is het lastig te generaliseren. Daarvoor zal de steekproef groter geweest moeten zijn. Verder was er een verschil tussen de /b/ en de /d/ bij controlekinderen. De medeklinker /b/ vertoonde relatief veel coarticulatie terwijl de medeklinker /d/ zeer weinig coarticulatie liet zien. Het kan zo zijn dat de articulatorische eigenschappen van de medeklinker van invloed zijn op de coarticulatie.

Zeer belangrijk is dat het huidige onderzoek laat zien dat verschillende bevindingen uit eerdere experimenten, zowel sterkere als zwakkere gevonden coarticulatie, opnieuw geëvalueerd moeten worden. Een nieuwe balans moet worden opgesteld aangezien de bevindingen van dit onderzoek de bevindingen van mindere coarticulatie zoals in Nijlands studie (2002) weerleggen. De meetmethode in die studie (het ontbreken van het gerealiseerde klinkercontrast) leidt hoogstwaarschijnlijk tot tegenstrijdige bevindingen. Ook moet de beschrijving van het kernsymptoom van SOD worden aangepast. Op dit moment bestaat dat uit "afwijkende coarticulatie, zowel minder als sterkere". Mindere coarticulatie moet verdwijnen uit de definitie. In plaats daarvan moet gesteld worden dat coarticulatie enkel sterker blijkt, en dat dit alleen in bepaalde contexten zo is. Om duidelijk te hebben welke contexten dit precies zijn, is nog meer onderzoek nodig naar coarticulatie bij kinderen met spraakdyspraxie. Zo dient verder onderzoek gedaan te worden om het effect van klinkers op coarticulatie te bepalen. Verder dient vooral ook op het niveau van de medeklinker nog beter gekeken te worden hoe deze verband houdt tussen controlekinderen en kinderen met spraakdyspraxie, omdat dit in literatuur tot op heden weinig is onderzocht. Het huidige onderzoek geeft aanleiding dat de rol van de medeklinker belangrijk is bij de uitkomst van coarticulatie bij kinderen met spraakdyspraxie en bij controlekinderen.

## Literatuurlijst

- American Speech-Language-Hearing Association. (2007). Childhood apraxia of speech.
- Bahr, R. H. (2005). Differential diagnosis of severe speech disorders using speech gestures. *Topics in Language Disorders*, 25(3), 254-265.
- Barry, R. M. (1995). A comparative study of the relationship between dysarthria and verbal dyspraxia in adults and children. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 9(4), 311-332.
- Boersma, P., & Weenink, D. (2015). Praat [Computerprogramma], Versie 6.0.18. Gebruikt mei en juni 2016 via <http://www.praat.org/>.
- Boutsen, Frank R., and Sarah S. Christman. "Prosody in apraxia of speech." *Seminars in speech and language*. Vol. 23. No. 4. 2002.
- Davis, B. L., Jakielski, K. J., & Marquardt, T. P. (1998). Developmental apraxia of speech: Determiners of differential diagnosis. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 12(1), 25-45.
- Farnetani, E., & Recasens, D. (1997). Coarticulation and connected speech processes. *The handbook of phonetic sciences*, 371-404.

Forrest, K. (2003). Diagnostic criteria of developmental apraxia of speech used by clinical speech-language pathologists. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 12(3), 376-380.

Hardcastle, W. J., & Marchal, A. (Eds.). (2012). *Speech production and speech modelling* (Vol. 55). Springer Science & Business Media.

Hardcastle, W. J., & Hewlett, N. (2006). *Coarticulation: Theory, data and techniques*. Cambridge University Press.

Maassen, B., Nijland, L., & Van Der Meulen, S. (2001). Coarticulation within and between syllables by children with developmental apraxia of speech. *Clinical linguistics & phonetics*, 15(1-2), 145-150.

Marquardt, T. P., Jacks, A., & Davis, B. L. (2004). Token-to-token variability in developmental apraxia of speech: three longitudinal case studies. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 18(2), 127-144.

Nijland, L., Maassen, B., Van der Meulen, S., Gabreëls, F., Kraaimaat, F. W., & Schreuder, R. (2002). Coarticulation patterns in children with developmental apraxia of speech. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 16(6), 461-483.

Nijland, L., Maassen, B., & van der Meulen, S. (2003). Evidence of motor programming deficits in children diagnosed with DAS. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(2), 437-450.

Nijland, L., Maassen, B., van der Meulen, S., Gabreëls, F., Kraaimaat, F. W., & Schreuder, R. (2003). Planning of syllables in children with developmental apraxia of speech. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 17(1), 1-24.

Nijssen, M., van Brenk, F., & Terband, H. (2015). Procesanalyse van spraakproductie bij kinderen met spraakontwikkelingsstoornissen. *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 20.

Nittrouer, S., Studdert-Kennedy, M., & McGowan, R. S. (1989). The Emergence of Phonetic Segments: Evidence from the Spectral Structure of Fricative-Vowel Syllables Spoken by Children and Adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 32(1), 120-132.

Odell, K. H., & Shriberg, L. D. (2001). Prosody-voice characteristics of children and adults with apraxia of speech. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 15(4), 275-307.

Ogar, J., Slama, H., Dronkers, N., Amici, S., & Luisa Gorno-Tempini, M. (2005). Apraxia of speech: an overview. *Neurocase*, 11(6), 427-432.

Spencer, K. A., & Rogers, M. A. (2005). Speech motor programming in hypokinetic and ataxic dysarthria. *Brain and Language*, 94(3), 347-366.

Terband, H., Namasivayam, A., Maas, E., Mailend, M. J., van Brenk, F., Diepeveen, S., van Dommelen, W., van Lieshout, P., & Maassen, B. (In press). *Assessment of Childhood Apraxia of Speech: a review of objective measurement techniques*.



Terband, H., Maassen, B., & Maas, E. (In press). Towards a model of pediatric speech sound disorders (SSD) for differential diagnosis and therapy planning. *Speech Motor Control in normal and disordered speech: Future developments in theory and methodology*. American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) Publications, Rockville MD, USA.

Traunmüller, H. (1990). Analytical expressions for the tonotopic sensory scale. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 88(1), 97-100.

Yu, H. (2004). *Recognizing sloppy speech* (Doctoral dissertation, University of Washington).

Zharkova, N., Hewlett, N., & Hardcastle, W. J. (2011). Coarticulation as an indicator of speech motor control development in children: An ultrasound study. *Motor Control*, 15(1), 118-40.

Appendix 1. Leeftijd per kind en gemiddeldes, standaarddeviaties en range per groep.

	Leeftijd (maanden)	Stoornis of Controle?
Kind		
1	71	Stoornis
2	79	Stoornis
3	Onbekend	Controle
4	73	Stoornis
5	59	Controle
6	81	Stoornis
7	82	Stoornis
8	85	Stoornis
9	82	Stoornis
10	80	Controle
11	88	Controle
12	90	Stoornis
13	82	Stoornis
14	84	Stoornis
15	67	Stoornis
16	88	Controle
17	80	Stoornis
18	86	Controle
19	82	Controle
20	82	Controle
21	87	Stoornis
22	89	Stoornis
23	68	Stoornis
24	66	Stoornis
	Gemiddelde	Range
Stoornis	6.5 (0.6)	2 jaar
Controle	6.7 (0.75)	3,5 jaar