

# **Naar een prosodie-screeningsmethode voor cognitieve communicatiestoornissen: voorlopige data over intrinsieke en extrinsieke prosodie-vereisten bij spraakplanning**

Frank R. Boutsen<sup>1</sup>, Justin D. Dvorak<sup>1</sup>, Derick D. Deweber<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Motor Speech and Prosody Research Laboratory,*

*Department of Communication Sciences and Disorders,*

*The University of Oklahoma Health Sciences Center, Oklahoma City, OK, VS*

<sup>2</sup>*The Bilingual Clinic PLLC, Oklahoma City, OK, VS*

## **Samenvatting**

Milde cognitieve stoornis (MCI) is een tussenstap tussen de verwachte cognitieve achteruitgang van normale veroudering en de meer serieuze afname van dementie. Huidige prosodie-gebaseerde screeningsmethodes van MCI, hoewel veelbelovend, zijn nog beperkt doordat ze de uitvoering van talrijke spreektaken en het berekenen van een veelheid van metingen nodig hebben. Bovendien is niet bekend in hoeverre lees- en/of taalvereisten bijdragen aan de beoordeling.

Ons laboratorium ontwikkelde een screeningsinstrument die deze tekortkomingen vermindert. Het gaat om een spreektaak waarbij eisen voor spraak, lezen en taal tot een minimum beperkt zijn, terwijl gelijktijdig slechts één index gebruikt wordt, de akoestisch gederiveerde spatiotemporele index (Acoustically Derived Spatiotemporal Index; ADSTI). In tegenstelling tot de spatiotemporele index (STI), die veelvuldig gebruikt is om spraakmotorische controle te karakteriseren, is er weinig bekend over de ADSTI, laat staan hoe deze parameter beïnvloed wordt door de context van lezen of door prosodische uitdagingen afkomstig van linguïstische en extra-linguïstische vereisten.

Dit onderzoek werd ontworpen om enkele voorlopige antwoorden op deze vragen te verstrekken voor normale gezonde volwassenen, daarbij de basis te leggen voor het gebruik van deze taak bij personen met milde cognitieve stoornis. Dienovereenkomstig waren de belangrijkste onderzoeksvragen: 1) Hebben intrinsieke en extrinsieke prosodie invloed op akoestische temporele stabiliteit? 2) Heeft presentatievorm (grafemisch vs. beeldend) invloed op akoestische temporele stabiliteit? Er werd verwacht dat de resultaten van deze twee onderzoeksvragen prestatieverschillen zouden aangeven die mogelijk aanwezig zijn bij personen met milde cognitieve stoornis.

Zestien normale, gezonde volwassenen (8 mannen en 8 vrouwen) namen deel aan het onderzoek. Een spreektaak was ontwikkeld waarin intrinsieke en extrinsieke prosodische condities en presentatievorm (grafemisch /beeldend) werden gevarieerd. De resultaten van deze studie lieten zien dat de ADSTI opmerkelijk stabiel was in taakpresentatie, hoewel het ook trends liet zien in verschillen die gerelateerd waren aan presentatievorm en prosodische vereisten. Daarom is het redelijk om te voorspellen dat deze uitdagingen zich zullen manifesteren in de ADSTI van personen met MCI.

### Summary

Mild cognitive impairment (MCI) is an intermediate stage between the expected cognitive decline of normal aging and the more-serious decline of dementia. Current prosody-based screening approaches of MCI while promising are still limited in that they require the execution of numerous speech tasks and the computation of a variety of measures. In addition, it is not known to what extent reading and/or language demands contribute in the assessment.

Our laboratory developed a screening tool that mitigates these shortcomings. It involves one speech task in which demands for speech, reading and language are kept at a minimum while also only one index, the Acoustically Derived Spatiotemporal Index (ADSTI) is used. In contrast to the spatiotemporal index (STI), which has been widely used to characterize speech motor control very little is known about the ADSTI, let alone how this parameter is influenced by reading context or prosodic challenges stemming from linguistic and extra-linguistic demands.

This investigation was designed to provide some preliminary answers to these questions in normally healthy adults, laying the groundwork for using this task in persons with mild cognitive impairment. Accordingly, the main research questions were: 1) Do intrinsic and extrinsic prosody affect acoustic temporal stability? 2) Does presentation format (graphemic vs. pictorial) affect acoustic-temporal stability? It was anticipated that the results for these two research questions would inform performance differences that are likely in persons with mild cognitive impairment.

Sixteen normal, healthy adults (8 males and 8 females) participated in the study. A speech task was developed in which intrinsic and extrinsic prosody constraints were varied as well as the presentation format (graphemic/pictorial). The results of this study showed that the ADSTI was remarkably stable across task performance, however, also showing trends towards differences related to presentation format and prosodic demands. Hence, it is reasonable to predict that these challenges will manifest in the ADSTI of persons with MCI.

## Inleiding

Hoewel er overeenstemming over bestaat dat prosodische cues gesproken taal organiseren, zijn de wijze en omvang over hoe zij dat doen onderwerp van debat (Carmichael, 2003). Pierrehumbert's (1980) verklaring was gericht op intonatie, terwijl Morton, Tatham, en Lewis

(1999) klemtonen op lettergrepen om lexicale stress toe te kennen en “focus” te formaliseren beschouwden, als mogelijk een paralinguïstisch (pragmatisch) effect. Interessant is dat duur en timing pas recent binnen het aandachtsgebied van linguïstische modellering van prosodie is gekomen. In dit opzicht hebben Byrd en Saltzman (2003) vertraging vs. versneling van spatiële en temporele indexen van articulatie aan de grens van prosodische gebaren aangetoond. Met andere woorden, ze beweren dat de timing van prosodie geconditioneerd wordt door linguïstische categorieën. Sindsdien hebben verschillende studies aangetoond dat linguïstische categorie (inhoud vs. functie; prosodische prominentie in linguïstische beklemtoning) en lexicale kennis spraakmotorische controle beïnvloeden, zoals geïndexeerd door spatiotemporele stabiliteit in spraak (Goffman, Heisler, & Chakraborty, 2006; Heisler, Goffman, & Younger, 2010).

Terwijl de linguïstiek vruchtbare grond blijft voor theorieën van prosodie, wordt spraakmotorwetenschap daarnaast ook invloedrijk. Zo heeft bijvoorbeeld Boutsen (2008) prosodie ingepast binnen een motorconceptualisering waarin hij stelt dat intrinsieke en extrinsieke prosodie motorplanningsvectoren bevatten. In overeenstemming met de opvatting van Van der Merwe (1997), maakt hij een onderscheid tussen motorische planning voor spraak en linguïstische planning. Intrinsieke prosodie ontstaat uit co-articulatie en articulatievereisten die specifiek voor de taal zijn, in het bijzonder de vereisten die voorkomen in de taalspecifieke implementatie van duur-, intensiteit-, en frequentiecues. Anderzijds wordt externe prosodie opgemaakt uit prosodische cues die expressieve intentie signaleren en / of het signaal aanpassen om aan de behoeften van de luisteraar te voldoen.

In de klinische praktijk is de beoordeling van prosodie instrumenteel in de diagnose van spraakmotorische stoornissen, i.e. de dysartrieën en spraakapraxie (Duffy, 2013). De beoordeling is echter grotendeels subjectief, zoals in de perceptuele rating van prosodische parameters waaronder toonhoogte, luidheid en duur gedurende contextuele spraak, het lezen van een gestandaardiseerde tekst zoals “The Grandfather Passage” (Darley, Aronson, & Brown, 1975; Van Riper, 1963), en maximale prestatietaken (aangehouden klinker verlenging, diadochokinetische prestatie). Prosodische spraakdimensies / karakteristieken die daarmee gewaardeerd worden zijn monotonie, monoluidheid, overtollige en gelijke beklemtoning, intensiteitsvariaties (zacht, luid, onregelmatige luidheid, onvastheid), en snelheidsvariaties (langzaam, snel, versneld, onregelmatig), om de belangrijkste te noemen (Duffy, 2013; Spencer & France, 2016).

Kent en Rosenbek (1982) vergeleken in een onderzoek de prosodische patronen in de spraak van personen met ataxische dysartrie, hypokinetische dysartrie en spraakapraxie, en zijn waarschijnlijk de eersten die een objectieve akoestische analyse hebben gebruikt. Interessant is dat ze in het uitvoeren hiervan ook de omvang vergroot hebben van prosodische afwijkingen die binnen het gezichtsveld van klinisch vergelijkend onderzoek kwamen. Hun akoestische analyse wees hen bijvoorbeeld naar prosodische afwijkingen die dusver niet overwogen werden, zoals gedissocieerde lettergrepen in zoekende spraak (“scanning” speech, Duffy, 2013) die geobserveerd werden in ataxische dysartrie, articulatorische verlenging en lettergreepsegregatie in spraakapraxie, en gereduceerd articulatorisch contrast

en articulatorische reductie in hypokinetische dysartrie. Te zien is dat, hoewel ook fenomenologisch van richting, Kent en Rosenbek (1982) afwijken van de Mayo Clinic traditie: hun “typologie” van prosodische afwijkingen is de eerste waarin articulatie, timing, en akoestiek op elkaar convergeren. Hoewel deze richting voor tenminste twee decennia niet veel navolging zag in de klinische praktijk, kreeg de objectieve kwantificering van prosodie in dysartrie een nieuwe impuls met de komst van indices die werden ontwikkeld om de intrinsieke prosodie tussen klemtoon-timed en lettergreep-timed talen te onderscheiden.

Ramus, Nespore en Mehler (1999) kunnen hiervoor worden gecrediteerd met de ontwikkeling van de eerste veelbelovende metrieken: %V (“percentage V”, gedefinieerd als het percentage van de tijd die de cumulatieve klinkerduur inneemt met betrekking tot de totale duur van een uiting) en  $\Delta C$  (“delta C”, gedefinieerd als de standaarddeviatie van consonantduur in een uiting, uitgedrukt in milliseconden). Kort daarna stelden Grabe en Low (2002) de nPVI (genormaliseerde paarsgewijze variabiliteitsindex) metriek voor, die het gemiddelde van genormaliseerde absolute verschillen in paren van opeenvolgende lettergrepen berekent. Liss, Wit, Mattys, Lansford, Lotto, Spitzer en Caviness (2009) lieten zien dat een combinatie van deze ritme-indices dysartrische sprekers redelijk kunnen onderscheiden van normale sprekers, en dat verschillende combinaties van deze metrieken mogelijk gevoelig kunnen zijn voor perceptuele patronen die worden waargenomen in subtypen van dysartrie.

Interessant is dat de focus van prosodiebeoordeling in de afgelopen jaren verschoven is van spraakevaluatie naar de evaluatie van cognitieve stoornis die vaak gepaard gaat met de spraakstoornis en / of de beoordeling van milde cognitieve stoornis in het algemeen. Milde cognitieve stoornis is een tussenstap tussen de verwachte cognitieve achteruitgang van normale veroudering en de meer serieuze achteruitgang van dementie. Het kan gepaard gaan met problemen in de domeinen van geheugen, taal, denken en beslissen, die groter zijn dan normale leeftijdsgerelateerde veranderingen (Winblad, Palmer, Kivipelto, Jelic, Fratiglioni, Nordberg, et al., 2004). Rektova, Biundo, Marecek, Weis, L., Aarsland, D., & Antonini, et al. (2009) toonden aan dat bij patiënten met de ziekte van Parkinson (gemiddelde ziekte duur was 10 jaar) globale cognitieve prestaties afnamen op de Addenbrooks Cognitive Examination test (ACE) met ongeveer 4% over een periode van ongeveer 2 jaar. Deze afname was in het bijzonder gecorreleerd met afnames in zowel F0 variatie als spraakritmiek. Afname in spraakritmiek alleen al voorspelde een verandering in cognitieve status met 73,2% accuraatheid, en in combinatie met de aanwezigheid van REM-slaap breinstoornis, werd de voorspellingsaccuraatheid verhoogd tot 80,5%. Wat betreft de evaluatie van cognitieve stoornis in het algemeen, stelden Kato, Hanya, Kobayashi, Kojima, Itoh, en Homma (2013) een data-mining benadering voor, waarbij een spraakprosodie gebaseerde cognitieve stoornis rating (SPCIR) de eerste 2 van 3 screenings informeert. Specifiek gebruikten zij 128 prosodische kenmerken als regressor kandidaten, waaronder statistieken op fraseniveau gerelateerd aan fundamentele frequentie (13), formanten (33), intensiteitsomhullenden (22), en mel-frequentie centrale coëfficiënten (69). Middels een principale componentenanalyse werd deze set gereduceerd tot 42 principale componenten. Multiple regressie-analyse van deze laatste op dementie-ratings van de participanten (Revised

Hasegawa's Dementia Scale) liet een significante correlatie zien ( $r^2 = 0.78$ ). Bovendien vonden zij dat bij een lagere cutoff de SPCIR 100% accuraat was in het classificeren van patiënten met ouderdomsdementie, en 68,4% accuraat was in het classificeren van milde cognitieve stoornis. Classificatie accuraatheid van milde cognitieve stoornis verbeterde bij een hogere cutoff tot 94,7%, ten koste van classificatie accuraatheid van normale controles die daalde tot 70%.

Hoewel bovenstaande prosodie-gebaseerde screeningsbenaderingen veelbelovend zijn, zijn zij nog beperkt doordat ze de uitvoering van talrijke spreektaken en de berekening van een verscheidenheid aan meetmaten nodig hebben. Bovendien is niet bekend in hoeverre lees- en /of taalvereisten bijgedragen hebben aan de uitkomst van deze studies. In het licht van deze overwegingen, ontwikkelden we een screeningsinstrument die deze tekortkomingen vermindert. Meer bepaald ontworpen we een spreektaak waarin vereisten voor spraak, lezen, en taal tot een minimum beperkt blijven. Dit werd op twee manieren gedaan: (1) het gebruik van gelimiteerd, hoogfrequent vocabulaire in korte uitingen, waar frase- of linguïstische vereisten afwezig dan wel minimaal geïntroduceerd werden en (2) door het gebruik van zowel een visuele (beeldend) versie van de taak als een versie die lezen vereist (grafemisch). Wat betreft de afhankelijke variabele, hebben we gekozen deze te limiteren tot één index. Deze index zou redelijk stabiel moeten zijn in de normale gezonde controlepopulatie, terwijl ze sensitief is voor intrinsieke en extrinsieke prosodie-vereisten bij personen met milde cognitieve dementie. We hypothetiseerden dat het akoestisch correlaat van de spatiotemporele index (STI) ontwikkeld door Smith, Goffman, Zelaznik, Ying and McGillem (1995) aan deze eisen voldoet. Deze maat wordt de akoestisch gederiveerde spatiotemporele index (Acoustically Derived Spatiotemporal Index; ADSTI) genoemd. We maakten deze aanname in het licht van de rationale die Smith en collega's gaven voor deze afgeleide. In het bijzonder stelden ze dat de STI was ontworpen om globale stabiliteit in het spatiotemporele domein weer te geven, en om een herhaalde, in plaats van een enkelvoudige, uitvoering van een taak te karakteriseren. De vereiste van de herhaalde productie van uitingen was gemotiveerd bij hun aanname dat herhaalde producties van een uiting door een volwassene heel stabiel zouden moeten zijn wanneer bewegingssequenties tot op zekere hoogte voorgeprogrammeerd worden. Wanneer prosodie ook wordt gepland, zoals we eerder betoogden, dan is te zien dat deze index zeer geschikt is om prestaties van patiënten te kwantificeren met een taak die spraak- en prosodische vereisten aanboort, zowel intrinsiek als extrinsiek.

Terwijl de STI veelvuldig is gebruikt om spraakmotorische controle te karakteriseren bij personen met vloeiendheidsstoornissen en de spraak van ontwikkelende kinderen bij het vaststellen van taalvereisten in de spreektaak, begint ook de ADSTI zijn stempel te drukken. Twee onderzoeken hebben laten zien dat deze maat, of een Functionele Data Analyse variatie hierop, veelbelovend zijn om hypokinetische en ataxische dysartriesoorten te onderscheiden (Anderson, Lowit, and Howell, 2008; Van Brenk and Lowit, 2012), terwijl twee andere onderzoeken hebben laten zien dat de ADSTI redelijk goed correleert met de STI (Howell, Anderson, Bartrip and Baley, 2009; Mefferd, 2016). Howell et al. (2009) hebben laten zien dat de E-STI, die op een zelfde wijze afgeleid is van de akoestische omhullende

als de ADSTI in ons onderzoek, significant correleerde met de STI van personen met vloeiendheidsproblemen, en een trend liet zien bij personen die normaal vloeiend zijn. Mefferd (2016) vond dat bij normaal vloeiende jonge en oudere volwassenen er sterke associaties waren tussen de kinematische en akoestische STI, hoewel de associaties afzwakten wanneer de spreektaal kleine veranderingen in motorprestaties van tongbewegingen vereiste. Hoewel dus de uitwisselbaarheid van de STI en ADSTI over het algemeen niet ter discussie staat, is het billijk te concluderen dat meer onderzoek gerechtvaardigd is, met name wanneer het gaat over hoe deze parameter wordt beïnvloed door leescontext (lezen van symbolen versus pictogrammen) of prosodische uitdagingen afkomstig van linguïstische of extralinguïstische vereisten.

Dit onderzoek was ontworpen om op deze vragen een paar voorlopige antwoorden te geven betreffende normale gezonde volwassenen, en hiermee het grondwerk leggend om deze taak te kunnen gebruiken bij personen met milde cognitieve stoornis. Hiermee overeenkomend waren voor nu de belangrijkste onderzoeksvragen: 1) Hebben intrinsieke en extrinsieke prosodie invloed op akoestisch gederiveerde spatiotemporele stabiliteit? 2) Heeft presentatievorm (grafemisch vs. beeldend) invloed op akoestisch gederiveerde spatiotemporele stabiliteit? Er werd verwacht dat de resultaten van deze twee onderzoeksvragen prestatieverschillen zouden aangeven die aanwezig kunnen zijn bij personen met milde cognitieve stoornis.

## **Methode**



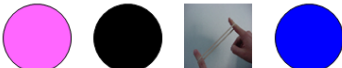






### **Deelnemers**

Zestien normale, gezonde volwassenen (8 mannen en 8 vrouwen) namen deel aan de studie. De gemiddelde leeftijd van de mannen was  $35,0 \pm 9,8$  jaar, en van de vrouwen  $32,0 \pm 11,9$  jaar. Geen van de deelnemers rapporteerde een geschiedenis van neurologische en / of spraak- en hoorproblemen.

### **Spreektaal**

Een spreektaal werd ontworpen waarbij intrinsieke en extrinsieke prosodische vereisten werden gevarieerd tussen 9 condities. In de baseline conditie werd participanten gevraagd om 3 of 4 woorden te reciteren gedurende een selectie van taken: (1) 3 kleuren “pink black blue”, (2) 3 hondennamen “Pink, Black, Blue”, en (3) 4 woorden “pink black band blue”. Voor deze condities werden prosodie-vereisten gelimiteerd tot intrinsieke prosodie-vereisten, die voortvloeiden uit de fonetische samenstelling of linguïstische categorie van de woorden. Frasale of grammaticale factoren die prosodie beïnvloedden waren afwezig in deze condities. Deze vereisten werden geïntroduceerd in de volgende rij van taken: (4) frase “Pink, black, and blue”, (5) naamwoordfrase “Pink, black, and blue ink”, en (6) en simpele werkwoordfrases zoals “Ink pink black and blue”. Een meer complexe conditie was de werkwoord-

commando frase (7) “Ink Pink black and blue”, waarin het woord “Pink” was gebruikt als eigennaam en diende als het directe object van het transitieve werkwoord “ink”. Als laatste in de extrinsieke prosodie-condities (8) en (9) werden deelnemers gevraagd contrastieve focus te plaatsen op de werkwoordfrases die gebruikt werden in condities (6) en (7) zoals in: “Ink Pink **BLACK** and blue” (e.g., in tegenstelling tot: “WHITE and blue”). Elke conditie werd gepresenteerd in een grafemische en beeldende vorm zoals geïllustreerd in figuur 1.

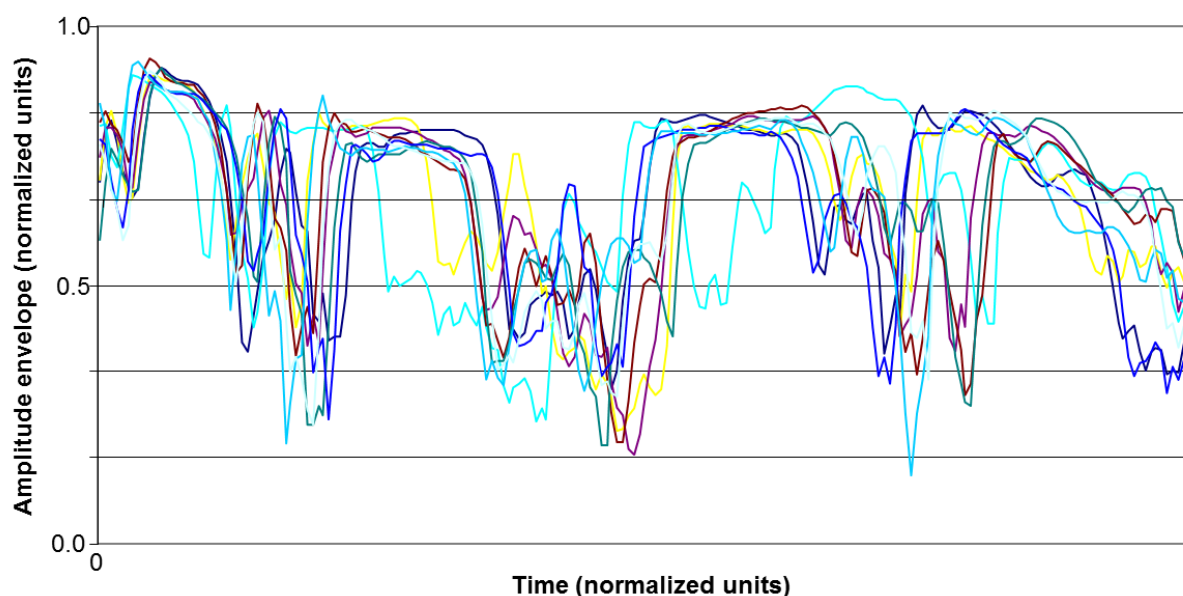
	Condition	Graphemic	Pictorial
(1)	3 words	pink black blue	
(2)	Dog names	Pink, Black, and Blue	
(3)	4 words	pink black band blue	
(4)	3 words phrasal	pink, black, and blue	
(5)	Adjective	pink, black, and blue ink	
(6)	Ink colors (non-c)	Ink pink black and blue	
(7)	Ink dog name (non-c)	Ink Pink black and blue	
(8)	Ink colors (con)	Ink pink <b>black</b> and blue	
(9)	Ink dog name (con)	Ink Pink <b>black</b> and blue	

*Figuur 1:* Voorbeelden van grafemische en beeldende presentatie voor elke experimentele conditie

Stimuli werden gepresenteerd in E-prime. De volgorde werd voor alle individuen constant gehouden. Verbale reacties werden opgenomen (44.100 Hz, 16-bit precisie) door middel van een headset microfoon (Califone OE 319 over-het-oor microfoon) met een hoofd-tot-microfoon afstand van 7 cm. Voorafgaand aan het deelnemen aan de experimentele taak werden participanten een oefentaak gegeven om zichzelf vertrouwd te maken met de experimentele aanwijzingen. Deze betroffen het gebruiken van een hoofdletter om eigennamen aan te geven (hondennamen), volledige hoofdletters om focus aan te duiden, aanwijzingen voorafgaand aan responses die aangaven wat de respons-eisen waren in de focus conditie (e.g. “Ink Pink white and blue?”), en de pictogrammen in de niet-orthografische conditie.

## Analyse

Amplitude extractie van de akoestische data werd uitgevoerd via gecustomiseerde code geschreven in MATLAB die de tijd-genormaliseerde omhullenden berekende ( $t \in [0,1]$ ). In figuur 2 is een voorbeeld weergegeven van tien opgelijnde tijd-genormaliseerde omhullenden van de uiting “pink black band blue” uit conditie 3. Berekening van de ADSTI was uitgevoerd door voor elke trial 50 standaarddeviaties te middelen (op 2% incrementen op een 100 pt schaal). Standaarddeviaties werden berekend over spraakuitingen voor een bepaalde deelnemer. Dezelfde reeks van vier woorden (“pink”, “black”, “and”, “blue”) werd geanalyseerd over alle condities behalve in de 3-woorden conditie.



Figuur 2: Voorbeeld van tijd-genormaliseerde omhullenden van de uiting “pink black band blue”

ATI-waarden werden geanalyseerd door een repeated-measures linear regression met behulp van SAS 9.4. Indicator variabelen werden geconstrueerd voor conditie, blok, en contrastieve vs niet-contrastieve taak. Om vast te stellen of subgroepen van participanten verschillende prestatiepatronen lieten zien, was across-taak variantie in ADSTI onderzocht met  $k$ -means clustering, met de optimale waarde van  $k$  gekozen door inflectiepuntdetectie in de ratio van sum of squares tussen clusters vs. totale sum of squares als een functie van  $k$ , en bevestigd door grafische inspectie van silhouetplots.

## Resultaten

De gemiddelden en standaarddeviaties voor elk van de condities in het grafemische en beeldende presentatievorm zijn samengevat in Tabel 1. Daar kan worden gezien dat de gemid-



delden van de condities uiteenliepen tussen 26,39 en 32,60. Behalve in de *nazeggen 4 woorden* en de *niet-contrastieve werkwoordfrase*-condities, waren de gemiddelden ietswat hoger in de beeldende condities dan de grafemische condities, met een groter verschil in de naamwoordfrase conditie. Verder kan gezien worden dat de gemiddelden voor de verschillende prosodie-condities zeer overeenkwamen. Inferentiële statistiek liet echter zien dat de verschillen geobserveerd voor presentatievorm niet statistisch significant waren ( $p = 0.3535$ ).

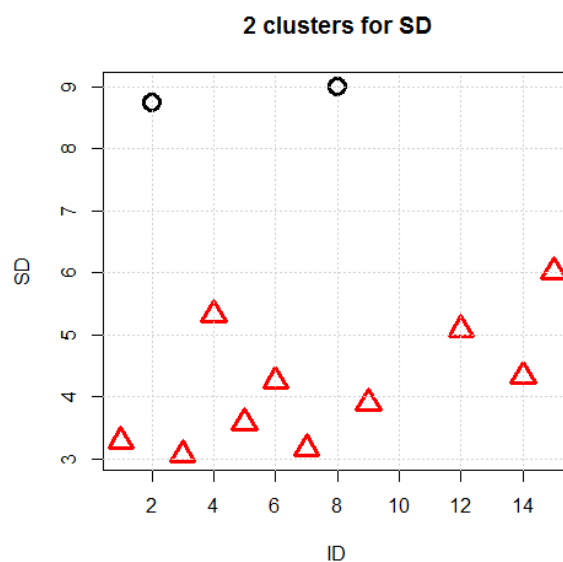
*Tabel 1:* Een samenvatting van de beschrijvende statistieken voor de Akoestische Temporele Index voor deelnemersprestaties in de condities van de prosodie-screeningsmethode.

Conditie	Grafemisch	Beeldend
(1) 3 woorden	27,34 ± 5,12	29,32 ± 7,89
(2) Hondennamen	26,44 ± 5,70	28,20 ± 7,42
(3) 4 woorden	27,83 ± 4,94	27,18 ± 6,90
(4) 3 woorden frase	26,64 ± 4,65	28,34 ± 8,39
(5) Adjectief	26,69 ± 5,37	32,60 ± 7,82
(6) Ink kleuren (niet-contrastief)	27,35 ± 7,78	26,68 ± 6,39
(7) Ink hondennamen (niet-contrastief)	26,73 ± 6,76	27,39 ± 6,67
(8) Ink hondennamen (contrastief)	26,39 ± 6,66	28,27 ± 7,36
(9) Ink kleuren (contrastief)	27,89 ± 7,45	28,91 ± 7,81

Inspectie van Figuur 3, die de standaarddeviaties weergeeft verbonden aan individuele prestaties op de prosodie-screeningsmethode, maakt duidelijk dat de prestaties van 2 deelnemers samen geclusterd met hun ADSTI, significant meer variabel waren dan die van de overige deelnemers.

Het moet opgemerkt worden dat de ADSTI-scores van deze deelnemers onopvallend waren, met één deelnemer met een ADSTI richting de hoge kant, en één deelnemer met een ADSTI richting de lage kant. Er werd besloten om deze deelnemers verder te onderzoeken om vast te stellen of de variatie in hun prestatie gerelateerd was aan de condities. De gemiddelde prestatie voor deze 2 participanten in de verschillende condities is weergegeven in Tabel 2.

Er kan gezien worden dat voor deze deelnemers de ADSTI consistent hoger was in de beeldende versie dan in de grafemische versie. Het wordt ook duidelijk dat in deze laatste condities, afgezien van de niet-contrastieve werkwoord-commando frase, de frase condities geassocieerd waren met hogere ADSTIs dan de niet-frase baseline condities. Het is ook opmerkelijk dat de werkwoord-commando frase, misschien niet verrassend, was geassocieerd met een lage ADSTI.



*Figuur 3:* Clusteranalyse van standaarddeviaties onthult twee clusters: laag- en hoogstabiele prestaties over condities.

## Conclusies

De resultaten van deze studie toonden dat de ADSTI opmerkelijk stabiel was in taakprestatie. Condities met heel eenvoudige variaties van linguïstische functies waren qua ADSTI niet verschillend van baseline spraakmotorische condities waar linguïstische belasting minimaal was. Dit resultaat kan geïnterpreteerd worden als het feit reflecterend dat de deelnemers comfortabel waren in het plannen en produceren van de uitingen, ongeacht de condities en presentatieversies. Dat gezegd hebbende, de descriptieve verschillen die opgemerkt werden voor presentatieversie waren in de verwachte richting en suggereren dat de beeldende versie mogelijk meer belastend is dan de grafemische presentatieversie. Deze trend was heel duidelijk in de prestatie van 2 deelnemers. Bij deze deelnemers was er bewijs dat de werkwoord-commando frases weinig nodig hebben in termen van planning, maar dat zelfs de makkelijkste frase condities geplande variaties vereisen, of mogelijkheden hiertoe geven, die niet evident waren in baseline woord-citatie taken. Daarnaast was extrinsieke prosodie (i.e. de verplichting om contrastieve focus te produceren) geassocieerd met meer variabiliteit of planning, zelfs voor de werkwoord-commando frase.

Wat betreft toekomstige richtingen, suggereren de data dat de screeningstest kan worden verkort. Bijvoorbeeld, gegeven de overeenkomstige resultaten in de baseline condities, zou slechts één van de baseline condities behouden moeten worden. Daarnaast zijn akoestische analyses gepland die prosodische metrieken gebruiken, inclusief de nPVI (Grabe & Low, 2002) en de recent ontworpen multidimensionele prosodie-index (Dvorak, Boutsen, &

*Tabel 2:* Gemiddelde Akoestische Temporele Index voor 2 deelnemers met hoge standaarddeviaties in elk van de condities in de prosodie-screeningsmethode.

Conditie	Grafemisch	Beeldend
(1) 3 woorden	19,94	30,99
(2) Hondennamen	25,66	43,66
(3) 4 woorden	21,82	29,03
(4) 3 woorden frase	27,16	43,18
(5) Adjectief	26,58	41,26
(6) Ink kleuren (niet-contrastief)	14,96	29,43
(7) Ink hondennamen (niet-contrastief)	21,97	28,48
(8) Ink hondennamen (contrastief)	26,18	36,82
(9) Ink kleuren (contrastief)	36,47	39,96

Ding, ingediend). Deze analyses zullen ons in staat stellen om te bevestigen of prosodie de condities in de taak onderscheidt, zelfs als de ADSTI (een maat gebaseerd op intensiteit) dat niet doet. Het is mogelijk dat uitingen werden geproduceerd op verschillende prosodische manieren, zelfs als planning geen issue was en / of de uitingen op zichzelf niet uitdagend waren. We voorspellen dat personen met beginnende cognitieve afname deze taak goed te doen vinden, maar ook uitdagingen zullen ervaren afkomstig van presentatie alsook linguïstische belasting, en dat deze uitdagingen zich zullen manifesteren in zowel de ADSTI en prosodische metrieken.

## Referenties

- Anderson, A., Lowit, A., & Howell, P. (2008). Temporal and spatial variability in speakers with Parkinson's disease and Friedreich's ataxia. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 16(4), 173-180.
- Boutsen, F. (2008). Prosody: An organizing principle for neurogenic speech disorders, *Asia Pacific Journal of Speech Language and Hearing*, 11, 313-315.
- Byrd, D., & Saltzman, E. (2003). The elastic phrase: modeling the dynamics of boundary-adjacent lengthening. *Journal of Phonetics*, 31, 149-180.
- Carmichael, L. (2003) Intonation: Categories and continua. In *Proceedings of the 19th Northwest Linguistics Conference*, Victoria, BC, Canada.
- Darley, F.L., Aronson, A.E., & Brown, J.R. (1975). *Motor speech disorders* (3rd ed.). Philadelphia, PA: W.B. Saunders Company.
- Dvorak, J.D., Boutsen, F.R., & Ding, K. (submitted). Assessment of dysarthria using a multidimensional prosody index. *The Journal of the Acoustical Society of America*.
- Duffy, J.R. (2013). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management* (3rd edition). St. Louis, MO: Mosby.

- Goffman, L., Heisler, L., & Chakraborty, R. (2006). Mapping of prosodic structure onto words and phrases in children's and adults' speech production. *Language and Cognitive Processes, 21*, 25-47.
- Grabe, E. and Low, E.L. (2002). Durational variability in speech and the rhythm class hypothesis. In C. Gussenhoven & N. Warner (Eds.) *Papers in Laboratory Phonology 7*, Berlin, DE: Mouton de Gruyter (pp. 515-546).
- Heisler, L., Goffman L., & Younger, B. (2010) Lexical and articulatory interactions in children's language production. *Developmental Science, 13*(5), 722-730.
- Howell, P., Anderson, A., Bartrip, J., & Bailey, E. (2009) Comparison of Acoustic and Kinematic Approaches to Measuring Utterance-Level Speech Variability, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 52*, 1088-1096.
- Kato, S., Hanya, S., Kobayashi, A., Kojima, T., Itoh, H., & Homma, A. (2011). A speech prosody-based approach to early detection of cognitive impairment in elderly subjects: A preliminary study. In J. Wu (Ed.), *Early detection and rehabilitation technologies for dementia: neuroscience and biomedical applications* (pp. 183-191). Hershey, PA: IGI Global.
- Liss, J.M., White, L., Mattys, S.L., Lansford, K., Lotto, A.J., Spitzer, S., & Caviness, J.N. (2009). Quantifying speech rhythm abnormalities in the dysarthrias. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 52*, 1334-1352.
- Mefferd, A.S. (2016). Associations between tongue movement pattern consistency and formant movement pattern consistency in response to speech behavioral modifications. *The Journal of the Acoustical Society of America, 140*(5), 3728-3737.
- Morton, K., Tatham, M., & Lewis, E. (1999). A new intonation model for text-to-speech synthesis. *Proceedings of the International Congress of Phonetic Sciences*, 85-88.
- Pierrehumbert, J. (1980). *The phonology and phonetics of English intonation* (Doctoral dissertation). MIT, Cambridge.
- Ramus, F., Nespors, M., & Mehler, J. (1999). Correlates of linguistic rhythm in the speech signal. *Cognition, 73*, 265-292.
- Rektova, I., Biundo, R., Marecek, R., Weis, L., Aarsland, D., & Antonini, A. (2009). Grey matter changes in cognitively impaired Parkinson's disease patients. *PLOS ONE, 9*(1), e85595.
- Smith, A., Goffman, L., Zelaznik, H.N., Ying, G., & McGillem, C.M. (1995). Spatiotemporal stability and the patterning of speech movement sequences. *Experimental Brain Research, 104*(3), 493-501
- Spencer, K.A., & France, A.A. (2016). Perceptual ratings of subgroups of ataxic dysarthria. *International Journal of Language and Communication Disorders, 51*, 430-441.
- Van Brenk, F., & Lowit, A. (2012). The relationship between acoustic indices of speech motor control variability and other measures of speech performance in dysarthria. *Journal of Medical Speech-Language Pathology, 20*(4), 24-29.
- 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.
- Van Riper, C. (1963). *Speech correction* (4th ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Winblad, B., Palmer, K., Kivipelto, M., Jelic, V., Fratiglioni, L., Nordberg, A., et al. (2004) Mild cognitive impairment-beyond controversies, towards a consensus: Report of the International Working Group on Mild Cognitive Impairment. *Journal of Internal Medicine*, 256, 240-246.