

## Effect van cochleaire implantatie op de spraak van postlinguaal dove volwassenen

M.C. Langereis, A.J. Bosman, A.F. van Olphen en G.F. Smoorenburg

*Experimentele Audiologie, Keel, Neus en Oorheelkunde, Academisch Ziekenhuis Utrecht*

Deze studie heeft zich gericht op de invloed van cochleaire implantatie op de spraak van twintig post-linguaal dove volwassenen. Pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie zijn bandopnamen gemaakt. Post-implantatie zijn ook bandopnamen gemaakt met het implantaat uitgeschakeld. Het spraakmateriaal bestond uit lijsten van h-klinker-t lettergrepen, een leestekst en een fragment spontane spraak.

De eerste en tweede formant en de verstaanbaarheid werden bepaald voor de h-klinker-t lettergrepen. De gemiddelde spreektoonhoogte ( $f_0$ ) en het bereik waarover de  $f_0$  varieerde werden bepaald voor de leestekst. Het nasaliteitspercentage werd bepaald voor een standaard leestekst en twee non-nasale zinnen. Tenslotte werd het fragment spontane spraak beoordeeld door studenten logopedie. Twaalf maanden post-implantatie, met het implantaat aan, vonden we dat abnormaal hoge  $f_0$  waarden in de richting van de normaalwaarden veranderden. Bovendien vonden we een afname in het bereik waarover de  $f_0$  varieerde voor de meeste implantaatgebruikers die pre-implantatie een te groot bereik hadden. Zowel de formant metingen als de klinkeridentificatie experimenten laten een verbetering zien van de klinkerproducties. De nasaliteitsmetingen laten geen significante verschillen zien tussen de meetmomenten. Niettemin kunnen individueel afwijkende nasaliteitspercentages verbeteren na cochleaire implantatie. De subjectieve metingen laten significante verbeteringen zien in stemaspecten en klinkerproducties vergeleken met voor de implantatie. Concluderend kan gezegd worden dat post-linguaal dove volwassenen de auditieve informatie van het implantaat gebruiken om hun spraak te verbeteren.

## Inleiding

De literatuur met betrekking tot spraakproductie en doofheid is hoofdzakelijk gericht op de spraakproductie van prelinguaal doven. Aanzienlijk minder onderzoek is gedaan naar de effecten van postlinguale doofheid op de spraakproductie. De literatuur over prelinguale doofheid laat duidelijk zien dat de spraak van prelinguaal doven afwijkt van de spraak van normaal-horenden. Dit geldt zowel voor de segmentele aspecten als de supra-segmentele aspecten van de spraak. Daarentegen is de literatuur met betrekking tot de invloed van post-linguale doofheid op de spraakproductie nogal tegenstrijdig. Enkele onderzoekers (Lane & Tranel, 1971; Ling, 1976; Conrad, 1979; Goehl & Kaufman, 1984) geven aan dat post-linguale doofheid niet of nauwelijks leidt tot afwijkingen in de spraakproductie. Zimmermann en Rettaliata (1981) suggereren echter dat een continue stroom van auditieve informatie wel een rol speelt in het behouden van de aangeleerde motorische patronen van spraak. Zij laten zien dat de spraak van post-linguaal dove volwassenen geleidelijk achteruit gaat. Dit toont aan dat de auditieve informatie van belang is voor het behoud van normale spraakproductie. Negatieve effecten van post-linguale doofheid op de kwaliteit van de spraak worden ook vermeld door Cowie, Douglas-Cowie, Phil and Kerr (1982), Cowie en Douglas-Cowie (1983), Leder, Spitzer en Kirchner (1987), Leder en Spitzer (1990), Waldstein (1990), Lane en Webster (1991), Plant en Hammerberg (1983) en Plant (1993). In een aantal studies (Cowie e.a. 1982; Read 1989) werden aanzienlijke interindividuele verschillen gevonden in de spraak van post-linguaal dove volwassenen. Daarnaast gaven enkele studies (Plant en Hammarberg, 1983; Cowie & Douglas-Cowie, 1982) aan dat doof worden in de eerste twintig levensjaren een groter negatief effect heeft op de kwaliteit van de spraak dan doof worden op latere leeftijd. De negatieve effecten van de afwezigheid van auditieve feedback op de kwaliteit van de spraak komen vaker voor op het supra-segmentele niveau dan op het segmentele niveau. Niettemin, worden afwijkingen op het segmentele niveau gevonden in verscheidene studies (Waldstein, 1990; Leder & Spitzer, 1990; Plant, 1993; Lane & Webster, 1991).

Samenvattend kan gezegd worden dat post-linguale doofheid kan leiden tot een vermindering van de kwaliteit van de spraak, zowel op supra-segmenteel als op segmenteel niveau. Dit geeft aan dat continue auditieve feedback van groot belang is voor de spraakproductie.

Cochleaire implantaten geven post-linguaal doven de mogelijkheid hun eigen spraak opnieuw te horen. Als gevolg hiervan kunnen wij een invloed van de gedeeltelijk herstelde spraakperceptie op de spraakproductie verwachten. In de literatuur staan verschillende effecten van cochleaire implantatie op de spraakproductie beschreven. Effecten ten aanzien van zowel suprasegmentele (Kirk & Edgerton, 1983; Plant & Oster, 1986; Oster, 1987; Leder e.a. 1987; Read, 1989; Tartter, Chute & Hellman 1989; Plant, 1993) als segmentele (Tartter e.a. 1989; Econoumou, Tartter, Chute & Hellman, 1992; Perkell, Lane, Svirsky & Webster, 1992; Plant, 1993; Lane, Wozniak & Perkell, 1994) aspecten worden vermeld. Echter, de meeste studies zijn case-studies of beperken zich tot een klein aantal sprekers. De literatuur laat tegen-

Table 1. Informatie over de implantaatgebruikers, die deelnemen aan dit onderzoek, en het implantaat dat zij droegen. De implantaatgebruikers zijn geordend naar sexe en duur van doofheid. Voor uitleg zie tekst.

	sexe	leeftijd	aetiologie	duur van doofheid		aantal actieve elektroden		gem. dynamisch bereik (NE)		stimulus strategie		CVC foneem score (%)	
				in jaren	3m	12m	3m	12m	3m	12m	3m	12m	
1	m	29	meningitis	1	22	21	48.7	77.9	f <sub>0</sub> /F <sub>1</sub> /F <sub>2</sub>	f <sub>0</sub> /F <sub>1</sub> /F <sub>2</sub>	54.0	47.6	
2	m	64	progressief otosclerose	1	19	18	43.7	63.5	mpeak	mpeak	55.9	40.7	
3	m	51	otosclerose	3	22	22	33.3	29.5	mpeak	mpeak	6.9	-	
4	m	28	meningitis	9	20	20	20.8	29.3	mpeak	mpeak	19.0	28.5	
5	m	29	meningitis	12	22	22	49.8	49.8	mpeak	mpeak	27.4	37.5	
6	m	32	meningitis	22	11	11	58.4	55.8	f <sub>0</sub> /F <sub>1</sub> /F <sub>2</sub>	f <sub>0</sub> /F <sub>2</sub>	11.3	9.2	
7	m	33	meningitis	24	22	22	60.8	81.9	f <sub>0</sub> /F <sub>1</sub> /F <sub>2</sub>	f <sub>0</sub> /F <sub>1</sub> /F <sub>2</sub>	4.3	27.6	
8	m	51	meningitis	40	22	22	30.4	34.9	mpeak	mpeak	0.0	21.5	
9	v	65	otosclerose	2	16	16	30.9	26.8	mpeak	mpeak	13.0	23.8	
10	v	52	meningitis	3	20	15	47.8	46.2	mpeak	mpeak	28.5	28.8	
11	v	40	otitis	4	21	16	27.7	7.8	mpeak	mpeak	13.2	27.1	
12	v	37	progressief onbekend	5	18	18	17.6	12.6	mpeak	mpeak	32.5	35.9	
13	v	33	otosclerose	5	18	14	33.1	21.9	mpeak	f <sub>0</sub> /F <sub>1</sub> /F <sub>2</sub>	2.7	3.5	
14	v	49	otosclerose	6	20	20	21.7	21.7	mpeak	mpeak	35.1	30.0	
15	v	54	onbekend	7	22	22	27.1	27.1	mpeak	mpeak	45.8	43.1	
16	v	68	onbekend	8	22	20	28.1	17.6	mpeak	f <sub>0</sub> /F <sub>1</sub> /F <sub>2</sub>	22.6	22.3	
17	v	40	progressief otitis	11	20	20	24.1	18.7	mpeak	mpeak	36.0	41.5	
18	v	43	otitis	39	17	14	4.7	7.6	mpeak	mpeak	5.5	10.4	
19	v	56	onbekend	41	16	12	9.9	17.8	mpeak	mpeak	9.4	13.0	
20	v	57	meningitis	47	20	20	14.6	19.8	mpeak	mpeak	2.7	11.8	

Alle implantaatgebruikers hebben een MSP-processor, behalve 1, 6 en 7. Zij hebben een WSP-processor. Het gemiddelde dynamische bereik over alle elektroden is weergegeven in Nucleus eenheden.

strijdige resultaten zien, wat het gevolg kan zijn van de grote interindividuele verschillen en het beperkt aantal sprekers binnen de studies.

Het eerste doel van het huidige onderzoek was evaluatie van het effect van cochleaire implantatie op de kwaliteit van de spraak van post-linguaal dove volwassenen. Vanwege het feit dat de postlinguaal doven een heterogene groep vormen, heeft dit onderzoek zich gericht op evaluatie van de spraak van een grote groep van twintig post-linguaal dove volwassenen. Het tweede doel van dit onderzoek was het ontwikkelen van materiaal en methoden voor evaluatie van de kwaliteit van de spraak.

## Methoden

### *Implantaatgebruikers*

Twintig post-linguaal dove volwassenen (twaalf vrouwen en acht mannen) deden mee aan dit onderzoek. De duur van de doofheid varieerde van 1 tot 47 jaar (gem.: 14.5 jaar) en de leeftijd van de implantaatgebruikers varieerde van 28 tot 65 jaar (gem. 45;6 jaar). Alle implantaatgebruikers gebruikten het Nucleus 22 cochleair implantaat. Zeventien implantaatgebruikers gebruikten de Mini-MSP (Mini-Speech-Processor)-versie en drie de WSP (Wearable-Speech-Processor)-versie van de processor (Skinner, 1991). Na implantatie kregen de implantaatgebruikers alleen auditieve training. Er werd geen expliciete spraaktherapie gegeven. Tabel 1 geeft aanvullende informatie over de implantaatgebruikers.

### *Materiaal*

Pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie zijn bandopnamen gemaakt. Post-implantatie zijn ook opnamen gemaakt met het implantaat uitgeschakeld. In de implantaat-uit conditie gebruikten de implantaatgebruikers het implantaat niet gedurende een half uur voorafgaande aan de opname. Het spraakmateriaal bestond uit spraaksamples, die zijn ontlokt door de implantaatgebruikers lijsten te laten voorlezen van lettergrepen bestaande uit initiale /h/, klinker en een finale /t/ (3 producties van de klinkers /ɑ, ε, ɔ, ʌ, I, i, a, e, y, u, o/), een leestekst te laten voorlezen en een fragment spontane spraak.

### *Beoordeling spraakmateriaal*

1. De eerste ( $F_1$ ) en tweede formant ( $F_2$ ) frequenties werden bepaald voor de h-klinker-t lettergrepen met behulp van een LPC-analyse.
2. De klinkerverstaanbaarheid voor alle implantaatgebruikers werd bepaald in achtergrondruis door een panel van 24 ongetrainde luisteraars. De gemiddelde signaal/ruis verhouding was -10 dB. Er is gebruik gemaakt van een gesloten-set identificatie taak. De respons-set bevatte alle 15 nederlandse klinkers, dus ook klinkers niet aanwezig in de stimulus-set. De gevraagde respons van de luisteraars was het aanklikken van de waargenomen klinker weergegeven op een computerscherm met behulp van een muis. Mogelijke effecten van de volgorde van presenteren van de verschillende spraak

- productie condities zijn geminimaliseerd.
3. De klinkerverstaanbaarheid voor zeven 'zwakke' sprekers werd bepaald zonder achtergrondruis door een panel van 12 ongetrainde luisteraars. Er is gebruik gemaakt van dezelfde taak als vermeld bij nummer 2.  
Ook bij dit experiment is rekening gehouden met mogelijke effecten als gevolg van de volgorde van presenteren van de verschillende condities.
  4. De gemiddelde spreektoonhoogte ( $f_0$ ) en het bereik waarover  $f_0$  varieerde binnen een implantaatgebruiker tijdens het lezen van een tekst, werden bepaald. De  $f_0$ -waarden werden bepaald met behulp van een LPC-analyse.
  5. Het nasaliteitspercentage voor de standaard leestekst en twee zinnen zonder nasalen werd bepaald met behulp van de nasometer. De werking van de nasometer is gebaseerd op het vergelijken van het akoestisch signaal dat tijdens het spreken uit de mond komt met dat wat uit de neus komt. Vervolgens wordt de verhouding tussen de sterkte van het nasale signaal en de som van het nasale+orale signaal bepaald. Deze verhouding wordt weergegeven in het nasaliteitspercentage.
  6. Perceptuele evaluatie van de spraakproductie. Derde jaars studenten van een Logopedie opleiding beoordeelden de spraakproductie op 21 items, betreffende zowel segmentele als supra-segmentele aspecten van de spraakproductie (weergegeven in tabel 2). De oordelen waren gebaseerd op fragmenten spontane spraak. Mogelijke gevolgen van de volgorde van presenteren van de verschillende condities zijn geminimaliseerd.

### *Statistische analyses*

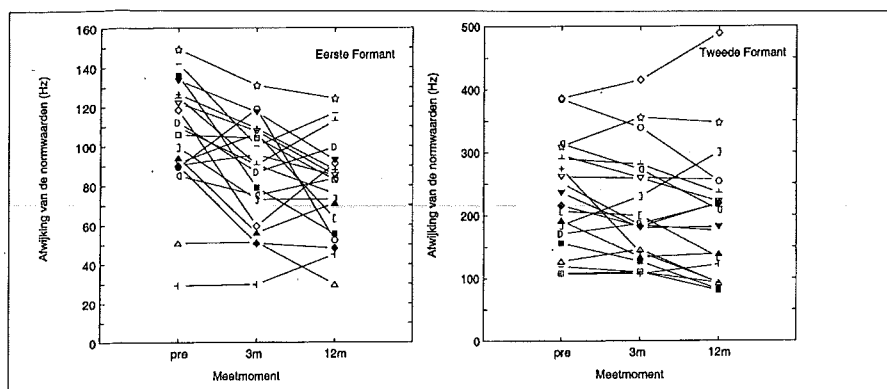
Het effect van de verschillende condities (pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aan en uitgeschakeld) op verkregen scores werd getest met behulp van een variantie-analyse (CSS Statistica). Wanneer een significant effect werd gevonden, werd een post-hoc analyse (Tukey's Honestly Significant Difference test, HSD) uitgevoerd. Bovendien werden uitkomsten van de onderzoeken indien mogelijk vergeleken met bestaande gemiddelde waarden voor normaal-horenden.

## **Resultaten**

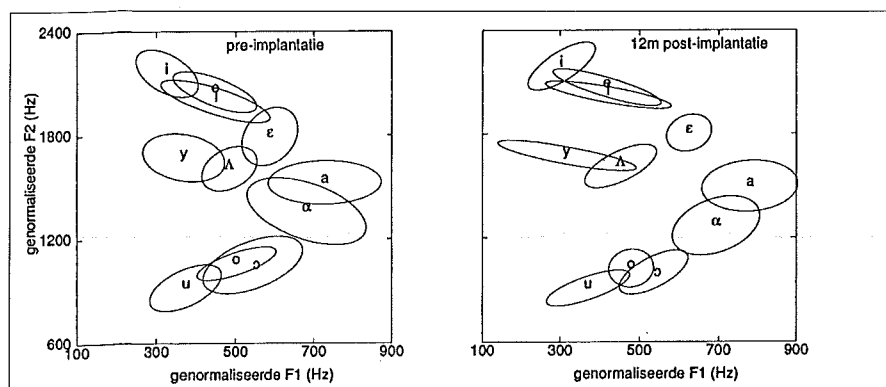
### *1. Formant metingen*

De afstanden van de formantwaarden  $F_1$  en  $F_2$  van de implantaatgebruikers tot de normaalwaarden (Pols, 1973; Van Nierop, 1973) in de condities pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aangeschakeld staan weergegeven in figuur 1.

Twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aangeschakeld vonden we een significante afname van de afwijking van de  $F_1$  ( $p < 0.01$ ) en  $F_2$  ( $p < 0.05$ ) van de gemiddelde waarde voor normaalhorenden (verder normaalwaarden genoemd) ten opzichte van pre-implantatie. Bovendien zagen wij twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aan een significante toename in de clustering van de individuele



Figuur 1. De afstanden van de formantwaarden  $F_1$  en  $F_2$  tot de normaalwaarden van de 20 implantaatgebruikers in de condities pre-implantatie en drie (3m) en twaalf maanden (12m) post-implantatie met het implantaat aan.

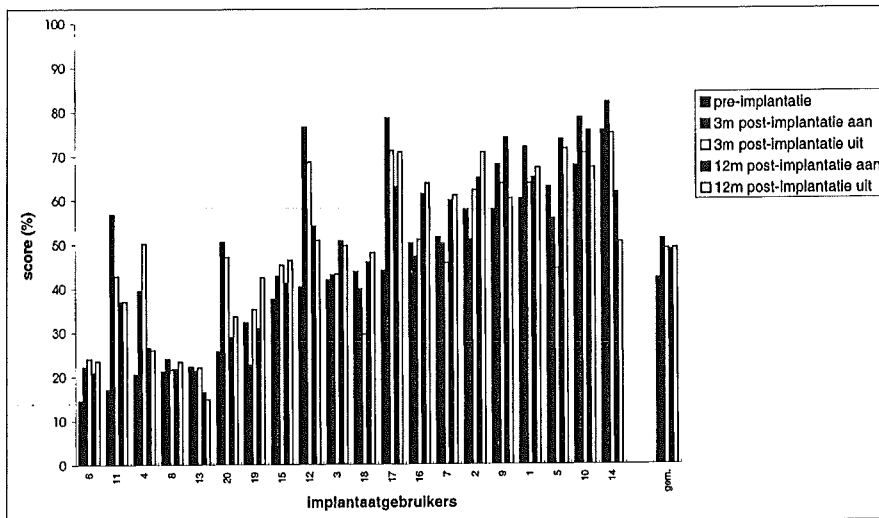


Figuur 2. Het gemiddelde en de standaard deviatie van de  $F_1$  en  $F_2$  frequenties na normalisatie voor de 11 klinkers pre-implantatie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aangeschakeld. De oriëntatie van de ellipsen geeft de correlatie weer tussen de beide formant frequenties.

klinkers (figuur 2). Dit laat zien dat er na implantatie sprake is van een groter fonologisch contrast tussen de klinkers. Clusteren is gedefinieerd als de verhouding van de variantie tussen de verschillende klinkers en de variantie binnen de drie producties van dezelfde klinker.

## 2. Klinkerverstaanbaarheid in achtergrondruis

De gemiddelde correcte identificatiescores pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aan- en uitgeschakeld staan weergegeven in figuur 3. Het effect van cochleaire implantatie op deze scores is getest met behulp van een variantie analyse (factoren: spraakconditie, implantaatgebruikers en luisteraars). We vonden significante effecten voor deze drie factoren: spraakconditie, implantaat-



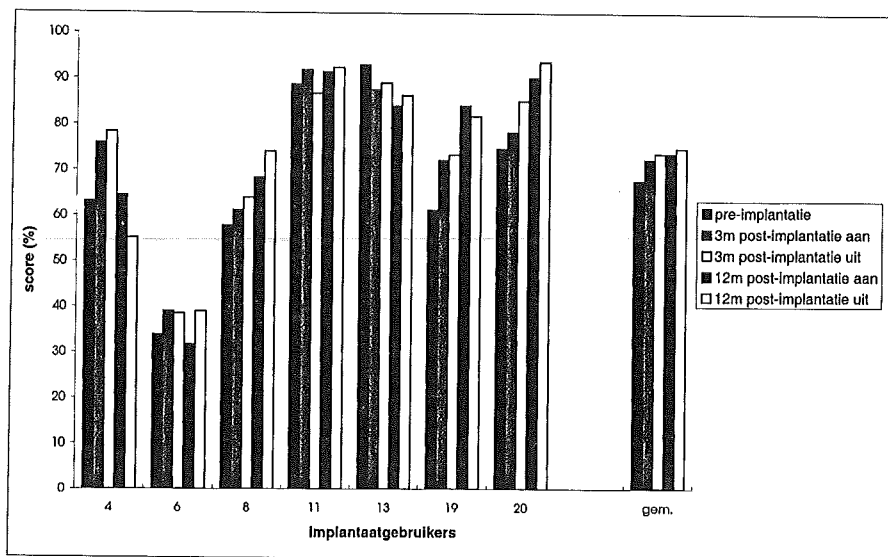
Figuur 3. De gemiddelde klinkeridentificatiescores in achtergrondruis van 24 luisteraars voor 20 sprekers in de condities pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aan- en uitgeschakeld.

gebruikers en luisteraars ( $p < 0.01$ ).

Betreffende de factor conditie vonden we drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aan en uit een significante toename in de klinkerverstaanbaarheidsscores ten opzichte van pre-implantatie ( $p < 0.01$ ). Echter, drie maanden post-implantatie met het implantaat aan waren de scores hoger dan twaalf maanden post-implantatie ( $p = 0.02$ ). Drie maanden na implantatie resulteerde het uitschakelen van het implantaat in lagere klinkerverstaanbaarheidsscores. Twaalf maanden na implantatie vonden wij daarentegen geen verschil tussen de implantaat aan en uit-conditie. Alhoewel wij een significant conditie effect vonden, geeft figuur 3 aan dat de verschillen tussen de gemiddelde klinkerverstaanbaarheidsscores in de vijf condities klein zijn (ongeveer 9%).

### 3. Klinkerverstaanbaarheidsscores in stilte

De gemiddelde correcte identificatiescores pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aan- en uitgeschakeld voor de zeven zwakke sprekers gemeten in stilte staan weergegeven in figuur 4. Het effect van cochleaire implantatie op deze scores is getest met behulp van een variantie analyse (factoren: spraakconditie, implantaatgebruikers en luisteraars). We vonden significante effecten voor de factoren: spraakconditie, implantaatgebruikers en luisteraars. Betreffende de factor conditie vonden we een significante toename in de klinkerverstaanbaarheidsscores drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aan en uitgeschakeld ten opzichte van pre-implantatie ( $p < 0.01$ ). Geen significante verschillen werden gevonden tussen de post-implantatie condities.



Figuur 4. De gemiddelde klinkeridentificatiescores in stilte van 12 luisteraars voor 7 'zwakke' sprekers in de condities pre-implantatie en drie (3m) en twaalf maanden (12m) post-implantatie met het implantaat aan- en uitgeschakeld.

#### 4. Metingen aan de spreektoonhoogte

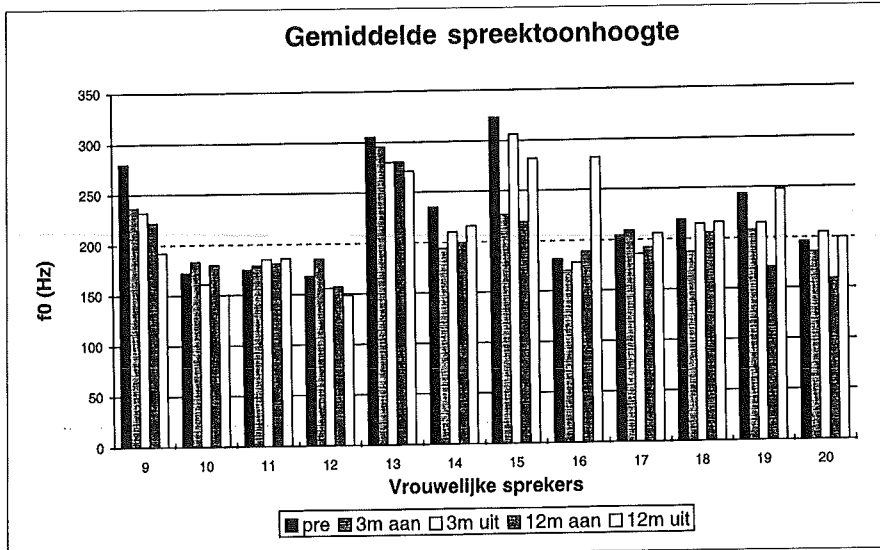
De gemiddelde spreektoonhoogte gedurende de leestekst van 40 s voor de twaalf vrouwelijke sprekers in de condities pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aan- en uitgeschakeld staat weergegeven in figuur 5.

De resultaten laten zien dat pre-implantatie de  $f_0$  van enkele implantaatgebruikers abnormaal hoog was vergeleken met de  $f_0$  van normaal-horende sprekers (onderbrokenlijn, Tielen, 1992). Na implantatie veranderden abnormaal hoge  $f_0$  waarden in de richting van de normaalwaarden. De resultaten van een variantie-analyse over de individueel gemiddelde waarden lieten een significant effect van implantaatgebruik zien [ $F(4,44)=2.54$ ,  $p<0.05$ ]. Post-hoc analyse (Tukey HSD) gaf aan dat twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aan de  $f_0$  lager was dan pre-implantatie ( $p<0.05$ ).

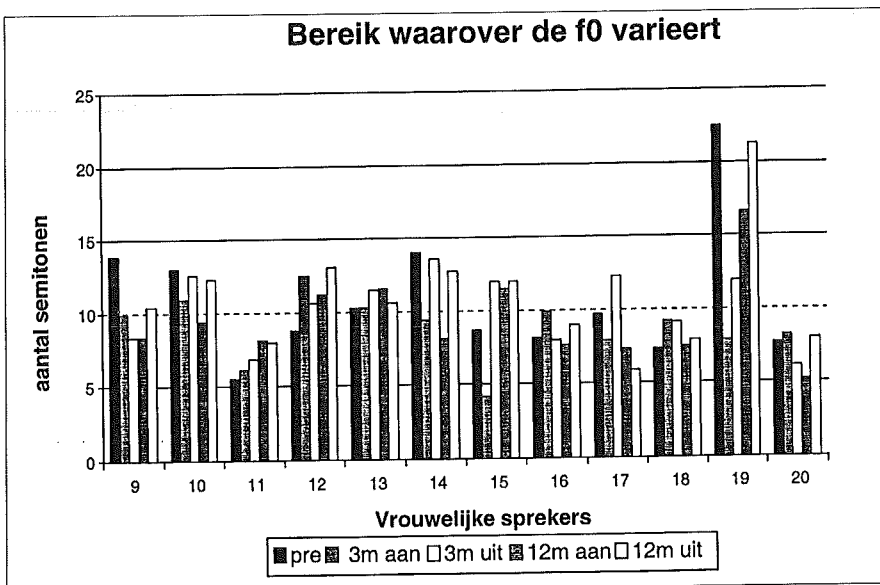
Bovendien zagen we dat het bereik waarover de  $f_0$  varieerde, afnam voor de meeste implantaatgebruikers die pre-implantatie een te groot  $f_0$  bereik hadden. We vonden echter geen significant conditie effect. Figuur 6 toont het  $f_0$  bereik, uitgedrukt in semitonen, voor de vrouwelijke sprekers in de condities pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aan- en uitgeschakeld samen met de gemiddelde waarde voor normaal-horenden van 10 semitonen (Tielen, 1992).

Voor de vrouwelijke sprekers samen vonden wij geen significante korte-termijn effecten van het aan-uit zetten van het implantaat. Echter, in een aantal individuele implantaatgebruikers vonden wij aanzienlijke verschillen tussen deze condities, waarbij waarden dicht bij de normaalwaarden werden gevonden in de implantaat-aanconditie.





Figuur 5. De individueel gemiddelde spreektoonhoogte in Hz voor twaalf vrouwelijke sprekers in de condities pre-implantatie en drie (3m) en twaalf maanden (12m) post-implantatie met het implantaat aan- en uitgeschakeld.



Figuur 6. Het bereik waarover de  $f_0$  varieert, uitgedrukt in semitonen voor twaalf vrouwelijke sprekers in de condities pre-implantatie en drie (3m) en twaalf maanden (12m) post-implantatie met het implantaat aan- en uitgeschakeld.

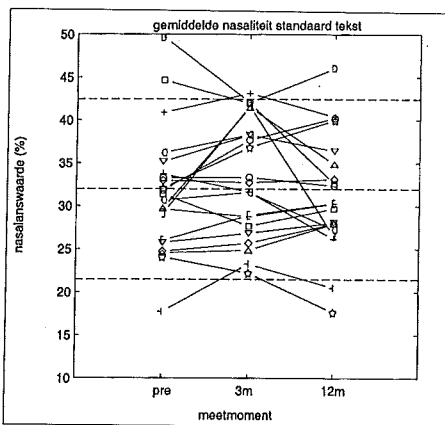
Bij de meeste mannelijke implantaatgebruikers zagen we dat zowel pre- als post-implantatie de gemiddelde  $f_0$  binnen de normwaarden viel. Slechts één spreker (8) had pre-implantatie een gemiddelde  $f_0$  die aanzienlijk buiten de normale spreiding voor mannelijke sprekers lag. Twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aangeschakeld vonden we dat de te hoge  $f_0$  aanmerkelijk lager werd voor deze spreker. Echter, wanneer het implantaat werd uitgeschakeld resulteerde dit in een onmiddellijke toename van de  $f_0$ .

Ook voor de mannelijke sprekers vonden we dat het bereik waarover de  $f_0$  varieerde kleiner werd voor de meeste implantaatgebruikers die pre-implantatie een te groot  $f_0$  bereik hadden.

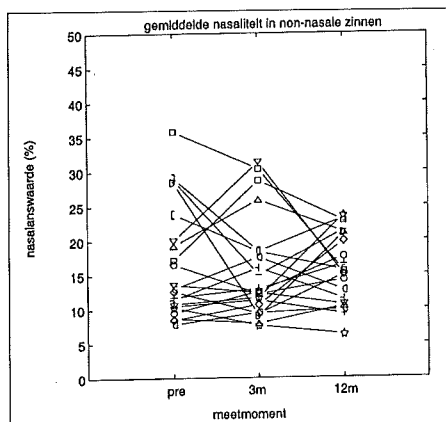
### 5. Nasaliteitsmeting

De gemiddelde nasaliteitspercentages bepaald tijdens lezen van een standaardtekst voor 21 implantaatgebruikers in de condities pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aangeschakeld staan weergegeven in figuur 7.

De gestippelde lijnen geven het gemiddelde en het gemiddelde verminderd en vermeerderd met twee keer de standaarddeviatie weer van veertig normaalhorende sprekers (Weyer en Slis, 1991). Pre-implantatie vielen de waarden van drie implantaatgebruikers buiten het normale bereik. Drie maanden post-implantatie vielen deze drie implantaatgebruikers en alle andere implantaatgebruikers binnen het normale bereik. Twaalf maanden na implantatie zien we echter een kleine terugval voor twee van deze drie implantaatgebruikers. Daarnaast zagen we twaalf maanden post-implantatie bij één implantaatgebruiker (22) een afname in het nasaliteitspercentage resulterend in hyponasale spraak.



Figuur 7. Het nasaliteitspercentage tijdens het lezen van een standaardtekst voor 21 sprekers in de condities pre-implantatie en drie (3m) en twaalf maanden (12m) post-implantatie met het implantaat aangeschakeld.



Figuur 8. Het nasaliteitspercentage tijdens het lezen van 2 non-nasale zinnen voor 21 sprekers in de condities pre-implantatie en drie (3m) en twaalf maanden (12m) post-implantatie met het implantaat aangeschakeld.

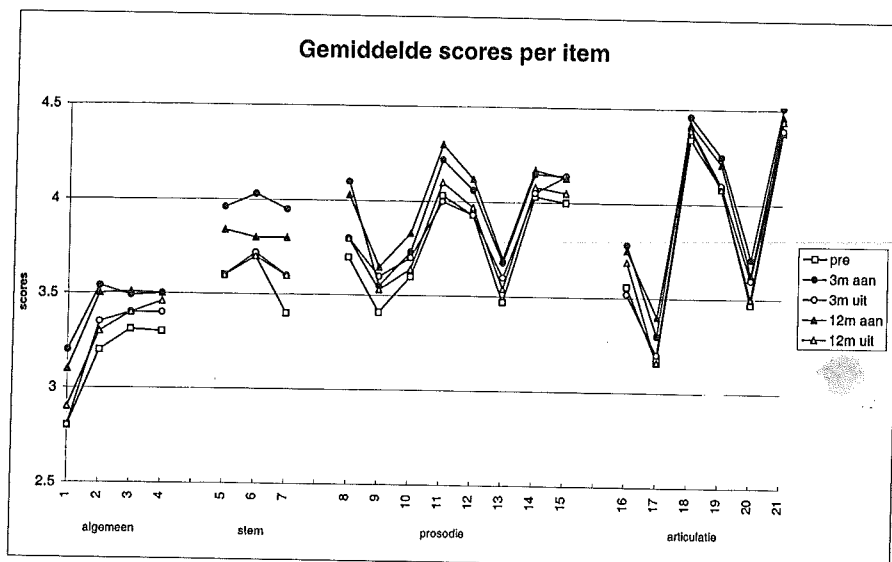
De gemiddelde nasaliteitspercentages van alle implantaatgebruikers tijdens het lezen van de twee zinnen zonder nasalen pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aangeschakeld staan weergegeven in figuur 8. We vonden geen significant conditie effect.

Figuur 8 laat zien dat twaalf maanden post-implantatie de implantaatgebruikers significant minder variabel ( $p < 0.05$ , F-test,  $df_1 = df_2 = 20$ ) waren in de uitvoering van deze taak. Bovendien vonden wij dat pre-implantatie de meeste nasaliteitspercentages hoger lagen dan de gemiddelde waarde van ongeveer 12% voor normaal-horenden.

### 6. Perceptuele evaluatie van de spraakproductie

Logopedie studenten beoordeelden spraakfragmenten van de implantaatgebruikers op 21 items, betreffende zowel segmentele als supra-segmentele aspecten van de spraakproductie. De gemiddelde scores per item (bijlage 1) voor alle implantaatgebruikers in de condities pre-implantatie en drie en twaalf maanden post-implantatie met het implantaat aan- en uitgeschakeld staan weergegeven in figuur 9.

Het effect van cochleaire implantatie op de gemiddelde scores over alle 21 items is bepaald met behulp van een variantie analyse (factoren: spraakconditie en subjects). De factoren spraakconditie en implantaatgebruiker zijn beide significant ( $p < 0.00$ ). Post-hoc analyse voor de factor spraakconditie toonde aan dat post-implantatie de scores significant hoger waren dan pre-implantatie ( $p > 0.00$ ). Bovendien vonden we significant hogere scores drie en twaalf maanden met het implantaat aan dan met het implantaat uitgeschakeld ( $p < 0.00$ ). Tot slot vonden wij een significante interactie tussen de factoren spraakconditie en implantaatgebruikers ( $p < 0.00$ ). Vervolgens waren we geïnteresseerd in het effect van cochleaire implantatie op de individuele vragen. Opnieuw werd gebruik gemaakt van een variantie analyse (factoren: spraak-



Figuur 9. De gemiddelde scores voor de verschillende items van de vragenlijst in de condities pre-implantatie en drie (3m) en twaalf maanden (12m) post-implantatie met het implantaat aan- en uitgeschakeld.

conditie en implantaatgebruikers). Het gevonden conditie effect was relatief klein. We vonden significante effecten voor de vragen: aangenaamheid van de spraak (1), stemgeving (5), stemkwaliteit (6), stembeheersing (7), gemiddelde spreektoonhoogte (8), beheersing van de luidheid (11) en klinkerproductie (17). Post-implantatie met het implantaat aan vonden we significante verbeteringen in stemaspecten en klinkerproducties vergeleken met de situatie voor implantatie ( $p < 0.01$ ). Bovendien vonden we hogere scores in de implantaat aan-conditie dan in de implantaat uit-conditie ( $p < 0.01$ ). Daarnaast vonden we een significante interactie tussen de implantaatgebruikers en condities, wat verschillende effecten van cochleaire implantatie op de kwaliteit van de spraak voor de individuele implantaatgebruikers impliceert.

## Discussie

Deze studie laat zien dat cochleaire implantatie leidt tot significante verbeteringen in spraak geproduceerd door post-linguaal dove volwassenen. Deze verbeteringen zijn zowel gevonden op supra-segmenteel niveau als op segmenteel niveau. Wat betreft de klinkerproducties vonden wij dat de afstand van de formantwaarden van de implantaatgebruikers tot de normaalwaarden afnam. Ook Perkell e.a. (1992) en Econoumou e.a. (1992) vonden post-implantatie een verbetering van de  $F_2$  frequenties. Voor de  $F_1$  gold dat de afstand tot de normaalwaarden post-implantatie over het algemeen afnam. Echter, in drie van de implantaatgebruikers nam de afwijking van de normwaarden toe bij de drie maanden meting en vonden we alleen een afname van

deze afwijking twaalf maanden na implantatie. Mogelijk heeft de auditieve feedback van het implantaat in eerste instantie een versturende invloed gehad op de klinkerproductie. Dit laat zien dat de spraakproductie in sommige gevallen pas na 3 maanden verbetert en suggereert dat een aanvankelijke achteruitgang in de kwaliteit van de spraak de implantaatgebruiker en de therapeut niet hoeven te ontmoedigen.

Twaalf maanden post-implantatie vonden we bovendien een toename in de clustering van de klinkers. Dit suggereert dat er na implantatie sprake is van een groter fonologisch contrast tussen de klinkers.

Bovendien hebben we onderzocht in hoeverre de bovengenoemde objectieve verbeteringen resulteerden in een toename van de klinkerverstaanbaarheid in achtergrondruis. Na implantatie, met het implantaat aan, was er bij de meeste implantaatgebruikers sprake van een toename in de klinkerverstaanbaarheidsscores. Deze resultaten zijn overeenkomstig de subjectieve bevindingen van 'co-therapeuten' van de implantaatgebruikers die opmerkten dat de spraakverstaanbaarheid toeneemt in een lawaaiige omgeving. We vonden echter drie maanden na implantatie met het implantaat aan hogere klinkerscores dan twaalf maanden na implantatie. Dit suggereert dat na een aanvankelijke periode van intensieve aandacht voor de eigen spraak, een periode kan volgen waarin de perceptie van de eigen spraak als meer vanzelfsprekend wordt ervaren, met als gevolg minder nauwkeurige klinkerproducties. Drie maanden na implantatie resulteerde het uitschakelen van het implantaat in lagere klinkerverstaanbaarheidsscores. Twaalf maanden na implantatie vonden wij echter geen verschil tussen de implantaat aan-en uit-conditie. Ook dit resultaat suggereert dat de implantaatgebruikers in het begin van de revalidatie meer gericht zijn op de auditieve informatie van het implantaat, met als gevolg betere klinkerproducties met het implantaat aan dan uit. De verschillen tussen de gemiddelde klinkerverstaanbaarheidsscores in de vijf verschillende condities zijn echter klein.

Opmerkelijk was dat de toename in de klinkerverstaanbaarheidsscores significant gecorreleerd was aan de formantmetingen van de vorige studie (Langereis e.a. (1998b), niet vermeld in resultaten). De klinkerverstaanbaarheidsscores bleken hoofdzakelijk bepaald te zijn door de frequenties van de tweede formant.

Daarnaast bepaalden we de klinkerverstaanbaarheid van zeven 'zwakke' sprekers, die zonder ruis verstaanbaarheidsscores gaven lager dan 100%. Na implantatie vonden we een significante toename in de klinkerverstaanbaarheidsscores vergeleken met die voor implantatie. De gemiddelde toename was echter klein. Opnieuw zagen we significante correlaties met de objectieve formantmetingen (Langereis e.a. (1998b), niet vermeld in resultaten).

Naast invloed op de klinkerproducties zagen wij ook een duidelijk effect van de vernieuwde auditieve feedback op de  $f_0$ . Na implantatie veranderden abnormaal hoge  $f_0$  waarden in de richting van de normaalwaarden. Dit resultaat is in overeenkomst met de resultaten van Oster (1997), die ook vond dat de  $f_0$  aanzienlijk lager werd bij twee implantaatgebruikers resulterend in een waarde meer vergelijkbaar met die van normaal-horenden. Daarentegen vonden Kirk en Edgerton (1983), Plant en Oster (1986) en Tartter (1989) een verhoging van de  $f_0$  na cochleaire implantatie. Wij vonden bij enkele implantaatgebruikers een kleine verhoging van de  $f_0$  na cochleaire implan-

tatie, maar de waarden bleven binnen het normale bereik. Dus, deze studie toont aan dat deze verschillen het gevolg kunnen zijn van de grote individuele verschillen tussen de implantaatgebruikers. In deze studie vonden wij geen significante verschillen in gemiddelde  $f_0$  tussen de condities implantaat aan en uit. Niettemin, in een aantal individuele implantaatgebruikers vonden wij aanzienlijke verschillen tussen deze condities, waarbij waarden dicht bij de normwaarden werden gevonden in de implantaat-aan conditie. Vergelijkbare resultaten worden vermeld door Svirsky, Lane, Perkell en Wozniak (1992). Zij vonden dat de gemiddelde  $f_0$  abnormaal hoog werd nadat het implantaat 24 uur was uitgeschakeld. Dit kan betekenen dat de  $f_0$  direct gecontroleerd wordt door de auditieve feedback via het implantaat.

De resultaten betreffende het effect van cochleaire implantatie op de nasaliteit geven aan dat de nasaliteitspercentages van de meeste post-linguaal dove volwassenen van onze studie binnen het normale bereik vallen. Deze resultaten zijn overeenkomstig met die van Plant (1993) die aangaf dat de spraak van twee van tien post-linguaal doven hypernasaal was.

We vonden geen significante effecten van cochleaire implantatie, maar individueel afwijkende nasaliteitspercentages verbeterden na implantatie. Dit betekent dat de auditieve feedback van het implantaat gebruikt kan worden om de nasaliteit te verbeteren.

Het laatste onderzoek heeft zich gericht op een subjectieve analyse van logopedie-studenten. Na implantatie vonden we significante verbeteringen in stemaspecten en klinkerproducties vergeleken met de situatie voor implantatie. Het feit dat relatief de meeste vooruitgang is gevonden in de supra-segmentele aspecten kan gerelateerd zijn aan de resultaten van Plant en Hammerberg (1983), Read (1989) en Leder en Spitzer (1990). Zij lieten zien dat post-linguale doofheid een groter negatief effect heeft op de supra-segmentele aspecten.

Verder vonden we hogere scores in de implantaat aan-conditie dan in de implantaat uit-conditie. De grootste effecten werden gevonden voor de stemaspecten. Vergelijkbare resultaten zijn gevonden in het bovengenoemde onderzoek gericht op objectieve meting van de  $f_0$ . Dit suggereert opnieuw de directe controle via het implantaat. Deze studie laat ook grote interindividuele verschillen zien tussen de implantaatgebruikers. Verder geeft deze studie aan dat de effecten van implantatie tussen de implantaatgebruikers aanmerkelijk kunnen verschillen.

Vervolgens waren wij geïnteresseerd in de vraag in hoeverre deze subjectieve vooruitgang van de kwaliteit van de spraak gecorreleerd was aan de objectieve metingen van de spraakproductie. We vonden significante correlaties tussen de subjectieve beoordelingsscores en de afwijking van  $F_2$  tot de normaalwaarden en de klinkerverstaanbaarheidsscores. Verder zagen we significante correlaties tussen de subjectieve beoordelingsscores en de objectieve metingen van de gemiddelde  $f_0$  (Langereis 1998c).

Tot slot vonden we na implantatie sterke correlaties tussen de consonant-vocaal-consonant (CVC)-perceptiescores enerzijds en de afwijking van  $F_1$  en  $F_2$  tot de normaalwaarden, de klinkeridentificatiescores in ruis, de gemiddelde  $f_0$  en de controle over het volume van de stem anderzijds (Langereis, 1998c).

Samenvattend vonden we significante verbeteringen in spraak geproduceerd door post-linguaal dove volwassenen na cochleaire implantatie. Dit geeft aan dat zij de auditieve informatie van het implantaat gebruiken om hun spraakproductie te verbeteren. Echter, alle onderzoeken lieten grote interindividuele verschillen zien tussen de implantaatgebruikers in zowel de pre-implantatie waarden als in de effecten van cochleaire implantatie. Alhoewel we significante effecten van cochleaire implantatie vonden, waren de gemiddelde effecten voor de groep als geheel over het algemeen klein.

## Literatuur

- Conrad, R. (1979). *The Deaf Schoolchild*. London: Harper & Row.
- Cowie, R., Douglas-Cowie, E., Phil, D., & Kerr, A. G. (1982). A study of speech deterioration in post-lingually deafened adults. *Journal of Laryngology and Otology*, 96, 101-112.
- Cowie, R., & Douglas-Cowie, E. (1983). Speech production in profound post-lingual deafness. In M.E. Lutman & M.P. Haggard MP (Eds), *Hearing science and hearing disorders* (pp. 183-203). New York: Academic Press.
- Economou, A., Tarttter, V.C., Chute, P.M., & Hellman, S.A. (1992). Speech changes following reimplantation from a single-channel to a multichannel cochlear implant. *Journal of the Acoustical Society of America*, 92, 1310-1323.
- Goehl, H., & Kaufman, D.K. (1984). Do the effects of adventitious deafness include disordered speech? *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 49, 58-64.
- Huiskamp, T.M.I. (1990). *Verandert de spraak van post-linguaal doven door een elektrische binnenoorprothese? Een subjectieve evaluatie*. Intern report AZU.
- Kirk, K.I., & Edgerton, B.J. (1983). The effects of cochlear implant use on voice parameters. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 18, 281-292.
- Lane, H., & Tranel, B. (1971). The lombard signal the role of hearing. *Journal of Speech and Hearing Research*, 14, 677-709.
- Lane, H., & Webster, J.W. (1991). Speech deterioration in postlingually deafened adults. *Journal of the Acoustical Society of America*, 89, 859-866.
- Lane, H., Wozniak, J., & Perkell, J. (1994). Changes in voice-onset time in speakers with cochlear implants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 96(1), 56-64.
- Langereis, M.C., Bosman, A.J., Olphen, A.F. van, & Smoorenburg, G.F. (1997a) Changes in vowel quality in post-lingually deafened cochlear implant users. *Audiology*, 36(5), 279-297.
- Langereis, M.C., Dejonckere, P., Olphen, A.F. van, & Smoorenburg, G.F. (1997b). Effect of cochlear implantation on nasality in post-linguistically deafened adults. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 46, 308-314.
- Langereis, M.C., Bosman, A.J., Olphen, A.F. van, & Smoorenburg, G.F. (1998a). Effect of cochlear implantation on voice fundamental frequency in post-lingually deafened adults. *Audiology*.
- Langereis, M.C., Bosman, A.J., Olphen, A.F. van, & Smoorenburg, G.F. (1998b). Intelligibility of vowels produced by post-linguistically deafened cochlear implant users. Accepted by *Audiology*.
- Langereis, M.C., Bosman, A.J., Olphen, A.F. van, & Smoorenburg, G.F. (1998c). Perceptual evaluation of speech production of post-lingually deafened adults using a cochlear implant.

Submitted.

- Leder, S.B., Spitzer, J.B., & Kirchner, J.C. (1987). Speaking fundamental frequency of postlingually profoundly deaf adult man. *Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology*, 96, 322-324.
- Leder, S.B., & Spitzer, J.B. (1990). A perceptual evaluation of the speech of adventitiously deaf adult males. *Ear and Hearing*, 11, 169-175.
- Ling, D. (1976). *Speech and the Hearing Impaired Child: Theory and Practice*. Washington DC: The A.G.Bell Association for the Deaf.
- Oster, A.M. (1987). Some effects of cochlear implantation on speech production. *Speech Transmission Laboratory-Quarterly Progress Status Report*, 1, 81-89.
- Perkell, J., Lane, H., Svirsky, M., & Webster, J. (1992). Speech of cochlear implant patients: A longitudinal study of vowel production. *Journal of the Acoustical Society of America*, 91, 2961-2978.
- Plant, G. (1983). The effects of a long-term hearing loss on speech production. *Speech Transmission Laboratory-Quarterly Progress Status Report*, 18-35.
- Plant, G., & Hammarberg, B. (1983). Acoustic and perceptual analysis of the speech of the deafened. *Speech Transmission Laboratory-Quarterly Progress Status Report*, 2-3, 85-107.
- Plant, G., Oster, A.M. (1986). The effects of cochlear implantation on speech production. A case study. *Speech Transmission Laboratory-Quarterly Progress Status Report*, 1, 65-86.
- Plant, G. (1993). The speech of adults with acquired profound hearing losses I: a perceptual evaluation. *European Journal of Disorders of Communication*, 28, 273-288.
- Pols, L.C.W., Tromp, H.R.C., & Plomp, R. (1973). Frequency analysis of Dutch vowels from 50 male speakers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 53, 1093-1101.
- Read, T.E. (1989). Improvement in speech production following use of the UCH/RNID cochlear implant. *The Journal of Laryngology and Otolaryngology*, suppl 18, 45-49.
- Skinner, M.W., Holden, L.K., Holden, T.A., Dowell, R.C., Seligman, P.M., Brimacombe, J.A., Beiter, A.L. (1991). Performance of postlinguistically deaf adults with the Wearable Speech Processor (WSP III) and Mini Speech Processor (MSP) of the Nucleus Multi-electrode Cochlear Implant. *Ear and Hearing*, 12, 3-22.
- Svirsky, M.A., Lane, H., Perkell, J.S., & Wozniak (1992). Effects of short-term auditory deprivation on speech production in adult cochlear users. *Journal of the Acoustical Society of America*, 92(3), 1284-1300.
- Tartert, V.C., Chute, P.M., & Hellman, S.A. (1989). The speech of a postlingually deafened teenager during the first year of use of a multichannel cochlear implant. *Journal of the Acoustical Society of America*, 86, 2113-2121.
- Tielen, M.T.J. (1992). Male and female speech: *An experimental study of sex-related voice and pronunciation characteristics*. Doctoral Dissertation, University of Amsterdam, The Netherlands.
- Van Nierop, D.J.P.J., Pols, L.C.W., & Plomp, R. (1973). Frequency analysis of Dutch vowels from 25 female speakers. *Acustica*, 29, 110-118.
- Waldstein, R. (1990). Effects of postlingual deafness on speech production: Implications for the role of auditory feedback. *Journal of the Acoustical Society of America*, 88, 2099-2114.
- Weyer, J.C., & Slis, I.H. (1991). Nasaliteitmeting met de nasometer. *Logopedie en Foniatrie*, 63, 97-101.
- Zimmermann, G., & Rettaliata, P. (1981). Articulatory patterns of an adventitiously deaf speaker. Implications for the role of auditory information in speech production. *Journal of Speech and Hearing Research*, 24, 169-178.



## Bijlage 1: Observatieformulier

ontwikkeld door Tirtsa Huiskamp

Naam student:

Algemene indruk:

1. Hoe klinkt de spraak?	onaangenaam	1-2-3-4-5	aangenaam
2. verstaanbaarheid	slecht	1-2-3-4-5	goed
3. gebruik prosodie	slecht	1-2-3-4-5	goed
4. articulatie	slordig	1-2-3-4-5-6-7-8-9	over-gearticuleerd

Stem:

5. stemgeving	te slap (hypo)	1-2-3-4-5-6-7-8-9	geforceerd (hyper)
6. stemkwaliteit	hees	1-2-3-4-5	helder
7. stembeheersing	slecht	1-2-3-4-5	goed

Prosodie:

8. spreektoonhoogte	te laag	1-2-3-4-5-6-7-8-9	te hoog
9. intonatiepatroon	monotoon	1-2-3-4-5-6-7-8-9	te wisselend
10. accentueringsplaats	onjuist	1-2-3-4-5	juist
11. beheersing van de luidheid	slecht	1-2-3-4-5	goed
12. spreektempo	te langzaam	1-2-3-4-5-6-7-8-9	te snel
13. ritme	stotend/staccato	1-2-3-4-5	vloeiend
14. aantal pauzes	te weinig	1-2-3-4-5-6-7-8-9	te veel
15. plaats van de pauzes	verkeerd	1-2-3-4-5	goed

Articulatie:

16. nasaliteit	afwijkend	1-2-3-4-5	normaal
17. productie vokalen	vervormd	1-2-3-4-5	goed
18. consonanten			
- substitutie	vaak	1-2-3-4-5	nooit
19. consonanten			
- omissie	vaak	1-2-3-4-5	nooit
20. consonanten			
- distorsie	vaak	1-2-3-4-5	nooit
21. weglaten lettergreep	vaak	1-2-3-4-5	nooit

Opmerkingen: