UNIVERSITEIT UTRECHT

Spraakfouten bij Kinderen met Spraakontwikkelingsdyspraxie

Marijn Tibboel
4154754

BA Scriptie
Begeleider: H. Terband
Taalwetenschap

17-8-2016

Inhoudsopgave

Samenvatting **pag. 2**

1. Introductie **pag. 3**
1.1 Klinisch profiel
1.2 Theoretische achtergrond
1.3 Vraagstelling

2. Methode **pag. 8**
2.1 Participanten
2.2 Instrumentatie
2.3 Procedure
2.4 Analyse

3. Resultaten en discussie **pag. 11**
3.1 Perceptieve analyse
3.2 Kwalitatieve articulatorische analyse
3.3 Kwantitatieve articulatorische analyse

4. Algemene discussie **pag. 23**
4.1 Perceptieve analyse
4.2 Articulatorische analyses
4.3 Interpretatie
4.4 Klinische impact
4.5 Evaluatie

5. Conclusie **pag. 25**

6. Bibliografie **pag. 26**

7. Bijlagen **pag. 29**

Samenvatting

Het doel van dit onderzoek is het karakteriseren van de spraakfouten die kinderen met spraakontwikkelingsdyspraxie (SOD) maken. Bij kinderen met SOD is er sprake van een verstoring tijdens de planning en/of programmering van de temporele en spatiele aspecten van articulatiebewegingen. Aan dit onderzoek doen twee kinderen met SOD en drie controlekinderen mee. Eén syllabe woorden moeten gedurende 12 seconden herhaald worden op drie verschillende tempi. Aan de hand van perceptieve analyse, kwalitatieve articulatorische analyse en kwantitatieve articulatorische analyse worden spraakfouten geïdentificeerd, geanalyseerd en geclassificeerd. De resultaten laten zien dat de spraakfouten van de kinderen met SOD voornamelijk bestaan uit een combinatie van bijna volledige/grote reducties en bijna volledige/grote intrusies. Deze spraakfouten zijn het gevolg van een verstoring in de motorische planning van het spraakproductieproces. Daarnaast laat dit onderzoek zien dat er veel variabiliteit is in de coördinatie van de bewegingstrajecten in temporele zin bij de kinderen met SOD, wat duidt op een verstoring in de motorische programmering van het spraakproductieproces. Dit temporele coördinatieprobleem beperkt zich niet tot de spraakfouten van kinderen met SOD, maar beïnvloedt ook de perceptief vloeiende spraak van deze kinderen. Het feit dat dit onderzoek in eerste instantie alleen een verstoring in de motorische planning aantoonde, laat zien dat de manier van analyseren die is gebruikt in dit onderzoek niet geschikt is voor het analyseren van de spraakfouten van kinderen met SOD, omdat het temporele aspect wordt verwaarloosd. Vervolgonderzoek moet uitwijzen hoe de aanpak van het temporele coördinatieprobleem in de behandeling van kinderen met SOD kan worden verwerkt.

1. Introductie

Spraak is belangrijk in de communicatie tussen mensen. Kinderen leren spreken om hun behoeften en wensen te uiten, maar ook om hun gedachten te delen met anderen (Hoff, 2014). Het leren spreken begint op jonge leeftijd: voor de geboorte functioneert het auditieve systeem al (Hoff, 2014) en ongeveer 12 maanden na de geboorte zal het kind zijn of haar eerste woordje zeggen. Echter, leren spreken gaat niet alle kinderen even makkelijk af. Naast individuele verschillen in de ontwikkeling zijn er ook kinderen met spraakontwikkelingsstoornissen. Eén van deze spraakontwikkelingsstoornissen is spraakontwikkelingsdyspraxie, een ernstige vorm.

Spraakontwikkelingsdyspraxie (SOD) is een neurologische motorische spraakstoornis bij kinderen waarbij het plannen en/of programmeren van de temporele en spatiele aspecten van articulatiebewegingen is verstoord wat resulteert in het maken van spraakfouten. SOD kan het gevolg zijn van een neurologische afwijking met een bekende of onbekende oorzaak. (ASHA, 2007) Door de onregelmatige verwisselingen en vervormingen van spraakklanken zijn kinderen met SOD vaak slecht verstaanbaar (Nijland, 2006). Ook hebben zij in veel gevallen moeite met vegetatieve bewegingen en oraal-motorische handelingen (Nijland, Maassen & van der Meulen, 2000).

SOD komt bij één of twee op de 1.000 kinderen voor en vormt 3,4%-4,3% van de kinderen met een spraakstoornis (ASHA, 2007). Het heeft een grote impact op het leven van deze kinderen. De academische ontwikkeling kan belemmerd worden en uiteindelijk kan het voor kinderen met SOD lastig zijn volledig te participeren in de samenleving (McCormack, McLeod, McAllister & Harrison, 2009; Terband, Maassen & Maas, in press).

De behandeling van SOD heeft als doel vrijwillige, nauwkeurige en consistente controle over de articulatoren te krijgen (Hall, Jordan & Robin, 2007). Ondanks intensieve behandeling laten kinderen met SOD echter vaak weinig vooruitgang zien (Forrest, 2003; Hall et al., 2007; Maassen, Terband & Nijland, 2009). Om de behandeling van kinderen met SOD succesvoller te maken, is het van groot belang de locatie van de neurologische en/of motorische verstoring in het spraakproductieproces te achterhalen. Door de spraakfouten die kinderen met SOD maken nauwkeurig te analyseren, kan men meer inzicht krijgen over waar in het spraakproductieproces het precies mis gaat. Het doel van het huidige onderzoek is om aan de hand van articulatorische analyse vast te stellen welk type spraakfouten kinderen met SOD maken.

1.1 Klinisch profiel

Er is controversie over de diagnostiek van SOD, omdat er geen specifieke en sensitieve kenmerken zijn gevonden die SOD van andere spraakontwikkelingsstoornissen onderscheiden. Ofwel, er is een grote overlap van symptomen met andere spraakontwikkelingsstoornissen. Daarnaast veranderen de symptomen van SOD naarmate de spraakontwikkeling vordert: van minder (gevarieerd) brabbelen tot een langzame opbouw van de woordenschat en het maken van vele spraakfouten (Maassen, 2003; Nijssen, van Brenk & Terband, 2015; Terband et al., in press)

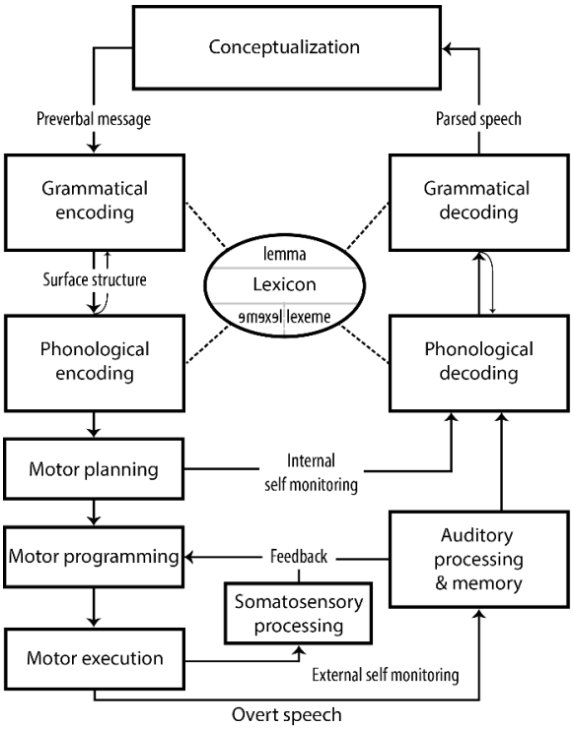
Desalniettemin heeft de American Speech-Language-Hearing Association (ASHA; 2007) drie kern-kenmerken opgesomd, waarover consensus is en die overeenkomen met een verstoring in de planning en programmering van articulatiebewegingen. Het betreft ten eerste, inconsistente fouten van consonanten en klinkers tijdens herhaalde producties van syllaben of woorden. Ten tweede, verlengde en verstoorde transities van articulatiebewegingen tussen klanken en woorden. Tot slot, ingepaste prosodie in met name de realisatie van woord- of zinsklemtoon. Hierbij moet worden opgemerkt dat geen van deze kenmerken noodzakelijk en/of voldoende zijn om een kind met SOD te diagnosticeren.

Naast de drie kern-kenmerken die de ASHA heeft beschreven, is er nog een ander kenmerk dat veel in de literatuur voorkomt: zoekend articulatiegedrag of *groping* (Nijland, 2006; Nijland et al., 2000; Terband, Maassen, Guenther & Brumberg, 2009). *Groping* wordt vaak gebruikt als een collectieve term voor twee soorten spraakmotorisch gedrag. Het eerste type is pre-vocale *groping*, wat duidt op een toestand van de articulatoren voor en tijdens het starten van de spraakproductie en dat vergezeld gaat met het maken van grimassen. Het tweede type is zoekend articulatiegedrag dat plaatsvindt tijdens de productie van spraak in een poging de gewenste positie van de articulatoren te vinden die nodig is voor het produceren van de juiste spraakklanken. Zoekend articulatiegedrag betreft vaak meerdere pogingen om het gewenste doel te kunnen produceren, met steeds een andere positie van de articulatoren. Deze proefondervindelijke methode levert inconsistente spraakfouten op. (Terband et al., 2009)

1.2 Theoretische achtergrond

In de literatuur wordt het verloop van het spraakproductieproces op veel verschillende manieren beschreven en zijn er meerdere modellen opgesteld om het spraakproductieproces weer te geven (Levelt, 1989; van der Merwe, 1997). Hoewel er verschillen zijn, zijn de modellen in overeenstemming over de volgende opeenvolgende processtadia van spraakproductie: (1) het selecteren van lexicale elementen en het plaatsen van deze elementen in een buffer, georganiseerd in zinnen (grammaticale en fonologische codering); (2) het transformeren van de zinnen in abstracte bewegingsdoelen en het omzetten hiervan naar motorcommando's voor concrete bewegingen (motorische planning en programmering); (3) het uitvoeren van deze bewegingen, rekening houdend met de omstandigheden (motorische uitvoering en zelfmonitoring). Het spraakproductiemodel in Figuur 1 is een verdere uitwerking van het tweede en derde processtadium. (Terband et al., in press)

De drie processtadia *Phonological encoding* (fonologische codering), *Motor planning* (motorische planning) en *Motor programming* (motorische programmering) dienen als referentiekader voor dit onderzoek.



Figuur 1: Model van spraakproductie,- en verwerkingsprocessen (Terband et al., in press).

Tijdens de fonologische codering worden symbolische eenheden geselecteerd en gesequentieerd (Pouplier & Goldstein, 2010; Terband et al., in press). In de motorische planning worden deze symbolische eenheden aan abstracte bewegingsdoelen gekoppeld. Tijdens de motorische programmering worden de abstracte bewegingsdoelen omgezet naar motorcommando's voor concrete bewegingen. Tijdens de motorische uitvoering (*Motor execution*) worden de motorcommando's naar de articulatoren gestuurd, waaruit vervolgens spraak manifesteert. Zelfmonitoring benut zowel interne als externe feedback. Interne feedback zorgt er tijdens de motorische planning o.a. voor dat verkeerd geplande spraakbewegingen niet worden uitgevoerd. Externe feedback levert informatie over de stand van de articulatoren op dat moment als input voor motorische programmering (op basis van de huidige locatie van de articulatoren en de articulatorische doelen worden doelbewegingen afgeleid waar vervolgens de geschikte spiercommando's bij worden gezocht). Ook kan externe feedback zorgen voor het corrigeren van fouten. (Terband et al., in press)

Er zijn twee manieren waarop men naar dit model kan kijken: (1) de discrete interpretatie of (2) het idee van *cascading activation*. De discrete interpretatie gaat ervan uit dat er een proces plaatsvindt waaruit één output voortkomt. Het volgende proces gebruikt deze output als input, enzovoorts. Bij de discrete interpretatie is het proces afgerond voordat de output wordt gegenereerd en als input voor het volgende proces wordt gebruikt. *Cascading activation* modellen gaan ervan uit dat er een proces plaatsvindt waaruit meerdere outputs voortkomen. Het volgende proces gebruikt al deze outputs als inputs voor de procedures die in dit processtadium uitgevoerd worden. Deze procedures worden dus op meerdere inputs tegelijkertijd toegepast. Bij *cascading activation* modellen is het proces in het eerste stadium nog niet afgerond op het moment dat het volgende processtadium de outputs van het eerdere stadium als inputs neemt. Hierdoor kunnen segmenten die uiteindelijk niet geselecteerd worden door het eerste stadium toch een invloed uitoefenen op de volgende processen. Zowel de discrete interpretatie als *cascading activation* modellen staan alleen voorwaarts vloeiende informatiestromen toe. (Goldrick & Blumstein, 2006) Figuur 1 is gebaseerd op het idee van *cascading activation* gecombineerd met de invloed van zelfmonitoring.

Bij SOD is er sprake van een verstoring in de motorische planning en/of programmering, die beïnvloed kan zijn door zelfmonitoring (ASHA, 2007; Terband et al., in press). Beers (2003) classificeert SOD als een planningsprobleem en onderscheidt het daarmee van een coderingsprobleem, dat volgens haar uitsluitend fonologische problemen zou opleveren. Zij gaat echter uit van het spraakproductiemodel van Levelt (1989) dat geen onderscheid maakt tussen planning en programmering. De bestaande onwetendheid wordt hiermee dus niet verholpen. Nijland, Maassen en van der Meulen (2003) hebben onderzocht of verstoringen in de motorische programmering betrokken zijn bij SOD. De resultaten tonen aan dat er inderdaad sprake is van een verstoring in de motorische programmering bij kinderen met SOD. De auteurs willen echter niet uitsluiten dat er verstoringen zijn op andere niveaus in het spraakproductieproces, want hoewel SOD gedefinieerd is als een verstoring in de planning en/of programmering zijn er op alle niveaus van het spraakproductieproces verstoringen gevonden (Maassen et al., 2009).

Om te achterhalen waar bij SOD de kern van het probleem zit, worden in dit onderzoek versprekingen geanalyseerd. Versprekingen kunnen worden gezien als de uiting van een verstoring ergens in het spraakproductieproces. Door specifieke eigenschappen van versprekingen te

analyseren kan onderzocht worden wat er en waar het precies fout gaat (Goldrick & Blumstein, 2006; Nooteboom & Quené, 2009; Pouplier & Goldstein, 2005).

Men kan versprekingen op twee manieren bestuderen: (1) middels perceptieve analyse, of (2) middels articulatorische analyse. De eerste methode laat zien dat versprekingen (bijna) altijd resulteren in een waargenomen fonetisch en fonotactisch correcte klank (Wells, 1951). Dit lijkt erop te duiden dat fonologische versprekingen gebaseerd zijn op een abstracte foneemrepresentatie (Slis & van Lieshout, 2015). Het nadeel van perceptieve analyse is dat het een subjectieve methode betreft: de studies zijn gebaseerd op wat de luisteraar hoort. Dit vervormt de werkelijkheid. Immers, luisteraars kunnen ontbrekende informatie aanvullen (Warren, 1970) en hebben een categorische waarneming van spraakklanken (Rietveld & van Heuven, 2013). In de literatuur bestaat het overgrote deel van de versprekingen dus uit fonetisch correcte klanken. De veronderstellingen over spraaksegmenten in het algemeen, de veronderstellingen betreffende versprekingen en de regelmatigheden in patronen van versprekingen die als resultaat uit studies met deze methode naar voren zijn gekomen, moeten dus niet zomaar worden aangenomen (Slis & van Lieshout, 2015). Pouplier en Goldstein (2005) geven bijvoorbeeld aan dat asymmetrieën in foutverdeling veroorzaakt kunnen worden door vertekening van perceptie. De meeste spraakfouten zijn een combinatie van zowel een juiste als een onjuiste beweging die tegelijkertijd worden geproduceerd (Pouplier & Goldstein, 2005). In hun studie hebben Pouplier en Goldstein (2005) deze gecombineerde spraakfouten aan luisteraars voorgelegd. De resultaten toonden aan dat een neiging naar intrusies over reducties in de perceptie ervoor zorgt dat gecombineerde spraakfouten worden waargenomen als intrusies.

Goldstein, Pouplier, Chen, Saltzman en Byrd (2007) verklaren dat de fonetisch en fonotactisch correct waargenomen versprekingen in eerder onderzoek zijn gevonden doordat onderzoekers aan de hand van perceptieve analyse geen 'incomplete' articulatiebewegingen kunnen waarnemen. De tweede methode, articulatorische analyse, brengt deze restrictie niet met zich mee. Aan de hand van articulatorische analyse laten Goldstein et al. (2007) zien dat er graduele bewegingen bestaan. Dit wil zeggen dat een extra beweging niet de volledige amplitude hoeft te bezetten (100%) en dat een gereduceerde beweging niet volledig gemist hoeft te worden (0%) om als intrusie of reductie bestempeld te worden. Een beweging kan gradueel zijn, bijvoorbeeld een bezetting van 30% of 70% van de amplitude. Het is geen kwestie van wel of niet, maar een schaal met gradaties. Goldstein et al. (2007) hebben in hun onderzoek bewegingsdata verkregen door tong- en lipbewegingen te meten tijdens de productie van spraakfouten die waren uitgelokt met een repetitietaak. De participanten spraken uitingen als '*cop top*' uit op drie snelheden (langzaam, normaal en snel) waarbij gebruik werd gemaakt van een metronoom. De versprekingen die werden uitgelokt waren daardoor motorisch van aard. De resultaten lieten zien dat tijdens veel versprekingen een extra, onjuiste beweging (intrusie) geproduceerd werd; tegelijk met de bedoelde beweging. Daarnaast konden zowel de bedoelde als onbedoelde beweging verschillen in grootte. Dat versprekingen vaak intrusies betreffen, kwam ook al naar voren in studies die gebruik hebben gemaakt van perceptieve analyse. Intrusies blijken echter producties te zijn van het tegelijkertijd uitvoeren van zowel de bedoelde als de onbedoelde beweging. Het betreft geen opeenvolgende bewegingen die een consonantcluster creëren. (Goldstein et al., 2007) Zoals eerder is besproken, interpreteerden studies die versprekingen analyseerden middels perceptieve analyse hun bevindingen als bewijs voor abstracte foneemrepresentaties. Het idee van tegelijkertijd geproduceerde en graduele spraakbewegingen dat is ontstaan aan de hand van articulatorische

analyse past niet in dit concept. Een klankvorm tussen twee fonemen in is niet mogelijk, omdat dit de gelijktijdige selectie en uitvoering van twee fonemen zou betekenen. (Slis & van Lieshout, 2015)

De bevindingen uit het onderzoek van Goldstein et al. (2007) kunnen wél verklaard worden aan de hand van het model *Task Dynamics* (TD), dat een belangrijk onderdeel vormt van de theorie *Articulatory Phonology* (AP; Browman & Goldstein, 1989; Slis & van Lieshout, 2015). In AP en TD is de basiseenheid niet een abstracte foneemrepresentatie, maar een *gesture*. Een *gesture* is een actie van een verzameling articulatoren die het spraakkanaal zo vormt dat er een bepaalde constrictie gerealiseerd wordt. Daarnaast representeert het een beweging in tijd en ruimte op concreet articulatorisch niveau. Omdat een *gesture* zich manifesteert in een beweging in tijd en ruimte kunnen *gestures* elkaar overlappen. Een intrusie is in dit model een gelijktijdige uitvoering van twee *gestures*. Een reductie, een verminderde articulatiebeweging, is in dit model een *gesture* die niet volledig wordt uitgevoerd. (Slis & van Lieshout, 2015)

1.3 Vraagstelling

Vaak worden de spraakfouten die kinderen met SOD maken, gekenmerkt als normale versprekingen, maar gezien het klinisch profiel van kinderen met SOD is dit onwaarschijnlijk (Thoonen, Maassen, Gabreëls & Schreuder, 1994; Nijland et al., 2003). Om wat voor spraakfouten precies gaat, is echter nog niet in detail onderzocht. Het doel van dit onderzoek is het karakteriseren van de spraakfouten van twee kinderen met SOD. Omdat spraakfouten op basis van perceptie niet in kaart kunnen worden gebracht (Goldstein et al., 2007), wordt er in dit onderzoek gebruik gemaakt van articulatorische analyse, waarbij de bewegingen van de spraakorganen direct kunnen worden onderzocht.

Voor de karakterisering van de spraakfouten ga ik uit van het model van Terband et al. (in press). Op basis van hun specifieke eigenschappen zullen de spraakfouten worden gekoppeld aan een verstoring in één of meerdere processtadia uit dit model. Hiertoe wordt onderscheid gemaakt tussen drie typen spraakfouten: (1) reducties, (2) intrusies en (3) substituties. Een reductie is een situatie waarbij de taakgerichte articulator geen volledige doelpositie bereikt. Een intrusie is een extra, niet-taakgerichte beweging. Een substitutie is de vervanging van de bedoelde beweging door een niet-bedoelde beweging; oftewel een situatie waarbij een reductie en intrusie tegelijkertijd plaatsvinden. (Goldstein et al., 2007; Slis & van Lieshout, 2015) Deze spraakfouten zijn manifestaties van een verstoring tijdens de fonologische codering, motorische planning of motorische programmering. Hierbij speel gradatie een belangrijke rol. Bij substituties worden symbolische eenheden verwisseld doordat deze verkeerd worden geselecteerd en/of gesequentieerd. Het gaat hierbij om een volledige intrusie gecombineerd met een volledige reductie. Omdat het hier gaat om gehele symbolische eenheden hebben substituties derhalve hun oorsprong in de fonologische codering. Bij bijna volledige/grote intrusies worden symbolische eenheden aan verkeerde abstracte bewegingsdoelen gekoppeld doordat een andere articulator aangesproken wordt. Bij bijna volledige/grote reducties worden symbolische eenheden aan verkeerde abstracte bewegingsdoelen gekoppeld doordat de juiste articulator een beperkte/geen constrictie maakt. Omdat het hier gaat om een verkeerde koppeling van bewegingsdoelen hebben bijna volledige/grote intrusies en reducties derhalve hun oorsprong in de motorische planning. Bij kleine intrusies worden motorcommando's voor concrete bewegingen verkeerd omgezet doordat de verkeerde articulator geactiveerd wordt. Bij kleine reducties worden motorcommando's voor concrete bewegingen

verkeerd omgezet doordat de juiste articulator een beperkte constrictie maakt. Omdat het hier gaat om het onjuist omzetten van motorcommando's naar concrete bewegingen vinden kleine intrusies en reducties derhalve hun oorsprong in de motorische programmering. Tabel 1 is overzicht van de typen spraakfouten, de identificatie ervan middels articulatorische analyse en de koppeling van de typen spraakfouten aan een verstoring in het spraakproductieproces.

Tabel 1. Overzicht van de typen spraakfouten, hoe deze worden geïdentificeerd middels articulatorische analyse en de koppeling van de typen spraakfouten aan een verstoring in het spraakproductieproces.

Locatie verstoring	**Spraakfout**	**Analyse**
Fonologische codering	Substitutie	Volledige intrusie één articulator, volledige reductie andere articulator
Motorische planning	Intrusie Reductie	Bijna volledige/grote intrusie Bijna volledige/grote reductie
Motorische programmering	Intrusie Reductie	Kleine intrusie Kleine reductie

Twee casestudies van kinderen met SOD zullen worden vergeleken met drie controlekinderen. Eerst vindt de analyse van de vloeiende, foutloze uitingen van de controlekinderen plaats. Vervolgens worden de vloeiende uitingen van de kinderen met SOD geanalyseerd en wordt er gecontroleerd of deze overeenkomen met de vloeiende, foutloze uitingen van de controlekinderen. Daarna vindt de kwalitatieve articulatorische analyse plaats van de spraakfouten van de kinderen met SOD. Deze worden vergeleken met de vloeiende, foutloze uitingen van de controlekinderen en de vloeiende uitingen van de kinderen met SOD. Tot slot vindt de kwantitatieve articulatorische analyse plaats van de spraakfouten van de kinderen met SOD. Hierbij worden de spraakfouten geclassificeerd, waarna de aantallen van de typen spraakfouten die de kinderen met SOD maken met elkaar vergeleken worden om een conclusie te trekken over de stoornis van deze kinderen. Een gedetailleerde beschrijving van de identificatie van de verschillende typen spraakfouten wordt gegeven onder *2.4 Analyse*.

Dit onderzoek is exploratief van aard, maar gezien de definitie van SOD is het zeer waarschijnlijk dat kinderen met SOD spraakfouten maken die te herleiden zijn naar verstoringen in de planning en/of programmering van het spraakproductieproces.

2. Methode

Voor dit onderzoek is deels gebruik gemaakt van de data die zijn verzameld voor een ander onderzoek, uitgevoerd door Terband, Maassen, van Lieshout en Nijland (2011). De dataverzameling van dit onderzoek komt dus overeen met dat van Terband et al. (2011); de analyse echter niet.

2.1 Participanten

In dit onderzoek wordt ingezoomd op twee kinderen met SOD en drie controlekinderen (zie Bijlage A voor het (klinisch) profiel) uit het onderzoek van Terband et al. (2011). De kinderen met SOD zijn geworven op een basisschool voor kinderen met ernstige spraak-, taal- en gehoorproblemen. Deze kinderen, een jongen en een meisje, hebben beiden een leeftijd van zeven jaar en elf maanden. De controlekinderen, twee jongens en een meisje, zijn op leeftijd gematcht met de kinderen met SOD. Voor de inclusiecriteria die zijn gebruikt en de methode voor het vaststellen van de diagnose SOD, wordt doorverwezen naar het onderzoek van Terband et al. (in press). Geen van de kinderen

had gehoorproblemen, taalbegripsproblemen, een abnormale intelligentie, organische orofaciale afwijkingen, verstoringen in de grove motoriek of dysartrie.

2.2 Instrumentatie

Articulatorische data (tweedimensionaal) is verzameld middels een AG100 Carstens Electro-Magnetische Midsagittale Articulografie (EMMA). Een helm met drie seinspoeltjes (sensoren) werd op het hoofd van de participanten geplaatst. Omzetspoeltjes werden in het midden van de boven- en onderlip, kaak (onderste snijtanden), tongpunt (± 1 cm achter de werkelijke tongpunt) en tongrug (± 2 cm achter het spoeltje van de tongpunt) aangebracht. Twee extra spoeltjes werden op de neusbrug en bovenkaak geplaatst als referentie.

2.3 Procedure

Om gewend te raken aan de spoeltjes werd de participanten eerst een aantal vragen gesteld. Hierna ging de dataverzameling van start. De stimuli werden op een computerscherm gepresenteerd: *pa*, *sa*, *ta*, *paas*, *spa*, *ipi*, *apa*, *ipa*, *api*. Het was de taak van de participant deze woorden te herhalen gedurende 12 seconden. Dit werd op drie verschillende tempi (normaal, langzaam en snel) opgenomen. Na elke test speelde de onderzoeker de opgenomen uiting af op een aangesloten speakersysteem om de validiteit van de test te beoordelen. Bij het horen van heldere fonetische productiefouten, pauzes, onderbrekingen, versnellingen of vertragingen werd de test opnieuw gedaan aan het eind van de reeks. Elke sessie duurde gemiddeld rond de 45-60 minuten per kind.

2.4 *Analyse*

Eerst is aan de hand van perceptieve analyse bepaald of en waar er in de spraak niet-vloeiende uitingen[1] zaten. De niet-vloeiende uitingen zijn in het programma *Praat* aangegeven middels annotaties en voor de verdere analyse zijn van elke spraakfout de begin- en eindtijd genoteerd.

Daarna vond de kwalitatieve articulatorische analyse plaats met behulp van het programma *EGUANA*. Dit programma plot bewegingssignalen in de tijd aan de hand van de articulografische data. Voor elke spraakfout is een plot gemaakt van de bewegingstrajecten van de boven- en onderlip, de onderkaak en de tongtip of tongrug. De keuze voor het plotten van de tongtip of de tongrug was afhankelijk van het type spraakfout. Wanneer uit de perceptieve analyse bleek dat er een ongewenste, extra /j/ geproduceerd werd, is ervoor gekozen om de articulatiebeweging van de tongrug te plotten. De /j/ wordt immers o.a. geproduceerd door de tongrug omhoog te brengen. Voor alle andere spraakfouten werd het bewegingstraject van de tongtip geplot. Tijdens de kwalitatieve articulatorische analyse zijn zowel de vloeiende uitingen als de spraakfouten van kinderen met SOD vergeleken met de vloeiende uitingen van de controlekinderen[2]. Het ging hierbij om een vergelijking van patronen in articulatiebewegingen en niet om details zoals verschillen in duur of amplitude van specifieke articulatiebewegingen. Ten eerste zijn de articulatiebewegingen van de vloeiende uitingen van de drie controlekinderen bestudeerd, zodat het patroon van een normale doelbeweging kon worden vastgesteld. Deze vloeiende uitingen van de controlekinderen dienden dus als referentie voor de vergelijking met de spraak van de kinderen met SOD. Vervolgens zijn de vloeiende uitingen van de kinderen met SOD bestudeerd en vergeleken met de vloeiende uitingen van de controlekinderen om te beoordelen in hoeverre deze overeenkwamen. Dit was nodig om vast

[1] Niet-vloeiende uitingen worden in dit onderzoek gezien als spraakfouten (niet als stotteren o.i.d.).
[2] Voor dit onderzoek geldt dat alle vloeiende uitingen van de controlekinderen foutloos zijn.

te kunnen stellen in hoeverre afwijkende patronen in de articulatiebewegingen van de kinderen met SOD het gevolg waren van de spraakfout, of slechts individuele variatie weergaven. Tot slot zijn de spraakfouten van de kinderen met SOD bestudeerd en vergeleken met zowel de vloeiende uitingen van de controlekinderen als de vloeiende uitingen van de kinderen met SOD, en zijn afwijkingen in articulatiebewegingen op die manier vastgesteld.

Tijdens de kwantitatieve articulatorische analyse zijn de spraakfouten van de kinderen met SOD geclassificeerd. Daarna zijn de aantallen van de typen spraakfouten die de kinderen met SOD maakten met elkaar vergeleken om een conclusie te kunnen trekken over SOD bij deze twee kinderen.

Zoals Tabel 1 laat zien, zijn de spraakfouten gesorteerd op type: substitutie, bijna volledige/grote intrusie, bijna volledige/grote reductie, kleine intrusie of kleine reductie. Hierbij zijn de volgende criteria gebruikt: een volledige intrusie, gecombineerd met een volledige reductie werd bestempeld als een substitutie; wanneer een extra beweging 70% of meer van de totale amplitude besloeg, werd deze als een bijna volledige/grote intrusie bestempeld; wanneer de amplitude van een verminderde beweging 30% of minder van de doelbeweging was, werd deze als een bijna volledige/grote reductie bestempeld; wanneer een extra beweging 30% of minder (m.u.v. bewegingen kleiner dan 5%) van de totale amplitude besloeg, werd deze als een kleine intrusie bestempeld; en wanneer de amplitude van een verminderde beweging 70% of meer van de doelbeweging was, werd deze als een kleine reductie bestempeld.

3. Resultaten en discussie

De bespreking van de resultaten is opgesplitst in twee delen. Eerst worden de resultaten van de perceptieve analyse besproken; daarna die van de kwalitatieve articulatorische analyse en tot slot worden de resultaten van de kwantitatieve articulatorische analyse besproken. Tijdens de bespreking van de resultaten wordt naar de kinderen met SOD gerefereerd als Kind 1 en Kind 2. Hierbij komt Kind 1 overeen met Subject ID 122 en Kind 2 met Subject ID 123 in Bijlage A.

3.1 Perceptieve analyse

De resultaten van de perceptieve analyse laten zien dat er in totaal 53 spraakfouten zijn gemaakt. Kind 1 maakte 11 spraakfouten en Kind 2 maakte 42 spraakfouten. Tabel 2 toont het aantal spraakfouten per kind, per tempo en per uiting.

Van het totaal aantal spraakfouten vonden er 14 plaats tijdens het uiten van syllaben in een langzaam tempo, 21 tijdens het uiten van syllaben in een normaal tempo en 18 tijdens het uiten van syllaben in een snel tempo. Kind 1 maakte de meeste spraakfouten tijdens het uiten van syllaben in een normaal tempo (respectievelijk: 2, 7 en 2 spraakfouten in een langzaam, normaal en snel tempo). Kind 2 liet niet veel verschil in het aantal spraakfouten zien tijdens het uiten van syllaben op verschillende tempi (respectievelijk: 12, 14 en 16 spraakfouten in een langzaam, normaal en snel tempo.

Gezamenlijk werden de meeste spraakfouten gemaakt op de uiting *ipa*. *Pa* en *ta* werden altijd vloeiend uitgesproken. Kind 1 maakte spraakfouten op de volgende uitingen: *ipi*, *paas*, *spa*, *ipa*, *api*. Er was geen uiting waarop beduidend meer spraakfouten werden gemaakt dan op andere uitingen. *Pa*, *sa* en *ta* werden altijd vloeiend uitgesproken. Kind 2 maakte spraakfouten op de volgende uitingen: *sa*, *ipi*, *apa*, *paas*, *spa*, *ipa*, *api*. De meeste spraakfouten werden gemaakt op de uiting *ipa*. *Pa* en *ta* werden altijd vloeiend uitgesproken.

Tabel 2. Resultaten perceptieve analyse: aantal spraakfouten per kind, per tempo en per uiting.

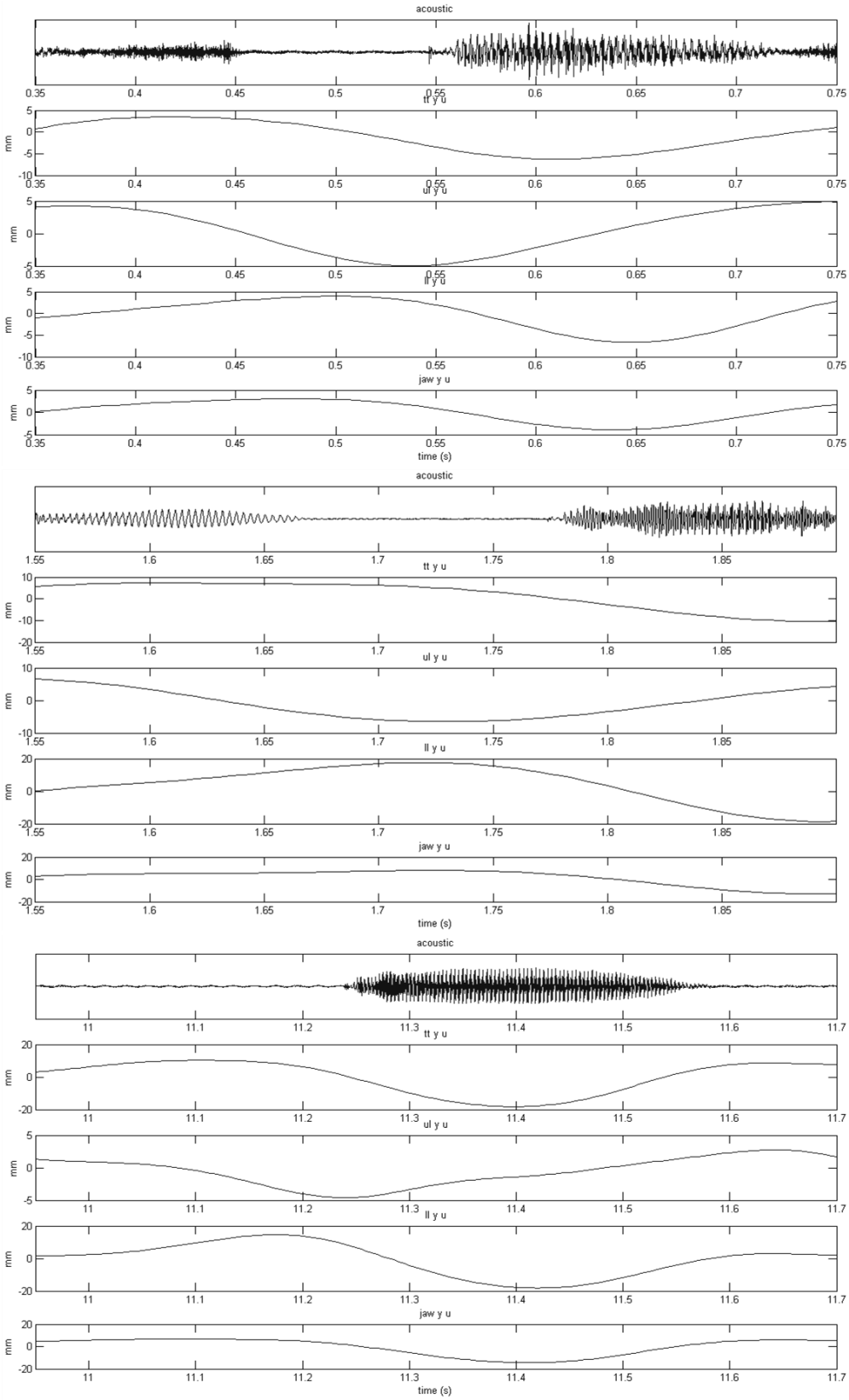
Tempo	Uiting	Kind 1 Spraakfouten	Kind 2 Spraakfouten
Langzaam	*Pa*	-	-
	Sa	-	4
	Ta	-	-
	Ipi	-	-
	Apa	-	-
	Paas	1	2
	Spa	1	-
	Ipa	-	1
	Api	-	5
Normaal	*Pa*	-	-
	Sa	-	-
	Ta	-	-
	Ipi	1	-
	Apa	-	2
	Paas	2	-
	Spa	2	3
	Ipa	-	9
	Api	2	-
Snel	*Pa*	-	-
	Sa	-	-
	Ta	-	-
	Ipi	-	1
	Apa	-	-
	Paas	-	2
	Spa	-	-
	Ipa	2	8
	Api	-	5
Totaal		11	42

3.2 Kwalitatieve articulatorische analyse

Eerst zal ik een aantal van de analyses in detail bespreken. Aan de hand van de volgende figuren worden de articulatiebewegingen van een vloeiende uiting van een controlekind, een vloeiende uiting van een kind met SOD en een spraakfout van een kind met SOD vergeleken. Hierbij focus ik me voornamelijk op de patronen van deze articulatiebewegingen en minder op details zoals verschillen in duur of amplitude van specifieke articulatiebewegingen. De spraakfouten van de kinderen met SOD die hier in detail worden besproken, zijn representatief voor de rest van de spraakfouten die deze kinderen hebben gemaakt. Dit geldt ook voor de vloeiende uitingen van de controlekinderen en voor de vloeiende uitingen van de kinderen met SOD.

De eerste plot die de figuren laten zien, is de vloeiende uiting van het controlekind, omdat deze uiting als referentie dient voor de andere twee uitingen. De tweede plot is een vloeiende uiting van een kind met SOD en de derde plot is een spraakfout van een kind met SOD. Het gaat hierbij om een reductie en intrusie van Kind 1 (Figuur 2 en 3) en om een reductie, intrusie en substitutie van Kind 2 (Figuur 4, 5 en 6). De uitingen verschillen per figuur. Alleen in Figuur 2 en Figuur 6 is dezelfde uiting te zien (*spa*).

Figuur 2 laat de uiting *spa* op drie manieren zien: een vloeiende uiting van een controlekind, een vloeiende uiting van Kind 1 en een reductie van Kind 1.



Figuur 2: Vergelijking van patronen in articulatiebewegingen van de vloeiende uiting controlekind (Subject ID 111; boven), vloeiende uiting Kind 1 (midden) en reductie Kind 1 (onder); van de uiting *spa*, klinkt als *pa*. Van alle drie de uitingen zijn de articulatiebewegingen van de tongpunt (tt), bovenlip (ul), onderlip (ll) en onderkaak (jaw) geplot. Er zijn verschillen in de schaalverdeling van de articulatiebewegingen (tussen en binnen de kinderen)[3].

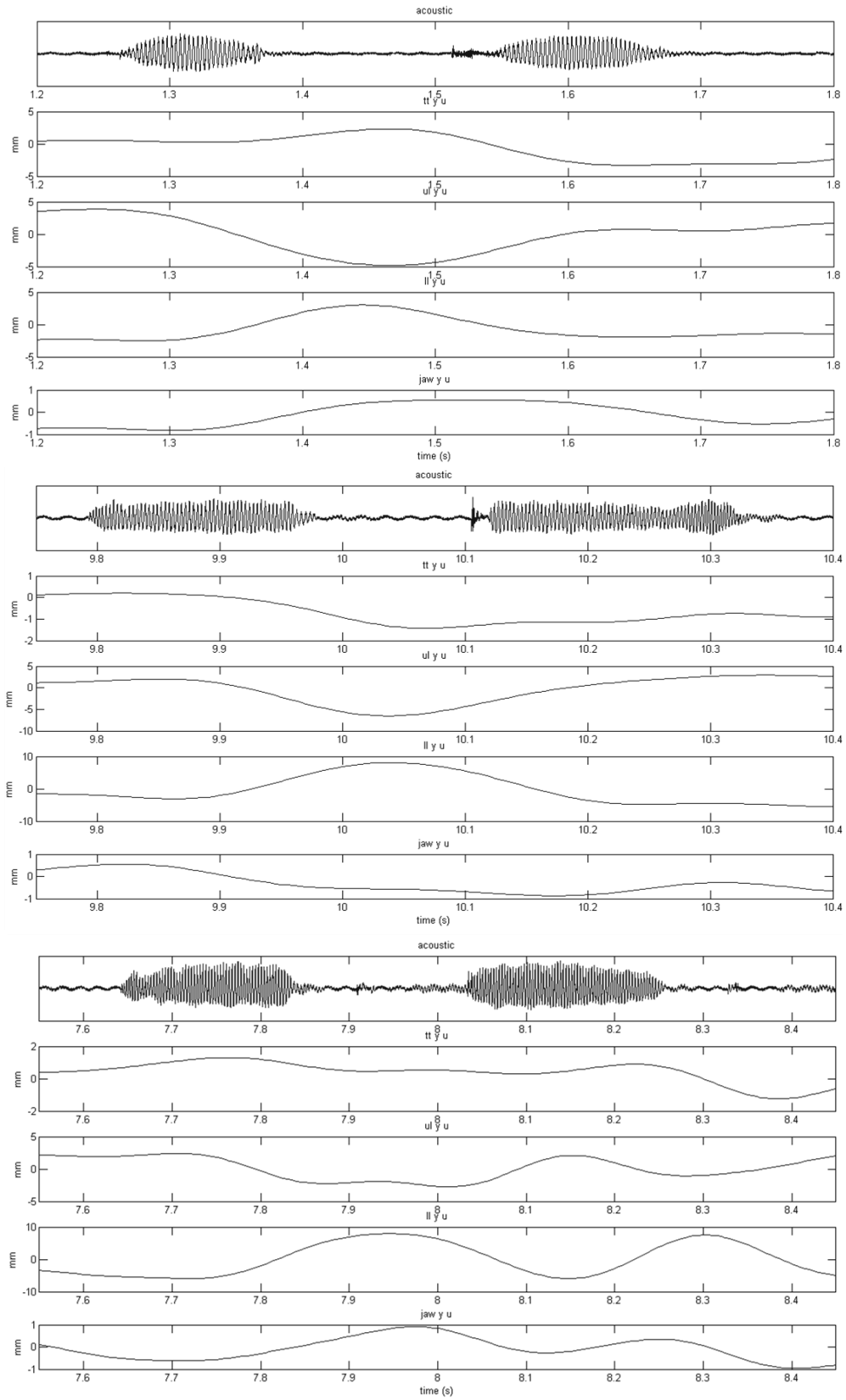
[3] De schaalverdeling wordt automatisch door *EGUANA* gedaan, waardoor het niet kon worden aangepast. Dit geldt ook voor de figuren 4, 5, 6 en 7.

Tijdens de vloeiende uiting van het controlekind laat de tongpunt een golfbeweging zien: een hoge positie tijdens de /s/, geleidelijke neerwaartse beweging tijdens de /p/ met het dal op de /a/, waarna de tongpunt weer geleidelijk omhoog gaat voor de volgende /s/. De bovenlip neemt alleen een lage positie aan tijdens de lipsluiting voor de /p/. Tijdens de /s/ en /a/ bevindt de bovenlip zich in een hoge positie. De onderlip gaat tijdens de /s/ omhoog richting de lipsluiting voor de /p/, waarna de onderlip relatief snel weer omlaag gaat met het dal op de /a/. Vervolgens gaat de onderlip weer geleidelijk aan omhoog. De onderkaak volgt de beweging van de onderlip.

Tijdens de vloeiende uiting van Kind 1 laat de tongpunt een neerwaartse beweging zien: een hoge positie tijdens de /s/ en /p/, waarna de tongpunt geleidelijk naar beneden gaat aan het eind van de /p/. Het dal bevindt zich aan het einde van de /a/. De bovenlip neemt alleen een lage positie aan tijdens de lipsluiting voor de /p/. Tijdens de /s/ en /a/ bevindt de bovenlip zich in een hoge positie. De onderlip gaat tijdens de /s/ omhoog richting de lipsluiting voor de /p/, waarna de onderlip relatief snel weer omlaag gaat met het dal op de /a/. De onderkaak volgt de beweging van de onderlip. De patronen in de articulatiebewegingen van de vloeiende uiting van het kind met SOD komen overeen met de articulatiebewegingen in de vloeiende uiting van het controlekind.

Tijdens de reductie van Kind 1 valt het op dat de /s/ niet zichtbaar is in het akoestische geluidssignaal. De tongpunt laat een golfbeweging zien: eerst een gemiddeld hoge positie, een geleidelijke neerwaartse beweging tijdens de /p/ met het dal op de /a/, waarna de tongpunt geleidelijk omhoog gaat voor de /s/ in de volgende uiting. De bovenlip neemt alleen een lage positie aan tijdens de lipsluiting voor de /p/. Tijdens de /s/ is de bovenlip in gemiddeld hoge positie. Tijdens de /a/ gaat de bovenlip twijfelachtig weer omhoog. De onderlip gaat tijdens de /s/ omhoog richting de lipsluiting voor de /p/, waarna de onderlip relatief snel weer omlaag gaat met het dal op de /a/. Vervolgens gaat de onderlip weer omhoog al lijkt de beweging een dip te bevatten aan het eind van het tijdsspectrum. De onderkaak volgt de beweging van de onderlip. De patronen in de articulatiebewegingen van deze reductie komen overeen met de articulatiebewegingen tijdens de vloeiende uiting van het controlekind en de vloeiende uiting van Kind 1. Het enige verschil is dat de luchttoevoer tijdens de productie van de /s/ ontbreekt in de reductie van Kind 1. Dit zorgt ervoor dat de /s/ in deze uiting niet waarneembaar is.

Figuur 3 laat de uiting *ipi* op drie manieren zien: een vloeiende uiting van een controlekind, een vloeiende uiting van Kind 1 en een intrusie van Kind 1.



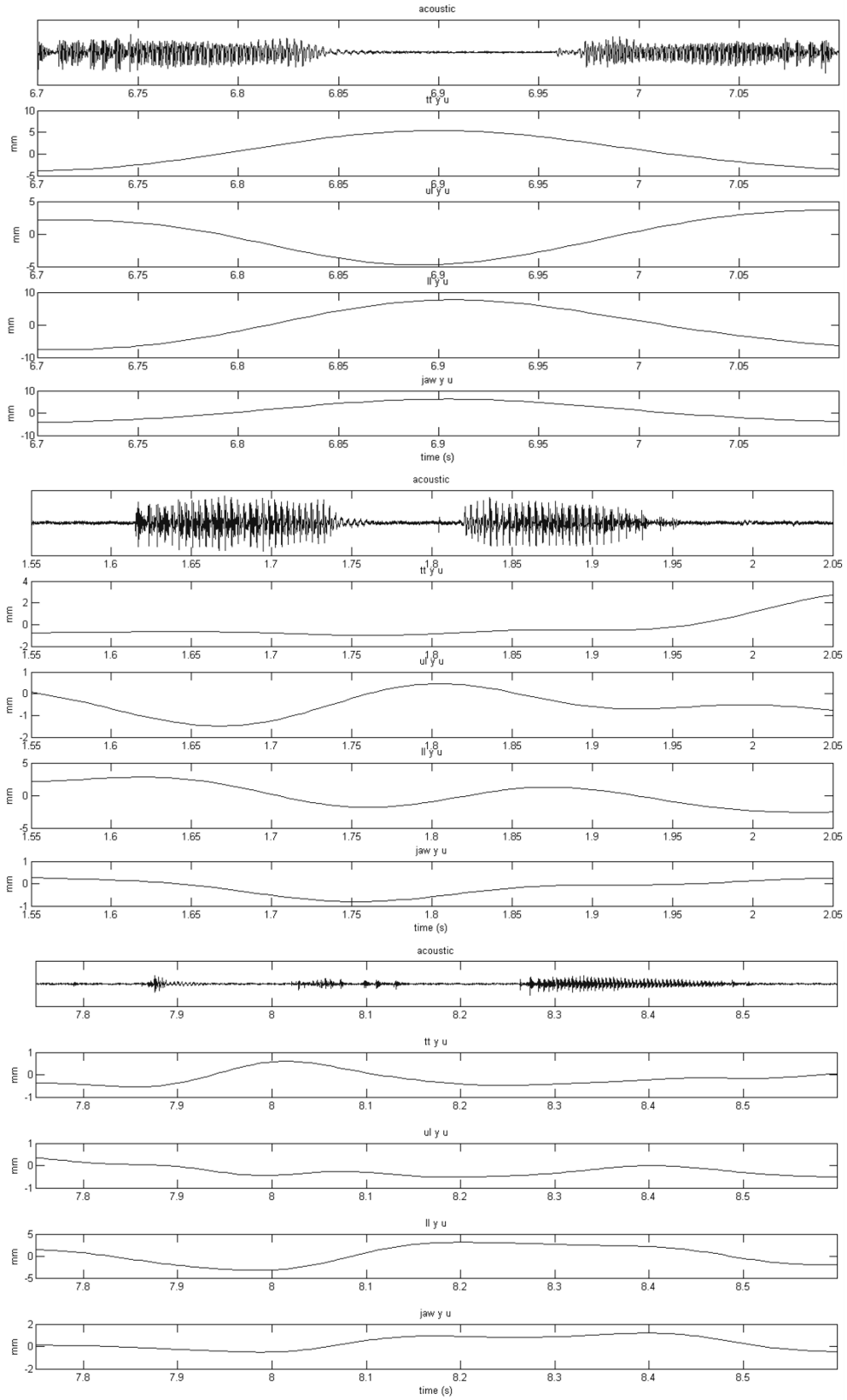
Figuur 3: Vergelijking van patronen in articulatiebewegingen van de vloeiende uiting controlekind (Subject ID 111; boven), vloeiende uiting Kind 1 (midden) en intrusie Kind 1 (onder); van de uiting *ipi*, klinkt als *ipip*. Van alle drie de uitingen zijn de articulatiebewegingen van de tongpunt (tt), bovenlip (ul), onderlip (ll) en onderkaak (jaw) geplot.

Tijdens de vloeiende uiting van het controlekind bevindt de tongpunt zich tijdens de eerste /i/ in een gemiddelde positie. Op de /p/ gaat de tongpunt omhoog. Tijdens de tweede /i/ is de tongpunt in een lage positie. De lippen zijn tijdens de klinkers uit elkaar, maar op de /p/ vindt een lipsluiting plaats. De onderkaak volgt de beweging van de onderlip, maar blijft iets langer in de hoge positie hangen dan de onderlip.

Tijdens de vloeiende uiting van Kind 1 begint de tongpunt in een hoge positie tijdens de eerste /i/, waarna deze zich naar beneden beweegt met een dal op de /p/. Tijdens de tweede /i/ gaat de tongpunt langzaam en twijfelachtig weer omhoog. De lippen zijn tijdens de klinkers uit elkaar, maar op de /p/ vindt een lipsluiting plaats. De onderkaak is tijdens de eerste /i/ in een hoge positie en tijdens de /p/ en de tweede /i/ in een lage positie. Aan het eind van de tweede /i/ gaat de onderkaak even omhoog en weer naar beneden. In vergelijking met de vloeiende uiting van het controlekind gaat de tongpunt te vroeg naar beneden. Ook is de beweging van de bovenlip iets gereduceerd. Tot slot volgt de onderkaak de onderlip hier niet: deze maakt een tegenovergestelde beweging.

Tijdens de intrusie van Kind 1 bevindt de tongpunt zich tijdens de klinkers in een hoge positie. Tijdens de eerste /p/ gaat de tongpunt iets naar beneden en tijdens de tweede /p/ helemaal. De lippen zijn tijdens de klinkers open, maar maken twee keer een sluiting. De bovenlip is echter niet helemaal omlaag tijdens beide lipsluitingen. Ook is er een kleine oneffenheid te zien in de beweging van de bovenlip in de lage positie (eerste keer). De onderkaak volgt de beweging van de onderlip. De patronen in de articulatiebewegingen van deze intrusie komen overeen met de articulatiebewegingen tijdens de vloeiende uiting van het controlekind en de vloeiende uiting van Kind 1. Het feit dat de lippen twee keer een sluiting maken, zorgt voor een intrusie. Deze tweede lipsluiting vindt niet in de andere weergegeven uitingen plaats.

Figuur 4 laat de uiting *apa* op drie manieren zien: een vloeiende uiting van een controlekind, een vloeiende uiting van Kind 2 en een reductie van Kind 2.



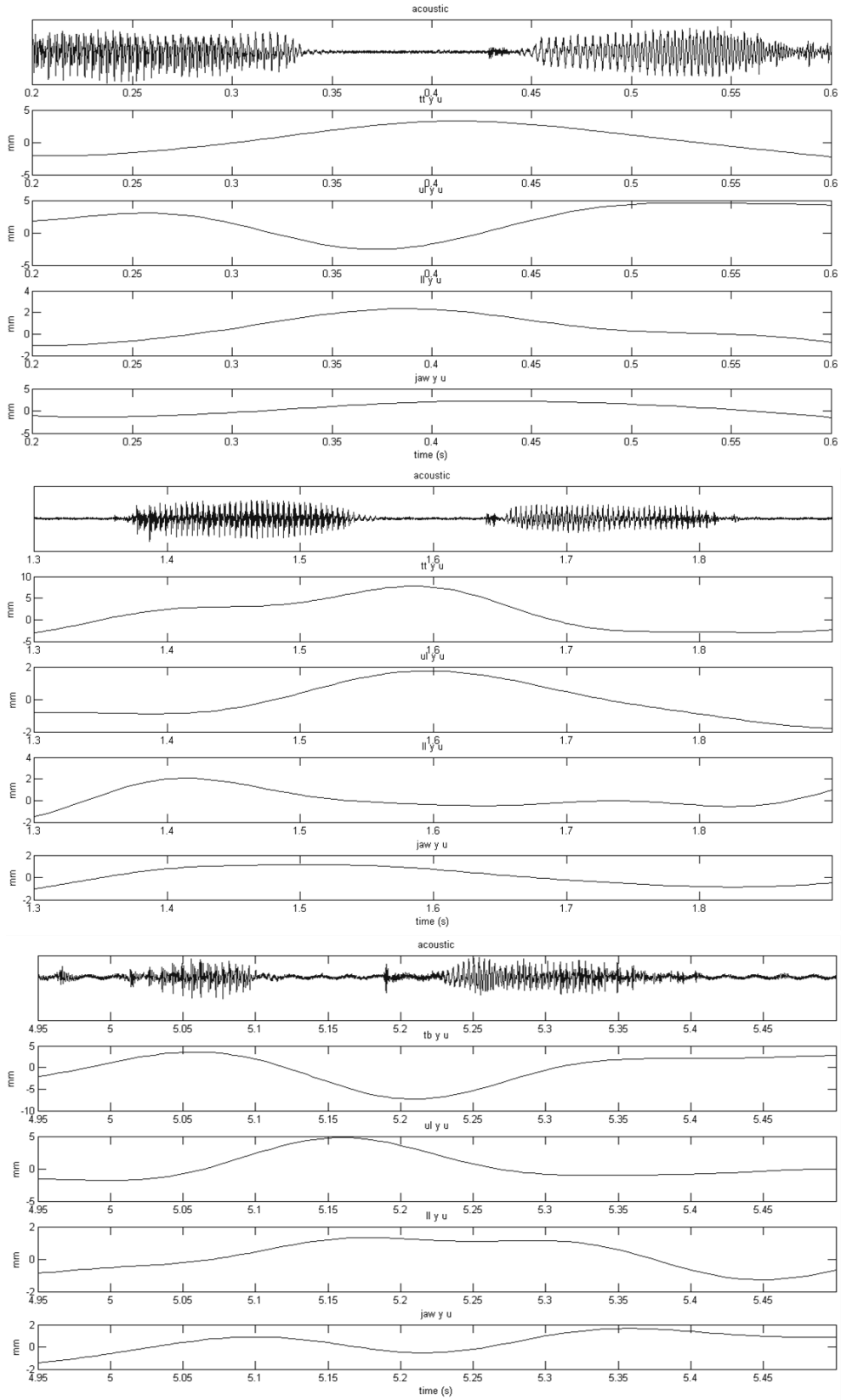
Figuur 4: Vergelijking van patronen in articulatiebewegingen van de vloeiende uiting controlekind (Subject ID 113; boven), vloeiende uiting Kind 2 (midden) en reductie Kind 2 (onder); van de uiting *apa*, klinkt als *ap a*. Van alle drie de uitingen zijn de articulatiebewegingen van de tongpunt (tt), bovenlip (ul), onderlip (ll) en onderkaak (jaw) geplot.

Tijdens de vloeiende uiting van het controlekind laat de tongpunt een golfbeweging zien: een laag begin en eind, maar met een hoge positie tijdens de /p/. De lippen zijn tijdens de klinkers uit elkaar, maar op de /p/ vindt een lipsluiting plaats. De onderkaak volgt de beweging van de onderlip.

Tijdens de vloeiende uiting van Kind 2 is de tongpunt constant in een lage positie. Pas na de laatste /a/ laat deze en beweging omhoog zien. De lippen zijn tijdens de eerste /a/ op elkaar, tijdens de /p/ uit elkaar en komen weer naar elkaar toe tijdens de tweede /a/. De onderkaak volgt de beweging van de onderlip. In vergelijking met de vloeiende uiting van het controlekind wordt de beweging van de tongpunt volledig gereduceerd. Toch lijkt het alsof de tongpunt de vergeten beweging alsnog wilt uitvoeren, aangezien deze op het laatste moment nog omhoog gaat. Dit is echter veel te laat. Hetzelfde fenomeen lijkt plaats te vinden in de bewegingen van de lippen. Hier vindt de lipsluiting echter te vroeg plaats. In plaats van de vergeten beweging alsnog te maken, lijkt de tongpunt hier een tweede poging van de juiste, maar te vroege beweging te doen.

Tijdens de reductie van Kind 2 bevindt de tongpunt zich voornamelijk in een lage positie. Alleen tijdens de eerste /a/ gaat deze omhoog. De beweging van de bovenlip wordt gereduceerd, waardoor een gemiddelde positie met vele schommelingen ontstaat. De onderlip begint en eindigt in een lage positie. Tijdens de /p/ is de onderlip in een hoge positie en houdt deze positie aan tot het einde van de tweede /a/. De onderkaak volgt de beweging van de onderlip. De articulatiebewegingen van deze reductie komen niet overeen met de articulatiebewegingen tijdens de vloeiende uiting van het controlekind en de vloeiende uiting van Kind 2. De tongpunt gaat te vroeg naar boven. Daarnaast wordt de beweging van de bovenlip gereduceerd. Tot slot lijken de onderlip en -kaak de hoge positie aan te houden in het geval de bovenlip naar beneden komt voor een lipsluiting.

Figuur 5 laat de uiting *ipa* op drie manieren zien: een vloeiende uiting van een controlekind, een vloeiende uiting van Kind 2 en een intrusie van Kind 2.



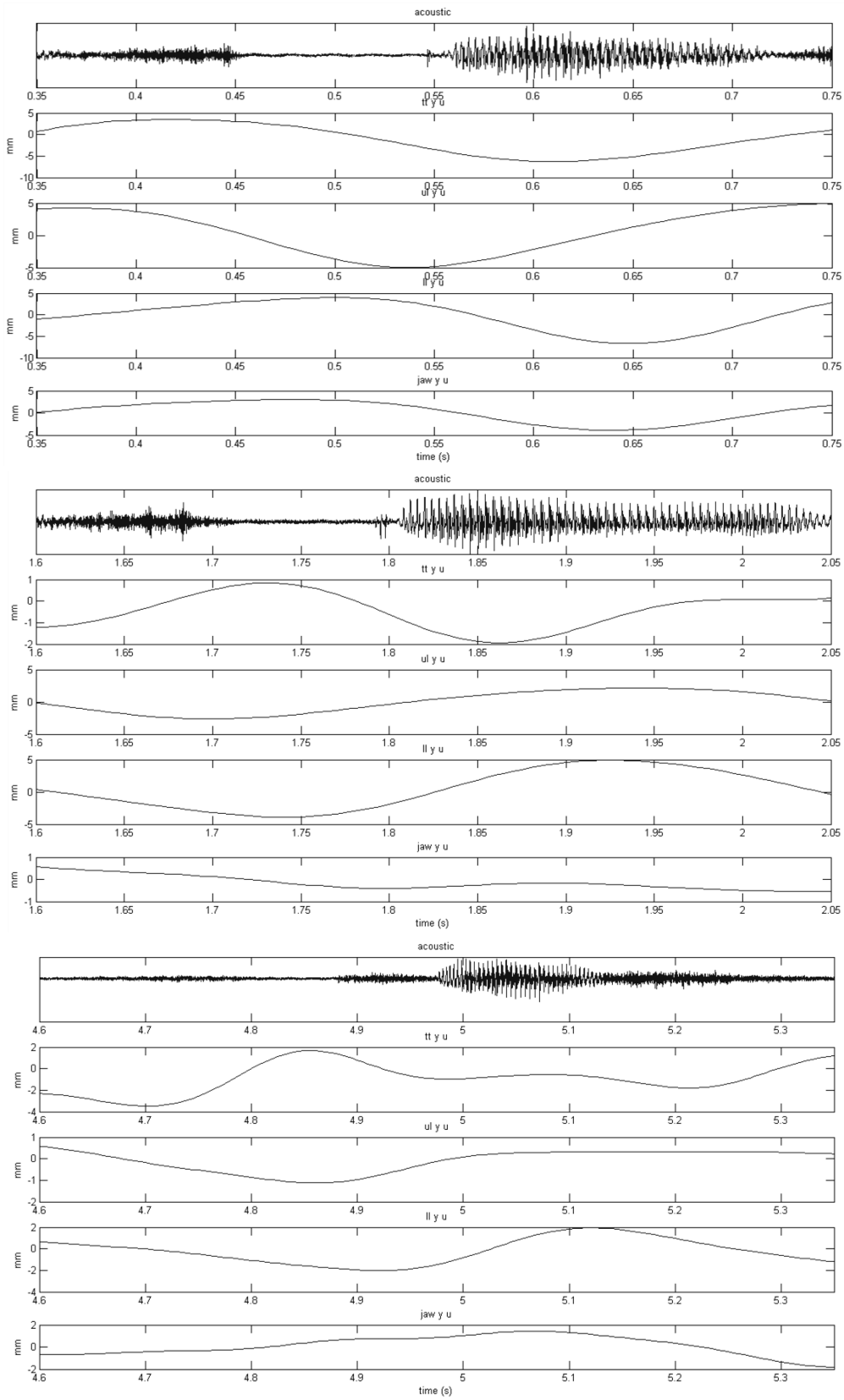
Figuur 5: Vergelijking van patronen in articulatiebewegingen van de vloeiende uiting controlekind (Subject ID 113; boven), vloeiende uiting Kind 2 (midden) en intrusie Kind 2 (onder); van de uiting *ipa*, klinkt als *ipja*. Van de bovenste twee uitingen zijn de articulatiebewegingen van de tongpunt (tt), bovenlip (ul), onderlip (ll) en onderkaak (jaw) geplot. Van de onderste uiting zijn de articulatiebewegingen van de tongrug (tb), bovenlip (ul), onderlip (ll) en onderkaak (jaw) geplot.

Tijdens de vloeiende uiting van het controlekind laat de tongpunt een golfbeweging zien: een laag begin en eind, maar met een hoge positie tijdens de /p/. De lippen zijn tijdens de klinkers uit elkaar, maar op de /p/ vindt een lipsluiting plaats. De onderkaak volgt de beweging van de onderlip, maar blijft iets langer in de hoge positie hangen dan de onderlip.

Tijdens de vloeiende uiting van Kind 2 laat de tongpunt een opwaartse beweging zien tijdens de /i/ die even wordt ingehouden, maar verder gaat op de /p/. Aan het eind van de /p/ gaat de tongpunt relatief snel naar beneden om in een lage positie tijdens de /a/ te eindigen. De bovenlip begint en eindigt in een lage positie, maar bevindt zich in een hoge positie tijdens de /p/. De onderlip begint in een hoge positie, waarna deze langzaam naar een lage positie beweegt. Tijdens de /a/ gaat de onderlip nog even iets omhoog, maar ook weer terug naar de lage positie. De onderkaak volgt de beweging van de onderlip, maar beweegt wat vloeiender. In vergelijking met de vloeiende uiting van het controlekind laat de tongpunt een wat twijfelachtige opwaartse beweging zien. Daarnaast laat de bovenlip de tegenovergestelde beweging zien dan nodig is voor het maken van een lipsluiting tijdens de /p/.

Tijdens de intrusie van Kind 2 bevindt de tongpunt zich in een hoge positie tijdens de klinkers en in een lage positie tijdens de /p/. De bovenlip bevindt zich in een lage positie tijdens de klinkers en in een hoge positie tijdens de /p/. De onderlip begint en eindigt in een lage positie. Voor de productie van de /p/ gaat de onderlip omhoog en blijft daar tot het eind van de /a/. De onderkaak volgt de beweging van de onderlip, maar gaat na de /p/ even omlaag, waarna deze weer omhoog gaat tijdens de /a/. De articulatiebewegingen van deze intrusie komen niet overeen met de articulatiebewegingen tijdens de vloeiende uiting van het controlekind en de vloeiende uiting van Kind 2. De tongpunt maakt een omgekeerde beweging. Ook maakt de bovenlip een omgekeerde beweging dan de beweging die nodig is voor een lipsluiting. Tot slot lijken ook hier de onderlip en -kaak de hoge positie aan te houden in het geval de bovenlip naar beneden komt voor een lipsluiting.

Figuur 6 laat de uiting *spa* op drie manieren zien: een vloeiende uiting van een controlekind, een vloeiende uiting van Kind 2 en een substitutie van Kind 2.



Figuur 6: Vergelijking van patronen in articulatiebewegingen van de vloeiende uiting controlekind (Subject ID 111; boven), vloeiende uiting Kind 2 (midden) en substitutie Kind 2 (onder); van de uiting *spa*, klinkt als *sla*. Van alle drie de uitingen zijn de articulatiebewegingen van de tongpunt (tt), bovenlip (ul), onderlip (ll) en onderkaak (jaw) geplot.

In de vloeiende uiting van het controlekind laat de tongpunt een golfbeweging zien: hoge positie tijdens de /s/, geleidelijke neerwaartse beweging tijdens de /p/ met het dal op de /a/, waarna de tongpunt weer geleidelijk omhoog gaat voor de volgende /s/. De bovenlip neemt alleen een lage positie aan tijdens de lipsluiting voor de /p/. Tijdens de /s/ en /a/ bevindt de bovenlip zich in een hoge positie. De onderlip gaat tijdens de /s/ omhoog richting de lipsluiting voor de /p/, waarna de onderlip relatief snel weer omlaag gaat met het dal op de /a/. Vervolgens gaat de onderlip weer geleidelijk aan omhoog. De onderkaak volgt de beweging van de onderlip.

Tijdens de vloeiende uiting van Kind 2 laat de tongpunt een opwaartse beweging zien tijdens de /s/ met de piek op de /p/. Hierna gaat de tongpunt relatief snel naar beneden waarbij het dal zich tijdens de /a/ bevindt. Halverwege de /a/ gaat de tongpunt weer omhoog. De bovenlip begint in gemiddelde positie, waarna deze omlaag gaat. Het dal bevindt zich op de overgang van de /s/ naar de /p/. Daarna gaat de bovenlip weer ophoog met de piek halverwege de /a/. De onderlip begint ook in gemiddelde positie, waarna deze omlaag gaat. Het dal bevindt zich op de /p/. Hierna gaat de onderlip relatief snel omhoog met een piek halverwege de /a/. De onderkaak begint op een hoge positie en beweegt langzaam naar beneden. Op de /a/ gaat deze nog even omhoog, maar vervolgt daarna de neerwaartse beweging. In vergelijking met de vloeiende uiting van het controlekind is de piek in de beweging van de tongpunt iets te laat. Daarnaast wordt de beweging van de bovenlip enigszins gereduceerd. Verder laat de onderlip een omgekeerde beweging zien ten opzichte van de onderlipbeweging in de vloeiende uiting van het controlekind. Tot slot laat de onderkaak een gereduceerde beweging zien.

Tijdens de intrusie van Kind 2 laat de curve van de tongpunt een piek zien tijdens de /p/. Hierna volgt een twijfelachtige neerwaartse beweging die aan het eind van de /a/ weer omhoog gaat. De bovenlip begint en eindigt in een hoge positie. Tijden de /p/ gaat de bovenlip iets omlaag. De onderlip begint in een hoge positie, maar gaat geleidelijk aan naar beneden met het dal op de overgang tussen de /p/ en de /a/. Tijdens de /a/ bevindt zich een piek in de curve van de onderlipbeweging, waarna deze weer naar omlaag gaat. De onderkaak begint in gemiddelde positie en maakt een opwaartse beweging met de piek op de /a/. Hierna gaat de onderkaak relatief snel naar beneden. De articulatiebewegingen van deze intrusie komen niet overeen met de articulatiebewegingen tijdens de vloeiende uiting van het controlekind, maar komen wel overeen met de articulatiebewegingen tijdens de vloeiende uiting van Kind 2. De intrusie wordt veroorzaakt door een indringende beweging van de tongpunt. Daarnaast wordt de beweging van de bovenlip gereduceerd en komt de piek in de beweging van de onderlip te laat. Hierdoor vindt er geen lipsluiting plaats.

3.3 Kwantitatieve articulatorische analyse

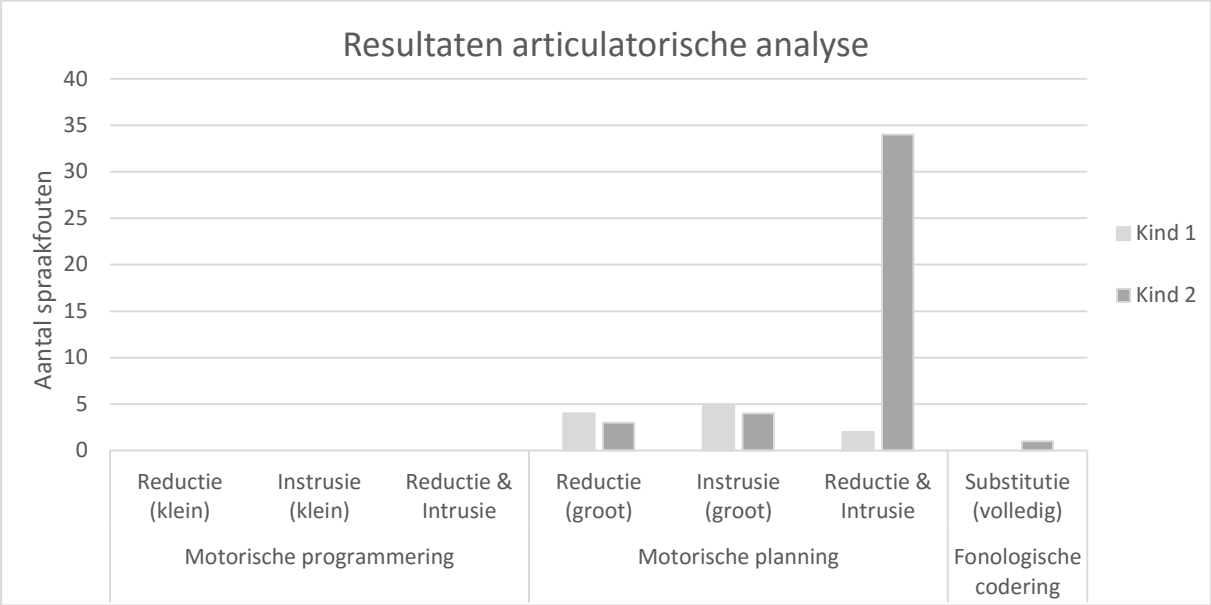
Alle perceptief geïdentificeerde spraakfouten zijn geanalyseerd zoals in *3.2 Kwalitatieve articulatorische analyse* in detail is besproken. Na de classificatie van de spraakfouten tijdens de kwantitatieve articulatorische analyse zijn de aantallen van de typen spraakfouten die de kinderen met SOD maakten met elkaar vergeleken.

De resultaten van de kwantitatieve articulatorische analyse laten zien dat er geen spraakfouten werden gemaakt die kunnen duiden op een verstoring in de motorische programmering. Er werden in totaal 52 spraakfouten gemaakt die kunnen duiden op een verstoring in de motorische planning (Kind 1: 11, Kind 2: 41). En er werd slechts één spraakfout gemaakt die kan duiden op een verstoring in de fonologische codering (Kind 2).

Kind 1 maakte geen spraakfouten die kunnen duiden op een verstoring in de motorische programmering of een verstoring in de fonologische codering. Er werden in totaal 11 spraakfouten gemaakt die kunnen duiden op een verstoring in de motorische planning. Deze spraakfouten kunnen worden onderverdeeld in 4 bijna volledige/grote reducties, 5 bijna volledige/grote intrusies en 2 bijna volledige/grote reducties gecombineerd met bijna volledige/grote intrusies.

Kind 2 maakte geen spraakfouten die kunnen duiden op een verstoring in de motorische programmering. Er werd 1 substitutie gemaakt: een volledige reductie gecombineerd met een volledige intrusie. Dit aantal lijkt te klein om te concluderen dat er een verstoring plaatsvindt tijdens de fonologische codering. Daarentegen werden 41 spraakfouten gemaakt die kunnen duiden op een verstoring in de motorische planning. Deze spraakfouten kunnen worden onderverdeeld in 3 bijna volledige/grote reducties, 4 bijna volledige/grote intrusies en 34 bijna volledige/grote intrusies.

Figuur 7 laat het aantal spraakfouten per kind zien; onderverdeeld naar type in kleine reducties, kleine intrusies of een combinatie hiervan; bijna volledige/grote reducties, bijna volledige/grote intrusies of een combinatie hiervan; en substituties. Daarnaast laat deze figuur zien op welke plaats in het spraakproductieproces een verstoring kan plaatsvinden aan de hand van het type spraakfout. Een spraakfout in deze grafiek is een totaalbeeld van de bewegingen van alle articulatoren. Bijlage B bevat een gedetailleerde tabel waarin staat welke articulatoren gereduceerde en/of extra bewegingen laten zien die resulteren in een spraakfout. Het is hierbij erg belangrijk om op te merken dat meerdere articulatoren verantwoordelijk kunnen zijn voor één spraakfout. Het totaal van alle gereduceerde en onbedoelde articulatiebewegingen komt dus niet overeen met het totaal aantal spraakfouten.



Figuur 7: Grafiek met de resultaten van de articulatorische analyse. Het aantal spraakfouten per kind onderverdeeld in de categorieën: (1) Motorische programmering, (2) Motorische planning en (3) Fonologische codering. Categorie (1) heeft als subcategorieën: a. kleine reductie, b. kleine intrusie en c. kleine reductie en intrusie. Categorie (2) heeft als subcategorieën: a. bijna volledige/grote reductie, b. bijna volledige/grote intrusie en c. bijna volledige/grote reductie en intrusie. Categorie (3) heeft als subcategorie: substitutie bestaande uit een volledige reductie gecombineerd met een volledige intrusie. Een spraakfout in deze grafiek is een totaalbeeld van de bewegingen van alle articulatoren.

4. Algemene discussie

Het doel van dit onderzoek was om de spraakfouten van kinderen met SOD te karakteriseren. De spreektaak bestond uit het herhalen van één syllabe woorden gedurende 12 seconden in een langzaam, normaal en snel tempo. Aan de hand van een perceptieve analyse zijn de spraakfouten van twee kinderen met SOD geïdentificeerd. Om het patroon van een normale doeluiting vast te stellen, zijn eerst de vloeiende uitingen van drie controlekinderen bestudeerd. Aan de hand van kwalitatieve articulatorische analyse zijn de vloeiende uitingen van de controlekinderen, de vloeiende uitingen van de kinderen met SOD en de spraakfouten van de kinderen met SOD zijn met elkaar vergeleken. Daarna zijn de spraakfouten aan de hand van kwantitatieve articulatorische analyse geclassificeerd en zijn de aantallen van de typen spraakfouten met elkaar vergeleken om een conclusie te trekken over SOD bij de twee kinderen uit dit onderzoek. Hieronder zal ik de resultaten van de analyses bediscussiëren. Daarnaast bespreek ik hoe de resultaten kunnen worden geïnterpreteerd en wat de klinische impact is van dit onderzoek. Tevens worden de beperkingen van dit onderzoek besproken en doe ik suggesties voor vervolgonderzoek.

4.1 Perceptieve analyse

De perceptieve analyse wees uit dat er in totaal 53 spraakfouten zijn gemaakt door de twee kinderen met SOD. In dit totaal aantal spraakfouten was het aandeel van Kind 2 groter dan dat van Kind 1.

Er was weinig verschil te zien in het totaal aantal spraakfouten dat de kinderen met SOD maakten op verschillende tempi. Echter, Kind 1 maakte de meeste spraakfouten tijdens het uiten van syllaben in een normaal tempo, terwijl er bij Kind 2 weinig verschil was in het aantal spraakfouten dat gemaakt werd tussen verschillende tempi.

Van het totaal aantal spraakfouten werden de meeste op de uiting *ipa* gemaakt. *Pa* en *ta* werden altijd vloeiend uitgesproken. Kind 1 leek geen specifieke uiting te hebben waar het meer moeite mee had dan andere uitingen. Kind 2 leek echter meer moeite te hebben met de uiting *ipa* (tijdens verschillende tempi) dan met andere uitingen, gezien het feit dat hier de meeste spraakfouten werden gemaakt.

4.2 Articulatorische analyses

De kwalitatieve articulatorische analyse wees uit dat de perceptief vloeiende spraak van de kinderen met SOD niet geheel gelijk was aan de vloeiende spraak van de controlekinderen. De patronen in de articulatiebewegingen kwamen overeen, maar er waren subtiele verschillen in de coördinatie van de bewegingstrajecten in temporele zin. Verder was er een verschil te zien in de perceptief vloeiende spraak van beide kinderen met SOD. De bewegingstrajecten van Kind 2 waren onstabieler dan die van Kind 1. De articulatiebewegingen van Kind 2 doen denken aan zoekend articulatiegedrag. Dit komt overeen met één van de kenmerken die beschreven zijn in *1.1 Klinisch profiel*.

Daarnaast wees de kwalitatieve articulatorische analyse uit dat de spraakfouten van de kinderen met SOD in grote mate afweken van de vloeiende uitingen van de controlekinderen. De articulatiebewegingen tijdens de spraakfouten waren niet vloeiend en de variatie in de coördinatie van bewegingstrajecten in temporele zin was ook hier erg groot. Verder was er een verschil te zien tussen de spraakfouten van beide kinderen met SOD. De spraakfouten van Kind 1 waren vaak 'netter' dan de spraakfouten van Kind 2. Een spraakfout van Kind 1 ontstond vaak door één articulator die

een gereduceerde of onjuiste beweging maakte, terwijl een spraakfout van Kind 2 vaak ontstond door onregelmatigheden in alle articulatiebewegingen.

De kwantitatieve articulatorische analyse wees uit dat de meeste spraakfouten van de twee kinderen met SOD combinaties waren van bijna volledige/grote reducties en bijna volledige/grote intrusies. Zoals in Tabel 1 is weergegeven, wijst dit op een verstoring in de motorische planning van het spraakproductieproces. Daarnaast werden er geen kleine reducties en kleine intrusies gemaakt. Er vindt dus geen verstoring plaats in de motorische programmering van het spraakproductieproces. Tot slot werd er slechts één substitutie gemaakt (Kind 2). Er vindt dus ook geen verstoring plaats in de fonologische codering van het spraakproductieproces.

4.3 Interpretatie

Uit de articulatorische analyses bleek dat de meest voorkomende typen spraakfouten die de kinderen met SOD maakten combinaties waren van bijna volledige/grote reducties en bijna volledige/grote reducties waren. Dit duidt op een verstoring in de motorische planning van het spraakproductieproces. Er zijn echter geen spraakfouten gemaakt die duiden op een verstoring in de motorische programmering. Dit zou betekenen dat de huidige definitie van SOD als een verstoring tijdens de planning en/of programmering van de temporele en spatiele aspecten van articulatiebewegingen (ASHA, 2007) moet worden aangepast.

Het aanpassen van de definitie van SOD gaat echter te ver aangezien de bestudeerde spraakfouten niet alleen reducties en intrusies in spatiele zin zijn, maar gepaard gaan met veel variatie in de coördinatie van bewegingstrajecten in temporele zin. Deze variabiliteit wijst op een verstoring in de motorische programmering van het spraakproductieproces (Nijland et al., 2003). Dit temporele coördinatieprobleem beperkt zich niet tot de spraakfouten die de kinderen met SOD maakten, maar is ook terug te zin in de perceptief vloeiende spraak van deze kinderen.

De individuele verschillen die zijn gevonden tussen de spraak van de kinderen met SOD kunnen wellicht vanuit een psychologisch oogpunt verklaard worden. Kinderen met SOD zijn zich vaak erg bewust van hun spraakstoornis. Het besef dat ze niet duidelijk kunnen praten en dus lastiger met anderen communiceren, maakt ze onzeker. Deze onzekerheid uit zich in zachte en twijfelachtige spraak (Hall et al., 2007), terwijl grote bewegingen inherent stabieler zijn (Terband et al., 2011). Bij Kind 2 was te zien dat de articulatiebewegingen niet stabiel zijn. Kind 2 lijkt dus meer last te hebben van onzekerheid en de gevolgen daarvan dan Kind 1.

Het feit dat de resultaten van het huidige onderzoek alleen een verstoring in de motorische planning aantoonden, laat zien dat de manier van analyseren die is gebruikt niet geschikt is voor de analyse van de spraakfouten die kinderen met SOD maken, omdat het temporele aspect van de articulatiebewegingen wordt verwaarloosd.

4.4 Klinische impact

De behandeling van SOD heeft op dit moment als doel vrijwillige, nauwkeurige en consistente controle over de articulatoren te krijgen (Hall et al., 2007). Naar aanleiding van de resultaten van dit onderzoek hoeft het doel van de behandeling niet veranderd te worden, maar kan de behandeling wel worden aangevuld. Ondanks dat het huidige onderzoek uit slechts twee casusstudies bestond, heeft dit onderzoek laten zien dat er sprake is van een temporeel coördinatieprobleem bij de kinderen met SOD en dat dit probleem zich niet beperkt tot de spraakfouten van de kinderen met SOD, maar dat ook de perceptief vloeiende spraak hierdoor wordt

beïnvloed. Naast het leren verfijnen van articulatiebewegingen in spatiele zin moet ook aandacht worden geschonken aan het temporele aspect van de articulatiebewegingen van kinderen met SOD. Hoe dit in de behandeling van kinderen met SOD verwerkt kan worden, zal vervolgonderzoek moeten uitwijzen.

4.5 Evaluatie

Dit onderzoek heeft gebruik gemaakt van vooraf vastgestelde criteria om het type spraakfout te bepalen (zie *2.4 Analyse*). Ondanks dat er in de praktijk geen twijfelgevallen zijn gevonden, is het voor vervolgonderzoek een suggestie om gebruik te maken van softwarematige algoritmes om de uitingen te evalueren. Op deze manier kan de mogelijkheid van twijfelgevallen worden uitgesloten. Tevens wordt de kwalitatieve analyse hierdoor kwantitatief van aard. In dit onderzoek was dit niet mogelijk omdat de softwarematige algoritmes niet beschikbaar waren.

Bovendien heeft dit onderzoek in de kwalitatieve articulatorische analyse een vergelijking gemaakt tussen de vloeiende uitingen van controlekinderen, de vloeiende uitingen van de kinderen met SOD en de spraakfouten van de kinderen met SOD. Hierbij zijn uitingen van verschillende tempi gebruikt. Het is voor vervolgonderzoek aan te raden hier één tempo voor te gebruiken. Zo worden eventuele invloeden van verschillen in tempo uitgesloten, alhoewel deze niet zijn gevonden in dit onderzoek.

Verder heeft dit onderzoek naast perceptieve analyse ook gebruik gemaakt van articulatorische analyse. Deze methode is geobjectiveerd en spraakfouten kunnen hiermee worden gekarakteriseerd. Een beperking van dit onderzoek is dat alleen de perceptief hoorbare spraakfouten zijn meegenomen. In vervolgonderzoek zou het beter zijn om alle uitingen van kinderen met SOD gedetailleerder te bekijken aan de hand van articulatorische analyse. De resultaten van dit onderzoek laten namelijk zien dat ook de perceptief vloeiende spraak van de kinderen met SOD wordt beïnvloed door het temporele coördinatieprobleem. Waar de grens precies ligt tussen perceptief vloeiende spraak en spraakfouten is vooralsnog onduidelijk. Vervolgonderzoek zou hier wellicht meer helderheid over kunnen geven.

Tot slot bestond dit onderzoek uit de casusstudies van twee kinderen met SOD. Om aan te tonen dat de uitkomsten van dit onderzoek niet gebaseerd zijn op de overeenkomsten van deze twee kinderen, zal vervolgonderzoek gebruik moeten maken van meer kinderen met SOD. Op deze manier zullen de uitkomsten gegeneraliseerd kunnen worden naar de overkoepelende stoornis: SOD.

5. Conclusie

Dit onderzoek heeft aan de hand van articulatorische analyse laten zien dat de spraakfouten bij deze twee kinderen met SOD voornamelijk bestaan uit combinaties van bijna volledige/grote reducties en bijna volledige/grote intrusies. Deze spraakfouten zijn het gevolg van een verstoring in de motorische planning van het spraakproductieproces. Daarnaast heeft dit onderzoek laten zien dat er bij deze twee kinderen met SOD sprake is van veel variabiliteit in de coördinatie van bewegingstrajecten in temporele zin. Deze variabiliteit wijst op een verstoring in de motorische programmering van het spraakproductieproces (Nijland et al., 2003). Dit temporele coördinatieprobleem beperkt zich niet tot de spraakfouten die de kinderen met SOD maakten, maar beïnvloedt ook de perceptief vloeiende spraak van deze kinderen. Het feit dat dit onderzoek in eerste instantie alleen een verstoring in de motorische planning aantoonde, laat zien dat de manier van analyseren die is gebruikt niet geschikt is voor de analyse van de spraakfouten die kinderen met SOD maken, omdat het temporele aspect

van de articulatiebewegingen wordt verwaarloosd. Vervolgonderzoek moet vaststellen hoe de aanpak van dit temporele coördinatieprobleem in de behandeling van kinderen met SOD kan worden verwerkt, zodat kinderen met SOD nauwkeuriger leren spreken.

6. Bibliografie

American Speech-Language-Hearing Association. (2007). Childhood apraxia of speech [Technical Report]. Retrieved May 11, 2016, from http://www.asha.org/policy/tr2007-00278.htm.

Beers, M. (2003). Klankproductieproblemen: een fonologische benadering. *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 11(4), 245-259. Retrieved May 11, 2016, from http://rjh.ub.rug.nl/sstp/article/view/3317/3309.

Browman, C.P., & Goldstein, L. (1989). Articulatory gestures as phonological units. *Phonology*, 6, 201 251. Retrieved May 25, 2016, from http://www.jstor.org/stable/pdf/4419998.pdf?_=1464171266732.

Forrest, K. (2003). Diagnostic Criteria of Developmental Apraxia of Speech Used by Clinical Speech Language Pathologists. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 12, 376-380. Retrieved May 17, 2016, from http://ajslp.pubs.asha.org.proxy.library.uu.nl/epdf.aspx?doi=10.1044/1058-0360(2003/083).

Goldrick, M., & Blumstein, S.E. (2006). Cascading activation rom phonological planning to articulatory processes: Evidence from tongue twisters. *Language and Cognitive Processes*, 21(6), 649-683. Retrieved May 20, 2016, from http://www.tandfonline.com.proxy.library.uu.nl/doi/pdf/10.1080/01690960500181332.

Goldstein, L., Pouplier, M., Chen, L., Saltzman, E., & Byrd, D. (2007). Dynamic action units slip in speech production errors. *Cognition*, 103(3), 386-412. Retrieved May 19, 2016, from http://ac.els-cdn.com.proxy.library.uu.nl/S0010027706001284/1-s2.0-S0010027706001284-main.pdf?_tid=5ac996a0-1db8-11e6-bce7-00000aab0f02&acdnat=1463659011_7e095cd03053c5493d2a8f3db8d5a0f5.

Hall, P.K., Jordan, L.S., & Robin, D.A. (2007). *Developmental Apraxia of Speech: Theory and Clinical Practice* (Second Edition). Austin, Texas: PRO-ED, Inc.

Hoff, E. (2014). *Language Development* (5th edition, International Edition). USA: Wadsworth, Cengage Learning.

Levelt, W.J.M. (1989). *Speaking: From intention to articulation*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Maassen, B. (2003). De spraakmotorisch component: aspecten van spraakontwikkelingsdyspraxie (SOD). *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 11(4), 260-269. Retrieved June 27, 2016, from http://rjh.ub.rug.nl/sstp/article/view/3318/3310.

Maassen, B., Terband, H., & Nijland, L. (2009). Modellen van spraakontwikkelingsdyspraxie (SOD). *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 16(3), 137-154.

McCormack, J., McLeod, S., McAllister, & Harrison, L.J. (2009). A systematic review of the association between childhood speech impairment and participation across the lifespan. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 11(2), 155-170. Retrieved June 16, 2016, from http://www.tandfonline.com.proxy.library.uu.nl/doi/pdf/10.1080/17549500802676859.

Nijland, L. (2006). Neuropsychologische aspecten van Spraakontwikkelingsdyspraxie. *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 14(1), 54-63. Retrieved May 11, 2016, from http://rjh.ub.rug.nl/sstp/article/view/3310/3301.

Nijland, L., Maassen, B., & van der Meulen, S. (2000). *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 9(3), 155-174.

Retrieved May 11, 2016, from http://rjh.ub.rug.nl/sstp/article/view/19259/16734.

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, 437-450. Retrieved May 20, 2016, from http://jslhr.pubs.asha.org.proxy.library.uu.nl/epdf.aspx?doi=10.1044/1092-4388(2003/036).

Nijssen, M., van Brenk, F., & Terband, H. (2015). Procesanalyse van spraakproductie bij kinderen met spraakontwikkelingsstoornissen. *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 20, 216-237. Retrieved June 27, 2016, from https://pure.strath.ac.uk/portal/files/45648413/Nijssen_etal_SSET_2015_Procesanalyse_van_spraakproductie_bij_kinderen_met.pdf.

Nooteboom, S., & Quené, H. (2008). Self-monitoring and feedback: A new attempt to find the main cause of lexical bias in phonological speech errors. *Journal of Memory and Language*, 58(3), 837-861. Retrieved August 11, 2016, from http://ac.els-cdn.com.proxy.library.uu.nl/S0749596X07000587/1-s2.0-S0749596X07000587-main.pdf?_tid=2a7ae9f0-5fb6-11e6-b994-00000aacb361&acdnat=1470914848_1131b869c7c9c54b2e4487cffc5e5eac.

Pouplier, M., & Goldstein, L. (2005). Asymmetries in the perception of speech production errors. *Journal of Phonetics*, 33, 47-75. Retrieved May 24, 2016, from http://ac.els-cdn.com/S0095447004000312/1-s2.0-S0095447004000312-main.pdf?_tid=8e4243f4-21bb-11e6-a8b1-00000aab0f02&acdnat=1464100191_149e2fbc8d1ca8949b313f4ac7830b34.

Pouplier, M., & Goldstein, L. (2010). Intention in articulation: Articulatory timing in alternating consonant sequences and its implications for models of speech production. *Language and Cognitive Processes*, 25(5), 616-649.

Rietveld, A.C.M., & van Heuven, V.J. (2013). *Algemene fonetiek* (3e, herziene druk). Bussum, Netherlands: Uitgeverij Coutinho.

Slis, A.W., & van Lieshout, P.H.H.M. (2015). Versprekingenonderzoek toen en nu: Implicaties voor spraakproductie modellen en pathologieën. *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 20, 71-93.

Terband, H., Maassen, B., Guenther, F.H., & Brumberg, J. (2009). Computational Neural Modeling of Speech Motor Control in Childhood Apraxia of Speech (CAS). *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 1595-1609. Retrieved May 13, 2016, from http://jslhr.pubs.asha.org/epdf.aspx?doi=10.1044/1092-4388(2009/07-0283).

Terband, H., Maassen, B., & Maas, E. (in press). Toward a model of pediatric speech sound disorders (SSD) for differential diagnosis and therapy planning. In: P. van Lieshout, B. Maassen, & H. Terband (Eds). *Speech Motor Control in normal and disordered speech: Future developments in theory and methodology*. Rockville, MD: ASHA.

Terband, H., Maassen, B., van Lieshout, P.H.H.M., & 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, Language, and Hearing Research*, 37(6), 1424-1440.

Van der Merwe, A. (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.

Warren, R.M. (1970). Perceptual Restoration of Missing Speech Sounds. *Science*, 167(3917), 392-393.

Retrieved May 24, 2016, from http://www.ling.upenn.edu/courses/Fall_2013/ling520/Warren70.pdf.

Wells, R. (1951). Predicting slips of the tongue. *Yale Scientific Magazine*, 26(3), 9-30.

7. Bijlagen

Bijlage A. Overzicht van de kinderen die mee hebben gedaan aan de studie (Terband et al., 2011).

Subject ID	Classification	Age (year;month)	Sex	Clinical judgment	Apraxic characteristics (%)	Phonological characteristics (%)	Diadachokenesis (pataka)		Oral-motor movement assessment		
							Score	Judgment	Isolation (proportion correct)	Sequential (proportion correct)	Seq. fast (proportion correct)
122	CAS	7;3	Male	CAS	100	67	0	3	1	1	0.8
123	CAS	7;3	Female	CAS	100	97	1	3	0.96	0.83	0.4
111	Control	6;8	Male	-	0	0	1	3	1	1	0.8
112	Control	7;0	Male	-	0	0	1	4	1	1	1
113	Control	7;2	Female	-	0	0	1	4	1	1	1

Subject ID	Classification	Palpa		Picture naming 1 (50 words logo-art)		Picture naming 2(PN2; 10 words)		Word repetition (WR; 10 words same as PN2)		Non-word repetition (10 non-words) similar to WR)	
		Words (proportion correct)	Non-words (proportion correct)	Atypical substitution processes (proportion)	Syllable structures (proportion correct)	Atypical substitution processes (proportion)	Syllable structures (proportion correct)	Atypical substitution processes (proportion)	Syllable structures (proportion correct)	Atypical substitution processes (proportion)	Syllable structures (proportion correct)
122	CAS	0.89	0.97	0.03	0.92	0	0.86	0	0.78	0.044	0.65
123	CAS	0.83	0.89	0	0.95	0	0.73	0.04	0.87	0	0.68
111	Control	0.97	0.94	0	1	0	1	0	1	0.044	0.96
112	Control	0.97	0.94	0	1	0	1	0	1	0	1
113	Control	0.94	0.97	0	1	0	1	0	1	0	1

Bijlage B. Tabel van de articulatoren die een reductie of intrusie maken. Hierbij kunnen meerdere articulatoren zijn aangekruist per spraakfout.

Plaats verstoring	Type spraakfout		Articulator	Kind 1	Kind 2
Motorische programmering	Kleine reductie		tt	-	-
			tb	-	-
			ul	-	-
			ll	-	-
			jaw	-	-
	Kleine intrusie		tt	-	-
			tb	-	-
			ul	-	-
			ll	-	-
			jaw	-	-
	Kleine reductie en kleine intrusie	Kleine reductie	tt	-	-
			tb	-	-
			ul	-	-
			ll	-	-
			jaw	-	-
		Kleine intrusie	tt	-	-
			tb	-	-
			ul	-	-
			ll	-	-
			jaw	-	-
Motorische planning	Bijna volledige/grote reductie		tt	-	1
			tb	-	-
			ul	1	1
			ll	-	3
			jaw	-	3
	Bijna volledige/grote intrusie		tt	2	-
			tb	3	4
			ul	3	2
			ll	3	4
			jaw	3	4
	Bijna volledige/ grote reductie en bijna volledige/ grote intrusie	Bijna volledige/ grote reductie	tt	2	11
			tb	-	20
			ul	2	18
			ll	2	23
			jaw	2	24
		Bijna volledige/ grote intrusie	tt	2	10
			tb	-	12
			ul	2	21
			ll	2	29
			jaw	2	27
Fonologische codering	Substitutie	Reductie	tt	-	-
			tb	-	-
			ul	-	-
			ll	-	1
			jaw	-	-
		Intrusie	tt	-	1
			tb	-	-
			ul	-	-
			ll	-	-
			jaw	-	-

tt = tongpunt
tb = tongrug
ul = bovenlip
ll = onderlip
jaw = onderkaak