

Versprekingenonderzoek toen en nu: Implicaties voor spraakproductie modellen en pathologieën.

Anneke Slis¹, Pascal van Lieshout¹⁻⁵

¹*Department of Speech Language Pathology, Oral Dynamics Lab, University of Toronto*

²*Toronto Rehabilitation Institute (TRI)*

³*Institute for Biomaterials and Biomedical Engineering (IBBME), University of Toronto*

⁴*Department of Psychology, University of Toronto*

⁵*Rehabilitation Sciences Institute (RSI), University of Toronto*

Samenvatting

Dit artikel beschrijft de ontwikkelingen die het versprekingen-onderzoek de laatste decennia heeft doorgemaakt en de gevolgen die deze ontwikkelingen hebben gehad voor het begrijpen van de onderliggende mechanismen die kunnen leiden tot versprekingen. Deze nieuwe inzichten kunnen gebruikt worden om spraakproblemen bij kinderen en volwassenen beter te diagnostiseren. De mechanismen die in dit artikel besproken worden, zijn afgeleid van theoretische concepten zoals verwoord binnen het raamwerk van "Articulatory Phonology" en "Task Dynamics". In dit raamwerk staat de coördinatie van spraakbewegingen centraal. Na een meer algemene inleiding van deze theoretische begrippen en samenvatting van huidig gerelateerd experimenteel onderzoek in normale spraakproductie zal worden ingegaan op toepassingen op het gebied van gestoorde spraakproductie.

Summary

This paper describes the developments of speech error research during the last decades and the consequences these developments have had for understanding underlying mechanisms leading to speech errors. These new insights might be used to better diagnose speech problems of children as well as adults. The mechanisms, discussed in this paper, have been derived from theoretical concepts such as described within the framework of Articulatory Phonology and Task Dynamics. Within this framework, coordination of articulatory movement plays a pivotal role. After a general description of the theoretical concepts of the framework and a summary of recent related error studies in normal speech, the authors discuss possible applications of the framework in the field of speech pathology.

Inleiding

Onderzoek naar versprekingen heeft aangetoond dat de wijze waarop versprekingen experimenteel benaderd worden, grote invloed heeft op het identificeren en begrijpen van de onderliggende mechanismen die kunnen leiden tot deze versprekingen. Enerzijds is er de meest gebruikelijke methode, waarmee versprekingen geanalyseerd en gecategoriseerd worden op basis van subjectieve waarnemingen (Fromkin, 1971; Levelt, 1989); anderszijds is er de meer objectieve methode, die is gebaseerd op kinematische en akoestische metingen (bijv. Frisch & Wright, 2002; Goldrick & Blumstein, 2006; Goldstein, Byrd & Saltzman, 2006; Mowrey & MacKay, 1990; Pouplier, 2008). Dergelijke methodologische verschillen hebben geleid tot verschillende interpretaties met betrekking tot de oorzaak van versprekingen. Grofweg kan gesteld worden dat waar de subjectieve benadering vooral wijst op taal-gerelateerde processen, de meer objectieve metingen een groter aandeel toekennen aan spraakmotorische processen. Dit onderscheid heeft mogelijke gevolgen voor de diagnostiek en behandeling van spraakafwijkingen die op basis van patronen in versprekingen geassocieerd worden (zie Pouplier & Hardcastle, 2005; Tuller, 1984; Wood & Hardcastle, 1999; Wood, Hardcastle & Gibbon, 2011). Het methodologische verschil heeft ook invloed op het ontwikkelen en verfijnen van spraakproductie theorieën. Het huidige artikel geeft een overzicht van de literatuur die ruwweg de laatste twintig jaar verschenen is over versprekingen in normale spraakproductie. Kenmerkend voor de besproken studies is dat zij gebruik maakten van akoestische signalen, articulatoire spraakbewegingen, en spieractiviteit van specifieke articulators om fenomenen te bestuderen die aan de menselijke waarneming ontsnappen.

Wat duidelijk wordt uit dit overzicht van meer objectieve studies is dat de gemeten verschijnselen tijdens versprekingen vaak niet verklaard kunnen worden binnen modellen die gebaseerd zijn op een discrete, statische, fonologische spraakeenheid (ook wel aangeduid met de term “foneem”). Een alternatief raamwerk wordt besproken waarbinnen de onderliggende mechanismen voor een aanzienlijk deel wel verklaard kunnen worden en dat ook voorspellingen kan doen over vergelijkbare verschijnselen zoals die zich voordoen in spraakstoornissen. Dit raamwerk staat bekend als “Articulatory Phonology” in de Engelstalige literatuur en zal hier verder worden aangeduid met AP. Deze theorie is gecombineerd met het verwante “Task Dynamics” model (Browman & Goldstein, 1989; Browman & Goldstein, 1992; Saltzman & Munhall, 1989) ¹.

Het huidige artikel begint met een kort overzicht van wat er bekend is over versprekingen vanuit de meer traditionele benadering, gebaseerd op studies die spraak beoordelen op basis van wat de luisteraar hoort en vervolgens interpreteert. Daarna worden een aantal recente studies nader besproken die baanbrekend zijn wat betreft het herdefiniëren van het concept van fonologische versprekingen. Vervolgens wordt een toelichting gegeven over AP

¹De Engelse benaming voor deze modellen wordt gebruikt omdat deze ingeburgerd is geraakt in de literatuur.

en uitgelegd hoe de nieuwe bevindingen over versprekingen in de context van deze theorie passen. Tot slot bespreken we een aantal resultaten van studies waarin spraakstoornissen centraal staan en hoe men dergelijke bevindingen kan interpreteren in het kader van AP.

Versprekingen: toen

Een verspreking is een uitspraak die verschilt van de uitspraak die de spreker in eerste instantie bedoeld had. De fout kan er op ieder moment van de spraakplanning insluipen. Bijvoorbeeld *ik wil suiker met koffie* in plaats van *ik wil koffie met suiker* is een verspreking op woordniveau, en *a Tanadian in Toronto* in plaats van *a Canadian in Toronto* (Fromkin, 1971) is een verspreking op fonologisch niveau. In dit artikel gaat het over de laatste soort versprekingen waarbij het plannen en uitvoeren van individuele spraaksegmenten (fonemen) verkeerd lijkt te gaan. Het type verspreking in bovenstaand voorbeeld wordt “anticipatie” genoemd, terwijl een verspreking waarbij een foneem later wordt herhaald, zoals *a Canadian in Coronto* wordt aangeduid met de term “perseveratie”. Tenslotte kunnen de twee fonemen ook worden verwisseld: *a Tanadian in Coronto*. Dit wordt aangeduid met de term “transpositie” of gewoonweg klank-uitwisseling. Het moet opgemerkt worden dat naast de versprekingen die uitgelegd kunnen worden aan de hand van de context, zoals bovenstaande voorbeelden, er ook versprekingen gemaakt kunnen worden die “uit het niets” lijken te komen (Meyer, 1992). Voorbeelden van deze laatste soort die Meyer (1992) geeft zijn *a transgormational rule* in plaats van *a transformational rule*, en *enjoyding it* in plaats van *enjoying it*.

Een groot aantal studies van de laatste 100 jaar toonde aan dat de zogenoemde fonologische versprekingen zich meestal gedragen volgens vaste patronen (Fromkin, 1971; Meyer, 1992; Nootboom, 1969; Wells, 1951). Versprekingen resulteren ten eerste (bijna) altijd in een waargenomen fonetisch en fonotactisch correcte klank (Wells, 1951). Tevens wisselen medeklinkers alleen uit met andere medeklinkers, zoals *teep a cape (keep a tape)*, en klinkers met andere klinkers, in *odd hack (add hock)* (Fromkin, 1971). Wat ook geobserveerd werd is dat medeklinkers aan het begin van een woord vaak van plaats wisselden met andere beginmedeklinkers in erop volgende woorden of syllaben, zoals geïllustreerd in de eerder genoemde voorbeelden. Dit principe dat medeklinkers alleen verwisselen met medeklinkers in gelijke syllabische positie lijkt universeel (Meyer, 1992). Verder treden dit soort verwisselingen meer op met woorden die, afgezien van de beginmedeklinkers, bepaalde klankstructuren delen. Dit verschijnsel wordt aangeduid met “repeated phoneme effect” in de Engelstalige literatuur (Dell, 1984). Een voorbeeld van dit verschijnsel is de verspreking *heft lemisphere* in plaats van *left hemisphere*, waarbij de eerste klinker hetzelfde is. In de studies die verderop besproken worden is dit “repeated phoneme effect” verder uitgediept met woorden zoals *cop top* waarbij de klinker en coda identiek zijn, maar de beginconsonanten verschillen.

De meeste bestaande theorieën en modellen zijn op deze bovengenoemde regelmatig-

heden gebaseerd (Dell, 1984; Dell & Reich, 1980; Levelt, 1989; Levelt, Roelofs & Meyer, 1999). In deze theorieën wordt het foneem dan wel distinctief kenmerk als bouwsteen voor spraakplanning gedefinieerd, omdat fonologische versprekingen meestal fonetisch en fonotactisch correct worden waargenomen (Cutler, 1981; Guest, 2002; Meyer, 1992; Wickelgren, 1965). Een indicatie dat dit soort versprekingen gebaseerd zijn op een abstracte foneemrepresentatie kan ook worden afgeleid uit de waarneming dat de verspreking zich aanpast aan de fonetische context. Bijvoorbeeld, een /p/ van het medeklinkercluster /sp/ wordt niet geaspireerd in het Engels. Echter, wanneer deze /p/ verplaatst wordt naar het begin van het andere woord, zoals in *lat spat* dat wordt uitgesproken als *pat slat*, dan wordt deze wel geaspireerd (zie echter Pouplier, Marin & Waihl, 2014).

Een model dat de traditionale benadering typeert, zoals het “slot and filler” model van Shattuck-Hufnagel (1979), specificiert het foneem als een abstracte klankbeschrijving die tijdens de fonologische planningsfase op een specifieke locatie (“slot”) geplaatst wordt in een strikte seriële volgorde. In de Engelstalige literatuur worden deze locaties aangeduid met de termen “onset”, “nucleus” en “coda” (respectievelijk begin, kern, einde van een lettergreep). Wanneer een foneem in een dergelijke positie is geplaatst, wordt deze verwijderd uit de groep van nog niet-geselecteerde fonemen en dit proces herhaalt zich totdat alle fonemen hun plaats toegewezen hebben gekregen. Tijdens dit proces kan het gebeuren dat een foneem in een verkeerd slot terecht komt. Vervolgens wordt deze, nog steeds abstracte, fonologische informatie doorgegeven naar het fonetische niveau waar de articulatorische eigenschappen gespecificeerd worden. Dit verklaart waarom een verwisseld foneem correct kan worden uitgesproken.

Het “repeated phoneme” effect kan niet verklaard worden in dit seriële “Slot and Filler” model omdat er geen mechanismen gedefinieerd zijn die dit soort patronen kunnen genereren. Echter, een andere versie van een soortgelijk model, in de literatuur bekend onder de naam “spreading activation” model (Dell, 1984; Dell & Reich, 1980), biedt wel dergelijke opties. In dit networkmodel representeren zogenaamde “nodes” (knooppunten) semantische eigenschappen, woorden, morfemen, lettergrepen, en fonemen. Deze knooppunten zijn wederzijds met elkaar verbonden: bijvoorbeeld een lettergreep-knooppunt is verbonden met knooppunten gerelateerd aan de fonemen die de lettergreep-posities in kunnen nemen. Het netwerk werkt door gespreide activatie. Indien een spreker de lettergreep *cop* wil zeggen, wordt allereerst het lexicaal item dat met deze lettergreep correspondeert geactiveerd². Vervolgens worden de geschikte fonemen geactiveerd. De geactiveerde fonemen zenden informatie terug naar de knooppunten op lettergreep-niveau. Indien de lettergreep en de fonemen voldoende geactiveerd worden, wordt het fonologisch plan beschikbaar voor de volgende stap, namelijk de spraakmotorische specificatie en het uitvoeren hiervan. Echter, indien twee lettergrepen (bijvoorbeeld *cop top*) uitgesproken moeten worden, zal de /o/ en /p/ activatie van *cop* ook terugkoppelen naar *top*. Als deze laatste lettergreep meer ac-

²*Cop* is tevens een bestaand woord in het engels, waarin de studies, die verderop in dit overzicht worden besproken, zijn uitgevoerd.

tivatie krijgt dan *cop*, wordt dit plan eerst geselecteerd en dan hangt het verder af van de overige activatie in het systeem of er een verspreking volgt waarin *cop* als tweede lettergreep wordt geactiveerd, dan wel *top* simpelweg wordt herhaald.

Een heel belangrijke factor die meespeelt in de studies die bovengenoemde modellen testen en bevestigen, is dat de versprekingen vrijwel uitsluitend worden verkregen via fonetische transcriptie, oftewel zij zijn gebaseerd op wat de luisteraar hoort. Deze manier van analyseren heeft niet alleen directe gevolgen voor aannames die gemaakt worden betreffende versprekingen en voor het herkennen van regelmatigheden in patronen van versprekingen, maar het heeft ook consequenties voor wat er over spraaksegmenten in het algemeen wordt aangenomen (bijv. Boucher, 1994). De volgende paragraaf gaat wat dieper in op het probleem betreffende traditioneel onderzoek naar versprekingen.

Problemen met subjectieve beoordelingen van versprekingen

Veel studies tonen aan dat wat waargenomen wordt door de luisteraar vaak niet representeert wat er daadwerkelijk gebeurt in het spraakkanaal (bijv. Kent, 1996). Bovendien zijn luisteraars erg goed in het aanvullen van ontbrekende informatie en in het corrigeren van niet correcte informatie (Cohen, 1980; Samuel, 1981; Warren, 1970). In sommige studies waar articulatorische versprekingen wel werden opgemerkt zijn deze vervolgens uit de analyse gelaten omdat ze werden geïnterpreteerd als zijnde willekeurige fouten op fonetisch of motorisch niveau (Levelt, e.a., 1999). Dit type versprekingen pastte niet in de aannames van foneem-gebaseerde modellen en werden derhalve simpelweg genegeerd (zie echter Butterworth & Whittaker, 1980; Laver, 1980). Butterworth and Whittaker (1980), echter, vonden veel versprekingen die niet resulteerden in bestaande fonotactisch correcte klanken. Een voorbeeld van een verspreking die zij vonden is *gbat gat* in plaats van *bat gat*. In deze verspreking wordt een /b/ toegevoegd na /g/. McMillan, Corley en Lickley (2009) concluderen op grond van deze “listener bias” en het weglaten van fonetische of motorische fouten bij analyses, dat de verzameling versprekingen zoals vertegenwoordigd in het overgrote deel van de literatuur overgerepresenteerd is door fonetisch correcte klanken.

Versprekingen: nu

Met de komst van studies die spraak bestudeerden met röntgenfilms (Boucher, 1994), akoestische analyse methodes (Frisch & Wright, 2002; Goldrick & Blumstein, 2006; Goldrick, e.a., 2011; McMillan & Corley, 2010), electropalatografie (McMillan & Corley, 2010; McMillan, e.a., 2009; Wood, e.a., 2011), ultrasound (McMillan & Corley, 2010; Pouplier, 2008; Stearns, 2006;), electromyografie (Frisch & Wright, 2002), en electromagnetische articulografie (Pouplier, 2007; Goldstein, e.a., 2007; Slis, 2014; Slis & Van lieshout, a. en b. ingezonden) is duidelijk geworden dat versprekingen zich anders “gedroegen” dan in het algemeen werd aangenomen. De bevindingen van deze studies lieten zien dat een verspreking vaak niet leidde tot een correct uitgesproken spraaksegment: er was sprake van graduele activiteit in zowel

beoogde als niet relevante articulatoren tijdens de productie van specifieke segmenten.

Boucher (1994), bijvoorbeeld, merkte op dat een spreker die een /v/ moest produceren (in *trois voutes*), naast de labio-dentale beweging, die correspondeerde met de /v/ klank, een extra beweging van de tongrug naar de huig maakte. Dit resulteerde in het waarnemen van *trois routes*. Zulke extra (fonologisch niet relevante) articulatoirische bewegingen werden ook geobserveerd in een studie van Mowrey & MacKay (1990). Zij maten de activatie van spieren in lip (orbicularis oris) en tong (transversus/ verticalis complex) met behulp van electromyografie (EMG) terwijl de proefpersoon een tongbreker produceerde. Mowrey en MacKay observeerden dat in een tongbreker zoals *Bob flew by bligh bay*, vaak een extra activiteit van de tongspieren (normaal alleen geactiveerd voor de productie van /l/) werd gemeten tijdens het woord *bay*. De onderzoekers merkten op dat zij de versprekingen vaak als luisteraar niet konden waarnemen terwijl zij er zeker van waren dat ze dergelijke versprekingen hadden gemaakt (de auteurs waren de twee proefpersonen omdat het vrijwel ondoenlijk is om vrijwilligers te vinden die een naaldelectrode in de tongspieren laten prikken). In een latere studie toonden Pouplier en Goldstein (2005) aan dat luisteraars deze graduele fouten inderdaad niet altijd kunnen waarnemen.

Een aantal akoestische studies hebben eveneens gevonden dat versprekingen vaak resulteerden in realisaties van spraaksegmenten die niet gecategoriseerd konden worden volgens de bestaande segmenten van de taal. Frisch and Wright (2002) onderzochten hoe stemhebbendheid van beginconsonanten werd beïnvloed wanneer sprekers tongbrekers produceerden zoals *sung zone Zeus seem*. Dit soort twisters resulteerden vaak in beginconsonanten met een stemhebbendheid die een gemiddelde waarde had tussen stemloos en stemhebbend; sommige realisaties van /z/ waren geheel stemloos en sommige realisaties van /s/ waren stemhebbend. Vergelijkbaar met de EMG data van Mowrey & MacKay (1990), toonden zij aan dat de fouten in stemhebbendheid vaak gradueel van aard waren. Goldrick and Blumstein (2006) hebben stemhebbendheid van fricatieven verder uitgediept met een alternatieve analysemethode (zij gebruikten een controle conditie in tegenstelling tot Frisch en Wright) en kwamen tot de identieke conclusie dat de versprekingen vaak gradueel waren. Een interessant detail, dat opgemerkt werd door Frisch en Wright, was dat in de tongbreker *sung zone Zeus seem*, de beginklank van het woord *seem* nooit stemhebbend werd uitgesproken. De auteurs suggereerden dat de stemloze /s/ in de coda van het woord *Zeus* de stemloosheid van de beginconsonant in *seem* als het ware “beschermd”. Deze interpretatie wijst erop dat fonetische context versprekingen kan beïnvloeden. De rol die fonetische context speelt in de patronen van versprekingen is verder onderzocht in recent werk van Slis en Van Lieshout (Slis, 2014; Slis en Van Lieshout, a. ingezonden) en zal nader worden besproken in de volgende paragraaf.

Een serie recente studies van Pouplier en collega's (Goldstein, e.a., 2007; Pouplier, 2008; Pouplier & Goldstein, 2010) en Slis en Van Lieshout (Slis, 2014; Slis en Van Lieshout, a. en b. ingezonden) hebben het onderzoek naar graduele versprekingen verder uitgediept met stimuli waarvan de beginconsonanten verschilden met betrekking tot plaats van constrictie.

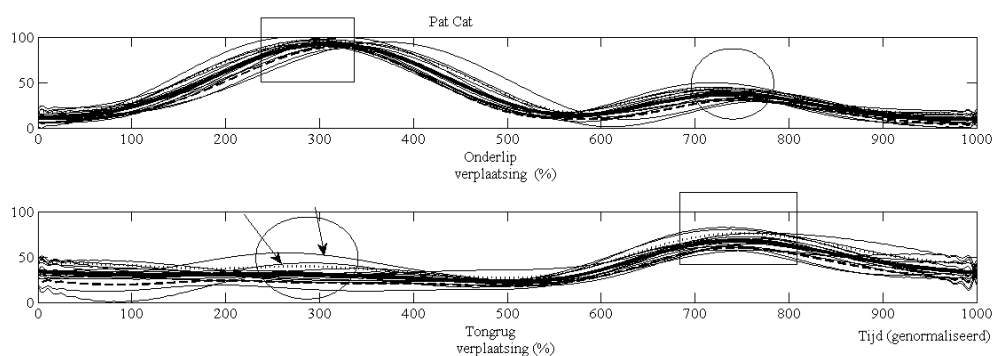
tie. De bewegingen van de tongpunt, de tongrug en de onderlip werden geregistreerd met electromagnetische midsaggitale articulografie (EMMA). Articulografie maakt gebruik van electromagnetische velden die een wisselstroompje genereren in kleine spoeltjes die op het oppervlak van geselecteerde articulatoren worden geplakt. Omdat de wisselstroom afhankelijk is van de afstand van een sensor tot de transmitter, kan op deze manier de afstand van een spoel tot iedere transmitter geregistreerd worden en coördinaten berekend worden in een 2 (EMMA) of 3 (EMA; zie figuur 1) dimensioneel vlak (Van Lieshout, Merrick & Goldstein, 2008; Van Lieshout & Moussa, 2000).



Figuur 1: De proefpersoon zit in een kubus, waarin 6 transmitters bevestigd zijn. In deze foto zijn er twee rood gekleurde transmitters aan de achterkant te zien en 3 aan de voorkant (“left”, “right” en “front”); de zesde is verborgen achter de proefpersoon. De spreker heeft spoeltjes op het voorhoofd, achter de oren, boven de mondhoeken en op de neusbrug. Deze dienen als referentie. De spoeltjes voor de articulatoren zijn op de onderlip, bovenlip en de tong bevestigd.

De experimentele stimuli uit de serie kinematische studies van Pouplier en collega’s en Slis en Van Lieshout bestonden uit woordparen waarvan de beginconsonanten verschilden en de nucleus en coda identiek waren, zoals in *cop top*. Dit soort woordparen resulteren vaak in versprekingen, en is eerder al aangeduid met het “repeated phoneme effect”. Sprekers moesten de woordparen gemiddeld 15 keer herhalen. Al de bovengenoemde studies

vonden dat sprekers vaak een extra incorrecte beweging van een niet-taakgerichte articulator toevoegden gelijktijdig met een beweging van een taakgerichte articulator³. Deze extra niet-taakgerichte bewegingen werden “intrusies” genoemd. Een situatie waarbij de taakgerichte articulator geen volledige doelpositie bereikte, werd een reductie genoemd (zie figuur 2).



Figuur 2: Bewegingen van de onderlip en de tongrug tijdens het woordpaar *pat cat*. Alle herhalingen in een trial (15 repetities) zijn weergegeven. De twee vierkanten geven de taakgerichte activiteiten aan en de twee cirkels geven de bewegingen aan indien de articulator niet geactiveerd behoort te zijn. De twee pijltjes wijzen naar twee intrusies. Reducties kwamen in deze specifieke trial niet voor. Op de verticale as is de genormaliseerde verplaatsing van articulator beweging aangegeven in percentages en op de horizontale as is “tijd” genormaliseerd weergegeven. In de oorspronkelijke analyse wordt “tijd” niet genormaliseerd.

Er bestaat de mogelijkheid dat deze niet-doelgerichte handelingen onderdeel zijn van normale fluctuaties in spraak gerelateerde bewegingen. Dit is vooral een probleem indien onderscheid gemaakt moet worden tussen “normale” variatie en incorrecte bewegingen, zoals in versprekingen-onderzoek. Zowel de studies van Goldstein, e.a. (2007) als Slis (2014) en Slis en Van Lieshout (a. en b. ingezonden) gebruikten een statistisch vastgestelde drempelwaarde om intrusies en reducties te bepalen. Een beweging van de niet taakgerichte articulator die te veel afweek en boven deze statistische drempel uitkwam werd gezien als een afwijkende waarde en als een incorrecte beweging gecategoriseerd (dus een intrusie of reductie). In figuur 2 kunnen we zien dat de bewegingen voor articulatoren die niet direct betrokken zijn bij het uitspreken van een bepaalde klank fluctueren rond een zeker interval van waarden en sommige bewegingen liggen daarbuiten. Deze bewegingen kunnen dermate groot zijn dat ze het spraakkanaal volledig afsluiten (100%), maar dat is niet noodzakelijk om toch als een uitzondering bevestigd te worden (op grond van de vastgestelde drempelwaarde). Een verspreking zoals gevonden door Butterworth and Whittaker (1980)

³De beginconsonant in *cop* wordt gevormd door een constrictie van de tongrug; in deze paper wordt deze articulator met “taakgerichte articulator” aangeduid. Een articulator die niet geactiveerd mag worden tijdens de /k/ is de tong punt en deze wordt aangeduid met “niet taakgerichte articulator”.

zou dus heel goed een intrusie van 100% geweest kunnen zijn: *gbat gat*.

De snelheid waarmee de spreker sprak beïnvloedde het aantal intrusies en reducties; hoe hoger het tempo, hoe meer intrusies en reducties er werden gevonden. Een ander interessant aspect van deze studies was dat het aantal intrusies en reducties toenam bij het naderen van het einde van een reeks herhalingen. Vooral het hoge spreektempo lokte deze toename uit. Slis (2014) en Slis en Van Lieshout (a. ingezonden) vonden tevens een effect van klinkercontext en beginconsonant op de hoeveelheid intrusies: meer intrusies van de tongrug dan van de lip of tongpunt werden gevonden in een context met voorklinkers en meer intrusies van de tongrug, tongpunt en onderlip werden gevonden in een lage klinker context. De vraag is nu hoe deze intrusies en reducties en de gevonden patronen hierin verklaard kunnen worden.

“Articulatory Phonology” en “Task Dynamics”

Duidelijk is dat de bevindingen die beschreven zijn in de vorige paragraaf niet verklaard kunnen worden binnen de traditionele taal- en spraak-productie modellen waarin een foneem of distinctief kenmerk de basis-eenheid van planning is. Deze abstracte fonologische eenheid representeert altijd een bestaande spraakklank in de taal. Hoe deze klank wordt uitgevoerd hangt welliswaar af van de fonetische context, hetgeen resulteert in een allofonische variatie, maar representeert nog steeds een discreet foneem. Een klankvorm tussen twee fonemen in is niet mogelijk, omdat in dit geval twee fonemen gelijktijdig geselecteerd en uitgevoerd hadden moeten worden.

Een vrij recent model, ontwikkeld in de Jaren 80 van de vorige eeuw en uitgebreid en verfijnd over de laatste 30 jaar, kan de versprekingen die beschreven zijn in de vorige paragraaf grotendeels wel verklaren. Dit model is bekend onder de naam “Task Dynamics” (TD), dat een belangrijk onderdeel vormt van de theorie “Articulatory Phonology” (AP; Browman & Goldstein, 1989; Browman & Goldstein, 1992; Saltzman & Munhall, 1989). In AP en TD wordt de eigenlijke spraakactie, “gesture”, vormgegeven. Deze “gesture” is de basis-eenheid van spraakplanning en representeert een beweging in tijd en ruimte op zowel het abstract fonologische als concreet articulatorische niveau (Goldstein, e.a., 2006). Op deze manier is de tegenstrijdigheid tussen fonologische welgevormdheid en het uiteindelijke fysieke resultaat opgelost (Studdert-Kennedy & Goldstein, 2003).

Een gesture is een actie van een verzameling articulatoren die het spraakkanaal zo vormt dat een bepaalde constrictie gerealiseerd wordt. Het model onderscheidt twee niveau's: het “intergestural” coordinatie en “inter-articulator” coordinatie niveau. Het “intergestural” coordinatie niveau (weergegeven in een “gestural score”) beschrijft zowel de fase waarin individuele gestures gekoppeld zijn als de stijfheids-, duur-, doelpositie- en dempings- coëfficiënten van de gestures; het “inter-articulator” coordinatie niveau beschrijft de verzameling articulatoren die samenwerken om dat gespecificeerde doel te verwezenlijken (articulato-

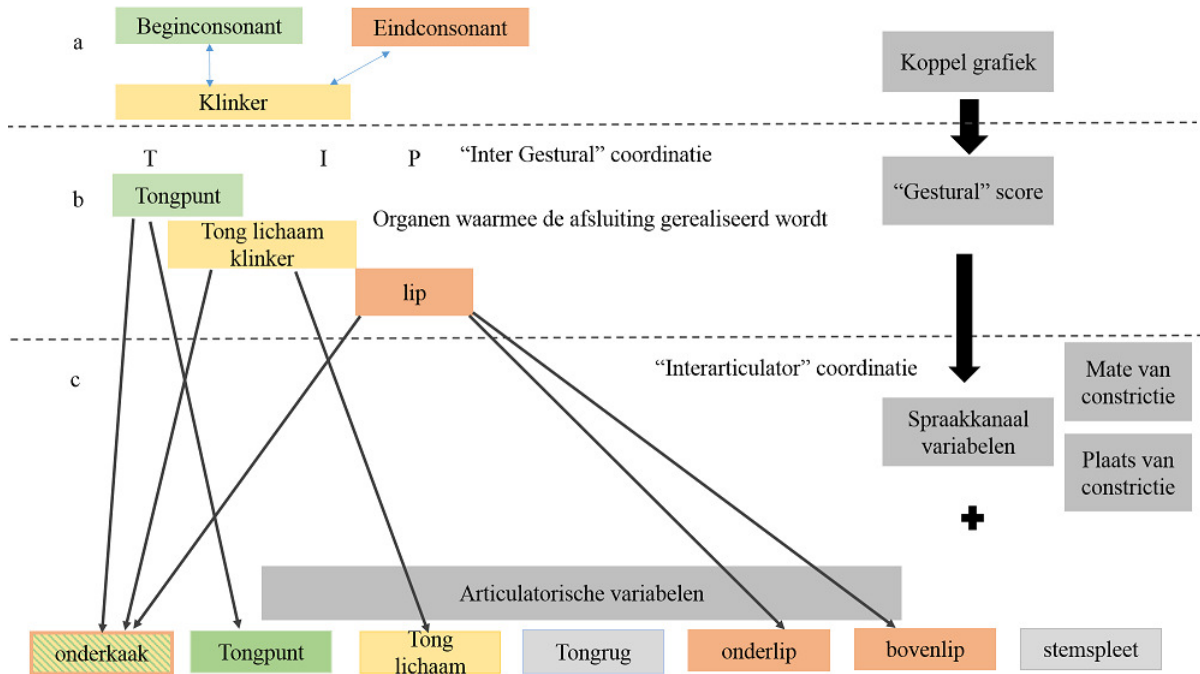
rische variabelen) en de mate en relatieve positie van een constrictie (spraakkanaal variabelen). Om een /t/ te realiseren, bijvoorbeeld, moet de tongpunt de boventandkassen (de locatie) bereiken en met een bepaalde sterkte het spraakkanaal afsluiten. De onderkaak en het voorste en middendeel van de tong moeten in dit geval samenwerken om dit doel te verwezenlijken. Dit proces is weergegeven in figuur 3. In figuur 3b is een voorbeeld te zien van een gestural score als het woord *tip* gepland wordt. De /t/ wordt met het tongpunt orgaan gerealiseerd; de /I/ met het orgaan tongrug en de /p/ met de lippen. Het volgende niveau (figuur 3c) geeft schematisch weer welke articulatoren verantwoordelijk zijn voor het uitvoeren van de gestures die in de gestural score zijn aangegeven. Voor de tongpunt afsluiting zijn de kaak en tongpunt verantwoordelijk. Voor de tongrug afsluiting worden de onderkaak en tongrug geactiveerd en voor de lip sluiting zijn de onderkaak en onder- en bovenlip verantwoordelijk. De mate van afsluiting door een gesture en de plaats zijn niet weergegeven in het figuur maar worden op dit niveau wel berekend.

De mate van activiteit van de individuele articulatoren hangt af van de fonetische context (Fowler & Saltzman, 1993). De onderkaakpositie tijdens een beginconsonant zal hoger zijn als de consonant gevolgd wordt door een gesloten klinker zoals /I/ dan gevolgd door een open klinker zoals /a/. Deze individuele posities van articulatoren worden “real time” berekend door de spreker. Dit blijkt uit studies die aantonen dat wanneer een beweging van een articulator wordt verstoord, andere articulatoren (die onderdeel uitmaken van dezelfde gesture) onmiddellijk compenseren om toch het eerder geplande doel te verwezenlijken (Kelso, e.a., 1984).

Voordat de “gestural score” wordt ingevuld, wordt de relatieve temporele relatie tussen consonanten en klinkers bepaald. Uit studies blijkt dat de bewegingen om beginconsonanten en de opeenvolgende klinker te realiseren voor een groot deel overlappen en dat bewegingen voor een klinker en de volgende coda consonant elkaar opvolgen (zie Goldstein e.a., 2006). In TD wordt dit gemodeleerd via een aantal regels. Beginconsonanten en klinkers zijn altijd gekoppeld in fase; een klinker en de opeenvolgende codaconsonant zijn altijd uit fase. Dit betekent dat de gestures voor een beginmedeklinker en de volgende klinker gelijktijdig beginnen. Deze timing informatie is opgeslagen in het lexicon (Saltzman & Byrd, 2000). In het model wordt dit aangegeven met een “koppelgrafiek” (zie figuur 3a). De verticale pijl geeft een koppeling aan die in fase is, de scheve pijl geeft een uit-fase koppeling aan.

Coördinatie en versprekingen

Omdat een gesture gedefinieerd is als een beweging in tijd en ruimte, kunnen gestures elkaar overlappen. Vanuit dit perspectief kan een intrusie verklaard worden door twee gelijktijdig geactiveerde en geproduceerde gestures: één gesture correspondeert met het beoogde taakdoel, de andere gesture komt van een niet-taakgerichte oorsprong. Deze laatste vormt echter in het andere woord de taakgerichte gesture voor de beginmedeklinker (zie verderop). Een reductie is een taakgerichte gesture die niet volledig wordt uitgevoerd.



Figuur 3: Het proces van planning voor het woord *tip*. Een tongpunt, tonglichaam en lip gesture worden gepland. Bovenaan in dit figuur is de koppeling weergegeven in de koppelingsgrafiek (a) tussen de beginconsonant en klinker (in fase), en de klinker en de eindconsonant (uit fase). In b) is een “gestural score” van het woord *tip* weergegeven. De tongpunt is een afsluitingsgesture voor de tongpunt, het tonglichaam is de afsluitingsgesture voor de klinker, en “lip” geeft de afsluitingsgesture voor de lippen weer. c) geeft de interarticulator coördinatie fase weer waarin de locatie en mate van constrictie bepaald worden en de individuele articulators. Voor het woord *tip* zijn dit de onderkaak en de tongpunt, de onderkaak en het tonglichaam en de onderkaak en de onder- en bovenlip.

Nog niet duidelijk is hoe het opbouwen van de intrusies en reducties verklaard kan worden binnen dit model. In TD wordt het gedrag van een gesture gemodelleerd als een (virtuele) oscillator. Een oscillator gedraagt zich volgens een patroon dat in veel bewegende objecten terug te vinden is, zoals in slingers van klokken, stromingen in vloeistoffen, maar ook in de coördinatie van bewegingen tussen twee benen, armen of vingers, en musici die synchroniseren met andere musici of met een metronoom (Kelso, 1995; Peper & Beek, 1999; Repp, 2005). Christiaan Huygens observeerde in de 17de eeuw dat een verzameling slingerklokken, die eerst met verschillende frequenties tikten en uit fase waren (de slingers bewogen in verschillende richtingen) na verloop van tijd synchron liepen (gelijke frequentie en in fase). Dit verschijnsel wordt aangeduid met “entrainment”, “synchronisatie”, of “fase koppeling”. Studies die bewegingen van handen (of andere ledematen) onderzochten vonden vergelijkbare koppelingsmechanismen (Peper & Beek, 1998a en b; Peper & Beek, 1999; Peper, Beek en Van Wieringen, 1995). Peper, e.a. (1995) vonden bijvoorbeeld dat drummers, die

uit fase tikten, na verloop van tijd verschoven naar een in-fase patroon. Meer ingewikkelde frequentie-verhoudingen bleken vaak moeilijker te handhaven en verschoven vaak onder tijdsdruk (snellere bewegingen) naar eenvoudigere frequentie-verhoudingen. Dit betekent dat een 5:4 verhouding instabieler is dan een 2:3 of 1:2 verhouding en eerder zal verschuiven naar een lagere verhouding. De hogere frequentie is altijd de frequentie die domineert in dit opzicht en de verhouding bepaalt (Peper, e.a., 1995): een 2:3 verhouding verschuift in dit geval naar 3:3.

Goldstein en collega's (2007) verklaarden de gevonden intrusies en reducties met het bovenstaande principe van synchronisatie. Een realisatie van een woordpaar zoals *cop top* wordt gekenmerkt door twee bewegingen van de lippen, en een afwisselende beweging van de tongpunt en de tongrug. Dit resulteert in een 1:2 frequentie-verhouding. De articulators neigen naar een 2:2 frequentie, zodat de frequenties van de articulators identiek zijn; een extra beweging van de tongpunt gedurende een /k/ resulteert in 2 tongpunt-bewegingen en 2 lip-bewegingen. Hetzelfde geldt voor een extra tongrug-beweging gedurende een /t/. Synchronisatie wordt vooral gezien bij hogere bewegingsfrequenties wanneer de koppelingsterkte afneemt (Goldstein, e.a., 2006; Kelso, 1995; Peper & Beek, 1998b). Dit verklaart dat de studies van Goldstein, e.a. (2007) en Slis (2014) een effect van spreektempo vonden op de hoeveelheid intrusies en reducties. Bij een hoger spreektempo slaat de intrinsiek meer "instabiele" 1:2 koppeling eerder om naar een stabielere koppelingsverhouding, dus 2:2. In het begin van een reeks kan de spreker het geleerde patroon van 1:2 (*cop top*) nog volhouden. Na een aantal repetities krijgt de neiging naar een stabielere verhouding (2:2) meer de overhand en voegt de spreker bewegingen toe in de vorm van intrusies.

Hoe een reductie verklaard wordt is minder duidelijk. Goldstein, e.a. (2007) suggereerden dat een linguïstisch correcte vorm "wint" doordat een (volledige) reductie samen met een (volledige) intrusie immers resulteert in de productie van de andere consonant (een intrusie van tongpunt en gelijktijdige reductie van tongrug bewegingen kan resulteren in een fonologisch correcte tongpunt constrictie, bijvoorbeeld). Alhoewel dit in feite alleen een meer extreme variant is van hetzelfde verschijnsel dat optreedt bij minder volledige intrusies en reducties, is er vanuit een linguïstisch perspectief meer sprake van een heuse substitutie van twee bestaande klanken. Pouplier (2003) vond in haar studie voorbeelden van dergelijk substitutiegedrag. Overigens traden reducties niet onafhankelijk op van intrusies; als er een reductie werd gemeten werd in veel gevallen ook een intrusie gemeten (Goldstein e.a., 2007). Het is mogelijk dat dit een soort compensatie-gedrag weerspiegelt. Een intrusie levert een stabielere koppeling tussen de articulators op; echter, linguïstisch gezien levert een intrusie een niet-gepreeferde situatie op want een intrusie die gelijktijdig geproduceerd wordt met een taakgerichte constrictie is linguïstisch incorrect. Dit veroorzaakt mogelijk de neiging om de taakgerichte constrictie te reduceren (zie Goldstein e.a., 2007). Deze uitleg refereert naar een planningsgerelateerd mechanisme.

Externe invloeden en coordinatie

Synchronisatie treedt uiteindelijk altijd op, onafhankelijk van de intrinsieke eigenschappen van de individuele gekoppelde componenten (Kelso, 1995). In spraak bestaan deze componenten onder andere uit de articulatoren. Studies hebben echter aangetoond dat de eigenschappen van een component, zoals de traagheid of massa van een been, arm of spraakorgaan, wel degelijk koppelingsterkte en synchronisatie kunnen beïnvloeden (Jeka & Keslo, 1995; Van Lieshout & Neufeld, 2014). De invloed van eigenschappen van individuele articulatoren op koppelingsterkte is ook aangetoond in een aantal versprekingenstudies (Slis, 2014; Slis & Van Lieshout, a. ingezonden). Pouplier (2008) vond een asymmetrie tussen het aantal intrusies van /s/ en /ʃ/; meer intrusies werden gemeten door het tongblad, resulterende in /ʃ/-achtige producties. Een verklaring zou kunnen zijn dat het tongblad en de tongpunt anatomisch gelinkt zijn en het tongblad passief meegetrokken wordt.

De veronderstelling dat verschillende combinaties van articulatorische bewegingen kunnen resulteren in asymmetrieën in het type en aantal versprekingen is verder onderzocht door Slis (2014) en Slis en Van Lieshout (a. ingezonden). De taak die de proefpersonen moesten uitvoeren was dezelfde als gebruikt in de studie van Goldstein, e.a. (2007). De stimulusset was uitgebreid zodat niet alleen stimuli met de beginconsonanten /t/ en /k/ geproduceerd moesten worden, maar ook woorden die begonnen met /p/, dus *pock tock* en *pot cot*. Tevens bestond de stimulusset uit woordparen met 4 verschillende klinkers: /æ/, /ɑ/, /u/, en /I/. De resultaten lieten zien dat de tongrug meer intrusies vertoonde gedurende de /p/ constrictie in een /I/ context en meer gedurende een /t/ constrictie in een /æ/ context. Ook was een intrusie voor alle articulatoren meer frequent in de context van de lage klinkers /ɑ/ en /æ/ ten opzichte van de hoge klinker /u/.

Deze resultaten werden door de onderzoekers uitgelegd aan de had van de rol die de onderkaak speelt in het vormen van hoge en lage klinkers. Lage klinkers worden gerealiseerd met een lage kaak; hoge klinkers met een hoge positie van de kaak (zie bijv. Keating, e.a., 1994). Gesuggereerd werd dat de kaak individueel synchroniseerde met de coda onafhankelijk van de tong en lip articulatoren, resulterende in een hogere kaakpositie. De lage klinkers centraliseerden hierdoor mogelijk, waardoor de tongpunt, tongrug en onderlip ook in een hogere positie kwamen. Dit veroorzaakte meer intrusies van al deze articulatoren in de context van lage klinkers. Dit zijn in feite passieve intrusies van de tongpunt, tongrug en onderlip ten gevolge van de kaaksynchronisatie met de coda-consonant.

Het feit dat de tongrug meer intrusies vertoonde in een context met voorklinkers werd verklaard doordat de kaak mogelijk een hogere positie had gedurende de clusters /pt/ of /tp/ (in de woordparen *cap tap*, *kip tip*, *cat pat* en *kit pit*), en de tongrug, die naar voren bewoog gedurende voorklinkers, geen ruimte had om te corrigeren (Slis, 2014; Slis & Van Lieshout, a. ingezonden). Met andere woorden, elke opwaartse beweging van de tongrug ter voorbereiding van de volgende voorste klinker zou als een intrusie op de medeklinkerproductie werken. Deze rol van de kaak in het ontstaan van met name intrusies moet verder

onderzocht worden.

Verschillende factoren kunnen van invloed zijn op de mate van synchronisatie en dus op de hoeveelheid intrusies (en reducties), zoals aandacht, auditieve en kinestetische terugkoppeling, en spraakmotorische vaardigheid. In coordinatie studies, zoals die in dit overzicht beschreven worden, treedt veel individuele variatie op en het is niet duidelijk waarom sprekers verschillen. Men zou kunnen stellen dat het moment waarop en hoe vaak intrusies en reducties toegevoegd worden waarschijnlijk te maken heeft met de spraakmotorische vaardigheden van een spreker (Van Lieshout, Hulstijn & Peters, 2004). Een aantal studies kaartten spraakmotorische vaardigheid aan als mogelijke bron van stabilisatie van koppelingen tussen gestures (Namasivayam & Van Lieshout, 2011; Van Lieshout, e.a., 2004). Meer vaardigheid in dit opzicht zal een spreker toestaan langer en vaker de meer instabiele verhouding aan te houden.

“Aandacht” is een andere stabiliserende factor. Studies toonden aan dat wanneer sprekers geïnstrueerd werden om zo min mogelijk fouten te maken, minder versprekingen werden gemaakt (Postma & Kolk, 1990; Postma, Kolk & Povel, 1990). Teveel aandacht voor spraak kan echter ook mogelijke negatieve effecten hebben, zoals studies op het gebied van stotteren suggereren (Namasivayam & Van Lieshout, 2011).

Tenslotte tonen een aantal studies aan dat visuele en auditieve informatie de coordinatie tussen bewegingen kan beïnvloeden. Narasivayam e.a. (2009) vonden in een groep van stotteraars een stabiliserende invloed van auditieve en bewegings-gerelateerde terugkoppeling (proprioceptief en tactiel) op de coordinatie tussen articulatoren. Meer in het algemeen laten studies met stotterende individuen zien dat de veronderstelde intrinsiek geringere spraakmotorische vaardigheden in deze populatie tot op zekere hoogte en onder specifieke omstandigheden gecompenseerd kunnen worden via het gebruik van met name bewegings-gerelateerde terugkoppeling (Namasivayam & van Lieshout, 2008; Namasivayam & Van Lieshout, 2011; Van Lieshout, e.a., 2004).

Slis (2014) en Slis en Van Lieshout (b. ingezonden) toonden aan dat sprekers (zonder spraakstoornissen) meer intrusies maakten indien zij zichzelf konden horen dan wanneer hun spraak gemaskeerd werd. Deze resultaten kunnen verklaard worden doordat proprioceptieve en tactiele informatie meer domineert wanneer auditieve informatie wegvalt. De spreker laat waarschijnlijk een mate van akoestische vervorming toe in normale spraak, zolang het eigenlijke spraaksegment nog waargenomen kan worden; zodra auditieve informatie wegvalt schakelt de spreker automatisch over op andere meer bewegings-georiënteerde terugkoppeling, waarmee informatie over intrusies (en reducties) wellicht meer toegankelijk wordt. Dit soort flexibiliteit is inherent voor spraakmotoriek en valt prima te verklaren binnen het raamwerk van AP, omdat informatie over de geproduceerde gesture direct is af te leiden uit zowel auditieve, visuele, proprioceptieve en tactiele terugkoppeling (Fowler, 2007; Galantucci, Fowler & Turvey, 2006).

Spraakstoornissen

De boven beschreven uiteenzetting over hoe versprekingen zich gedragen en zouden kunnen ontstaan heeft niet alleen gevolgen voor het begrijpen van normale spraakplannings en -productie processen, maar ook voor het begrijpen van spraak- en taal (fonologische) afwijkingen. Een overzicht vanuit AP en TD in relatie tot spraak- en taalstoornissen wordt gegeven in recente publicaties van Van Lieshout en Goldstein (2008) en Pouplier en Hardcastle (2005). De vraag is of de versprekingen die vaak geobserveerd worden in de pathologische spraak vergeleken kunnen worden met het type versprekingen die zijn gevonden in normale spraak en of deze, indien dat het geval is, veroorzaakt worden door dezelfde onderliggende mechanismen.

Afasie en apraxie

Pouplier en Hardcastle (2005) geven een overzicht van de mogelijke implicaties die de recente studies op het gebied van motorisch-getinte versprekingen hebben over wat er aangenomen werd over onderliggende mechanismen bij sprekers met een taal- of spraakafwijking zoals afasie. Verschillende vormen van afasie worden mede gediagnostiseerd met behulp van de soort versprekingen die dergelijke sprekers produceren. Sprekers met vloeiende afasia (van het type Wernicke's afasie) produceren versprekingen waarbij op het eerste gehoor fonemen worden verwisseld, hetgeen leidt tot de veronderstelling dat de pathologie fonologisch van aard is. Sprekers met niet-vloeiende afasie (van het type Broca's afasie) vaak gecombineerd met apraxie, maken vooral versprekingen op articulatorisch niveau (Buchwald & Miozzo, 2012; Pouplier & Hardcastle, 2005). In het overzicht van Pouplier en Hardcastle (2005) wordt duidelijk dat zowel sprekers met apraxie, dysartrie en/of afasie graduele intrusies vertonen, vergelijkbaar met wat werd aangetoond voor gezonde sprekers. Een electropalatografie (EPG) studie van Wood en Hardcastle (1999) met 10 patiënten, waarvan 5 patiënten Broca's afasie hadden, 2 conductie afasie en 3 anomische afasie (woordvindings problemen), liet zien dat veel versprekingen die als correcte spraaksegmenten werden waargenomen een patroon van dubbele articulaties lieten zien, waarbij twee constricties werden gevormd voor de beoogde spraaksegmenten. Een dergelijk patroon werd ook gevonden door Wood, e.a. (2011) in een casus studie met een spreker gediagnostiseerd met conductie afasie. In deze studie werden voor de productie van de woorden *tick* en *key* veel voorbeelden gevonden waarbij constricties voor een /t/ en /k/ gelijktijdig werden uitgevoerd. Het kwam voor dat een niet-beoogde articulatie-beweging (bijvoorbeeld van een tongrug tijdens de /t/ in *tick*) eerst werd geactiveerd, gevolgd door een beweging van de beoogde articulator. Maar ook de omgekeerde situatie deed zich voor.

Interessant was dat in de data van Wood en Hardcastle (1999) de tongpunt vaker de toegevoegde articulator (intrusie) was dan de tongrug. Pouplier en Hardcastle (2005) concludeerden, gebaseerd op een overzicht van een aantal studies op dit gebied, dat inderdaad vooral de tongpunt incorrecte bewegingen maakte. Een niet-gepubliceerde bron die zij citeren (Dalles, 2005), toonde echter aan dat tongrug gestures meer werden toegevoegd. Slis

(2014) en Slis en Van Lieshout (a. ingezonden) vonden in hun studie naar versprekingen met gezonde sprekers ook dat de tongrug vaker dan de tongpunt en onderlip als toegevoegde gesture optrad. Een tekortkoming van de studie van Wood en Hardcastle (1999) was dat EPG niet de mate van een intrusie liet zien; graduele versprekingen worden niet geregistreerd (zie ook McMillan en Corley, 2010).

De vraag is wat (afgezien van mogelijke technische beperkingen zoals hierboven aangegeven) de onderliggende redenen kunnen zijn voor deze verschillen in intrusie voorkeuren (tongpunt dan wel tongrug). Een mogelijkheid is dat de taak die de spreker moest uitvoeren van invloed is. Wood en Hardcastle (1999) lieten sprekers woordlijsten voorlezen. Deze taak is heel anders van aard dan de repetitietaken die werden gebruikt door Goldstein, e.a. (2007) en Slis (2014), waarin de lettergrepen moesten worden herhaald voor een aangegeven tijdsperiode. Het moet in dit opzicht wel opgemerkt worden dat Pouplier (2007) in de spraak van gezonde sprekers ook intrusies vond wanneer een priming taak werd gebruikt, alleen minder frequent. In een priming taak wordt een lijst met woordparen waarvan de beginconsonanten verschillen, zoals *case tick*, *can tin*, visueel aangeboden en vervolgens wordt een woord visueel aangeboden waarbij de beginconsonanten verwisseld zijn, zoals *tap kip* (Pouplier, 2007). Dit laatste woordpaar moet vervolgens uitgesproken worden. Dit resulteert vaak in een verspreking waarbij de beginconsonanten verward worden. Dit is een indicatie dat intrusies ook gemaakt worden in taken waarbij versprekingen niet uitgelokt worden door een repetitieve taak, waarbij vooral spraakmotorische processen een rol spelen, maar ook bij taken waarin cognitieve planningsprocessen meer benadrukt worden. Echter, aangezien de woordlijsten van Wood en Hardcastle (1999) niet werden geprimed kan niet met zekerheid worden gezegd of dergelijke cognitive processen kritisch zijn. Het enige echte consistente verschil tussen gezonde sprekers en sprekers met afasie dat Pouplier en Hardcastle noemen, daarbij Talo (1980) aanhalend, is dat in spraak van gezonde sprekers de verspreking meestal een duidelijke bron heeft omdat het versproken segment voorspeld kan worden uit wat er gezegd is of gaat worden (zoals in een repetitie taak of priming taak), terwijl in afatische spraak de bron van de verspreking vaak onduidelijk is, afgaande op de woordlijsten die gelezen worden (zie ook Berg, 2008; p. 281).

Het feit dat er een verschil is in de contextuele basis van versprekingen zou kunnen suggereren dat de versprekingen van patienten van een andere aard kunnen zijn dan de versprekingen van gezonde sprekers. Een recente studie van Bartle-Meyer, e.a. (2009) toonde aan dat sprekers met apraxie abnormaliteiten vertoonden in hun articulatorische bewegingen en dat zij problemen hadden met het coördineren van dergelijke bewegingen. Zij onderzochten met behulp van EMA de mate van koppeling tussen articulatoren in een repetitieve spreektaak. Sprekers met apraxie lieten vooral een koppeling zien tussen de bewegingen van de tongrug en tongpunt articulatoren en hadden derhalve moeite met het onafhankelijk bewegen van deze articulatoren. Een dergelijk fenomeen werd ook gevonden in een EMA studie met een jonge vrouw die niet aan apraxie leed, maar problemen had met het correct produceren van een /r/ klank (Van Lieshout, e.a., 2008). Zij liet zien dat de hoofdoorzaak van haar probleem gelegen was in het niet kunnen differentieren tussen verschillende

tong-articulatoren tijdens het produceren van alveolaire klanken (dus niet alleen /r/, hetgeen perceptueel het meest domineerde als foutieve klankproductie). Er waren verder geen aanwijzingen voor andere spraakstoornissen.

Van Lieshout, e.a. (2007) toonden aan dat de niet-vloeiende delen van spraak van een patient met apraxie werden gekenmerkt door kleinere amplituden en lagere snelheden van articulatie-bewegingen. De invloed van deze reductie in bewegingsamplitude werd geïnterpreteerd vanuit een Dynamical Systems Theory perspectief (Van Lieshout, 2004). Vanuit dit perspectief wordt voorspeld dat een kleinere amplitude een destabiliserende invloed heeft op de coordinatie van bewegingen. Kleinere bewegingen onder een bepaalde kritische drempelwaarde leiden tot een te grote reductie in proprioceptieve informatie, hetgeen de koppeling tussen de articulator en het controllerende neurale netwerk zwakker maakt (Namasivayam & Van Lieshout, 2011; Van Lieshout, e.a., 2004; Williamson, 1998). Grotere bewegingen daarentegen leiden tot een sterkere koppeling tussen de afferente en efferente informatie en kunnen op die manier de spraakbewegingen stabiliseren. Het gebruik van een dergelijke strategie werd gevonden bij de patient met apraxie die over het algemeen grotere bewegingen van de bovenlip in vloeiende spraak vertoonde (Van Lieshout, e.a., 2007). Vergelijkbare patronen van de stabiliserende invloed van grotere (bovenlip) articulatie-bewegingen zijn ook gevonden in sprekers die stotteren (Namasivayam & Van Lieshout, 2008; Namasivayam & Van Lieshout, 2011; Van Lieshout, e.a., 2004) en bij kinderen met een articulatiestoornis en apraxia (Terband, e.a., 2011).

De intrusie patronen, die gemeten worden in gezonde sprekers, suggereren dat deze vooral veroorzaakt worden door een neiging om een complexere (en derhalve minder stabiele) coordinatie tussen gestures of articulatoren te stabiliseren via een proces van synchronisatie. Onder bepaalde omstandigheden zijn gezonde sprekers in staat om meer complexe coordinatie-patronen te handhaven, maar onder druk van hogere spreeknelheden of andere invloeden kan de coordinatie minder stabiel worden en zal het synchronisatieproces intrusies bevorderen. Bijvoorbeeld, de mate waarin hogere spreeknelheden een afname in bewegingsamplitude veroorzaken, zou een direct destabiliserende invloed kunnen hebben. De mate waarin gezonde sprekers in staat zijn om complexere patronen te handhaven gezien bepaalde destabiliserende invloeden is, zoals boven al opgemerkt, waarschijnlijk vooral gerelateerd aan spraakmotorische vaardigheden. Intrusies in patienten met apraxie en/of afasie zouden derhalve een direct resultaat kunnen zijn van aangeboren of verworven beperkingen in spraakmotorische vaardigheden. Deze verminderen het onafhankelijk bewegen van articulatiebewegingen gedurende het produceren van complexere coordinatie-patronen en met name de tolerantie voor destabilisatie als gevolg van met name kleinere bewegingsamplitudes. Dit betekent dat deze sprekers veel meer moeite zullen hebben met een repetitieve taak waarin dergelijke complexe patronen worden uitgesproken en er een grotere kans is op intrusies.

Als er inderdaad overeenkomsten zijn tussen verschillende type spraakstoornissen (met of zonder bekende oorzaak) in de wijze waarop dit invloed heeft op het differentieren en

controleren van gestures, zou dit van groot belang kunnen zijn voor diagnostiek en behandeling. Differentiatie van gestures is een kritische onderdeel van spraakontwikkeling (Studdert-Kennedy & Goldstein, 2003) en spraakmotorische vaardigheid. Aangeboren beperkingen (zoals wellicht bij stotteraars; Namasivayam & Van Lieshout, 2011), dan wel verworven stoornissen (zoals bij afasie en apraxie) in functies die een dergelijke differentiatie ondersteunen kunnen wellicht leiden tot een groter aantal en meer variabiliteit in intrusie (en reductie) patronen.

Stotteren

Naast de weinige studies die articulatie meten bij versprekingen gemaakt door sprekers met afasie en apraxie zijn er geen studies bekend over articulatorisch gemeten versprekingen van mensen die stotteren. Wel zijn er een reeks studies verschenen die articulatie-bewegingen en hun coordinatie bestuderen in volwassenen die stotteren (bijv. Namasivayam & Van Lieshout, 2008; Namasivayam, e.a., 2009; Van Lieshout, e.a., 2004). Een van de veronderstellingen in dit soort onderzoek is dat sprekers die stotteren minder bedreven zijn in de spraakmotorische kant van het spreken; zij hebben met name moeite met het coördineren van de articulatoren (Namasivayam & Van Lieshout, 2011; Van Lieshout & Goldstein, 2008; Van Lieshout, e.a., 2004). Zij zullen dus in principe ook meer moeite hebben met het soort taken waarin versprekingen worden uitgelokt. Een aantal studies die besproken worden door Van Lieshout en Goldstein (2008) laten zien dat vooral de koppeling binnen een gesture (tussen individuele articulatoren) bij stotteraars meer variabel is (bijv., Chang, Ohde, & Conture, 2002; Ward, 1997). Een van de redenen kan zijn dat de onderkaak tezeer domineert in het vormen van een /t/ of /p/. Als de kaak de meeste actieve bewegingen maakt dan bewegen de lippen en tongpunt vooral passief mee en is het akoestische onderscheid tussen deze klanken geringer. Echter, het is belangrijk om ook te realiseren dat de relatieve bijdrage van individuele articulatoren voor een specifieke gesture behoorlijk kan variëren, zowel voor een specifieke spreker op verschillende momenten alsmede tussen sprekers (Alfonso & Van Lieshout, 1997). In deze laatste studie werd wel gevonden dat een aantal stotteraars duidelijk afweken van niet-stotterende sprekers qua organisatie (en bijkomende variatie) van spraakbewegingen.

Hoe verder?

Dit overzicht van een relatief ongebruikelijke benadering van versprekingen als zijnde een direct resultaat van autonome dynamische processen ter stabilisatie van motorische controle in spraakproductie laat zien dat het bestuderen van dergelijke fenomenen bij gezonde sprekers en sprekers met spraak- en taalproblemen nieuwe inzichten kan brengen. In dit artikel werd de nadruk gelegd op de belangrijke rol van differentiatie in het produceren van gestures en de mogelijke beperkingen dan wel stoornissen die hierin kunnen optreden. Er is in dit opzicht ook duidelijk sprake van een heus spraakmotorisch vaardigheidscontinuüm: sommige sprekers zijn goed in het toepassen van deze differentiatie en het hanteren

van complexe coördinatie-raties, terwijl andere sprekers, zoals wellicht stotteraars (Namasivayam & Van Lieshout, 2011), niet zo vaardig zijn in dit opzicht. Daadwerkelijke verstoringen in neurale netwerken brengen sprekers naar het meeste extreme (pathologische?) eind van dit continuum. Dit zijn uiteraard voor het overgrote deel vooral speculaties, maar daarmee ook belangrijke assumpties voor verder onderzoek. Tot nog toe zijn versprekingen van het hier besproken type (intrusies en reducties) vooral onderzocht in gezonde sprekers. Hoe dit zich verhoudt tot sprekers met verschillende spraakstoornissen (zoals perceptueel waargenomen) is onduidelijk. Anekdotisch is er enige aanwijzing dat intrusies mogelijk ook een rol kunnen spelen in stotteren (Van Lieshout, e.a., 2004) en apraxie (Van Lieshout, e.a., 2007), maar bevestiging hiervan is cruciaal voor de ontwikkeling van nieuwe diagnostiek en, mogelijk, therapie bij verschillende groepen patiënten met spraak- en taalstoornissen.

Referenties

- Alfonso, P. J., & Van Lieshout, P. H. M. M. (1997). Spatial and temporal variability in obstruent gestural specification by stutterers and controls: Comparisons across sessions. In W. Hulstijn, H. F. M. Peters, & P. H. H. M. Van Lieshout, P. H. H. M. (Eds.). *Speech production: Motor control, brain research and fluency disorders* (pp. 151-160). Amsterdam, the Netherlands: Elsevier Publishers.
- Bartle-Meyer, C. J., Goozée, J. V., Murdoch, B. E., & Green, J. R. (2009). Kinematic analysis of articulatory coupling in acquired apraxia of speech post-stroke. *Brain Injury*, 23(2), 133-145.
- Berg, T. (2008). *Structure in Language: A Dynamic Perspective*. New York: Routledge.
- Boucher, V. (1994). Alphabet-related biases in psycholinguistic enquiries: Considerations for direct theories of speech production and perception. *Journal of Phonetics*, 22(1), 1-18.
- Browman, C., & Goldstein, L. (1989). Articulatory gestures as phonological units. *Phonology*, 6, 201-251.
- Browman, C., & Goldstein, L. (1992). Articulatory phonology: An overview. *Phonetica*, 49(3-4), 155-180.
- Buchwald, A., & Miozzo, M. (2012). Phonological and motor errors in individuals with acquired sound production impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(5), S1573-S1586.
- Butterworth, B., & Whittaker, S. (1980). Peggy Babcock's relatives. In George E. Stelmach & Jean Requin (Eds.), *Tutorials in Motor Behavior, Vol. 1* (pp. 647-656). Amsterdam: North Holland.
- Chang, S. E., Ohde, R. N., & Conture, E. G. (2002). Coarticulation and formant transition rate in young children who stutter. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45, 676-688.
- Cohen, A. (1980). Correcting of Speech Errors in a Shadowing Task. In V. A. Fromkin (ed), *Errors in Linguistic Performance: Slips of the Tongue, Ear, Pen and Hand* (pp. 157-163). N. Y., London: Academic Press.

- Cutler, A. (1981). The reliability of speech error data. *Linguistics*, 19, 561-582.
- Dallas, J. (2005). *EPG study of misdirected articulatory gestures in the connected speech of adults with acquired aphasia*. (Unpublished Bachelor's thesis), Edinburgh.
- Dell, G. S. (1984). Representation of serial order in speech: Evidence from the repeated phoneme effect in speech errors. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10(2), 222-233.
- Dell, G. S., & Reich, P. A. (1980). Toward a unified model of slips of the tongue. In V. A. Fromkin (Ed.), *Errors in linguistic performance: Slips of the tongue, ear, pen, and hand* (pp. 273-286). New York: Academic Press.
- Fowler, C. (2007). Speech production. In M. G. Gaskell (Eds.), *The Oxford Handbook of Psycholinguistics* (pp. 489-501). Oxford University Press.
- Fowler, C. A., & Saltzman, E. L. (1993). Coordination and coarticulation in speech production. *Language and Speech*, 36, 171-195.
- Frisch, S., & Wright, R. (2002). The phonetics of phonological speech errors: An acoustic analysis of slips of the tongue. *Journal of Phonetics*, 30(2), 139-162.
- Fromkin, V. (1971). The non-anomalous nature of anomalous utterances. *Language: Journal of the Linguistic Society of America*, 47(1), 27-52.
- Galantucci, B., Fowler, C., & Turvey, M. (2006). The motor theory of speech perception reviewed. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(3), 361-377.
- Goldrick, M., & Blumstein, S. E. (2006). Cascading activation from phonological planning to articulatory processes: Evidence from tongue twisters. *Language & Cognitive Processes*, 21(6), 649-683.
- Goldrick, M., Ross Baker, H., Murphy, A., & Baese-Berk, M. (2011). Interaction and representational integration: Evidence from speech errors. *Cognition*, 121(1), 58-72.
- Goldstein, L., Byrd, D., & Saltzman, E. (2006). The Role of Vocal tract gestural action units in understanding the evolution of phonology. In Michael Arbib (Eds.), *From Action to Language: The Mirror Neuron System*. (pp. 215-249). Cambridge university press.
- Goldstein, L., Pouplier, M., Chen, L., Saltzman, E., & Byrd, D. (2007). Dynamic action units slip in speech production errors. *Cognition*, 103(3), 386-412.
- Guest, D. (2002). *Phonetic features in language production: an experimental examination of phonetic feature errors*. (Unpublished doctoral dissertation), University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Jeka J. J., & Kelso, J. A. S. (1995). Manipulating symmetry in the coordination dynamics of human movement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(2), 360-374.
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic Patterns*. MIT Press.
- Keating, P. A., Lindblom, B., Lubker, J., & Kreiman, J. (1994). Variability in jaw height for segments in English and Swedish VCVs. *Journal of Phonetics*, 22, 407-422.
- Kelso, J. A. S., Tuller, B., Vatikiotis-Bateson, E., & Fowler, C. A. (1984). Functionally specific articulatory cooperation following jaw perturbations during speech: Evidence for coordinative structures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 812-832.
- Kent, R. (1996). Hearing and believing: Some limits to the auditory-perceptual assessment

- of speech and voice disorders. *American Journal of Speech-language Pathology*, 5(3), 7-23.
- Laver, J. D. M. (1980). Slips of the tongue as neuromuscular evidence for a model of speech production. In Hans W. Dechert & Manfred Raupach (Eds.), *Temporal Variables in Speech. Studies in Honour of Frieda Goldman-Eisler* (pp. 21-26). The Hague Mouton.
- Levelt, W. (1989). *Speaking*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Levelt, W., Roelofs, & Meyer, A. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 1-75.
- McMillan, C., & Corley, M. (2010). Cascading influences on the production of speech: Evidence from articulation. *Cognition*, 117, 243-260.
- McMillan, C. T., Corley, M., & Lickley, R. (2009). Articulatory evidence for feedback and competition in speech production. *Language & Cognitive Processes*, 24(1), 44-66.
- Meyer, A. (1992). Investigation of phonological encoding through speech error analyses: Achievements, limitations, and alternatives. *Cognition*, 42, 181-211.
- Mowrey, R., & MacKay, I. (1990). Phonological primitives: Electromyographic speech error evidence. *Journal of the Acoustical Society of America*, 88(3), 1299-1312.
- Namasivayam, A., & Van Lieshout, P. (2008). Investigating speech motor practice and learning in people who stutter. *Journal of Fluency Disorders*, 33, 32-51.
- Namasivayam, A., & Van Lieshout, P. (2011). Speech motor skill and stuttering. *Journal of Motor Behavior*, 43(6), 477-489.
- Namasivayam, A., Van Lieshout, P., McIlroy, W., & de Nil, L. (2009). Sensory feedback dependence hypothesis in persons who stutter. *Human Movement Science*, 28, 688-707.
- Nooteboom, S. (1969). The tongue slips into patterns. In A. G. Schiarone, A. J. van Essen, & A. A. Van Raad (Eds), *Leyden studies in linguistics and phonetics*, (pp. 114-132). The Hague: Mouton.
- Peper, C., & Beek, P. (1998a). Are frequency-induced transitions in rhythmic coordination mediated by a drop in amplitude? *Biological Cybernetics*, 79, 291-300.
- Peper, C., & Beek, P. (1998b). Distinguishing between the effects of frequency and amplitude on interlimb coupling in tapping a 2:3 polyrhythm. *Experimental Brain Research*, 118, 78-92.
- Peper, C., & Beek, P. (1999). Modeling rhythmic interlimb coordination: The roles of movement amplitude and time delays. *Human Movement Science*, 18(263), 280.
- Peper, C., Beek, P., & Van Wieringen, P. (1995). Multifrequency coordination in bimanual tapping: Asymmetrical coupling and signs of supercriticality. *Journal of Experimental Psychology*, 21(5), 1117-1138.
- Postma, A., & Kolk, H. (1990). Speech errors, disfluencies, and self-repairs of stutterers in two accuracy conditions. *Journal of Fluency Disorders*, 15(5-6), 291-303.
- Postma, A., Kolk, H., & Povel, D. J. (1990). On The Relation among Speech Errors, Disfluencies, and Self-Repairs. *Language and Speech*, 33(1), 19-29.
- Poupplier, M. (2003). *Units of Phonological Encoding: Empirical evidence*. (Unpublished doctoral dissertation), Yale University, New Haven.
- Poupplier, M. (2007). Tongue kinematics during utterances elicited with the SLIP technique. *Language and Speech*, 50(3), 311-341.

- Poupelier, M. (2008). The role of a coda consonant as error trigger in repetition tasks. *Journal of Phonetics*, 36, 114-140.
- Poupelier, M., & Goldstein, L. (2005). Asymmetries in the perception of speech production errors. *Journal of Phonetics*, 33, 47-75.
- Poupelier, 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.
- Poupelier, M., & Hardcastle, W. (2005). A re-evaluation of the nature of speech errors in normal and disordered speakers. *Phonetica*, 62(2-4), 227-243.
- Poupelier, M., Marin, S., & Wautl, S. (2014). Voice onset time in consonant cluster errors: can phonetic accommodation differentiate cognitive from motor errors? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(5), 1577-1588.
- Repp, B. (2005). Sensory synchronization: A review of the tapping literature. *Psychonomic Bulletin and Review*, 12(6), 969-992.
- Saltzman, E., & Byrd, D. (2000). Task-dynamics of gestural timing: Phase windows and multifrequency rhythms. *Human Movement Science*, 19, 499-526.
- Saltzman, E. L., & Munhall, K. G. (1989). A Dynamical Approach to Gestural Patterning in Speech Production. *Ecological Psychology*, 1(4), 333-382.
- Samuel, A. (1981). The role of bottom-up confirmation in the phonemic restoration illusion. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7(5), 1124-1131.
- Shattuck-Hufnagel, S. (1979). Speech errors as evidence for a serial-order mechanism in sentence production. In W.E Cooper & E.C.T. Walker (Eds.), *Sentence processing: Psycholinguistic studies presented to Merrill Garrett* (pp. 295-342). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Slis A. W. (2014). *The Effect of Articulatory Constraints and Auditory Information on Patterns of Intrusions and Reductions*. (Unpublished doctoral dissertation), University of Toronto, Toronto.
- Slis A. W., & P. H. H. M. Van Lieshout (a. ingezonden). The Effect of Phonetic Context on the Dynamics of Intrusions and Reductions.
- Slis A. W., & P. H. H. M. Van Lieshout (b. ingezonden). The Role of auditory Information in Gestural Intrusions and Reductions.
- Stearns, A. (2006). *Production and Perception of Place of Articulation Errors* (Unpublished master's thesis), College of Arts and Sciences, University of South Florida.
- Studdert-Kennedy, M., & Goldstein, L. (2003). Launching Language: The Gestural Origin of Discrete Infinity. In M. Christiansen & S. Kirby (Eds.), *Language evolution*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Talo, E. S. (1980). Slips of the tongue in normal and pathological speech; in Fromkin (Ed), *Errors in linguistic performance: slips of the tongue, ear, pen, and hand*, (pp. 81-86). Academic Press, New York.
- Terband H, Maassen B, Van Lieshout P, & Nijland L. (2011). Stability and composition of functional synergies for speech movements in children with developmental speech disorders. *Journal of Communication Disorders*, 44(1), 59-74.
- Tuller, B. (1984). On categorizing aphasic speech errors. *Neuropsychologia*, 22(5), 547-557.

- Van Lieshout, P. (2004). Dynamical systems theory and its application in speech. In B. Maassen, R. Kent, H. Peters, P. Van Lieshout & W. Hulstijn (Eds.), *Speech Motor control in Normal and disordered speech* (pp. 51-82), Oxford University press.
- Van Lieshout, P. H. H. M., Bose, A., Square, P. A., & Steele, C. M. (2007). Speech motor control in fluent and dysfluent speech production of an individual with apraxia of speech and Broca's aphasia. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 21(3), 159-188.
- Van Lieshout, P. H. H. M., & Goldstein, L. (2008). Articulatory Phonology and Speech Impairment. In M. J. Ball, M. R. Perkins, N. Müller & S. Howard (Eds.), *The Handbook of Clinical Linguistics Oxford*, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Van Lieshout, P. H. H. M., Hulstijn, W., & Peters, H. (2004). Searching for the weak link in the speech production chain of people who stutter: A motor skill approach. In B. Maassen, R. Kent, H.F.M. Peters & W. Hulstijn (Eds.), *Speech Motor Control in Normal and Disordered Speech* (pp. 313-356). Oxford: University Press.
- Van Lieshout, P. H. H. M., Merrick, G., & Goldstein, L. (2008). An articulatory phonology perspective on rhotic articulation problems: a descriptive case study. *Asia Pacific Journal of Speech, Language, and Hearing*, 11(4), 283-303.
- Van Lieshout, P. H. H. M., & Moussa, M. (2000). The assessment of speech motor behavior using electromagnetic articulography. *The Phonetician*, 81, 9-22.
- Van Lieshout, P. H. H. M., & Neufeld, C. (2014). Coupling dynamics interlip coordination in lower lip load compensation. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57, 597-615.
- Ward, D. (1997). Intrinsic and extrinsic timing in stutterers' speech: Data and implications. *Language and Speech*, 40, 289-310.
- Warren, R. (1970). Perceptual restoration of missing speech sounds. *Science*, 167(3917), 392-393.
- Wells, R. (1951). Predicting slips of the tongue. *Yale Scientific Magazine*, 26, 9-30.
- Wickelgren, W. (1965). Distinctive features and errors in short-term memory for English vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*, 38(4), 583-589.
- Williamson, M. M. (1998). Neural control of rhythmic arm movements. *Neural Networks*, 11(7-8), 1379-1394.
- Wood, S. E. & Hardcastle, W. (1999). EPG study of lingual errors in adults with acquired aphasia: Implications for models of speech production. *Proceedings of the International Conference for Phonetic sciences* (pp. 1341-1344). San Francisco,
- Wood, S., Hardcastle, W., & Gibbon, F. (2011). EPG patterns in a patient with phonemic paraphasic errors. *Journal of Neurolinguistics*, 24, 213-221.