

Verdeling van voice-onset-time (VOT) in de consonant-oppositie /d/ - /t/ bij kinderen met verbale ontwikkelingsdyspraxie

M. Lamers, B. Maassen en G. Thoonen

Interdisciplinair Kinderneurologisch Centrum (I.K.N.C.) Instituut Medische Psychologie, AZN

De vraagstelling van dit onderzoek betrof de hypothese, dat aan verbale ontwikkelingsdyspraxie (VOD) niet een fonemisch selectieprobleem, maar een fonetisch, d.w.z. motorisch programmerings- en uitvoeringsprobleem ten grondslag ligt. Bij 10 kinderen met VOD in de leeftijd van 6 tot 8 jaar, 10 normaal sprekende controle-kinderen, en 9 volwassenen werden van /d/- en /t/-realisaties – ingebed in twee-syllabische woorden – de voice-onset-times (VOT's) gemeten. De realisaties van de kinderen werden tevens perceptief beoordeeld. Géén van de drie sprekersgroepen vertoonde een bimodale VOT-verdeling, en de overlap van de VOT-verdelingen van /d/'s resp. /t/'s, evenals de standaarddeviaties, was bij de kinderen met VOD het grootst en bij de volwassenen het kleinst. Daarnaast werden méér realisaties van /d/'s en /t/'s afkomstig van de kinderen met VOD als vervormd beoordeeld, en waren de vervormingen ernstiger, dan dat bij de controle-kinderen het geval was. VOT's van de als vervormd beoordeelde /d/'s gingen in de richting van de /t/. Deze kwantitatieve verschillen in VOT-verdeling tussen de drie sprekersgroepen, wijzen op verschillen in motorische programmering en uitvoering.

Inleiding

Verbale ontwikkelingsdyspraxie (VOD) bij kinderen en verbale apraxie bij volwassenen zijn neurogene spraakstoornissen, die algemeen worden opgevat als het gevolg van problemen in de motorische programmering van spraakbewegingen (Itoh et al., 1979, 1982; Edwards, 1984; MiCoCh & Square, 1984; Stes, 1986). Definities en kenmerken van deze stoornis zijn in eerste instantie gebaseerd op onderzoek bij volwassenen, met een verworven letsel in het gebied van Broca (Darley, Aronson & Brown, 1975), in de basale ganglia (Square-Storer &

Correspondentie-adres: Drs. M. Lamers, p/a I.K.N.C., AZN, Postbus 9101, 6500 HB Nijmegen.

Apeldoorn, 1991), of een letsel in de primaire sensorische cortex of de fasciculus arcuatus, die de sensorische cortex verbindt met de motorische (MICOch & Noll, 1980; MICOch & Square, 1984); in het laatste geval spreekt men van disconnectie. Voor zover bij medisch onderzoek bij kinderen met VOD een neurologische afwijking wordt gevonden – schattingen over percentages lopen sterk uiteen – differentieert de afwijking niet van die bij andere taal/spraakstoornissen (Guyette & Diedrich, 1981; Horwitz, 1984). Guyette & Diedrich (1981) vergelijken het diagnostisch concept VOD dan ook met MBD (minimal brain dysfunction): “a behavioral concept with neurological implications” (p.9).

De diagnose VOD wordt hoofdzakelijk gebaseerd op klinisch logopedisch onderzoek. De belangrijkste kenmerken in de spraak van een kind met VOD zijn: veelvuldige articulatiefouten, bestaande uit veel substituties en distorsies, die frekwenter consonanten betreffen dan klinkers, en verder omissies en cluster-reducties. Substituties gelden met name als kenmerk van VOD, indien deze inconsistent zijn. Dit in tegenstelling tot een consistent substitutie-patroon dat kan duiden op een beperkt foneem-repertoire, bijvoorbeeld als symptoom van een taal-spraakontwikkelingsstoornis. Omissies en cluster-reducties zijn weinig discriminerend ten opzichte van andere spraakstoornissen. Naast deze symptomen worden door sommige auteurs (Stes, 1986) addities en cluster-complicaties als kenmerkend voor VOD in vergelijking met andere spraakstoornissen aangemerkt. Hetzelfde geldt voor inconsistentie van het articulatiepatroon, dat onder meer wisselt met de situatie en met de mate waarin de uit te spreken frasen geautomatiseerd zijn.

Voor de diagnostiek van verbale dyspraxie wordt naast de spraakkenmerken gebruik gemaakt van nevensymptomen en uitsluitingscriteria. Typische nevensymptomen zijn: een orale dyspraxie, afwijkende zinsintonatie, orale sensibiliteitsstoornissen, en grammaticale insufficiëntie (Yoss & Darley, 1974; Kent & Rosenbek, 1983; Ekelman & Aram, 1984). Daarnaast wordt een aantal uitsluitingscriteria gehanteerd, die de problemen in de spraakproductie zouden kunnen verklaren zonder een motorisch programmeringsprobleem te veronderstellen. Deze diagnostische uitsluitingscriteria zijn: geen problemen in de auditieve spraakwaarneming, geen gehoorverlies, geen dysarthrie, en geen laag intelligentieniveau (Guyette & Diedrich, 1981).

Het hier beschreven onderzoek had tot doel een positief spraaksymptoom van VOD te vinden. Daarvoor maakten we gebruik van een groep kinderen met VOD, waarover klinisch deskundigen het diagnostisch eens zijn: zogenaamde ‘clear cases’. Dit kon worden bereikt door zo goed mogelijk aan algemeen geaccepteerde criteria – vermeld in de methoden-sectie – te voldoen. Bij deze zorgvuldig geselecteerde groep sprekers met VOD zijn we op zoek gegaan naar een afwijking in de spraak, waaraan als meest waarschijnlijke oorzaak een motorisch programmeringsprobleem ten grondslag ligt. Volgens het taal- en spraakproductiemodel van Levelt (1989) kunnen afwijkingen in de spraak het gevolg zijn van een foutieve foneem selectie of van een foutieve motorische programmering en uitvoering (fonetische realisatie). Een symptoom, waaraan een motorisch pro-

grammeringsprobleem ten grondslag ligt, geldt als beste bewijs voor het diagnostisch onderscheid tussen VOD enerzijds en spraakstoornissen van 'hogere' origine (dysfasie, taal-spraak-ontwikkelingsstoornis) anderzijds (Odell et al., 1990).

Het onderzochte kenmerk betreft de voice-onset-time (VOT) bij de stemhebbende en stemloze plofklanken /d/ en /t/. Blumstein et al. (1980) en Itoh et al. (1982) hanteerden in VOT-onderzoek bij volwassen apraxie patiënten de volgende redenering. De stemhebbendheid van plofklanken wordt articulatorisch gemarkeerd door VOT. Normale sprekers produceren een bimodale VOT-verdeling, met een vroege piek voor de stemhebbende /d/ en een late piek voor de stemloze /t/. Indien de spreker een fonemische selectiefout maakt, zal de gemeten VOT vallen in het VOT-gebied van de tegenovergestelde categorie. Bij een motorische programmerings- of uitvoeringsfout daarentegen, door de auteurs fonetische fout genoemd, zal de kans groot zijn dat de gemeten VOT niet binnen één van beide pieken in de bimodale verdeling valt. Indien een spreker of een groep sprekers veel van dergelijke fonetische fouten maakt, zal dit resulteren in een meer vlakke VOT-distributie. Deze redenering volgend vonden Itoh et al. (1982) dat de afwijkende produktie van VOT door apractische sprekers het gevolg lijkt van een foutieve temporele programmering, en niet van foutieve fonem-selectie. Dit laatste was het geval bij vloeiende afatici (afasie van Wernicke en conductie-afasie). Blumstein et al. (1980) vonden evidentie voor zowel fonemische als fonetische problemen in alle onderzochte groepen sprekers.

Concreet heeft dit onderzoek betrekking op de volgende vraagstellingen: Wijkt de verdeling van VOT's geproduceerd door kinderen met VOD af van die van normaal sprekende kinderen en volwassenen? En: is het zo, dat dit met name blijkt uit een groter percentage 'ambigue' VOT's, d.w.z. VOT's die liggen tussen de prototypische waarden voor de stemhebbende versus stemloze consonant van de oppositie?

Methode

Proefpersonen

Voor dit experiment werden tien kinderen met VOD geselecteerd uit een bredere onderzoekspopulatie van een onderzoeksproject naar de diagnostiek van neurogene spraakstoornissen dat wordt uitgevoerd aan het Interdisciplinair Kinderneurologisch Centrum (I.K.N.C.) van het Academisch Ziekenhuis St. Radboud te Nijmegen. De kinderen zijn afkomstig van een drietal scholen voor gehoor-, spraak- en taalgestoorde kinderen. Onderstaand volgt een korte beschrijving van de toegepaste selectieprocedure. Voor een uitgebreidere beschrijving wordt verwezen naar Thoonen et al. (in voorbereiding). De selectieprocedure is opgebouwd uit drie fasen. De eerste fase betreft een selectie op basis van een diagnostische classificatie van de spraakstoornis door de behandelend logopedist. Hiervoor werd de onderstaande lijst van selectiecriteria gebruikt:

1. leeftijd: 6;6 - 8;0 jaar,
2. evidentie voor veelvuldige articulatie-fouten tijdens spontane spraak,

3. gemiddelde intellectuele vaardigheden (verbaal IQ > 85; totaal IQ (performaal en verbaal) > 90),
4. leeftijds-adequate receptieve taalvaardigheden,
5. geen evidentie voor dysarthrie,
6. geen evidentie voor structurele afwijkingen aan de spraakorganen die ten grondslag zouden kunnen liggen aan de articulatieproblemen,
7. geen actuele gehoorproblemen, geen K.N.O.-problemen in het verleden en volgens toonaudiometrie ten hoogste 25 dB gehoorverlies aan het beste oor,
8. goede auditieve discriminatie (ADIT, Crul & Peters, 1976),
9. voldoende concentratievermogen voor het uitvoeren van de spreektaken,
10. geen duidelijk dialect,
11. weinig of geen progressie in articulatie ondanks intensieve en specifieke behandeling.

Vervolgens werden in de tweede fase van de selectieprocedure, de voor-geselecteerde kinderen gescreend op expressief taalvermogen, auditieve discriminatie, korte termijn geheugen voor verbale informatie, en oraal-motorische vaardigheden. In de derde fase van de selectieprocedure is aan de hand van opnames van \pm 10 minuten durende gesprekjes en 8 nagesproken zinnen een diagnostische beoordeling gegeven door twee ervaren logopedisten. Deze kregen opnames te horen van kinderen met en zonder spraakstoornissen, waarvan zij alleen de leeftijd en het geslacht wisten. Aan hen werd gevraagd op basis van het perceptieve oordeel het type spraakstoornis aan te geven. Zij hadden de keuze uit de volgende vijf typen spraakstoornissen: dysfasie, dysarthrie, verbale ontwikkelingsdyspraxie, functionele stoornissen en vertraagde spraak-taalontwikkeling. Indien er geen overeenstemming was tussen beide logopedisten werden de kinderen uitgesloten van deelname aan het onderzoek. Naast de beoordeling van het type spraakstoornis moest de ernst van de eventuele dyspraxie aangegeven worden op een driepuntschaal: licht, matig, ernstig. Er mocht geen sprake zijn van dysarthrie, terwijl lichte vertraging in spraak-taalontwikkeling, lichte functionele en dysfasische stoornissen wel werden geaccepteerd.

De controlegroep bestond uit tien kinderen, geselecteerd uit de middenbouwgroep van een basisschool te Eindhoven. De leeftijd van de kinderen lag tussen de 6;6 en 8;0 jaar. De selectie vond plaats op basis van een vragenlijst ingevuld door de leerkracht. Daarnaast werd een tweede controlegroep bestaande uit negen volwassenen toegevoegd (leeftijd tussen de 24 en 44 jaar). De volwassenen en de normaal sprekende kinderen werden geselecteerd volgens de volgende criteria:

1. geen afwijkende spraak; geen evidentie voor paralyse, parese of structurele afwijkingen van de spraakorganen,
2. normale intellectuele vaardigheden,
3. geen actuele gehoorproblemen, geen K.N.O.-problemen in het verleden,
4. geen duidelijk dialect.

Tabel 1. Overzicht van de gegevens van drie groepen proefpersonen: kinderen met verbale ontwikkelingsdyspraxie (VOD), normaal sprekende kinderen (NORM) en volwassenen (VOLW). De leeftijd (lft.) is bij de kinderen in jaren en maanden aangegeven en bij de volwassenen in jaren. De ernst van verbale dyspraxie is gebaseerd op de perceptieve beoordeling van twee logopedisten.

VOD	lft.	sexe	ernst verb.dyspr	NORM	lft.	sexe	VOLW	lft.	sexe
1	6;10	m	ernstig	11	7;11	v	21	35	m
2	7;11	m	matig	12	8;0	v	22	39	v
3	7;8	m	licht/matig	13	7;1	m	23	32	m
4	7;10	m	licht	14	7;7	v	24	32	m
5	7;5	v	matig	15	7;10	m	25	24	v
6	6;9	v	ernstig	16	7;10	v	26	44	v
7	7;7	m	licht	17	7;9	v	27	29	v
8	7;0	m	matig/ernstig	18	7;2	m	28	37	v
9	6;7	m	matig/ernstig	19	7;0	v	29	39	m
10	7;1	m	ernstig	20	7;0	m			
N=10 s=0;6 x=7;3 (gem.leeftijd) (standaarddeviatie)				N=10 s=0;6 x=7;6			N=9 s=6;1 x=34,6		

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van geslacht en leeftijd van de proefpersonen. Voor de kinderen met VOD is de ernst van de dyspraxie aangegeven overeenkomstig de beoordeling van de twee logopedisten uit de derde fase van de selectieprocedure. Bij proefpersoon 2 kon één van beide logopedisten dysarthrie niet met zekerheid uitsluiten. Omdat beide logopedisten éénsluitend een matige dyspraxie vaststelden, is besloten dit kind toch op te nemen in de proefpersonen groep van dit experiment.

Spraakmateriaal

De taak voor de proefpersonen bestond uit het nazeggen van een reeks eenvoudige, tweelettergrepige pseudo-woorden met stemhebbende en stemloze alveolaire plofklanken (/d/ en /t/) op de syllabe-initiale posities. De structuur van de targetwoorden was als volgt: /C₁VC₂C₃VC₄/, waarbij C₁, C₃ = /d/ of /t/, en C₂, C₄ = /s/ of /f/. Zowel de samenstellende lettergrepen als de tweelettergrepige combinaties daarvan waren betekenisloos. De klinkers waren: /a/, /α/, /i/, /u/, /o/, /ɔ/, /ɛ/ en /I/. Voor de volledige woordenset zie Appendix A. De targetwoorden werden voorgesproken door de experimentator en nagezegd door het kind met het woordje "zeg" ervoor, dus bijvoorbeeld "zeg tosdof".

De targetwoorden waren zodanig samengesteld, dat beide lettergrepen werden voorafgegaan door een stemloze frikatief: de syllabe-initiale /d/ of /t/ van de eerste lettergreep door de /x/ van "zeg", syllabe-initiale /d/ of /t/ van de tweede lettergreep door de eindfrikatief van de eerste lettergreep. Een belangrijk deel van de context is daarmee constant gehouden. In het Nederlands treedt bij frica-

regressieve assimilatie:

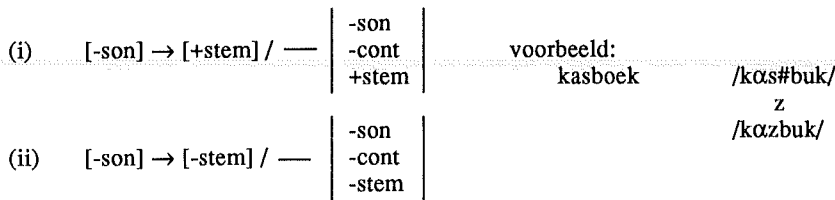


Fig. 1. Fonologische regressieve assimilatieregels. Een obstruent ([-son]) past zich wat betreft het kenmerk + of – stem aan, aan de opvolgende niet-continuante stemloze of stemhebbende obstruent. Het teken # geeft een syllabegrens aan (Trommelen & Zonneveld, 1982).

tieven gevolgd door plofklanken regressieve assimilatie op, zodat we mogen verwachten dat de stemloze fricatief niet van invloed is op de stemhebbendheid van de plofklank (Nooteboom & Cohen, 1984; Trommelen & Zonneveld, 1982; Catford, 1977). Deze fonologische regel wordt in Figuur 1 schematisch weergegeven. De resultaten uit assimilatie onderzoek van Slis (1985, 1986) tonen echter aan dat in de praktijk de bovengenoemde fonologische regel niet altijd teruggevonden wordt. Daarom werd besloten de pauzes vóór de alveolaire ploffers te meten; de redenering is, dat eventuele progressieve assimilatie niet zal optreden of minder sterk zal zijn naarmate de plofferpauze langer is.

Procedure

Voorafgaand aan de produktie van elk targetwoord werden eerst de samenstellende lettergrepen afzonderlijk als volgt geoefend. De experimentator sprak de eerste lettergreep met “zeg” ervoor, de proefpersoon moest dit naspreken. Was de imitatie naar het perceptieve oordeel van de experimentator correct, dan volgde de tweede lettergreep; was de imitatie niet correct, dan werd de procedure herhaald totdat een correcte imitatie werd ontlokt. Op deze manier was het uitgesloten dat de proefpersoon de /d/ of /t/ niet kon uitspreken of een andere klank waarnam dan werd voorgesproken. Na de oefenfase volgden drie opeenvolgende produkties van het gehele targetwoord met “zeg” ervoor, steeds eerst voorgesproken door de experimentator, gevolgd door imitatie door de proefpersoon. In deze fase kreeg de proefpersoon geen terugkoppeling meer over de kwaliteit van zijn of haar produkties.

De spreektaak werd bij de kinderen met VOD afgenomen als afsluiting van een screeningssessie van een half uur in het kader van het eerder genoemde onderzoek van het I.K.N.C. Bij de normaal sprekende kinderen werd eerst een aantal andere spreektaken afgenomen zodat de apparatuur juist ingesteld kon worden en de kinderen konden wennen aan de opnamesituatie. Tevens werden deze spreektaken gebruikt om, screenenderwijs, na te gaan of de normaal spre-

kende kinderen inderdaad geen dyspractische of andere afwijkende kenmerken in de spraak vertoonden. Bij de volwassenen is de spreektaak eveneens aan het einde van een screeningsessie afgenomen. De experimentator of logopedist nam de spreektaak af; een assistent bediende de opnameapparatuur. De afname van de spreektaak nam ongeveer 10 minuten in beslag.

Apparatuur

Bij de opnamen werd gebruik gemaakt van een Kenwood stereocassette-deck (type KX-1100HX). Naast een Prefer back-electret condensatormicrofoon (type MPR-45) met een frequentiebereik van 20-20.000 Hz en een supercardioid richtingskarakteristiek als tafelmicrofoon werd een Shure headset met een dynamische microfoon met een cardioid richtingskarakteristiek (type sm10A) gebruikt. De tafelmicrofoon werd op ca 25 cm van de proefpersoon geplaatst en de microfoon van de headset werd ca 1 cm voor de linker mondhoek van de proefpersoon geplaatst. Via deze microfoons, aangesloten op verschillende kanalen van het cassette-deck, werden de spraakuitingen op cassetteband vastgelegd.

De spraakuitingen van de twintig kinderen werden van cassetteband op een BASF studioband (ferro LH HiFi LP35) overgezet waarbij een high pass filter van 50 Hz is gebruikt om een eventuele omgevingsruis (veroorzaakt door netspanning) uit te filteren. Vervolgens werden met een sample frequentie van 10.000 Hz (SESAM; Broeder, 1990), de uitingen van de kinderen omgezet in digitale signalen. De uitingen van de volwassenen zijn op gelijke wijze gedigitaliseerd.

Perceptieve beoordeling

De 240 uitingen van de kinderen (20 kinderen, elk 3 realisaties van 4 targetwoorden) werden samen met 240 andere uitingen (een vergelijkbare set van 4 betekenisvolle targetwoorden, die niet verder werden geanalyseerd) van dezelfde twintig kinderen in randomvolgorde op band (BASF ferro LH HiFi LP35) gezet door middel van DA-conversie. Deze band is gekopieerd en aan vijf beoordelaars aangeboden samen met een scoreformulier. Aan de vijf beoordelaars werd gevraagd een oordeel te geven over de twee alveolaire plosieven in de uiting. De beoordelaars waren geoefende luisteraars, werkzaam op het gebied van spraak- en taalonderzoek aan de Katholieke Universiteit Nijmegen. De band werd beluisterd via een koptelefoon (Sennheiser) en een bandrecorder (Revox).

Het targetwoord stond afgedrukt op het scoreformulier. Bij het beoordelen moest een keuze worden gemaakt uit vijf categorieën. In Tabel 2 worden deze categorieën in een overzicht weergegeven. Aan de gerandomiseerde lijst (480 uitingen) ging een oefensessie van vijf uitingen vooraf en aan de werkelijke uitingen gingen vijf 'inwerk'-uitingen vooraf. De lijst werd afgesloten door vijf 'uitloop'-uitingen, zodat de beoordelaars in totaal 495 uitingen beoordeelden. De extra uitingen waren niet anders aangeduid op het scoreformulier dan de gerandomiseerde lijst, zodat de beoordelaars zich hiervan niet bewust waren.

De uitingen van de volwassenen zijn niet perceptief beoordeeld.

Tabel 2. Overzicht van de scoringscategorieën, waaruit de beoordelaars hun keuze konden maken bij de beoordeling van /d/'s en /t/'s.

scoringscategorieën				
1	2	3	4	5
target	distortie target	distorsie substitutie	substitutie	anders
d→d t→t	d→distorsie d t→distorsie t	d→distorsie t t→distorsie d	d→t t→d	omissie, andere substitutie, onherkenbare distorsie.

Akoestische analyse

Aan de hand van de AD-geconverteerde uitingen zijn VOT's van en pauze-duren vóór de alveolaire plosieven gemeten. Hierbij is gebruik gemaakt van een methode die eerder door verschillende onderzoekers gebruikt is (Baken, 1987; Slis, 1986; Freeman, Sands & Harris, 1978; Lisker & Abramson, 1964). Door inspectie van het oscillogram en het interactief plaatsen van markeringen en luisteren naar gemarkeerde segmenten werd het moment van de ruisburst, de steminzet en het begin van de voorafgaande stilte vastgesteld. Uit deze markeringen werden de VOT en de pauze vóór de burst berekend. Voor een uitvoeriger beschrijving van de akoestische analyse zij verwezen naar Lamers et al. (in voorbereiding). Uit de metingen bleek dat de verdeling van VOT's onafhankelijk was van pauzeduur. Dat wil zeggen, bij korte pauzes werden relatief evenveel prevoicings gemeten als bij langere pauzes. Hieruit kan worden afgeleid dat progressieve assimilatie geen rol heeft gespeeld.

Resultaten

Voice-onset-time (VOT)

De histogrammen in Figuur 2 zijn een weergave van de frequentieverdelingen van VOT's behorend bij de /d/'s en /t/'s van de volwassenen, de normaal sprekende kinderen, en de kinderen met VOD. In geen van de drie groepen is de VOT-verdeling bimodaal. Wel is bij de volwassenen de spreiding van de VOT's van zowel /d/ als /t/ kleiner dan bij de kinderen, en komen er bij de volwassenen geen /t/'s met prevoicing voor. Alle drie de groepen produceerden het merendeel van de /d/'s met positieve VOT. Hieronder worden de VOT-waarden geanalyseerd en gerelateerd aan de beoordelingen.

De gemiddelde VOT is voor de /d/ kleiner dan voor de /t/ (zie Tabel 3). In een variantie-analyse met als factoren Sprekersgroepen (volwassenen, normaal sprekende kinderen, kinderen met VOD), Klank (/d/ versus /t/) en Proefpersonen

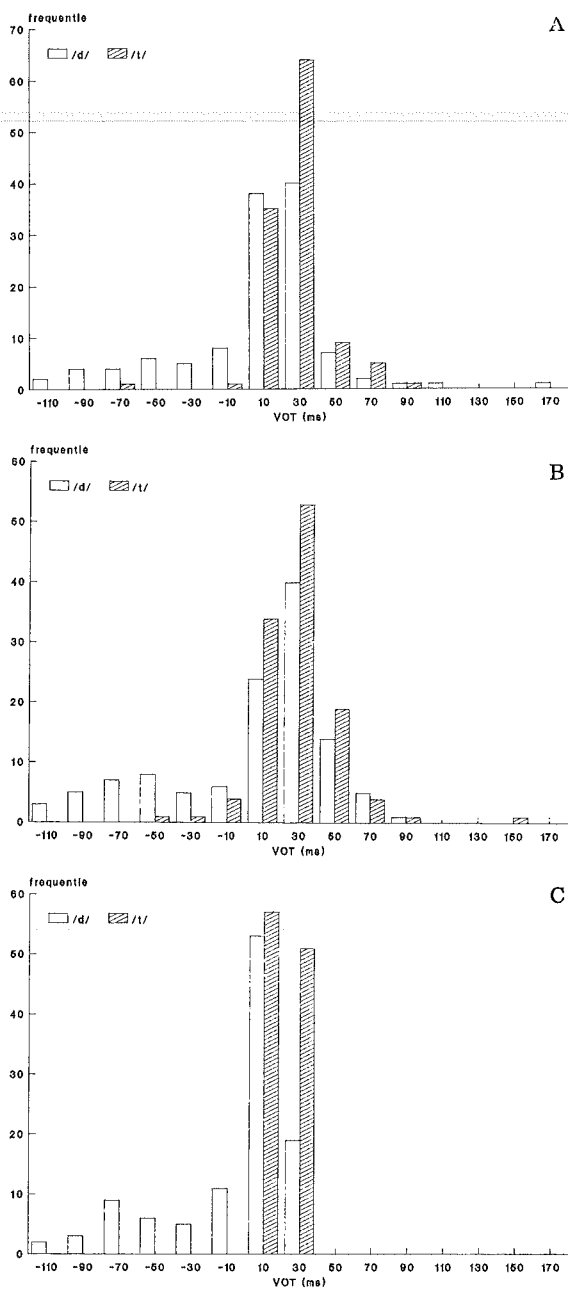


Fig. 2. De verdeling van de VOT's van de /d/'s en de /t/'s voor de normaal sprekende kinderen (2 A), de kinderen met VOD (2 B) en de volwassenen (2 C).

Tabel 3. Gemiddelde en standaarddeviatie van VOT's (in ms) van de klanken /d/ en /t/ per gemiddeld oordeel verdeeld in klasse 1 t/m 4 (1 = target: oordeel < 1.5; 2 = distorsie: $1.5 \leq$ oordeel < 2.5; 3 = ernstige distorsie: $2.5 \leq$ oordeel < 3.5; 4 = substitutie: $3.5 \leq$ oordeel) van de normaal sprekende kinderen, kinderen met VOD en volwassenen (zonder perceptieve oordelen).

	d				t			
	aantal	gemid. oord.	gemid. VOT	stand. dev.	aantal	gemid. oord.	gemid. VOT	stand. dev.
normaal sprekende kinderen	98	1	6.02	40.87	92	1	28.17	18.61
	19	2	28.16	36.94	24	2	24.41	15.36
	2	3	21.50	41.72	0	3		
	0	4			0	4		
totaal	119		9.82	40.80	116		27.40	17.99
kinderen met VOD	65	1	-13.63	47.81	83	1	30.93	15.75
	33	2	27.12	30.02	25	2	28.60	19.76
	16	3	37.81	18.03	7	3	44.71	47.36
	4	4	29.00	6.06	3	4	-34.00	20.52
totaal	118		6.19	45.12	118		29.60	22.25
volwassenen totaal	108		-3.78	35.42	108		20.82	6.05

binnen groepen als random variabele¹, blijkt de factor Klank een significant effect op VOT uit te oefenen ($F_{1,26} = 27.24$, $p < 0.01$). De groep volwassenen is de enige groep bij wie voor de /d/ een negatieve gemiddelde VOT werd gevonden. Het verschil tussen volwassenen en kinderen in Tabel 3 is echter niet significant (interactie tussen Sprekersgroepen en Klank: $F_{2,26} = 0.21$). Daarnaast is de standaarddeviatie voor zowel de /d/ als de /t/ het kleinst bij de volwassenen; bij de VOD groep worden de grootste standaarddeviaties gevonden.

Perceptieve beoordelingen

Vijf beoordelaars hebben hun oordeel gegeven over 960 /d/'s en /t/'s (20 kinderen, elk 24 uitingen met twee syllaben met een initiale /t/ of /d/) door te kiezen uit vijf categorieën. Categorie vijf (omissie, onherkenbare distorsie of vervanging door klank anders dan /d/ of /t/) werd door geen beoordelaar gebruikt. De overeenstemming tussen de beoordelaars werd getoetst m.b.v. de Fleiss-kappa (Fleiss, 1971). Berekend over het totaal van 960 oordelen werd een waarde voor kappa = 0.81, $z = 65.25$, gevonden, hetgeen hoog significant is ($p < 0.0001$). Dit betekent dat de perceptieve beoordelingen betrouwbaar waren.

In de verdere analyses van de resultaten zijn alleen de 480 /d/'s en /t/'s van de

betekenisloze uitingen betrokken. Van de vijf beoordelingen per /d/ of /t/ werd het gemiddelde berekend (waarde tussen 1 en 4). Ten behoeve van de frequentietelling in Tabel 3 werden de gemiddelde oordelen als volgt geclassificeerd:

- klasse 1: gemiddeld oordeel < 1.5: correct gerealiseerde /d/ of /t/,
- klasse 2: $1.5 \leq$ gemiddeld oordeel < 2.5: lichte distorsie van /d/ of /t/,
- klasse 3: $2.5 \leq$ gemiddeld oordeel < 3.5: ernstige distorsie van /d/ of /t/,
- klasse 4: $3.5 \leq$ gemiddelde oordeel: substitutie /d/ \leftrightarrow /t/.

In Tabel 3 is de frequentieverdeling van de geclassificeerde beoordelingen volgens bovenstaande indeling voor de beide groepen kinderen aangegeven. (De uitingen van de volwassenen zijn niet perceptief beoordeeld). De normaal sprekende groep produceerde 45 distorsies, 43 lichte en 2 ernstige, en geen substituties. Bij de VOD groep traden 81 distorsies op, 58 lichte en 23 ernstige; de VOD groep heeft 7 substituties geproduceerd. De combinatie van veel distorsies en enkele substituties past in de redenering van Blumstein et al. (1980) en Itoh et al. (1982), die argumenteren dat substituties extreme distorsies zijn. In de discussie komen we hierop terug.

In verband met de lage celfrequenties werd een chi-kwadraat toets uitgevoerd op de frekwentie van oordelen in klasse 1 versus de som van frequenties in klasse 2, 3, en 4, dat wil zeggen de correcte producties vergeleken met de foutieve producties (distorsie of substitutie). Uit de chi-kwadraattoets blijkt het grotere aantal afwijkende produkties van de kinderen met VOD significant ($chi^2 = 19.12$, $df = 1$, $p < 0.001$). Tevens werd getoetst of de target /d/ vaker als afwijkend geproduceerd beoordeeld is dan de target /t/. Van de normaal sprekende kinderen werden 21 /d/'s als afwijkend beoordeeld, tegenover 24 /t/'s; dit verschil is niet significant ($chi^2 = 0.35$, $df = 1$, $p = 0.50$). Bij de VOD groep zijn 53 /d/'s als afwijkend beoordeeld tegenover 35 /t/'s; dit verschil is wél significant ($chi^2 = 5.87$, $df = 1$, $p < 0.01$). De kinderen met VOD hadden blijkbaar meer moeite met de /d/ dan met de /t/.

Relatie tussen VOT en perceptieve beoordelingen

In Tabel 3 staan voor beide groepen kinderen per beoordelingsklasse de gemiddelde VOT voor de /d/ en /t/ afzonderlijk aangegeven. Bij zowel de normaal sprekende kinderen als de kinderen met VOD hebben de als goed beoordeelde /d/'s een lagere VOT dan de als afwijkend beoordeelde /d/'s; de VOT van de als afwijkend beoordeelde /d/'s wijkt af in de richting die men zou verwachten, namelijk in de richting van de /t/. Bij de /t/'s is dit niet zo duidelijk het geval: de correcte en afwijkende /t/'s van de normaal sprekende kinderen vertonen geen verschil in VOT, bij de kinderen met VOD wijkt alleen de VOT van de 3 substituties af in de richting van de /d/.

In een variantieanalyse op de VOT, met als factoren Sprekersgroepen (normaal sprekende kinderen versus kinderen met VOD), Klank (/d/ versus /t/), Oordeel (de ongeclassificeerde gemiddelde beoordeling), en Proefpersonen binnen groepen als een random factor (zie opmerking voetnoot 1), zijn Klank ($F_{1,18} =$

5.12, $p < 0.05$), Oordeel ($F_{3,26} = 3.15$, $p < 0.05$) en Proefpersonen binnen Sprekersgroepen ($F_{18,381} = 2.97$, $p < 0.01$) significant.

Discussie

In het hier beschreven experiment dat werd uitgevoerd met normaal sprekende kinderen, normaal sprekende volwassenen en kinderen met VOD, stonden de volgende vraagstellingen centraal: 1) Wijkt de verdeling van VOT's geproduceerd door kinderen met VOD af van die van normaal sprekende kinderen? en 2) Is het zo, dat dit met name blijkt uit een groter percentage 'ambigue' VOT's, d.w.z. VOT's die liggen tussen de prototypische waarden voor de stemhebbende versus stemloze consonant van de oppositie?

In het experiment werd gebruik gemaakt van perceptieve oordelen en akoestische metingen. Uit de perceptieve oordelen van vijf geoefende luisteraars bleken de kinderen met VOD veel meer distorsies te hebben geproduceerd dan de normaal sprekende kinderen. Daarnaast vertoonden de kinderen met VOD, in tegenstelling tot de normaal sprekende kinderen, enkele substituties. Deze perceptieve oordelen worden ondersteund door de VOT-metingen van met name de /d/'s: de als afwijkend beoordeelde /d/'s bleken gemiddeld een hogere VOT-waarde, dat wil zeggen in de richting van de /t/, te hebben dan de als correct beoordeelde /d/'s. Voor de /t/'s was dit minder duidelijk het geval; daar gold het alleen de substituties /d/ → /t/. Volgens de in de inleiding gehanteerde redenering worden distorsies als afwijkingen van motorische (fonetische) origine opgevat. Het ligt dan voor de hand om de substituties op te vatten als zeer ernstige distorsies, zo ernstig dat de beoordelaars de tegenovergestelde categorie waarnamen. Deze distorsies zouden dan eveneens van motorische origine zijn. De alternatieve verklaring, dat kinderen met VOD naast motorische afwijkingen bovendien zeldzame fonemische selectie-fouten maken, kan niet worden uitgesloten, maar is uit zuinigheidsoverwegingen minder aantrekkelijk. Dit leidt tot de conclusie dat aan de spraaksymptomen bij VOD motorische programmeringsfouten ten grondslag liggen.

In het onderzoek bij kinderen met VOD doet zich nog een extra complicerende factor voor. Immers, een spraakmotorische tekortkoming bij een jong kind heeft niet alleen effect op het uitvoeren van reeds over-geleerde bewegingspatronen, zoals bij volwassenen met een verworven apraxie het geval is, maar vormt ook een belemmering voor de normale acquisitie van bewegingspatronen. Het uiteenrafelen van symptomen die direct door de stoornis worden veroorzaakt en symptomen die het gevolg zijn van afwijkende acquisitie is een complexe aangelegenheid. Zowel bij de normaal sprekende kinderen en de volwassenen als bij de kinderen met VOD vonden we geen bimodale VOT-verdeling voor de /d/ en /t/ zoals Lisker en Abramson (1964) hebben beschreven voor volwassenen. Bij de drie groepen sprekers was de spreiding van de VOT voor de /d/ groter dan voor

de /t/ en vertoonden de VOT-gebieden van de /d/ en /t/ overlap. Bij de volwassenen was voor beide klanken de spreiding van VOT het kleinst en vertoonden de VOT-verdelingen het minste overlap. Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar de ontwikkeling van articulatoire coördinatie en timing. Zlatin en Koenigsknecht (1976) vonden bij verschillende leeftijdsgroepen (2 jaar, 6 jaar en volwassenen) verschillen in VOT-verdelingen van stemhebbende en stemloze plosieven. Zij vonden in het Engels bij volwassenen voor /d/ en /t/ een bimodale VOT-verdeling zonder overlap, met prevoicing voor de /d/'s en lange voicing-lags voor de /t/'s. De stabiliteit binnen de volwassen proefpersonen was groot. Bij kinderen van twee jaar daarentegen was de stabiliteit van de VOT binnen proefpersonen gering. Bij kinderen van zes jaar was de stabiliteit van de VOT binnen proefpersonen groter dan bij de twee-jarigen, was ook bimodaal, maar vertoonde nog overlap. Daarentegen vond Baken (1987) dat er na het zesde jaar geen overlap meer is van de VOT-gebieden van de stemhebbende en stemloze consonantoppositie. Volgens de resultaten van Kent (1976), die naast VOT ook andere aspecten van spraak heeft onderzocht, bereiken articulatoire coördinatie en timing pas op de leeftijd van ongeveer elf jaar het niveau van volwassenen. Omdat er in ons onderzoek bij géén van de drie onderzochte sprekersgroepen een bimodale verdeling werd gevonden, moeten wij concluderen dat het gevonden verschil tussen de groep kinderen met VOD en de groep normaal sprekende kinderen niet kwalitatief, maar kwantitatief van aard is: beide groepen produceren ambigue VOT's, maar de kinderen met VOD produceren er méér dan de normaal sprekende kinderen.

Het perceptieve oordeel of er een /d/ of /t/ geproduceerd werd, wordt niet alleen gebaseerd op VOT, maar ook op secundaire akoestische kenmerken, zoals het grondtoonverloop, de intensiteit van de ruisburst, duur van de ruisburst en aspecten van aangrenzende klinkers (Catford, 1977; Slis, 1985). Onbekend is welke secundaire kenmerken de beoordelaars in dit experiment bij de normaal sprekende kinderen en bij de kinderen met VOD hebben gehanteerd om te bepalen of de plosief stemhebbend of stemloos was. Het is niet uitgesloten dat de waarneming van afwijkende spraak, zoals die van kinderen met VOD, aanleiding geeft tot het hanteren van andere criteria of andere akoestische kenmerken dan bij de waarneming van normale spraak. Wellicht is het zo dat de kinderen met VOD de secundaire kenmerken minder systematisch realiseren, zodat ze een groter VOT-contrast moeten realiseren dan de normaal sprekende kinderen om een zelfde fooneemwaarneming bij de luisteraar teweeg te brengen. Het verschil tussen /d/ en /t/ bedraagt bij de kinderen met VOD 44 ms en bij de normaal sprekende kinderen 22 ms (dit verschil is overigens niet significant). De gemiddelde VOT van de als lichte distorsie beoordeelde /d/'s is voor kinderen met VOD en normaal sprekende kinderen gelijk, en verschilt van de als goed beoordeelde /d/'s in de verwachte richting. Voor de /t/ is het VOT-patroon niet zo duidelijk. De ernstig vervormde /t/'s van de kinderen met VOD hebben een langere voicing-lag dan de als goed beoordeelde /t/'s, in tegengestelde richting als werd verwacht. Het is

zeer waarschijnlijk dat een verklaring hiervoor moet worden gezocht in de secundaire akoestische kenmerken.

Samengevat

Er werd een kwantitatieve afwijking gevonden in de VOT-verdelingen voor de /d/ en /t/ van kinderen met een verbale ontwikkelingsdyspraxie ten opzichte van normaal sprekende kinderen. De combinatie van perceptieve oordelen en VOT-metingen vormt een ondersteuning voor de hypothese, dat aan verbale ontwikkelingsdyspraxie (mede) een motorische programmeringsstoornis ten grondslag ligt.

Noot

1. Het feit dat Proefpersonen binnen groepen wordt opgevat als random variabele betekent voor de variantie-analyse, dat alle factoren en interacties tussen factoren worden getoetst tegen de interactie met Proefpersonen binnen groepen. Dat wil zeggen, Sprekersgroepen tegen Proefpersonen binnen groepen, en Klank en Klank * Sprekersgroepen tegen Klank * Proefpersonen binnen Sprekersgroepen.

Summary

This study addresses the hypothesis that the underlying impairment in developmental verbal dyspraxia (DVD) is not a phonemic selection problem, but a phonetic impairment concerning motor-programming and execution. In 10 children with DVD (aged 6 to 8 years), 10 normal-speaking control children, and 9 adults voice-onset-times (VOT's) of spoken /d/'s and /t/'s – embedded in two-syllabic words – were acoustically measured. Moreover, perceptual judgements on the quality of the /d/'s and /t/'s spoken by the children were obtained. None of the three speaker-groups showed a bimodal VOT distribution, and overlap between VOT distributions of /d/'s and /t/'s, as well as standard deviations, was largest for the children with DVD and smallest for adults. More realisations of /d/'s and /t/'s from the children with DVD were judged as distorted, and distortions were more serious, than was the case in the control-children. VOT's of distorted /d/'s went in the direction of the /t/. These quantitative differences between the three groups of speakers suggest differences in motoric programming and execution.

Dankwoord

Onze dank gaat uit naar de leerlingen en medewerkers van de scholen Martinus van Beekschool te Nijmegen, De Horst in Eindhoven, de Dr. Boschschool in Arnhem en de Bijenkorfsschool in Eindhoven. Zonder hun medewerking had het onderzoek geen doorgang kunnen vinden. Drs. Jan Wit danken wij voor het afnemen van de spreektaak bij de kinderen. De luisteraars en de logopedisten Bert de Swart en Karen Degen danken wij voor hun beoordelingen.

Literatuur

- Baken, R.J. (1987). Clinical measurement of speech and voice. Boston: Little, Brown & Company (Inc.).
- Blumstein, S.E., Cooper, W.E., Goodglass, H., Statlender, S. & Gottlieb, J. (1980). Production deficits in aphasia: a voice-onset time analysis. *Brain and Language*, 9, 153-179.
- Broeder, D. (1990). SESAM Manual. SPIN/ASSP report 24.
- Catford, J.C. (1977). Fundamental problems in phonetics. Edinburgh: University Press.
- Crul, A.M. & Peters, H.F.M. (1976). Auditieve Discriminatie Test. Amsterdam: Swets & Zeitlinger B.V.
- Darley, F.L., Aranson, A.F., & Brown, J.R. (1975). Motor speech disorders. Philadelphia-London: W.B. Saunders.
- Edwards, M. (1984). Disorders of articulation. Aspects of dysarthria and verbal dyspraxia. Wyke, B.D. (Ed.) *Disorders of Human Communication*, 7. Wenen/New York: Springer-Verlag.
- Ekelman, B. L. & Aram, D. M. (1984). Spoken syntax in children with developmental verbal dyspraxia. *Seminars in Speech and Language*, 5, 97-109.
- Freeman, F.J., Sands, E.S. & Harris, K.S. (1978). Temporal coordination of phonation and articulation in a case of verbal apraxia: a voice onset study. *Brain and Language*, 6, 106-111.
- Fleiss, L.J. (1971). Measuring nominal scale agreement among many raters. *Psychological Bulletin*, 76, 378-382.
- Guyette, T.W. & Diedrich, W.M. (1981). A critical review of developmental apraxia of speech. *Speech and Language: Advances in basic research and practice*, 5, 1-49.
- Horwitz, S.J. (1984). Neurological findings in developmental verbal apraxia. *Seminars in Speech and Language*, 5, 111-118.
- Itoh, M., Sasanuma, S., Tatsumi, I.F., Murakami, S., Fukusako, Y. & Suzuki, T. (1982). Voice onset time characteristics of apraxia of speech. *Brain and Language*, 17, 193-210.
- Itoh, M., Sasanuma, S., Ushijima, T. (1979). Velar movements during speech in a patient with apraxia of speech. *Brain and Language*, 7, 227-239.
- Kent, R.D. (1976). Anatomical and neuromuscular maturation of the speech mechanism: evidence from acoustic studies. *Journal of Speech and Hearing Research*, 2, 421-445.
- Kent, R.D. & Rosenbek, J.C. (1983). Acoustic patterns of apraxia of speech. *Journal of Speech and Hearing Research*, 26, 231-249.
- Lamers, M. (1990). De consonantoppositie d/t bij kinderen met verbale ontwikkelingsdyspraxie. Doctoraalscriptie Spraak- en Taalpathologie Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Lamers, M., Maassen, B., Thoonen, G. & Wit, J. (in voorbereiding). Akoestisch meten aan syllaben: duur, VOT en intensiteit (technisch paper).
- Levelt, W.J.M. (1989). Speaking: from intention to articulation. London: The MIT Press.
- Lisker, L. & Abramson, A.S. (1964). A cross language study of voicing in initial stops: acoustical measurements. *Word*, 20, 384-422.
- MLCoch, A.G. & Noll, J.D. (1980). Speech production models as related to the concept of apraxia of speech. *Speech and Language: Advances in basic research and practice*, 4, 201-237.
- MLCoch, A.G. & Square, P.A. (1984). Apraxie of speech: articulatory and perceptual factors. *Speech and Language: Advances in basic research and practice*, 10, 1-57.
- Nooteboom, S.G. & Cohen, A. (1984). Spreken en verstaan: een nieuwe inleiding tot de experimentele fonetiek. Assen: Van Gorcum.

- Odell, K., McNeil, M.R., Rosenbek, J.C. & Hunter, L. (1990). Perceptual characteristics of consonant production by apraxic speakers. *Journal of speech and hearing disorders*, 55, 345-359.
- Slis, I.H. (1985). The voiced-voiceless distinction and assimilation of voice in Dutch. Helmond: Dissertatie Drukkerij Wibro.
- Slis, I.H. (1986). Assimilation of voice in Dutch as a function of stress, word boundaries, and sex of speaker and listener. *Journal of Phonetics*, 14, 311-326.
- Square-Storer, P.A. & Apeldoorn, S. (1991). An acoustic study of apraxia of speech in patients with different lesion loci. In: A. Moore, K.M. Yorkston, D.R. Beukelman (Eds.), *Dysarthria and Apraxia of Speech*. London: Paul Brookes Publ.Comp.
- Stes, R. *Articulatiestoornissen, deel 3: neurogene articulatiestoornissen: dysarthrie en apraxie van de spraak*. Leuven: Acco, 1986.
- Thoonen, G., Maassen, B., Wit, J., Gabreëls, F. & Schreuder, R. (in voorbereiding). Developmental Verbal Dyspraxia (DVD): subject selection criteria and quantitative assessment of speech.
- Trommelen, M. & Zonneveld, W. (1982). *Inleiding in de generatieve fonologie*. Muiderberg: Coutinho.
- Yoss, K.A. & Darley, F.L. (1974). Developmental apraxia of speech in children with defective articulation. *Journal of Speech and Hearing Research*, 17, 399-416.
- Zlatin, M.A. & Koenigsnecht, R.A. (1976). Development of the voicing contrast: a comparison of voice onset time in stop perception and production. *Journal of Speech and Hearing Research*, 19, 93-111.

Appendix A

Materiaal Spreektaak

oefenwoord

Zeg das.

Zeg dief.

Zeg dasdief. Zeg dasdief. Zeg dasdief.

betekenisdragende woorden

Zeg das.

Zeg doek*.

Zeg dasdoek. Zeg dasdoek. Zeg dasdoek.

Zeg tas.

Zeg doos.

Zeg tasdoos. Zeg tasdoos. Zeg tasdoos.

Zeg das.

Zeg tas.

Zeg dastas. Zeg dastas. Zeg dastas.

Zeg tas.

Zeg ton*.

Zeg taston. Zeg taston. Zeg taston.

(Het was niet mogelijk alle betekenisdragende woorden met een stemloze fricatief te laten eindigen; deze woorden zijn aangegeven met een*.)

betekenisloze woorden

Zeg dis.

Zeg daaf.

Zeg disdaaf. Zeg disdaaf. Zeg disdaaf.

Zeg tos.

Zeg doef.

Zeg tosdoef. Zeg tosdoef. Zeg tosdoef.

Zeg dis.

Zeg tos.

Zeg distos. Zeg distos. Zeg distos.

Zeg tes.

Zeg taf.

Zeg testaf. Zeg testaf. Zeg testaf.