
KORT ONDERZOEKSVERSLAG

Coördinatie van spraakbewegingen tijdens lipsluiting in vloeiend gesproken uitingen van stotteraars en niet-stotteraars

A.A. Sanderman¹, P.H.H.M. van Lieshout^{1/2}, H.F.M. Peters¹,
W. Hulstijn² en P.J. Alfonso³

¹*KNO, Afd. Stem- en Spraakstoornissen, Academisch Ziekenhuis Nijmegen*

²*Nijmeegs Instituut voor Cognitie en Informatie (NICI), KUN*

³*University of Illinois, Champaign-Urbana, U.S.A.*

1. Inleiding

Stotteren uit zich primair als een verstoring in de vloeiendheid van spraakproductie. Vloeiende spraak stelt hoge eisen aan de coördinatie van spraakbewegingen. Vanuit deze optiek hebben verschillende onderzoekers het stotteren dan ook beschreven als een coördinatie-stoornis (o.a. Adams, 1974; Alfonso, 1991; Caruso, Abbs & Gracco, 1988; Perkins, Bell, Johnson & Stocks, 1979; Perkins, Rudas, Johnson & Bell, 1976).

Coördinatie kan echter op verschillende nivo's onderzocht worden (Hulstijn, Van Lieshout & Peters, 1991). Zo beweren Kelso en Saltzman (1987), dat tijdens het spreken de articulatoren niet onafhankelijk van elkaar functioneren, maar dat zij binnen een groter verband, ook wel een coördinatieve structuur of gesture genoemd, als een eenheid worden aangestuurd. Deze eenheid wordt gekenmerkt door een taakspecifieke koppeling tussen de bewegingen van individuele articulatoren (bijvoorbeeld bovenlip, onderlip en kaak). Een direct gevolg van deze koppeling kan zijn dat de inzet of pieksnelheid van de afzonderlijke bewegingen qua fasering en volgorde een consistent patroon laten zien (Alfonso, 1991; Tuller & Kelso, 1984). Dit is uitgebreid onderzocht bij zowel normale sprekers als bij stotteraars (zie voor een overzicht Sanderman, 1992; Van Lieshout, Alfonso, Hulstijn, & Peters, 1994). Hieruit bleek dat de verwachte consistentie in het articulatorische volgorde-patroon niet altijd optreedt en bovendien, dat stotteraars en niet-stotteraars niet altijd in dit opzicht van elkaar verschillen.

Correspondentieadres: Academisch Ziekenhuis Nijmegen, KNO, afd. Stem- en Spraakstoornissen, Postbus 9101, 6500 HB Nijmegen.

In het hier beschreven onderzoek worden stotteraars en niet-stotteraars met elkaar vergeleken in de mate waarin bewegingen van afzonderlijke articulatoren op elkaar worden afgestemd. Als maat voor de koppeling tussen bewegingen van afzonderlijke articulatoren wordt de correlatie berekend voor zowel de bewegingsinzet als voor het moment van pieksnelheid. Als twee articulatoren gekoppeld zijn, is het te verwachten dat de inzet of het moment van de pieksnelheid van de een hoog correleert met de inzet of moment van de pieksnelheid van de ander (Gracco, 1988, 1994). Ook wordt het effect van woordlengte op de koppeling onderzocht, omdat bij langere woorden er hogere eisen gesteld kunnen worden aan het spraakmotorische systeem dan bij korte woorden (Peters & Starkweather, 1990; Van Lieshout, Starkweather, Hulstijn, & Peters, 1995), hetgeen van belang kan zijn in het kunnen verklaren van het verschijnsel dat stotteraars op lange woorden meer stotteren dan op korte woorden (Jayaram, 1984).

2. Methode

2.1 Proefpersonen

Aan dit onderzoek namen 4 stotteraars (gemiddelde leeftijd 23,6 jaar) en 4 qua leeftijd en opleidingsniveau overeenkomstige niet-stotteraars deel. De stotteraars die aan het experiment deelnamen, werden geselecteerd uit een patiëntenpopulatie van de Afdeling Stem- en Spraakstoornissen van het Academisch Ziekenhuis Nijmegen. Voorwaarde was dat zij in een periode van 1,5 tot 2 jaar voorafgaande aan het onderzoek geen therapie hadden gevolgd waarin de spraak als zodanig werd gemodificeerd. De stotterernst varieerde van zeer licht tot matig. Alle proefpersonen hadden een normaal gehoor en gezichtsvermogen en geen (neuro)motorische afwijking anders dan stotteren. Voor hun deelname kregen de proefpersonen f 12,50 per uur.

2.2 Stimulusmateriaal

Het stimulusmateriaal bestond uit woorden van verschillende lengte (een, twee, drie en vier syllaben), waarbij per lengte vier verschillende woorden (beginnend met een /b/, /m/, /n/ of /d/) werden gebruikt. De 1-syllabige woorden werden als eerste syllabe van de meer-syllabige woorden gebruikt. Alle woorden waren laag-frequent (Uit den Boogaard, 1975) en behoorden tot de categorie van zelfstandige naamwoorden. De 16 woorden werden 9 keer in willekeurige volgorde herhaald, met telkens na 48 items een korte pauze. In dit verslag worden alleen de data van de 1- en 4-syllabige woorden met bilabiale eerste consonant, te weten 'beek', 'meet', 'beekbezinking' en 'meetcylinder', besproken (zie Sanderman, 1992, voor een beschrijving van de andere data).

2.3 Procedure

Ten behoeve van de gebruikte registratie-methode, de elektromagnetische medio-sagittale articulografie (EMMA, zie Van Lieshout, Peters, & Hulstijn, 1994 voor een uitgebreidere beschrijving van dit systeem), werden op bovenlip, on-

derlip, kin, tongpunt en neus van de proefpersoon kleine spoeltjes geplakt. Voor de registratie van het spraaksignaal werd gebruik gemaakt van een condensator-microfoon, geplaatst op 20 cm van de mondopening van de proefpersoon.

De stimuli werden gepresenteerd op een TV-monitor, die zich op 1 m van de proefpersoon bevond. Steeds werd dezelfde zin ('Zij zei [doelwoord] alweer') aangeboden, waarbij alleen het derde woord veranderde. Nadat de zin op het scherm zichtbaar was, moesten de proefpersonen deze na het horen van 3 pieptonen hardop voorlezen. Voor nadere details omtrent de procedure wordt verwezen naar Van Lieshout e.a. (1994).

2.4 Data analyse

Tijdens het experiment werden door een ervaren logopediste alle hoorbare onderbrekingen in de vloeiendheid van de spraak gescoord. Ook niet-hoorbare verschijnselen die kunnen wijzen op problemen tijdens het spreken (grimassen, liptremoren, herhaalde slikbewegingen etc.) werden genoteerd. Bovendien werd aan de stotteraar gevraagd om na het uitspreken van de zin aan te geven indien hij vond dat de uiting niet vloeiend was uitgesproken. Achteraf werd nogmaals gecontroleerd of de uitingen inderdaad hoorbaar vloeiend waren en of in de geregistreerde signalen bij visuele inspectie geen afwijkingen zichtbaar waren. Op deze manier werd in totaal 0,4% van de uitingen van de niet-stotterars en 4,5% van de stotterars buiten de analyse gelaten.

Om de spraak- en bewegingsdata te analyseren werden de signalen tijdsynchroon onder elkaar op een scherm afgebeeld. Een voorbeeld hiervan wordt getoond in figuur 1.

Uit het totale signaal omvattende de uiting 'zij zei [doelwoord] alweer' werd het deel 'zij zei [eerste lettergreep van het doelwoord]' gesegmenteerd. Het begin van het doelwoord (altijd stemhebbend) werd bepaald op het begin van akoestische activiteit boven basislijn-nivo volgend op het einde van de akoestische activiteit voor de woordjes 'zij zei' (zie Figuur 1). De juiste locatie werd auditief geverifieerd. Dit begin van het doelwoord gaf een temporele referentie voor het lokaliseren van de bewegingssequenties behorende bij het maken van de woordinitiële lipsluiting voor /b/ of /m/. Binnen het gesegmenteerde stuk werd de inzet en de pieksnelheid van de bewegingen van bovenlip, onderlip en kaak voor de bilabiale klank (/b/ of /m/) bepaald volgens de methode beschreven in Van Lieshout e.a. (1994).

2.5 Statistische analyse

Een Pearson Product Moment correlatie analyse werd gebruikt om de sterkte van de koppeling tussen boven- en onderlip te bepalen. Hiervoor werd de inzet en het moment van pieksnelheid van de lipsluitingsbewegingen van beide lippen genomen voor zowel de 1- als de 4-syllabige woorden. De individuele correlaties werden per lengte-nivo apart voor inzet en moment van pieksnelheid na een z'-transformatie (Edwards, 1963) per groep gemiddeld, om via een F-toets het groepseffect te kunnen bepalen. Als significantie-nivo werd 0,05 gehanteerd.

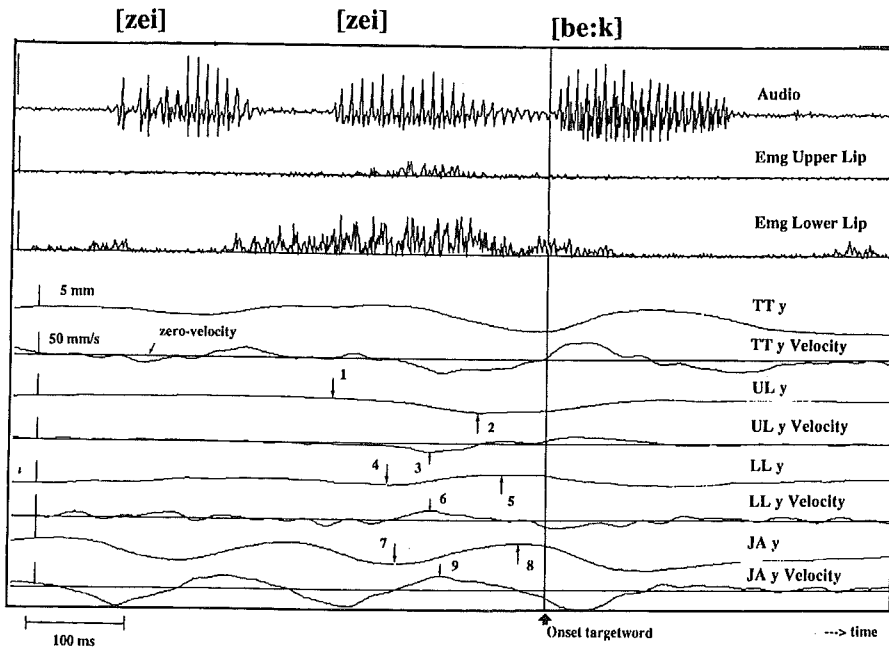


Fig. 1. Voorbeeld van een individuele trial ("zij zei beek alweer"), met afbeeldingen van het spraaksignaal (Audio), de positie- (y) en snelheidssignalen (y Velocity) van tongpunt (TT), bovenlip (UL); onderlip (LL) en onderkaak/kin (JA), alsmede van EMG signalen voor bovenlip (Upper lip) en onderlip (Lower Lip). De beide EMG's en de tongpunt-signalen zijn voor het hier gepresenteerde onderzoek verder niet van belang. Code markeringen: 1, 4 en 7 => begin van lipsluitingsbeweging; 3, 6 en 9 => moment van pieksnelheid tijdens lipsluitingsbeweging; 2, 5 en 8 => einde van lipsluitingsbeweging.

3. Resultaten

In Figuur 2 worden de Pearson Product Moment correlaties tussen boven- en onderlip getoond voor de 1-syllabige woorden voor de inzet van de sluitbeweging (bli-oli 1) en voor het moment van pieksnelheid van de sluitbeweging (blp-olp 1). Wat betreft de inzet van de sluitbeweging zijn voor beide groepen de correlaties hoog (gemiddeld $z' = 2,127$, $SD = 0,432$, voor de niet-stotteraars en $z' = 2,435$, $SD = 0,655$, voor de stotteraars) met daarbij kleine individuele verschillen. De F-toets op het groepsverschil van de z' -scores was niet significant ($F(1,6) = 0,62$, $p > 0,5$).

Wat betreft het moment van pieksnelheid in de sluitbeweging valt op dat voor alle niet-stotteraars geldt dat de correlatie in vergelijking met de inzet van de beweging duidelijk hoger is, ook voor degene die qua inzet de laagste correlatie van de niet-stotteraars vertoont (NS 3). Bij de stotteraars is dit niet het geval,

behalve voor ST 3. Gemiddeld zijn de correlaties voor het moment van pieksnelheid lager voor de stotteraars ($z' = 2,216$, $SD = 0,550$) dan voor de niet-stotteraars ($z' = 2,907$, $SD = 0,174$). Uit de standaard deviaties blijkt ook dat de inter-individuele spreiding voor de niet-stotteraars duidelijk kleiner is dan voor de stotteraars. Het groepsverschil was niet significant, maar gaf wel een zeer duidelijke trend te zien ($F(1,6) = 5,74$, $p < 0,10$).

Ook in Figuur 2 worden de Pearson Product Moment correlaties tussen boven- en onderlip getoond voor de 4-syllabige woorden voor de inzet van de bewegingen (bli-oli 4) en voor het moment van pieksnelheid (blp-olp 4). Toonde qua bewegingsinzet bij de 1-syllabige woorden vooral NS 3 een lagere correlatie, zo is voor de 4-syllabige woorden NS 4 degene met een duidelijk lagere correlatie dan de andere niet-stotteraars. Hierdoor wordt de gemiddelde correlatie ($z' = 2,146$) en de individuele spreiding ($SD = 0,503$) negatief beïnvloed. Voor de stotteraars is de situatie in veel opzichten vergelijkbaar met die van de 1-syllabige woorden, zowel wat betreft de gemiddelde correlatie ($z' = 2,177$) als de inter-individuele spreiding ($SD = 0,582$). Het groepsverschil was niet significant ($F(1,6) = 0,01$, $p > 0,5$).

Ten aanzien van het moment van pieksnelheid is in vergelijking met de inzet van de beweging evenals bij de 1-syllabige woorden bij de niet-stotteraars een hogere correlatie te zien ($z' = 2,660$) met tegelijkertijd een wat grotere inter-individuele spreiding ($SD = 0,668$). Dit laatste effect lijkt vooral gerelateerd aan de duidelijk lagere correlatie voor NS 4. Bij de stotteraars treden er nauwelijks

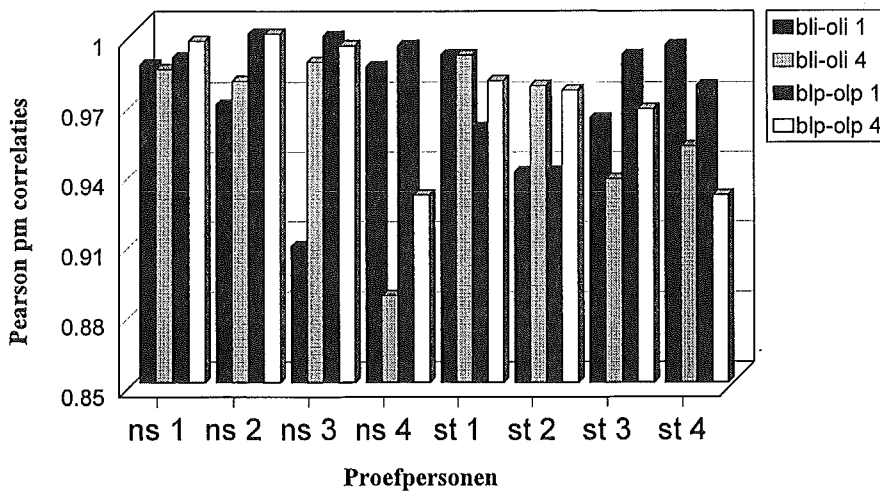


Fig. 2. Pearson product moment (PM) correlaties voor de bewegingsinzet van bovenlip (bli) en onderlip (oli) en voor het moment van pieksnelheid voor bovenlip (blp) en onderlip (olp) bij woorden met één (1) en vier (4) syllaben voor stotteraars (st) en niet-stotteraars (ns).

(en indien wel, in omgekeerde richting als bij de niet-stotteraars) verschillen op, noch qua gemiddelde correlatie ($z' = 2,039$), noch qua inter-individuele spreiding ($SD = 0,279$). Het groepsverschil was niet significant ($F(1,6) = 2,94$, $p < 0,25$), waarbij (evenals voor de bewegingsinzet) met name de relatief lage correlatie-waarde van NS 4 een belangrijke invloed lijkt te hebben.

Het effect van woordlengte op de correlaties lijkt bij de niet-stotteraars vooral van individuele aard, in die zin dat bij de 4-syllabige woorden NS 4 zoals reeds aangeduid zowel in de fasering van bewegingsinzetten als van pieksnelheden een duidelijk lagere correlatie laat zien dan de andere niet-stotteraars. Dit bijvoorbeeld in tegenstelling tot NS 3 die bij de 1-syllabige woorden weliswaar een lagere correlatie laat zien voor de fasering van de bewegingsinzetten, maar in de fasering van pieksnelheden een vergelijkbaar hoge correlatie waarde bereikt als de andere niet-stotteraars. Bij de stotteraars treden deze individuele effecten niet zo duidelijk op.

4. Discussie

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat conform de ideeën van Gracco (1994) er sprake is van een sterke koppeling in de fasering van boven- en onderlipbewegingen. Dit geldt voor zowel de niet-stotteraars als de stotteraars. Desondanks zijn er verschillen tussen beide groepen. Allereerst geven de correlaties aan dat ongeacht de woordlengte bij de niet-stotteraars de koppeling voor het moment van pieksnelheid in lipsluitingsbewegingen sterker is dan de koppeling voor de inzet. Bij de stotteraars is dit slechts bij één proefpersoon (ST 3) het geval. Met name ook voor het moment van pieksnelheid geldt, dat stotteraars ongeacht de lengte van een woord een wat minder strikte koppeling laten zien tussen boven- en onderlip dan niet-stotteraars (zie met name het trend-effect voor de 1-syllabige woorden). De sterkte van een dergelijke koppeling kan van groot belang zijn in de mate van stabiliteit van de bewegingsuitvoering. Bij een minder stabiele koppeling kan er sneller een situatie ontstaan waarin de fasering van beide articulators minder efficiënt verloopt en als gevolg de vloeiendheid van spraakproductie kan gaan haperen.

Het effect van woordlengte is minder duidelijk. Eigenlijk laat alleen NS 4 een effect zien in die zin dat bij hem voor de 4-syllabige woorden de correlaties voor zowel de inzet van bovenlip- en onderlipbeweging als voor het moment van pieksnelheid duidelijk lager zijn dan bij de andere niet-stotteraars. Met name de lagere correlatie voor het moment van pieksnelheid is opvallend. Vergelijk hiermee bijvoorbeeld NS 3 voor de 1-syllabige woorden. Bij deze proefpersoon wordt de lagere correlatie voor de inzet van de bewegingen wel "gecompenseerd" met een duidelijk hogere correlatie voor het moment van pieksnelheid. In het algemeen is er echter geen sprake van een duidelijk lengte-effect op de hoogte van de correlaties.

Gezien de kleine populatie die hier onderzocht is, kunnen aan de resultaten

van dit onderzoek voorlopig nog weinig definitieve conclusies worden verbonden. Wel kan worden opgemerkt dat het verschil tussen beide groepen subtiel van aard is en bovendien dat ook niet-stotteraars (NS 4) relatief lage correlaties kunnen vertonen in bepaalde omstandigheden (uitspreken van lange woorden). Dit alles zou passen binnen een verklaringsmodel dat uitgaat van een breed continuum in spraakmotorische vaardigheid (Van Lieshout, 1995). Hierin wordt verondersteld dat stotteraars over het algemeen wat meer aan de niet-vaardige zijde van het continuum zijn te vinden, maar ook dat niet-stotteraars kunnen verschillen in hun spraakmotorische vaardigheid, zodanig dat onder bepaalde omstandigheden ook de minst vaardigen onder hen een minder optimale afstemming van bewegingspatronen kunnen vertonen (NS 4?). Dergelijke gradaties in spraakmotorische vaardigheid lijken minder plausibel in een verklaringsmodel waar groepsverschillen aan specifieke stoornissen worden gekoppeld.

Literatuur

- Adams, M.R. (1974). A physiologic and aerodynamic interpretation of fluent and stuttered speech. *Journal of Fluency Disorders*, 1(3), 5-47.
- Alfonso, P.J. (1991). Implications of the concepts underlying task-dynamic modeling on kinematic studies of stuttering. In H.F.M. Peters, W. Hulstijn, & C.W. Starkweather (Eds.), *Speech motor control and stuttering* (pp. 79-100). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Boogaard, P.C., Uit den (1975). *Woordfrequentie in geschreven en gesproken Nederlands*. Utrecht: Oosthoek, Scheltema en Holkema.
- Caruso, A.J., Abbs, J.H., & Gracco, V.L. (1988). Kinematic analysis of multiple movement coordination during speech in stutterers. *Brain*, 111, 439-455.
- Edwards, A.L. (1963). *Experimental design in psychological research*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Gracco, V.L. (1988). Timing factors in the coordination of speech movements. *The Journal of Neuroscience*, 8, 4628-4639.
- Gracco, V.L. (1994). Some organizational characteristics of speech movement control. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37, 4-27.
- Hulstijn, W., Van Lieshout, P.H.H.M., & Peters, H.F.M. (1991). On the measurement of coordination. In H.F.M. Peters, W. Hulstijn, & C.W. Starkweather (Eds.), *Speech motor control and stuttering* (pp. 211-231). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Jayaram, M. (1984). Distribution of stuttering in sentences: Relationship to sentence length and clause position. *Journal of Speech and Hearing Research*, 27, 338-341.
- Kelso, J.A.S., & Saltzman, E.L. (1987). Skilled actions: A task-dynamic approach. *Psychological Review*, 94, 84-106.
- Peters, H.F.M., & Starkweather, C.W. (1990). The interaction between speech motor coordination and language processes in the development of stuttering: Hypotheses and suggestions for research. *Journal of Fluency Disorders*, 15, 115-125.
- Perkins, W.H., Bell, J., Johnson, L., & Stocks, J. (1979). Phone rate and the effective planning time hypothesis of stuttering. *Journal of Speech and Hearing Research*, 22, 747-755.
- Perkins, W.H., Rudas, J., Johnson, L., & Bell, J. (1976). Stuttering: discoordination of phonation with articulation and respiration. *Journal of Speech and Hearing Research*, 19, 509-522.

- Sanderman, A.A. (1992). *De invloed van woordlengte en fonetische context op de coördinatie van de spraakmotoriek bij normale sprekers en stotteraars in vloeiende spraak*. Doctoraal scriptie Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Tuller, B., & Kelso, J.A.S. (1984). The timing of articulatory gestures: Evidence for relational invariants. *Journal of Acoustic Society of America*, 76, 1030-1036.
- Van Lieshout, P.H.H.M. (1995). *Motor planning and articulation in fluent speech of stutterers and nonstutterers*. Dissertatie Katholieke Universiteit Nijmegen. Nijmegen: NICI (Technical Report 95-07)
- Van Lieshout, P.H.H.M., Alfonso, P.J., Hulstijn, W., & Peters, H.F.M. (1994). Electromagnetic midsagittal articulography (EMMA). In F.J. Maarse, A.E. Akkerman, A.N. Brand, L.J.M. Mulder, & M.J. van der Stelt (Eds.), *Computers in Psychology: Application, methods, and instrumentation* (pp. 62-76). Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Van Lieshout, P.H.H.M., Peters, H.F.M., & Hulstijn, W. (1994). Articulo-motorisch onderzoek: Een overzicht van technieken met de nadruk op Elektro-Magnetische Medio-sagittale Articulografie (EMMA). *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 3 (4), 241-261.
- Van Lieshout, P.H.H.M., Starkweather, C.W., Hulstijn, W., & Peters, H.F.M. (1995). Effects of linguistic correlates of stuttering on EMG activity in nonstuttering speakers. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38, 360-372.