ACTA BIOMEDICA LOVANIENSIA

Wivine DECOSTER

AKOESTISCHE KENMERKEN VAN DE OUDER WORDENDE STEM

LEUVEN UNIVERSITY PRESS

BIBLIOTHEEK
KNO-VERENIGING

ACTA BIOMEDICA LOVANIENSIA 171
Katholieke Universiteit te Leuven
Faculteit Geneeskunde
Logopedie en Audiologie

Wivine DECOSTER

AKOESTISCHE KENMERKEN VAN DE OUDER WORDENDE STEM

LEUVEN UNIVERSITY PRESS

Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of «Doctor in de Sociale Gezondheidswetenschappen: Logopedie en Audiologie»

© 1998 by Leuven University Press / Presses Universitaires de Louvain / Universitaire Pers Leuven.
Blijde-Inkomststraat 5, B-3000 Leuven (Belgium)

All rights reserved. Except in those cases expressly determined by law, no part of this publication may be multiplied, saved in an automated data file or made public in any way whatsoever without the express prior written consent of the publishers.
ISBN 90 6186 881 5
D/1998/1869/22

Dankwoord

Wanneer dit boekje, als samenvatting van het werk van de voorbije jaren, in de hand wordt genomen, zullen heel wat mensen er met een blik van herkenning in bladeren. Deze mensen moedigden me aan, hielpen me de spanning van de drijfveer op peil houden, stuurden me de goede richting uit, boden alternatieven, stelden me voor keuzes, waren heel nabij als er een rimpel op mijn voorhoofd verscheen, stelden vragen, luisterden, werkten en dachten mee, van ver of dichtbij, tijdelijk of ononderbroken.

Professor Debruyne, mijn promotor, behoort in het bijzonder tot de mensen "van dichtbij" en "ononderbroken". Hij bleef me de rode draad duidelijk voor ogen houden en dreef het tempo weer op als andere gebeurtenissen of opdrachten even de bovenhand hadden genomen. Hij leerde me hoe het pad van het wetenschappelijk onderzoek te betreden en liet me zelf de eerste stappen zetten. Zijn woorden temperden tijdig mijn soms nodeloze opwinding of zetten me aan om gedachten duidelijker te formuleren. Met deskundige hand zette hij de deuren naar wetenschappelijke publicaties open zodat we onze bevindingen ook aan een bredere groep collega's konden meedelen. Vanaf de eerste idee tot en met de laatste praktische regeling zorgde hij voor een sfeer van betrokkenheid en vertrouwen. Voor dit alles wil ik hem bijzonder hartelijk bedanken.

Professor Feenstra, mijn copromotor, dank ik voor zijn aanmoedigingen om een bijdrage te leveren aan de wetenschappelijke uitbouw van "Logopedie en Audiologie". Hij kwam zijn belofte voor een snelle correctie steeds zo strikt na dat er nauwelijks tijd was om even bij te ademenen vooraleer de volgende stappen aan te vatten. Zijn efficiënte en duidelijke interventies kwamen steeds op het juiste moment.

Ik dank ook de juryleden: Professor van Steenberghe als voorzitter, Professor Dejonckere, Professor Pelemans, Professor Onghena, Professor Schaerlaekens, Professor Van de Heyning en Professor Wouters voor de tijd die ze namen om mijn werk te beoordelen en voor de aanwijzingen voor een kwalitatieve verbetering. Professor Onghena coördineerde het laatste stadium nauwgezet in een open communicatie.

Mijn dank gaat ook naar Annemarie Demeyere en Ann Carbonez die me hielpen de weg te vinden in de statistische berekeningen. Professor Wouters stelde zijn kennis en zijn labo ter beschikking en voor een bijkomend woordje uitleg kon ik steeds terecht bij Astrid van Wieringen en Jeff Vanden Berghe.

Ook dank ik mijn collega's voor de warme aanmoedigingen: de collega's en leerkrachten uit mijn vorig werk Taalvaart en, sinds anderhalf jaar, ook de collega's van het Universitair Centrum voor Gehoor en Spraak en vooral van de opleiding Logopedie en Audiologie in Leuven: Ann Goeleven, Dirk Lembrechts, Valerie Vandenbroeck en Inge Zink. De Heer Kayaert, leidend ambtenaar van de

Vlaamse Gemeenschapscommissie en Mevr. Rita Postel, coördinator van het project Taalvaart, gaven mij de wind in de zeilen toen ik voor mijn stempassie koos en overstapte naar de K.U.L. Ook hen bedank ik hiervoor.
Velen dank ik voor de medewerking aan de onderzoeken: de directies van de rusthuizen, de vele ouderen wiens uitstraling en verhalen ik niet meer vergeet, de BRTN-reporters die me gastvrij ontvingen en met plezier vervlogen actualiteit weer tot leven brachten, de studenten die de stemmen beoordeelden, zelfs in volle examentijd, Els De Cock voor de korte maar fijne samenwerking, m'n ouders, familie en vrienden die mee hielpen organiseren of hun stemklank graag lieten registreren.
Piet Mertens, de klankarchivaris van de BRTN-radio gaf me een stuk mediageschiedenis door en hielp me wegwijs raken in de eindeloze fichetrommels. Mijn verbazing voor zijn deskundigheid in stemherkenning nam bij ieder bezoek aan de BRTN toe. Voor al deze ervaringen wil ik hem danken.
Zonder de hulp van onze vriend Peter Kettlewell zouden mijn inzendingen voor internationale publicatie mijn Nederlandstalige oorsprong verraden hebben. Hij corrigeerde geduldig elke versie tot de teksten ook voor hem, als native speaker, aangenaam om lezen werden. Mijn beste dank hiervoor.
Ook iedereen die nooit op de voorgrond trad maar telkens weer aanspoorde en bemoedigde wil ik danken. Een dankbaarheid sinds jaren heb ik ook tegenover Machteld Eeckhout, die me van mijn zevende tot mijn achttiende loodste van de eerste dictielessen tot de onvergetelijke woordkunstervaringen op het podium. In die jaren liet ze me het magische instrument van de stem ontdekken. Sindsdien is mijn verwondering en interesse voor de stem blijven groeien.
Tenslotte wil ik Servaes danken. Ik weet niet hoe en wanneer dit werk was afgeraakt zonder zijn adviezen, zijn morele steun of zijn hulp. Hij offerde zijn vakanties op, beperkte de vriendencontacten, paste zijn programma aan mijn werkschema aan, zat uren en dagen mee te zoeken naar praktische oplossingen, was buffer voor mijn soms heftige emoties, werd huisman, en dit alles met een eindeloos geduld.
Ik weiger dit dankwoord als eindpunt te beschouwen. Veel liever zag ik het als een begin van een jarenlange samenwerking met al de mensen die me ondersteunden. De positieve ervaringen van de voorbije jaren maakte energie los voor nog talloze projecten en niet alleen binnen mijn stemmenwereld.

Mijn werk draag ik op aan hen die hun stem niet meer kunnen laten horen.

Summary : Acoustic features of the ageing voice.

One of the concerns in the care of the elderly nowadays is for the elderly person to live independently as long as possible. In this endeavour, communication plays a vital part. However, unlike the considerable amount of data on the normal adult voice, the information on the normal senescent voice is incomplete.
A profound study of the literature on this subject reveals that many subtle changes in the anatomy and the physiology of the entire vocal tract contribute to the ageing of the voice. We describe these factors, including the hearing as feedback mechanism as "primary causes". Phonation however is not only a product of structure and function but also of emotion and behaviour. Therefore, factors such such as the way people experience reality, the search for a meaningful life, the use of medication, alcohol, tobacco, specific diets, communicative behaviour, cognition and emotion are taken into account when considering the ageing voice. These aspects, influencing the voice indirectly, are highlighted as "influencing factors".
When asked to estimate the age of elderly voices, people seem to be able to distinguish age groups, based on auditory perception only. This also accounts for the differences found when estimating exact age.
The acoustic analysis of elderly voices has not always been examined in the same methodological way as far as numbers of subjects, phonation task, technical equipment, method of analysis, statistical treatment etc. are concerned. Although these differences make comparison among investigations difficult, some trends emerge from numerical results: changes are found in the pitch of female and male voices, in the variability of most measures and in vocal stability as reflected in the parameters jitter, shimmer and harmonics-to-noise ratio.

After having noticed, from our reading of previous investigations, that several factors must be added or elaborated to get a more complete picture of the senescent voice, we designed a tripartite study with Dutch-speaking subjects.
In a first study, 205 men and women, ranging from 60 to 99 years old, equally divided in four age groups, were visited to register digitally their voice while pronouncing sustained vowels and reading aloud a text. The control group consisted of 30 young men and 30 young women between 20 and 29 years old. The results of the acoustic analysis tend to confirm what we found in the literature. The voice pitch of elderly male speakers increases, that of elderly women does not change from the age of 60 years on; this finding confirms the notion of "coalescence". The instability and the variability increase, confirming the idea of "elderly individualism". We also found spectral changes: a smaller amplitude difference between the first and the second harmonic for women, and a flatter spectral slope between 0 and 5 kHz for both men and women (for some vowels).

In a second part, a longitudinal investigation was undertaken. Twenty men who were employed as "reporters" in the Belgian radio system in the early sixties were visited to register their current voice while reading a text they had also read 30 years before. The acoustic analysis of the recent and archival recording was compared. This revealed a lowering of the voice pitch, a steeper spectral slope and a much longer voice-onset time. Because the mean age of the men at the moment of the recent recording was only 63 years, we would not expect changes which would be typical for elderly men. The explanation may for the greater part be found in situational and emotional factors. None of the reporters had received systematic voice education and, during the recent recording, the situation was much more relaxed compared to the moment they spoke on the air. The difference in voice-onset time reveals probably a high precision in co-ordination between airflow and glottis function at the time of the archival recordings. This part of our study compels us to take into account a broad scale of situational and individual characteristics when aiming at a good interpretation of the numerical results of the acoustic analysis.
Finally, in a third section of the investigation, we examined whether young female speech therapists could recognise several voice pairs consisting of one old and one young voice by labelling them in the right order "young-old" or "old-young". Two selected seconds out of a sustained [a] were sufficient for a correct perception in almost all cases. When looking for the acoustical differences between the old and the young voices within the voice pairs, differences in fundamental frequency, periodicity and frequency of the second formant emerge. These parameters possibly contribute to the right perception.

The three sections of our investigation enable us to understand the ageing voice more profoundly. The results of the first cross-sectional study provide us with normative data on Dutch-speaking Belgian men and women concerning an elaborated set of acoustic data. These referential data can help clinicians to evaluate an individual's voice status or vocal development. In the second longitudinal study, the same technical equipment and mainly the same procedure was used and, where possible, the same acoustical parameters were calculated as in the cross-sectional study. As this happened for the first time, the results of the two studies could be compared. Finally, the third study threw light upon the acoustical parameters that possibly contribute to the right perceptual discrimination between young and old voices. Because perceptual and acoustic data of voices are complementary, linking these data is necessary for a good understanding of old voices.
Future research can be focused on a prospective cohort-sequential investigation, including and controlling as many variables as possible.
Our investigation will be of great help in the prevention of pathological outcomes as a goal of our research.

INHOUDSOPGAVE

Afkortingen en symbolen

INLEIDING 1

DEEL I DE OUDERE STEM : LITERATUURSTUDIE 5

Inleiding 5

1 Oorzaken van stemveroudering en invloeden op de stem bij ouderen 7

1.1 PRIMAIRE OORZAKEN 7
1.1.1 Anatomische en fysiologische wijzigingen van het fonatie-apparaat 7
1.1.2 Wijzigingen in het gehoor 11
1.2 BEÏNVLOEDENDE FACTOREN 13
1.2.1 Subjectieve beleving van de werkelijkheid 13
1.2.2 Aanpassing en zingeving 14
1.2.3 Medicatie, dieet, rookgedrag en alcoholgebruik 16
1.2.4 Communicatief gedrag 17
1.2.5 Cognitie 17
1.3 INVLOED VAN EMOTIE OP DE STEM 19
1.4 BESLUIT 22

2 Hoe komt veroudering tot uiting in de perceptie van de stem en in de akoestiek ? 23

2.1 PERCEPTIE VAN DE OUDERE STEM 23
2.1.1 Leeftijdsschatting 23
2.1.1.1 Methodologie 23
2.1.1.2 Resultaten 24
2.1.2 Perceptuele kenmerken van de oudere stem 25
2.2 AKOESTISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE OUDERE STEM 27
2.2.1 Inleiding 27
2.2.2 OAP : definitie, bepaling en waarden bij ouderen 29
2.2.2.1 Grondtoonparameters 29
2.2.2.2 Stabiliteitsparameters 37
2.2.2.3 Spectrumeigenschappen 46

2.2.2.4	Initiëring van de stem	48
2.2.3	Bedenkingen omtrent het onderzoek van OAP	51
2.3	BESLUIT	58
3	**Stemonderzoek bij de normale oudere persoon**	59
4	**Algemeen besluit**	62
DEEL II	**EIGEN ONDERZOEKEN : OAP BIJ OUDERE MANNEN- EN VROUWENSTEMMEN**	63
	Inleiding	63
1	**Onderzoek 1 : Transversaal akoestisch onderzoek**	63
1.1	INLEIDING	63
1.2	ONDERZOEKSVRAGEN	63
1.3	METHODE	64
1.3.1	Proefgroepen	64
1.3.1.1	Onderzoeksgroep	64
1.3.1.2	Vergelijkingsgroep	66
1.3.2	Procedure	68
1.3.2.1	Gegevensverzameling	68
1.3.2.2	Meting van de objectieve akoestische parameters (OAP)	68
1.3.2.3	Apparatuur	71
1.3.2.4	Statistische verwerking	72
1.4	RESULTATEN	73
1.4.1	Klankniveau	74
1.4.1.1	Grondtooneigenschappen	74
1.4.1.2	Stabiliteitseigenschappen	81
1.4.1.3	Spectrumeigenschappen	85
1.4.1.4	Initiëring van de stem	89
1.4.1.5	Paarsgewijze samenhang tussen parameters	91
1.4.2	Zinsniveau	91
1.4.2.1	Grondtooneigenschappen	91
1.4.2.2	Paarsgewijze samenhang tussen parameters	96
1.5	SAMENVATTING	96
1.6	BESPREKING	97
1.7	BESLUIT	99

2	**Onderzoek 2 : Longitudinaal akoestisch onderzoek**	101
2.1	INLEIDING	101
2.2	ONDERZOEKSVRAGEN	101
2.3	METHODE	101
2.3.1	Proefgroep	101
2.3.2	Procedure	106
2.3.2.1	Gegevensverzameling	106
2.3.2.2	Meting van de OAP	106
2.3.2.3	Apparatuur	107
2.3.2.4	Statistische verwerking	108
2.4	RESULTATEN	108
2.4.1	Grondtooneigenschappen	108
2.4.2	Spectrumeigenschappen	109
2.4.3	Initiëring van de stem	109
2.5	SAMENVATTING	110
2.6	BESPREKING	110
2.7	BESLUIT	112
3	**Onderzoek 3 : Perceptueel-akoestisch onderzoek**	113
3.1	INLEIDING	113
3.2	ONDERZOEKSVRAGEN	113
3.3	METHODE	113
3.3.1	Proefgroepen	113
3.3.1.1	Beoordelaars	113
3.3.1.2	Sprekers	113
3.3.2	Procedure	116
3.3.2.1	Gegevensverzameling	116
3.3.2.2	Meting van de OAP	116
3.3.2.3	Apparatuur	117
3.3.2.4	Statistische verwerking	117
3.4	RESULTATEN	118
3.4.1	Perceptuele beoordeling	118
3.4.2	Akoestische analyse	118
3.5	SAMENVATTING	121
3.6	BESPREKING	121
3.7	BESLUIT	123
ALGEMEEN BESLUIT		125

Eindnoten 129

Bijlagen 131

Literatuur 165

Afkortingen en symbolen

A(H1-H2)	het amplitudeverschil tussen de eerste en de tweede harmonische
ADC	analoog digitaal converter
BRTN	Belgische Radio en Televisie Nationaal
b.v.	bijvoorbeeld
CV	consonant-vocaal
DAC	digitaal analoog converter
dB	decibel
DEC	decade/decadevergelijking
E1-24	het energieverschil tussen de frequentiezones <1 kHz en 2-4 kHz
E1-45	het energieverschil tussen de frequentiezones <1 kHz en 4-5 kHz
Fhi	highest fundamental frequency
Flo	lowest fundamental frequency
gc	goede conditie
gem	gemiddeld(e)
gesl	geslacht
HB	hoog bejaard
H/N	harmonics-to-noise ratio
h.t.	halve tonen
Hz	hertz
J	jong/jongere
JB	jong bejaard
JF	jitter factor
JR	jitter ratio
kHz	kilohertz
lftd	leeftijd
m	man/mannelijk
msec.	milliseconde
µsec.	microseconde
N	aantal
NKO	neus keel oor
O	oud/oudere
o.a.	onder andere
OAP	objectieve akoestische parameters
ORL	oto-rhino-laryngologie/oto-rhino-laryngologisch(e)
p	probabiliteit
pp	proefpersoon
S	significantieniveau
sc	slechte conditie

sd	standaarddeviatie
SFF	speaking fundamental frequency
sec.	seconde
t	toon/tonen
v	vrouw/vrouwelijk
var	variabiliteit
VOT	voice-onset time
vs.	versus

INLEIDING

Binnen onze maatschappij wordt de groep ouderen ten opzichte van de totale bevolking steeds groter en verschuift de levensverwachting naar hogere leeftijden. Om de levenskwaliteit op peil te houden wordt sterk geïnvesteerd in aangepaste huisvesting, primaire verzorging en geneeskundige hulp. Dit moet de oudere in staat stellen zo lang als gewenst en als een autonoom persoon te kunnen functioneren binnen een veilig en ondersteunend sociaal netwerk.

Met toenemende leeftijd kan men echter steeds vaker en in groeiende mate geconfronteerd worden met verschillende beperkingen van deze autonomie door motorische, sensorische, cognitieve, emotionele, financiële en/of sociale veranderingen.

Bij heel deze evolutie speelt communicatie een grote rol als stimulus, als steun, als terugkoppeling. Er moet dan ook op toegezien worden dat verbaal contact, als sterk geautomatiseerde vorm van communicatie, zo lang mogelijk efficiënt kan gebruikt worden. De bouwstenen hiervoor zijn taal, spraak en stem.

Bij dit laatste begrip rijzen vragen naar de mogelijkheden van de oudere stem, de noodzaak voor stemondersteuning, de stimuleerbaarheid, de grens tussen normale en pathologische oudere stemmen. Om deze vragen te kunnen beantwoorden is een referentiekader nodig, een beeld van hoe een oudere stem normaal functioneert. Dit kader mag niet opgesteld worden op basis van normen voor jonge personen[157]. Eén mogelijkheid is het in kaart brengen van de objectieve akoestische parameters (OAP) van de oudere stem. De technologische ontwikkeling stelt ons gebruiksvriendelijke hard- en software ter beschikking om stemanalyses te doen die voorheen zeer ingewikkeld en tijdrovend waren en enkel toegankelijk voor hoog technologisch geschoolden. Dit aanbod bood ons een toegang tot de wereld van fijne stemontleding, naast de klassieke perceptuele beoordeling.

De waarden van akoestische stemanalyse bij ouderen, die tot op heden werden bepaald, kunnen echter om meerdere redenen niet als norm worden gebruikt: proefgroepen zijn te klein of te sterk geselecteerd, ouderen worden als één homogene groep behandeld, het beeld is onvolledig doordat slechts een beperkte set parameters wordt gemeten, binnen een zelfde onderzoek worden niet steeds mannen en vrouwen betrokken, besluiten worden geformuleerd op basis van één en/of zeer verschillende stemopdrachten. Ook wordt zelden binnen één onderzoek een idee gevormd over de relevantie en de complementariteit van perceptie en akoestische eigenschappen van de stem. Longitudinaal onderzoek van stemveroudering is zeldzaam: slechts drie beperkte onderzoeken worden gerapporteerd in de literatuur. Over Nederlandstalige ouderen tenslotte zijn helemaal geen gegevens voor handen.

Het belang om over normen te beschikken van de akoestische stemparameters bij normale ouderen situeert zich vooral op het domein van de preventie van pathologie. De normen die verkregen worden door dergelijk onderzoek kunnen namelijk een leidraad vormen om na te gaan of individuele stemkenmerken, sneller dan op basis van het chronologisch tijdsverloop mag verwacht worden, naar extreme waarden evolueren. Dergelijke evolutie kan sneller vastgesteld worden door middel van akoestische analyse dan aan de hand van perceptuele beoordeling[68,183]. Het doel van ons praktisch onderzoek was dan ook een aantal stappen te zetten zodat de verkregen waarden als norm kunnen gebruikt worden bij de objectieve beoordeling van de oudere stem.

Heel kenmerkend in de literatuur over de akoestische eigenschappen van de oudere stem is de wijze waarop de onderzoeksresultaten worden geïnterpreteerd. Verklaringen worden meestal gezocht bij anatomisch-fysiologische veranderingen inherent aan het normale verouderingsproces. Dit is slechts één benadering. De stemklank kan echter ook beïnvloed worden door aspecten die zich uiten via gedrag of emotie. Deze worden uitvoerig beschreven in de literatuur over de communicatieve, cognitieve, gedragsmatige en psychosociale wereld van de oudere persoon en kunnen permanent aanwezig zijn of beperkt in duur tot het contact met de onderzoeker. In onze literatuurstudie werd hieraan veel aandacht besteed met het doel de oudere stem te kunnen benaderen vanuit een brede logopedische visie. Hierdoor kregen we voor ons onderzoek ook handvaten aangereikt om de inhoud van het stemonderzoek, de planning, het verloop en de communicatie tijdens het contact af te stemmen op de oudere persoon.

In deel I inventariseren we de oorzaken en invloeden van mogelijke stemverandering, bekijken we beknopt hoe stemveroudering zich perceptueel manifesteert en beschrijven we uitgebreid de objectieve akoestische parameters (OAP) verzameld uit de literatuur. Omdat akoestische stemanalyse nog in volle ontplooiing is, formuleren we hierbij enkele beschouwingen rond het onderzoek van OAP zodat het gebruik ervan kan verfijnd worden. Tenslotte worden enkele specifieke problemen besproken eigen aan het stemonderzoek bij normale ouderen.

In het deel II beschrijven we ons eigen onderzoek in drie delen opgesplitst. Een eerste deelonderzoek bevat de methodologie en de resultaten van een transversaal onderzoek. Hierin werden 205 ouderen tussen 60 en 99 jaar en 60 jongeren (de vergelijkingsgroep) tussen 20 en 29 jaar, benaderd voor een stemanalyse op het tijds- en frequentiedomein bij verschillende stemopdrachten. Deel twee van ons onderzoek beschrijft het longitudinaal aspect waarin de stemmen van 20 mannelijke BRTN-radio reporters werden vergeleken met een tijdsinterval van dertig jaar. Hieruit blijkt duidelijk dat veel meer aspecten dan enkel "veroudering" een rol spelen bij stemwijzigingen. Er moeten dan ook zoveel mogelijk aspecten van de proefgroepen worden beschreven zodat cohorteffecten

aan het licht kunnen komen. In een laatste onderdeel werden jonge vrouwelijke logopedisten paarsgewijs stemmenparen aangeboden waarvan men de volgorde als jong-oud of oud-jong moest aangeven. Door het verband te zoeken tussen hun oordeel en de akoestische eigenschappen werd gezocht naar relevante akoestische parameters voor de perceptie. In een algemeen besluit werden de bevindingen uit de literatuur en onze drie deelonderzoeken samengebracht.

DEEL I DE OUDERE STEM : LITERATUURSTUDIE

Inleiding

STEM omschrijven we als het product van een brongeluid (golfvorm veroorzaakt door glottispulsen) en de transferfunctie (bepaald door de resonantie-eigenschappen van het aanzetstuk als filter) plus 6 dB/octaaf radiatie-effect. Het gaat om de luchtdrukverstoringen die gemeten kunnen worden vanaf het moment dat de klank de mond van de spreker verlaat en die bestudeerd worden in de akoestiek. Binnen onze studie leggen we het accent op de akoestische parameters van stemeigenschappen, niet op die van spraakklanken. De objectieve akoestische parameters (OAP) op subfonemisch niveau staan centraal.

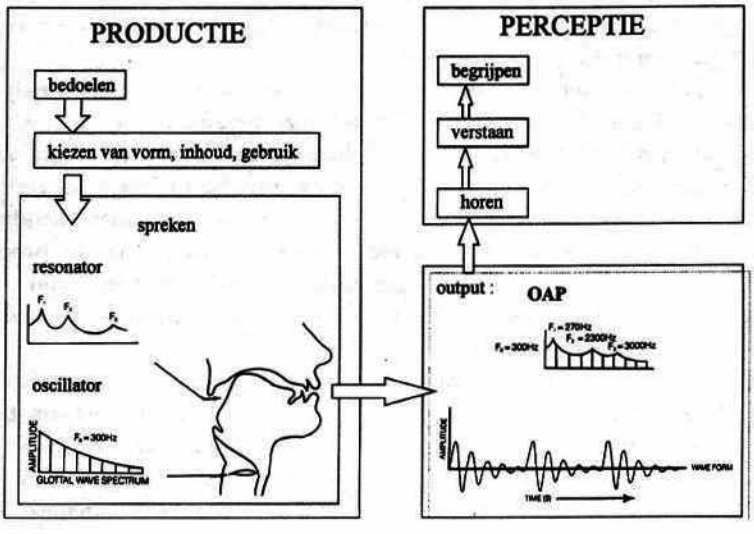


Fig. 1 : Situering van de objectieve akoestische parameters binnen de communicatielus van productie en perceptie van spraaksignalen.

Onder VEROUDERING verstaan we de "eugerische"[102] evolutie van de menselijke stem vanaf 60 jaar. "Eugerisch" omvat de progressieve aaneenschakeling van subtiele wijzigingen in de structuur en de werking van het menselijk lichaam waardoor functies en mogelijkheden wijzigen, verdwijnen of optreden en/of minder efficiënt worden. Deze veranderingen worden verwacht, zijn onontkoombaar en worden als "normaal" bestempeld. Het gaat om een natuurlijk vervolg van "rijping" op het ontwikkelingscontinuüm.

OBJECTIEVE AKOESTISCHE PARAMETERS (OAP) kwantificeren de stemklank als een noodzakelijke aanvulling van de perceptuele beoordeling om een totaalbeeld te verkrijgen van de fonatie. De auditieve **perceptie** discrimineert en identificeert op macroniveau globale eigenschappen zoals timbre, mate van heesheid, schorheid e.d. Het gaat hier om een kwalitatieve beschrijving op basis van een relatieve norm nl. een toetsing aan eigen subjectieve ervaring, aan andere culturen of andere beoordelaars. De kwaliteit wordt onmiddellijk beoordeeld en een uitspraak hieromtrent houdt tegelijk ook een evaluatie in van de stemklank.
De **akoestiek** kwantificeert de deelaspecten van de stemklank op het microvlak.
Bij een objectieve akoestische analyse is het subjectieve element niet altijd volledig uitgeschakeld : de onderzoeker moet zelf beslissingen treffen rond bijvoorbeeld cursorpositie bij computeranalyse, of moet berekeningen opvragen op basis van visuele discriminatie.
Wijzigingen in akoestische parameters kunnen enkel een aspect grootte en richting bevatten, maar verwijzen niet naar een oorzaak. Ook bestaat tussen perceptie en akoestiek geen eenduidige één-één-relatie[4].
Akoestiek kan de stem op een zeer groot aantal parameters analyseren. Dejonckere en Lebacq[42] geven de raad enkel deze parameters te analyseren die goed correleren met de subjectieve beoordeling en tegelijk niet te redundant zijn met andere parameters. De methodiek van de akoestische analyse moet resulteren in vergelijkbare bevindingen met andere systemen of met handmatige berekeningen[163]. Bij akoestische analyse zouden de voorafgaande procedure (registratie en computercaption) gestandaardiseerd moeten zijn zodat herhaalbaarheid en vergelijking binnen en tussen onderzoekers, systemen en onderzoekscentra maximaal wordt.
Rabinov e.a.[159] stellen verschillen vast in de betrouwbaarheid van akoestische en perceptuele beoordeling (toegepast op jitter vs. roughness): beoordelaars zijn het even goed of zelfs beter met elkaar eens dan dat automatische akoestische programma's dit onderling zijn. Indien er geen overeenstemming bestaat, dan is dit bij luisteraars op een voorspelbare wijze, bij akoestische analyse eerder willekeurig. De luisteraarsbetrouwbaarheid verhoogt met de ernst van de pathologie, terwijl de akoestische analyse het meest betrouwbaar is bij normale stemmen.
Akoestische analyse dient verscheidene doelen[118,185] : begrip van perceptuele bevindingen, objectivering van diagnose, cijfermatige uitdrukking van behandeleffecten, systematische beschrijving van stemconditie, informatie naar de stemgebruiker, terugkoppeling, opstellen van normen die de basis vormen voor diagnose en therapie, begrip van ontwikkelingsprocessen. Deze laatste twee aspecten staan centraal in het onderzoek dat in hoofdstuk 3 wordt beschreven: er wordt gezocht naar normen voor akoestische parameters voor een groep gezonde mannen en vrouwen tussen 60 en 99 jaar en gestreefd naar inzicht in het proces

van de veroudering.

In het theoretisch deel willen we eerst (zie punt 1) een zo volledig mogelijk beeld verkrijgen van de factoren die stemveroudering kunnen veroorzaken of de stemklank van ouderen kunnen beïnvloeden. We bespreken de anatomische en fysiologische veranderingen in het fonatie-apparaat en in het gehoor als primaire oorzaken. Daarna volgt de bespreking van andere aspecten die de stemklank en het stemgedrag bij ouderen kunnen mede bepalen: enerzijds algemene gedragsmatige en psychosociale factoren die de oudere in zijn dagelijks functioneren kunnen beïnvloeden, anderzijds situatiegebonden momentane aspecten die een rol spelen tijdens de stemregistratie in functie van het stemonderzoek. Deze invloeden uiten zich via gewijzigde stemfunctionaliteit of via emotie. Een uitgebreide bespreking moet ertoe leiden het beeld over de stem, dat men verkrijgt via de literatuur binnen het NKO-gebied, te verruimen zodat de onderzoeker met deze aspecten kan rekening houden bij de planning en de afname van het stemonderzoek en zodat resultaten van akoestische stemanalyse worden geïnterpreteerd binnen een ruime logopedische visie.
In punt 2 proberen we een antwoord te vinden op de vraag "Welke zijn de perceptuele en akoestische kenmerken van de stem bij ouderen?" Tenslotte wordt ook ingegaan op specifieke aandachtspunten voor het stemonderzoek bij ouderen (zie punt 3).

1 Oorzaken stemveroudering en invloeden op de stem bij ouderen.

1.1 Primaire oorzaken

1.1.1 Anatomische en fysiologische wijzigingen van het stemapparaat

Tijdens het verouderingsproces ondergaat het lichaam een aantal algemene wijzigingen[102]. We bespreken er enkele die de fonatie kunnen beïnvloeden. Daarna belichten we specifieke veranderingen ter hoogte van het stemapparaat.
De **lichaamssamenstelling** ondergaat de volgende wijziging: de zogenaamde "lean body mass" (lichaamsmassa behalve water en vet) en de hoeveelheid water in het lichaam vermindert terwijl vetweefsel toeneemt rond de organen en afneemt onderhuids. Het mineraalgehalte in **beenderen** vermindert vanaf 40 jaar, maar sneller bij vrouwen na de menopauze dan bij mannen. Vrouwen lijden dan ook vaker dan mannen aan osteoporose. **Kraakbeen** wordt minder plooibaar. Wanneer de densiteit van het kraakbeen of van geïnvadeerd fibreus weefsel voldoende hoog is, kan ook been gevormd worden door de afzetting van calcium. **Collageen weefsel** wordt rigider. Ter hoogte van de gewrichten kan daardoor stijfheid optreden. Elasticiteit vermindert doordat het **elastisch weefsel**, aanwezig

in aderen, hart, longen en onder de huid, rafelig wordt en desintegreert. Ter hoogte van de **spieren** treedt een vermindering van spiervezels op en van motorische zenuwvezels. Doch het verlies van spiervezels is sterker zodat men ervaart dat men meer inspanning moet leveren, gezien de waarneming van inspanning wordt gemeten in termen van het aantal motorische eenheden die nodig zijn om de gewenste kracht te ontwikkelen. In het spierweefsel hoopt zich pigment op en wordt proteïne gesynthetiseerd. Deze stoffen dragen niet bij tot spierkracht. Een deel van de spiermassa die verloren gaat wordt vervangen door fibreus bindweefsel en vet. De epitheelcellen worden minder snel vervangen en de epitheellaag wordt dunner waardoor vaak de beschermfunctie vermindert. Wanneer de voeding gevarieerd is en de oudere actief blijft, stelt men geen wijziging vast in de samenstelling van het **bloed**. Bij bloedverlies worden nieuwe cellen trager aangemaakt, maar het herstel is niet minder volledig dan bij jongeren. De proteïneconcentratie in het plasma vermindert licht waardoor bijvoorbeeld medicatie minder sterk wordt gekoppeld aan deze proteïnen tijdens het transport door de bloedbaan. Het volume bloed daalt evenredig met de vermindering van de zogenaamde "lean body mass". Vanaf de zesde leeftijdsdecade versnelt de vermindering in aantal neuronen en daaraan gekoppeld van de vezels in de perifere **zenuwen**. De snelheid van de actiepotentialen doorheen de zenuw vermindert met 30 % tussen 20 en 80 jaar. De uitwisseling van informatie van en naar de hersenen wordt dus niet alleen gehinderd door het verlies aan kanalen (b.v. minder zenuwvezels) maar ook doordat de boodschap minder snel wordt doorgestuurd. De hoeveelheid neurotransmitter in het zenuwsysteem is verminderd ofwel doordat deze minder snel wordt aangemaakt ofwel doordat deze sneller wordt vernietigd of geïnactiveerd.

Op functioneel vlak brengen deze veranderingen o.a. een vermindering teweeg van precisie, snelheid, bereik, uithouding, coördinatie, stabiliteit en kracht. Dit geldt ook voor het hele stemapparaat

De hierna volgende opsomming van wijzigingen in luchtwegen, larynx, supraglottische resonatoren en van andere invloeden is een samenvatting van de vele onderzoeksresultaten en beschrijvingen uit de literatuur[2,48,61,64,73,74,79,90,120,121,133,147,152,173,195]. Voor resultaten waarover nog geen algemene consensus bestaat of voor specifieke termen en begrippen wordt naar de desbetreffende auteur verwezen.

Ter hoogte van longen en **luchtwegen** (de aandrijving voor de stem) kunnen de volgende wijzigingen optreden. De benige thorax demineraliseert. Ribkraakbeen verstijft door verkalking. De wervelzuil vertoont een meer uitgesproken kyfose. De ademhalingsspieren verzwakken en de longelasticiteit vermindert. Het pleuraal membraan wordt dunner en droger waardoor de flexibiliteit vermindert. De oppervlakte van de longblaasjes verkleint, evenals de activiteit van het trilhaarepitheel. Slijm wordt overvloediger afgescheiden en hoopt gemakkelijker

op. Samenvattend gaat het om de vermindering van beschikbare respiratieruimte en een geleidelijke vermindering van de veerkracht van longen en luchtwegen. Functioneel brengen deze wijzigingen een geringere beweging van het diafragma teweeg, is er minder goede zuurstofdiffusie naar het bloed en verkleint de subglottische druk. Ook het expiratorisch volume op 1 sec. vermindert. De vitale capaciteit vermindert door de inperking van het inspiratorisch en expiratorisch reservevolume. Daardoor verhoogt het residuaal volume met als gevolg een minder goede longventilatie. Reserves kunnen dus moeilijker worden aangesproken en de krachtontwikkeling is beperkt. Bij de spreekademhaling gaat het vooral om moeilijkheden bij de controle van het luchtverbruik als gevolg van minder beheerste spieren en een beperkte ademsteun.
De genoemde structurele en functionele wijzigingen mogen een normale conversatie met een gemiddelde zinslengte en een goede frasering echter niet storen.
De **larynx** daalt in de loop van de ouderdom een paar centimeter in caudale richting. Dit is het gevolg van de voortdurende groei van het craniofaciaal complex vanaf de vroege volwassenheid, een ontwikkeling die wordt omschreven als "een proces van symmetrische vergroting"[127]. Ook het feit dat de ligamenten rekken en de dwarsgestreepte spieren atrofiëren, kan de lagere larynxpositie verklaren. De grootste anatomische veranderingen in de larynx gebeuren in de zesde en zevende leeftijdsdecade[22]. Er treedt een veelheid aan anatomische veranderingen op: het slijmvlies wordt wat geelachtig, kraakbeentjes verbenen, het oppervlak van de crico-arytenoide gewrichten verdunnen en er zet zich collageen weefsel op vast. De instabiliteit die hierdoor kan ontstaan kan de sluiting van de stemspleet bemoeilijken[179]. De ligamenten worden minder elastisch. Het vocaal ligament fibroseert en de intrensieke larynxspieren atrofiëren. Steeds minder zenuwuiteinden bereiken spieren en mucosa. De laag submuceus bindweefsel wordt dunner. De gewrichtsvlakjes eroderen. De stembanden staan zowel in rusttoestand als bij stemgeving vaak gebogen. Tenslotte treden ook wijzigingen op in circulatie, endocriene balans, neuromusculaire controle en in de werking van chemo- en mechanoreceptoren. Deze structurele veranderingen zorgen ook voor een gewijzigde functionaliteit. De gewrichten worden stijver en de glottisweerstand vermindert. De stembandbewegingen kunnen asymmetrisch worden en een verminderde periodiciteit vertonen. De amplitude van de stembanden is beperkter en het golfkamfenomeen is minder duidelijk. Met stijgende leeftijd stelt men bij mannen vaker een blijvende glottisopening vast. Bij vrouwen komt dit op alle leeftijden voor. Bij jonge vrouwen gaat het om een posterieure opening (gap), bij oudere vrouwen vertoont de glottis een blijvende opening ter hoogte van het voorste derde van de stemspleet.[126] Deze gap kan ook spoelvormig zijn. Deze verkleint bij toenemende intensiteit en stijgende toonhoogte. De waarde van de transglottische luchtstroom in het flowglottogram

bereikt geen hoge waarden door de lage subglottische druk en de beperkte glottisweerstand. In aanwezigheid van een blijvende glottisopening daalt deze waarde tijdens de "gesloten" fase niet tot nul daar de luchtstroom nooit volledig wordt onderbroken. Meer algemeen is de pneumofonische coördinatie verminderd.

Ook de **supraglottische resonatoren** veranderen in de loop van de ouderdom. Ter hoogte van de farynx stelt men een vermindering van de spiertonus, van de sensorische innervatie en van de elasticiteit van de farynxwanden vast. Door de gedaalde positie van de larynx, wijzigen ook de afmetingen van de farynx. Over de velofaryngeale functie bestaat (nog) geen conscensus. Hutchinson, Robinson en Nerbonne[88] registreerden met behulp van een microfoon ter hoogte van de neus het nasaal intensiteitsniveau bij lezing van teksten en berekenden een graad van "nasalance" door dit niveau te delen door het totale intensiteitsniveau (nasaal+oraal). Men vond, duidelijker bij vrouwen dan bij mannen, een sterke nasalering bij leespassages zonder nasalen, momentaan verlies van velaire controle en progressieve verslechtering naarmate de lezing van de tekst vorderde. Argumenten als neuromusculaire zwakte, een trager spreektempo bij ouderen, een verminderde beginsnelheid van de velumoptrekking, vermoeidheid en de vermindering van neurotransmitters konden volgens Hutchinson, Robinson en Nerbonne de bevindingen verklaren. Hoit, Watson e.a.[77] vonden echter dat een aëromechanisch fenomeen niet akoestisch kan gemeten worden en maten de nasale airflow zelf. Ze stelden geen leeftijdsafhankelijke verschillen vast (metingen gebeurden met een tolerantie van 10 cc/sec.). Ze bevestigden wel dat traag spreken en gebonden spraak (i.t.t. syllaben) neigen naar hogere nasalering. Ze besluiten dat de velofaryngeale functie niet verslechtert in functie van de leeftijd en dat, zonder verhoogde airflow, een sterker intensiteitsniveau van nasalering kan voorkomen op basis van andere oorzaken (craniofaciale wijzigingen, betere transfer van akoestische energie door een verminderde dichtheid van het harde verhemelte, wijzigingen in spectrale kenmerken, spreken met beperktere mondopening). Al deze bevinden werden nog niet aangevuld met beeldvorming van de normale oudere velofaryngeale functie.

Verlies van het blijvend gebit kan in de mondholte[94,113] voor bijkomende problemen zorgen. Als de tandprothese niet past, kleine letseltjes of pijn veroorzaakt en uiteindelijk wordt weggelaten, is er geen compensatie voor het verlies aan drukkrachten waardoor moeilijkheden in het temporo-mandibulair gewricht ontstaan. Sensorische en sensibele wijzigingen zorgen voor een minder preciese tactiele terugkoppeling. Dit resulteert, mede veroorzaakt door a- en dystrofie van de articulatiespieren, in een minder nauwkeurige articulatie. De droge mond is enerzijds het resultaat van de verminderde speekselafscheiding en de wijzigingen in het slijmvlies, anderzijds van de veranderingen ter hoogte van de neus[152]. Binnen de blijvende groei van het craniofaciaal skelet wordt de neus zowel

absoluut als relatief groter. Van de kindertijd tot de hoge ouderdom evolueert de neusrug van concaaf over recht naar convex. Dit laatste wordt op latere leeftijd vooral veroorzaakt door fragmentatie van de kraakbeentjes, het stevigheidsverlies van het bindweefsel en de verkorting en retractie van de columella. De verminderde luchtdoorgang dwingt dan vaak tot mondademhaling. Wijzigingen in epitheel en slijmvlies zorgen voor een verminderde functie van luchtbevochtiging, -verwarming en -zuivering.
Uit meerdere onderzoeken is gebleken dat veel functies, waaronder de fonatie, nauwer samenhangen met biologische leeftijd dan met chronologische leeftijd. Dit betekent dat functies zoals diastolische en systolische bloeddruk, vitale capaciteit, hartslag e.a. in een betere of slechtere conditie kunnen zijn dan mag verwacht worden op basis van de chronologische leeftijd. Een hogere biologische leeftijd kan te wijten zijn aan een versneld verouderingsproces of aan de aanwezigheid van een "fitness-gap"[140]: een discrepantie tussen actuele en potentiële fitheid. Bij heel veel ouderen is het laatste van toepassing door het in onbruik geraken van functies. Als één van de fitheidsaspecten (soepelheid, kracht, uithouding en vaardigheid) door veroudering niet meer voldoet, worden de overige aspecten dikwijls tegelijk verwaarloosd. Zelfs in afwezigheid van pathologische processen treedt dan, door een inactieve levensstijl, zogenaamde "inactiviteitsatrofie"[62] op.

1.1.2 Wijzigingen in het gehoor

De achteruitgang van de gehoorfunctie wordt algemeen beschouwd als een onderdeel van het fysiologisch verouderingsproces[95]. Glorig en Nixon[63] spreken over "sociocusis" waarmee ze het effect op het gehoor bedoelen van blootstelling gedurende de hele levensloop aan niet beroepsgebonden lawaai. Confrontatie met lawaai in vrije tijd of in de omgeving kan ook de oorzaak zijn van verhoogde gehoordrempels[30]. Het is moeilijk de invloed van deze externe factoren te onderscheiden van het effect van fysiologische veroudering bij gehoorproblemen op latere leeftijd.
In onze Westerse wereld komt slechthorendheid veralgemeend voor. Exacte cijfers over prevalentie variëren sterk naargelang de definitie van gehoorverlies in termen van aantal dB bij welke frequenties, in termen van perifere en/of centrale wijzigingen in het gehoorsysteem, voor zuivere tonen of spraak of voor audiometrische testen of binnen functionele communicatie.
Ook al doen zich ouderdomsgebonden veranderingen voor in het uitwendig oor (elasticiteitsvermindering en veerkracht van de epitheellaag, vooral van de oorschelp, bij mannen een overmatige haargroei, grootte van de oorschelp, vernauwing van de uitwendige delen van de gehoorgang, veel maar droger cerumen geproduceerd door minder cellen) en het middenoor (rigider, doorzichtiger en verdund trommelvlies, rigidere beentjesketen,

gewrichtswijzigingen, verkalking en atrofie van de beentjes, de mm. tensor tympani en stapedius en de ligamenten van de beentjes, verminderde efficiëntie van de buis van Eustachius), toch is ouderdomsdoofheid hoofdzakelijk een perceptief verlies. De term presbyacousis wordt dan ook algemeen gebruikt voor progressief bilateraal symmetrisch sensorineuraal gehoorverlies dat relatief laat binnen de volwassenheid optreedt[93]. Schuknecht[177] deelt de binnenoorpathologie bij ouderen in vier types: sensorische (atrofie van het epitheel en degeneratie van haar- en steuncellen binnen het orgaan van Corti, vooral ter hoogte van de basale winding), neurale (vermindering van eerste orde neuronen binnen de cochlea en verder in de gehoorbaan), metabolische (atrofie van de stria vascularis) en mechanische presbyacousis (stoornissen in bewegingsmechanisme van het cochleair kanaal). In het tonaal audiogram reflecteren deze vier types zich op een verschillende wijze.

Presbyacousis speelt zich dus vooral af in de cochlea waarbinnen hoofdzakelijk de uitwendige haarcellen het gevoeligst zijn voor verouderingseffect. De atrofie van deze sensoriële cellen zorgt ervoor dat de koppeling tussen het basilair en het tectoriaal membraan vermindert in functie van het aantal aangetaste cellen[57] en vooral basaal in de cochlea. Het tonaal audiogram vertoont bijgevolg verliezen in de frequenties boven 2000 Hz. In de verder ontwikkeling van de ouderdomsslechthorendheid, waarvoor mannen meer vatbaar zijn dan vrouwen[184], worden progressief ook lagere frequenties betrokken.

De cochleaire problemen veroorzaken niet enkel een verhoogde gehoordrempel, maar ook een verminderde spraakperceptie, door Gaeth[58] "fonemische regressie" genoemd. Wil men leeftijdsverschillen vaststellen op het gebied van spraakverstaan, dan spelen vooral auditieve factoren een rol. Cognitieve aspecten doen dit in veel mindere mate[199]. Onderzoekers vinden wisselende verbanden met leeftijd en gehoorgevoeligheid, maar stellen een sterkere samenhang vast met veralgemeende beschadiging doorheen het hele gehoorsysteem, zowel perifeer als centraal. De spraakperceptie wordt nog slechter in aanwezigheid van competitieve signalen (b.v. ruis), reverberatie, gefilterde spraak, m.a.w. wanneer de luistertaak bemoeilijkt wordt. Ook tijdscompressie van het signaal vermindert de spraakperceptie bij ouderen zowel met als zonder gehoorverlies. Verder treedt bij ouderen ook, alhoewel niet veralgemeend, recruitment op (afname van het dynamisch gehoorbereik) en een versnelde adaptatie aan luidheid (tone-decay).

Presbyacousis veruitwendigt zich op zeer verscheiden wijzen daar elk onderdeel van het hele auditieve systeem een verschillend aantal veranderingen kan vertonen, in verschillende graad, op verschillende momenten aangevangen en wisselend snel evoluerend. Nerbonne[145] waarschuwt echter voor een te sterke veralgemening van onderzoeksresultaten omdat nog niet alle aspecten van presbyacousis werden onderzocht bij personen ouder dan 70 jaar.

Het effect van presbyacousis op de eigen fonatie van de oudere werd onderzocht

op het niveau van intensiteit, frequentie en ruwheid[202]. Vroegere studies door Burzynski[21] hadden aangetoond dat sensorineuraal gehoorverlies leidt tot verhoogde stemintensiteit, geleidingsslechthorendheid echter tot verminderde stemintensiteit. Onderzoeksresultaten van Weatherley, Worall en Hickson[202] bevestigen dit: bij ouderen gaat een mild gehoorverlies gepaard met toegenomen fonatie-intensiteit. Wijzigingen in andere fonatie-aspecten bleken niet uit hun onderzoek, tenzij bijkomende problemen de fonatie beïnvloedden (lagere F_0 bij aanwezigheid van gastro-oesofageale reflex). Door de verminderde auditieve terugkoppeling vermindert ook de controle over de geproduceerde klanken en uitingen die dan ook minder worden gecorrigeerd of bijgestuurd.
Stephens en Zhao[186] besluiten uit hun onderzoeksresultaten dat toenemend gehoorverlies een minder sterke invloed heeft op de normale activiteit en de rolvervulling bij ouderen dan bij jongeren, uitgedrukt in graad van beperking en handicap. (zie eindnoot 1) Wanneer ouderen de gesprekspartner niet begrijpen onderbreken personen ouder dan 65 j. het gesprek of trekken zich terug, eerder dan zich in een betere luisterpositie te plaatsen.

Samenvattend betekent ouderdomsslechthorendheid meer dan een verhoging van de gehoordrempel: ook de fonatie wijzigt door veranderingen in het auditief terugkoppelingsmechanisme, verminderde centrale functies tasten de spraakperceptie aan en de functionele wijzigingen kunnen in duur en frequentie het communicatief gedrag beïnvloeden.

1.2 Beïnvloedende factoren

Een beschrijving van de oorzaken van gewijzigde stemkenmerken bij ouderen mag niet beperkt blijven tot de anatomische, fysiologische en biologische wijzigingen in het stemapparaat en veranderingen in het gehoor. Tal van andere oorzaken kunnen de stem beïnvloeden, secundair via de emotie, via de invloed van gedragsmatige gewoontes en het gewijzigd psychisch en cognitief functioneren. Deze factoren kunnen permanent de stemklank beïnvloeden en/of zich specifiek tijdens het stemonderzoek uiten. In de volgende bespreking worden deze punten, indien van toepassing afzonderlijk toegelicht.

1.2.1 Subjectieve beleving van de werkelijkheid

Als de subjectieve beleving van de werkelijkheid spanning, angst of onzekerheid opwekt, dan kan de kwaliteit van de stemgeving daaronder lijden[167]. Van groot belang hierbij zijn de houding ten opzichte van de levensverwachting en het zicht op de toekomst, de familiale opgenomenheid, de materiële handhaving, de graad

van zelfstandigheid, het karakter en het temperament, de zelfperceptie van eigen lichaam en mogelijkheden, het omgaan met eenzaamheid, de functie in de maatschappij. Wekken één of meerdere van deze factoren een te ernstige frustratie op, dan zal het stemprofiel daardoor negatiever worden.
Wijzigingen verbonden aan het ouder worden, leiden niet automatisch tot negatieve emotie of dysfunctioneel gedrag. Mits de gezondheidstoestand voor de persoon in kwestie aanvaardbaar en het sociaal netwerk toereikend is, kan verouderen ook positief beleefd worden: de sociale controle valt grotendeels weg, het vrijheidsgevoel neemt toe, de verantwoordelijkheidsdruk van werk en opvoeding verlicht of verdwijnt, sociale contacten kunnen hernieuwd worden, interesses worden uitgebouwd, dagindeling en activiteitenplanning kunnen soepel ingevuld worden naar eigen behoefte e.d.[9] Slaagt men erin van de nieuwe mogelijkheden positief gebruik te maken en te genieten, dan overheerst een gevoel van tevredenheid. Beperkingen ten gevolge van het ouder worden verminderen dan relatief in belang.
Bij het stemonderzoek moet duidelijk worden hoe de oudere de werkelijkheid beleeft om zijn/haar stemming juist te kunnen interpreteren. De onderzoeker kan een sfeer van ontspanning en positieve medewerking creëren door er voor te zorgen dat de proefpersoon vertrouwd geraakt met de situatie en met de onderzoeker, dat men een zekere graad van plezier beleeft aan het contact en dat de onderzochte persoon voldoende controle heeft over de situatie. Daarnaast mag er geen spanning optreden door aanwezigheid van pijn, honger, dorst of koude of andere niet bevredigde behoeften.

1.2.2 Aanpassing en zingeving

De mens beschikt over een vermogen om doorheen en binnen zeer verschillende en wisselende omstandigheden en omgevingen het eigen functioneren aan te passen (adaptatie), te herstellen (reorganisatie) en in balans te houden (stabilisatie)[201] zowel fysiek als psychisch. Het verouderingsproces brengt met zich mee dat de begrippen "omstandigheid" en "omgeving" gaan verengen en dat de oudere persoon moet geholpen worden met ondersteuning van buitenaf: het eigen gedrag wordt aangepast, derden en/of externe hulpmiddelen worden ingeschakeld.
Het al dan niet vinden van een nieuw evenwicht brengt gevoelens van welbehagen en tevredenheid respectievelijk frustratie teweeg. Deze emotionele component is multifactorieel bepaald. Het falen kan namelijk veroorzaakt worden door een ontoereikend psychosociaal en/of economisch-materieel netwerk[115] of doordat het minder goed inwendig functioneren niet kan gecompenseerd worden door het eigen uitwendig gedrag.
Naarmate de veranderingen ingrijpend zijn en de persoon dit als ernstig ervaart,

zal men ook spanning ervaren. Dit kan opgelost worden door onbewuste aanpassingen in te schakelen (defense) of door een dynamisch antwoord te geven op deze veranderingen (coping). Wanneer het copingmechanisme geslaagd is, kan de competentie van de oudere persoon verhogen. Daartoe moet het copingmechanisme qua aard, graad en adequaatheid afgestemd zijn op de veranderingen, de gerelateerde subjectieve ervaring en de wenselijkheid van een aanpassing. Copingmechanismen kan de oudere leren van leeftijdsgenoten of, zo nodig, met behulp van het sociale netwerk zelf ontwerpen. Bij de realisatie ervan spelen motivatie, positieve levenservaring, zelfconcept en betekenisgeving een bufferende rol. Een copingmechanisme is zeer individueel bepaald. In de wereld van de zorg voor de oudere personen is er echter vaak weinig tijd en ruimte om de ouderen als individu te benaderen. Ook al ontwikkelt individualisering van de geboorte tot de dood[201], toch wordt dit proces meestal vroegtijdig stopgezet door rigide stereotype beelden over de ouderdom door derden of de oudere persoon zelf. Volgens Comfort[27] kan 75 % van de variantie bij ouderen verklaard worden door dit "sociogenic aging", een zichzelf vervullende voorspelling die overeenkomstig gedrag uitlokt. Ook institutionalisering kan hiertoe bijdragen, meestal om praktische redenen[92]. Bij groeiende afhankelijkheid en een gemis aan individuele erkenning kan de waardigheid van de oudere in het geding komen[29] en krijgen negatieve emoties de bovenhand.

Bij de pogingen om het hoofd te bieden aan moeilijkheden (coping) speelt de zingeving een sleutelrol. Ook al worden veel zingevingsbronnen bepaald door de maatschappij, bij het ouder worden gaat het om de individuele zingeving die sterk bepaald wordt door de eigen levensvisie en het eigen waardensysteem. Om het leven niet als zinloos te ervaren bij het wegvallen van één zingevingsbron (relatie, arbeid, opvoeding, economisch aspect) is het nodig verscheidene zingevingsdomeinen te ontwikkelen. Dit moet gebeuren op drie vlakken : als persoon (uniciteit), in relatie (intersubjectiviteit) en in gemeenschap (solidariteit). Hierbij mag de oudere de eigen verantwoordelijkheid niet van zich afschuiven of uit handen worden genomen. Zingeving als actief proces binnen deze gebieden leidt dan tot tevredenheid in plaats van berusting. Het is duidelijk dat zingeving niet kan beginnen op het moment dat de ervaren zinvolheid van vroegere levensfasen in contrast gaat staan met de huidige ervaren zinloosheid[24]. De verschillende levenslooptheorieën (van Jung, Erikson, Bühler) beschrijven geslaagd ouder worden dan ook als de vrucht van een levenslange ontwikkeling[62]. Al blijken de meeste mensen te beschikken over een sterk vermogen tot geven en vinden van levenszin, toch kan de zingeving mislukken. Bij ouderen worden dan ook regelmatig depressieve kenmerken vastgesteld als "teken" van een moeilijk uit te drukken blokkage of negatief gevoel.(zie eindnoot 2) Het gaat in deze gevallen om één of meer deelaspecten van depressie, meestal tijdelijk, variërend van drie dagen tot een week[22]. De oorzaak is meestal multifactorieel bepaald

waarbij men predisponerende en luxerende factoren heeft gevonden van zowel biologische, psychosociale als socio-economische aard[71]. Depressieve kenmerken bij ouderen kunnen ontstaan door angst, als gevolg van slaapstoornissen of als een vlucht van omstandigheden en persoonlijk "falen" in een ziekterol waardoor de stress vermindert terwijl de zelfwaarde wordt behouden[22].
Tijdens het stemonderzoek heeft de onderzoeker oog voor de wijze waarop de oudere persoon wenst benaderd en aangesproken te worden, voor het feit of men voor bepaalde handelingen al dan niet wil geholpen worden en voor de dagelijkse gewoonten waarvan men liever niet afwijkt. Op die manier kan de motivatie tot deelname verhogen terwijl de proefpersoon een positief gevoel heeft omtrent het hele stemonderzoek en de eigen bijdrage daartoe.

1.2.3 Medicatie, dieet, rookgedrag en alcoholgebruik

Ook deze elementen hebben een invloed op de stemkwaliteit. Het gaat zowel om het effect op de stem van elk van deze aspecten, als om het cumulatief en langdurig gebruik/toediening ervan[17,51,102]. Het medicatiegebruik van ouderen is vaak gerelateerd aan gezondheidsproblemen die chronisch zijn van aard: atherosclerose, hartproblemen, kanker, osteoporose, arthritis, hypertensie, diabetes en reuma. Multipathologie komt meer voor bij ouderen dan bij jongere volwassenen. Medicatiegebruik is bij ouderen dikwijls bedoeld ter preventie van de klachten of van uitbreiding van de klachten. Een goede medische controle beoogt een inzicht in de aard en hoeveelheid van de medicatie, de omgang van de oudere met de medicatie, de zelfmedicatie en de regelmaat van inname.
Een slechte vochtbalans of een onevenwicht in de voeding wordt bij ouderen soms vastgesteld bij één of meerdere problemen op het domein van de visus, de kauw- en slikfunctie, de spijsvertering, de mobiliteit, de smaak, de geur en/of het initiatief tot activiteit. Het voedingsgedrag kan hierdoor in één of meerdere aspecten gestoord zijn (het zoeken, kiezen, verkrijgen, bewaren, bereiden en eten). Het onevenwicht kan ontstaan door een te hoge inname (b.v.meer zout bij smaakproblemen) of een te beperkte inname (b.v. vezels bij kauw- en/of spijsverteringsproblemen) van een bepaald voedingsbestanddeel. Hierop wordt het risico groter wanneer de oudere niet gesteund of geholpen wordt. Een langdurig onaangepast dieet kan dan leiden tot pathologie (b.v. obesitas, uitdrogingsverschijnselen).
De invloed van gedragsmatige factoren als medicatie, voeding, alcohol- en tabakgebruik op het totaal lichaamsfunctioneren reflecteert zich ook in de fonatie. Deze invloed is eerder permanent van aard.
Bij het stemonderzoek dient men naar al deze gewoontegedragingen te informeren. De onderzoeker moet ook op de hoogte zijn van het feit of er al dan niet medicatie werd ingenomen die een invloed kan hebben op de psychische

alertheid van de proefpersoon en of men al dan niet gehinderd wordt door gastro-oesofageale reflux. Indien mogelijk moet het onderzoek opnieuw gepland worden zodat deze momentane invloeden worden uitgeschakeld.

1.2.4 Communicatief gedrag

Het onderhouden van communicatief gedrag zal bijdragen tot een langduriger goede fonatie. Zowel gehoorsverlies als mobiliteitsvermindering kunnen de frequentie en de duur van de communicatie heel sterk beperken: men onderhoudt minder contacten omdat men de conversatie niet kan volgen of omdat men de gesprekspartner niet meer zelf kan gaan opzoeken. De aard en de duur van de communicatie moeten ook aangepast zijn: enerzijds vermindert de stembelastbaarheid, anderzijds zijn er te veel ouderen die nooit (meer) zingen, niet meer deelnemen aan geanimeerde gesprekken en zelfs soms dagenlang geen verbaal contact hebben. Communicatie vereist echter ook terugkoppeling. Wanneer de zogenaamde gesprekslus (boucle circulaire[57]) doorbroken wordt door de afwezigheid of kwalitatief slechte aanwezigheid van een luisteraar, dan valt de wens tot communicatie bij de oudere weg. Deze wens hangt echter ook af van een inwendige drijfveer die sterk samenhangt met de werkelijkheidsbeleving en het al dan niet bereiken van een psychisch evenwicht. De medeverantwoordelijkheid voor blijvende communciatie stelt Woelfel[206] zeer scherp: communicatie is een vorm van energieoverdracht. Wordt men van deze vorm van activiteit geïsoleerd, dan wordt men, fysiek of mentaal, ziek. En dit versnelt kunstmatig het verouderingsproces.
Bij de communicatie tijdens het stemonderzoek kan heel snel duidelijk worden op welke manier de oudere persoon gewoonlijk communiceert. Is men geneigd de eigen inbreng in het gesprek te beperken tot ja/nee-reacties, dan moet de onderzoeker via een constructief inleidend gesprek de proefpersoon aanzetten tot een uitgebreidere deelname door samen met hem/haar, als een kwalitatief volwaardige partner, het gesprek op te bouwen.

1.2.5 Cognitie

Bij normale ouderen kunnen zich zeer verscheiden cognitieve wijzigingen voordoen die een grondig inzicht vereisen om ze te kunnen herkennen als deel van het normaal verouderingsproces (vs. bijvoorbeeld dementie[166]). Wijzigingen op het gebied van perceptie, aandacht, leren en onthouden, geheugen, probleemoplossend vermogen en redeneren, beïnvloeden op meerdere wijzen de communicatie en, daaraan gerelateerd, de fonatie.
Cognitief dysfunctioneren kan er ook voor zorgen dat de communicatie vermindert in duur, kwaliteit, continuïteit, levendigheid en betrokkenheid met de

daaraan gerelateerde invloeden op de fonatie.
Er zijn verscheidene aspecten die een verminderde cognitieve functie bij ouderen kunnen verklaren. Het verschil tussen cognitieve performantie en competentie is bij ouderen groter dan bij jongeren. Hierbij speelt de verminderde prestatiemotivatie een rol, maar ook de fysieke en mentale gezondheid, de socio-economische status en de rol die men vervult binnen de maatschappij. Net zoals bij de lichamelijke functies zorgt ook het in onbruik raken van cognitieve functies voor een daling van de performantie. Verder moet nog in rekening worden gebracht wat de scholingsgraad van de persoon is en hoe men presteerde op cognitieve taken voor het ouder worden.
Zijn deze aspecten gecontroleerd, dan vertoont de cognitie de volgende wijzigingen[16,17,51,99]. De sensorische gevoeligheid is, op het niveau van de centrale verwerking, verminderd op twee domeinen: de opsporing van prikkels met lage intensiteit en de opsporing van variatie in intensiteit. Dit geldt voor meerdere zintuigen en kan slechts gedeeltelijk worden verklaard door structurele veranderingen in de receptoren. Zowel visuele als auditieve patroonherkenning is vertraagd. Deze laatste vorm heeft invloed op spraakverstaan als vorm van auditieve patroonherkenning. Enkel indien waakzaamheid verzwaard wordt door bijvoorbeeld een geheugenopdracht is deze functie slechter dan bij jongeren. Waakzaamheid is echter afhankelijk van de kwaliteit van de slaap die bij ouderen vaak gestoord is. De grote afleidbaarheid door irrelevante prikkels zorgt voor een verminderde selectieve aandacht. Ook verdeelde aandacht verloopt stroever indien de moeilijkheidsgraad van één van de items hoog is. Ouderen leren ook trager o.a. door een tragere herhalingssnelheid en een verminderd gebruik van mnemotechnische middeltjes. Het leerproces wordt daarbij meer gestoord door interferentie. Verwerkt de oudere nieuwe informatie op eigen tempo en met eigen strategieën, dan vergeet hij het geleerde niet sneller dan jongeren. Het generisch geheugen (niet contextueel gebonden qua tijd, ruimte, persoon, plaats en vooral bestaand uit het lexicon) wijzigt niet wat betreft functie en structuur. Alleen de snelheid waarmee binnen het lexicon kan worden gezocht door combinatie van elementen is vertraagd. Van het contextgebonden episodisch geheugen wijzigen alle aspecten. De geheugenspan op korte termijn is iets verminderd. De problemen zijn groter voor het lange-termijn-geheugen: onderzoek wijst uit dat ouderen minder diep encoderen, minder uitgebreid herhalen, minder goed contextuele informatie coderen en minder efficiënt de informatie weer oproepen. Ook op het niveau van het automatisch geheugen zijn een aantal aspecten aangetast: het geheugen voor frequentie en temporele informatie, voor de eigen uitgevoerde activiteiten en het conversatiegeheugen. Het metageheugen verandert vooral doordat de geheugenverwerkingen minder goed worden gecontroleerd. Ouderen onderschatten namelijk vaak de moeilijkheidsgraad, breken het herhaalproces voortijdig af en leveren minder inspanning. Het beperktere

probleemoplossend en redeneervermogen worden deels uitgelegd door het in onbruik raken van deze functies, deels door neurologische degeneratie.
Dit hele cognitief verouderingsdeficit wordt in de literatuur verklaard vanuit het "limited capacity principle" en de "cycle-time hypothese". Het eerste principe wijst op een beperkter aantal verwerkingsbronnen en -middelen, de tweede hypothese op een verminderde verwerkingssnelheid op elk niveau, die nog bezwaard wordt naarmate meer processen gecumuleerd worden. Deze beide hypothesen kunnen in de verklaring van de cognitieve veroudering niet van elkaar gescheiden worden[99].
De fonatie bij onderzoek kan afwijken van de habituele fonatie. De persoon kan bij bepaalde opdrachten moeilijkheden ervaren wat betreft begrip, snelheid van reageren, onthouden e.d. en hierbij een gevoel krijgen van schroom, twijfel over eigen kunnen, aarzeling of faalangst, emoties die in het fonatieprofiel worden gereflecteerd. Dit kan door de onderzoeker voorkomen worden door het werktempo te verlagen, indien nodig in andere verwoordingen of met extra hulpmiddelen, opdrachten te herhalen, door tekens van ongemak en onbegrip op te vangen en er geruststellend op te reageren.

1.3 Invloed van emotie op de stem

Verscheidene auteurs[43,57] verwoorden de overtuiging dat de stem de hele persoonlijkheid reflecteert, dat de stem het klank geworden lichaam is en dat stemexpressie en emotie niet te scheiden zijn. Met dit laatste bedoelt De Jong-Estienne[43] niet alleen dat de stem een instrument is om de emotie uit te drukken, maar ook om deze emotie te laten voortduren, te aanvaarden, te moduleren, te realiseren, te beheersen, te communiceren, te relativeren, te identificeren. Naast het feit dat de stem de fysiologische toestand reflecteert, is de stem ook de meest gevoelige indicator van de psychologische toestand[207].
Fonagy[56] plaatst fonatie onder invloed van emotie in een breed fysiologisch kader: een typische emotionele status zorgt voor een typisch patroon van expressief lichamelijke bewegingen. Deze zijn zowel visueel observeerbaar als voor het blote oog verborgen zoals bewegingen in en rond de larynx. Zijn onderzoeken die de relatie nagaan tussen glottisbewegingen en articulatie en tussen stemklank en gelaatsexpressie bevestigen deze visie. Elke emotie resulteert in een bepaalde larynxpositie en -gedrag. Hij noemt deze emotieafhankelijke glottisprofielen "preconcious expressive gestures". Daaraan gekoppeld heeft elke emotie dan ook een typisch patroon van akoestische eigenschappen die uitgesproken of heel subtiel van elkaar kunnen verschillen[79]. Door het feit dat de akoestische output beïnvloed wordt door zeer kleine wijzigingen in stemproductie wordt emotionele opwinding snel duidelijk. Anderzijds kan deze gevoeligheid ook een bron van ruis betekenen.[176]

Dit alles wetenschappelijk objectiveren is bijzonder moeilijk: emoties laten zich niet manipuleren zonder aan echtheid in te boeten. Onderzoeksresultaten zijn daarom vaak gebaseerd op gesimuleerde gevoelens vertolkt door acteurs. Dit biedt het voordeel dat zij een emotie klaar, ondubbelzinnig en vrij duidelijk afgelijnd kunnen uitdrukken[205]. De persoonlijke betrokkenheid bij de emotie is echter beperkter dan bij een werkelijk beleefde emotie. Onderzoek naar stemexpressie van actueel beleefde emotie is op andere punten beperkt: meestal gaat het om kwalitatieve resultaten met weinig statistische bevestiging of objectieve cijfers, om kleine populaties, of om een beperkt aantal parameters. Men beschikt in dergelijke gevallen ook niet over een base-line van gegevens bij neutrale fonatie. Immers het is de afwijking van het (verwachte) neutrale die de informatie draagt over de emotionele staat van de spreker[189].

Emotie kan worden beschouwd als een fysieke stress[43], een niet specifieke reactie van het lichaam op de eisen die eraan worden gesteld. De oorzaken van de stress, de stressoren, kunnen zowel positieve als negatieve gebeurtenissen zijn[15]. Zowel positieve als negatieve emotie kan de stem beïnvloeden, daar in beide gevallen afgeweken wordt van het neutraal spannings- en bewegingspatroon. Het akoestisch effect van de emotie is afhankelijk van de spanningsgraad die ermee gepaard gaat. Angst, opwinding, woede, vreugde veroorzaken een hogere spanningsgraad in heel het fonatieapparaat. Bij zorg, droefenis en verveling is er minder activiteit dan bij de neutrale gemoedstoestand.

Er bestaat interindividueel een sterke variatie in de graad waarin akoestische parameters wijzigen onder invloed van emotie[23]. Ook niet alle akoestische parameters worden even sterk door een emotie beïnvloed[189]: een emotie heeft eerder een typisch patroon van akoestische kenmerken.

Temporele aspecten als pauzeduur, duur van vocalen en consonanten, aantal syllaben per seconde, opeenvolging van bijademingen e.d. variëren van de activiteitsgraad. De fundamentele frequentie varieert qua gemiddelde, variabiliteit, contour, bereik, contrasten, stabiliteit en stijg- en vervaltijd van tonen. De golfvorm vertoont een expressieafhankelijke variatie die vaak los staat van fundamentele frequentie en intensiteit[117].

Samen met kenmerken van de fundamentele frequentie is ook de amplitude afhankelijk van psychofysische opwinding. Informatie over de amplitude is volgens Lieberman en Michaels[120] belangrijk voor de herkenning van "angst". Ook "geluk", "vertrouwen", "vrees", "verachting" en "vreugde" worden op een hoger amplitude niveau uitgedrukt in tegenstelling tot "verveling", "verdriet" en "droefenis"[3]. Volgens Trojan[197] neemt de amplitude toe over een dimensie gaande van "Schonstimme" (sparing-voice) tot "Kraftstimme" (power-voice).

Wat betreft spectrale kenmerken stellen Williams en Stevens[205] vast dat de boventonen hoger dan 1 kHz het sterkst zijn bij "toorn" door een hogere subglottische druk en het laagst bij "droefheid" door algemeen verminderde

spieractiviteit. "Toorn" zou door de overdreven mondopening ook invloed hebben op de eerste formant (F_1). De wijzigingen in dit frequentiegebied verklaren Cairns en Hansen[23] door de spraakproductie op te delen in lineaire en niet lineaire componenten. Deze laatste zijn het gevolg van luchtkolken ter hoogte van de valse stembanden die de wanden van het aanzetstuk wijzigen op de frequentie van de F_1-regio. Precies deze niet lineaire componenten zijn stressgevoelig en meer uitgesproken bij luide fonatie en bij de emotie "boos". Ze berekenen dan ook de energie van de eerste formant om neutrale spraak te onderscheiden van spraak onder stress. Hogere formantfrequenties wijzigen door verschillende graden van faryngeale wijdte[189]. Ook de spanningsgraad van de tractus vocalis, die kan varieren van ontspannen tot zeer gespannen, speelt hierbij een belangrijke rol. Constricties in het hele aanzetstuk verminderen het aantal en de intensiteit van de boventonen zodat de spectrale helling sterker wordt.

De spraak- en stemkenmerken van depressiviteit, een stemming die frequent bij ouderen voorkomt, leunen sterk aan bij deze van "verdriet" en "droefheid": verminderde spreekintensiteit en frequentiebereik, tragere spraak, beperktere intonatie en het ontbreken van taalkundige beklemtoning[79]. Deze kenmerken manifesteren zich uiteraard veel minder duidelijk wanneer de persoon medicamenteus wordt behandeld met antidepressiva.

Samengevat kunnen emotionele condities fonatorisch worden onderscheiden in termen van onderling verschillend gelijktijdige waarden van temporele kenmerken, fundamentele frequentie, golfvorm, intensiteit, en spectrum gecombineerd met de snelheid, de vloeiendheid en de aard van de wijzigingen in deze parameters.

Het verband tussen emotie en stem werd echter meestal onderzocht bij jonge personen. Het is niet duidelijk of emoties zich via de stem op dezelfde manier uiten bij oudere mensen. Aanwijzingen in de richting van een verschillende uitingswijze vinden we in de literatuur omtrent de studie van emoties bij ouderen[17]. De omstandigheden en gebeurtenissen die emoties uitlokken wijzigen, maar ook de verwachtingen en de emotionele reactiviteit. Gevoelens kunnen meer of minder intensief zijn dan vroeger, langer of korter duren, minder gevarieerd zijn dan bij jongere volwassenen. Emoties kunnen ook bij ouderen (on)vrijwillig gesimuleerd worden. Daarentegen drukken ouderen emoties soms niet uit omwille van eigen normatieve regels (b.v. niemand willen alarmeren, geen last durven zijn voor anderen). Emotionele reacties bij ouderen zijn moeilijker observeerbaar omdat ze vertraagd kunnen beginnen, vertraagd verlopen en minder duidelijk afgelijnd zijn. Dit geldt ook voor onvrijwillige reacties zoals de verwijding van de pupillen, blozen e.d. De soms ingezakte lichaamshouding, afhangende mondhoeken, het gebogen hoofd van ouderen zijn uiterlijke kenmerken die misleidend kunnen zijn bij de interpretatie van gevoelens. Al deze wijzigingen in aard en expressie maken het moeilijk de emotie juist te identificeren

wanneer men over geen informatie beschikt over omstandigheden of persoonlijke beleving door de oudere.

1.4 Besluit

Veel leeftijdsgebonden veranderingen liggen aan de oorsprong van wijzigingen in de fonatiekenmerken van de normale oudere stem. Primaire veranderingen zijn vooral het gevolg van anatomisch-fysiologische aspecten die rechtstreeks invloed uitoefenen op het functioneren van het stemapparaat (ademhaling, stemgeving, resonans, terugkoppeling). Secundaire veranderingen ontstaan doordat, via emotie of gedrag, de subjectieve beleving van de veranderingen de fonatie beïnvloedt. Of deze aspecten zich bij ouderen op dezelfde wijze uiten in de stem als bij jongeren, bestaat vooral op het gebied van de relatie emotie-stem nog onduidelijkheid. Naast de invloed van leeftijdsgebonden teruggang spelen bij het ouder worden de factoren onbruik van functies (disuse) en fitnessgap relatief een steeds grotere rol.

2 Hoe komt veroudering tot uiting in de perceptie van de stem en in de akoestiek ?

2.1 PERCEPTIE VAN DE OUDERE STEM

De perceptie van de oudere stem omvat de schatting van de sprekersleeftijd op basis van stem- en/of spraakeigenschappen (zie 2.1.1) evenals de beschrijving van de perceptuele kenmerken (zie 2.1.2).

2.1.1 Leeftijdsschatting

2.1.1.1 Methodologie

De **beoordelingsopdracht** die aan luisteraars wordt gegeven, variëert hierbij sterk. Men vraagt te categoriseren in ofwel ver uiteenliggende leeftijdsgroepen zoals -25 /+70 j.[90], -35 /+65 j.[156] ofwel in dichter aansluitende groepen: 25-35 / 45-55 / 70-80 j.[143]. Het aantal groepen gaat dan meestal samen met de breedte van de categorie. Linville[122] laat haar luisteraars de gepercipieerde stemmen onderverdelen in drie leeftijdsgroepen van tien jaar (25-35/45-55/70-80 j.), Neiman en Applegate[143] doen dit in zes groepen van vijf jaar (20-25/30-35/40-45/50-55/60-65 en 70-75 j.). Andere onderzoekers vragen de luisteraars de leeftijd tot op één jaar nauwkeurig te schatten[69,170,171]. Om de schatting zuiver op leeftijd of leeftijdscategorie te houden, licht men meestal de luisteraars in over het geslacht van de sprekers[156] of registreert of monteert men de mannen- en vrouwenstemmen op aparte banden. Ryan en Capadano[170] plannen de beoordeling van de mannen- en vrouwenstemmen in twee afzonderlijke experimenten.
Beperkt de luisteropdracht zich tot leeftijdscategorisering of -bepaling dan zijn **beoordelaars** meestal ongetraind: ze hebben geen grondiger ervaring in deze opdracht dan een algemene kennis gevormd op basis van dagelijkse contacten. Hierbij wordt vooral beroep gedaan op jongeren die vaag worden omschreven met termen als "jong" of "student"[122,156,170,171] of van wie men de gemiddelde leeftijd[90] of het leeftijdsbereik vermeldt[143]. Hartman[69] vermeldt geen luisteraarsleeftijd. De literatuur beschrijft geen onderzoeken waarbij enkel "oude" luisteraars ingeschakeld worden. Ze kunnen echter wel een beoordelingsgroep vormen naast jongeren[90,122]. Soms worden enkel mannelijke of enkel vrouwelijke luisteraars ingeschakeld. In deze gevallen wil men de differentiële stemmenbeoordeling onderzoeken volgens luisteraarsleeftijd en/of -geslacht.
De **te beoordelen stemstalen** variëren ook in de literatuur. Deze kan bestaan uit het luidop lezen van een verhaal, een paragraaf of een (standaard)zin[143,170,171]. Ryan en Capadano[170] laten een selectie van 30 seconden uit een totaal van 5 minuten spontane spraak beoordelen. Voor beide soorten opdrachten baseert men de

leeftijdsschatting op eigenschappen van de stem, de resonantie, de articulatie, de intonatie, de frasering, de pauzefrequentie en -duur, en op ademhalingseigenschappen. Uit deze stemstalen maakt men dan een beperktere selectie (b.v. 2 zinnen uit een gelezen paragraaf) en/of worden de zinnen bewerkt voor de montage van de luisterband. Een luidop gelezen zin wordt bijvoorbeeld door Ptacek en Sander[156] ook van voor naar achter aangeboden. Binnen dit onderzoek moet men eveneens de eerste vier seconden van een aangehouden [a] beoordelen. Bij Jacques en Rastatter[90] worden 10 vijf seconden durende klinkers gemonteerd bij normale fonatie, in een fluisteropdracht en, voor een derde conditie, filteren ze zelf de klinkers: de F_0-informatie zonder de resonantie-informatie van de hogere frequenties. Ook Linville[122] laat haar sprekers de klank [æ] luidop aanhouden en fluisteren. Bij de beoordeling van klinkers baseert men zich op kenmerken van stemhoogte, -kwaliteit en -inzet en/of -afloop naast ademhalingskenmerken als ademsteun en -inzet. Het enige onderzoek dat binnen de aangehouden klank selecteert en dus zuiver stemkenmerken laat beoordelen, werd ontworpen om het geslacht van de sprekers en niet de leeftijd te beoordelen (door analyse van de middelste 500 msec.[116]).
Van alle beschreven onderzoeken die vragen naar de leeftijd of -categorie, is geen enkele spreekopdracht identiek.
Linville[122] en Shipp e.a.[180] betrekken enkel vrouwelijke **sprekers** in hun onderzoek. Linville doet dit in groepen van 25, gelijk verdeeld over de drie gebruikte leeftijdsgroepen. Shipp e.a. gebruiken 15 sprekers per leeftijdsdecade tussen 20 en 90 jaar. In twee onderzoeken laat men enkel mannenstemmen beoordelen: Ryan en Burk[171] vragen de leeftijd te schatten van 80 mannen tussen 40 en 80 jaar, Hartman[69] vraagt hetzelfde te doen voor 46 mannen tussen 25 en 70 jaar. Geen van beide verslagen vermeldt de leeftijdsspreiding binnen de opgegeven grenzen. De overige onderzoekers[90,143,156,170] vragen de stemmen van zowel mannen als vrouwen te beoordelen. Verdeelt men mannen en vrouwen gelijk over de leeftijdscategorieën dan bekomt men voldoende grote groepen (10^{90}, 18^{156}, 32^{170}) indien men zich beperkt tot twee categorieën. Neiman en Applegate[143] werken met 6 categorieën die ieder per geslacht slechts 3 stemmen tellen.

2.1.1.2 Resultaten

Voor de beschrijving van de resultaten hanteert men verschillende normen om te beslissen of de leeftijdsschatting al dan niet geslaagd is. Ryan en Burk[171] tellen voor verder onderzoek de stemmen van wie de geschatte leeftijd 6 jaar of minder afwijkt van de chronologische sprekersleeftijd. De helft van de geschatte stemleeftijden voldoen hieraan (40/80). Hartman[69] weerhoudt voor de volgende stap van zijn onderzoek die stemmen waarvan de individuele F-ratio groter of gelijk was aan een betrouwbaarheidsniveau van 0.10. Hier gaat het om 37 van de 46 aangeboden

stemmen. Andere resultaten worden vaak uitgedrukt in het percentage juiste oordelen. Hierbij hanteert men geen minimumnorm om de schattingen als geslaagd te beschouwen. Enkel Linville[122] vergelijkt de resultaten met een gokkans van 33 % omwille van de drie betrokken categorieën.
Wanneer een **zin** wordt aangeboden, kan men over de onderzoeken heen besluiten dat luisteraars in staat zijn sprekersleeftijden betrouwbaar te schatten of te categoriseren. (tot 99 % juiste antwoorden[156]). Jonge stemmen worden vaker juist geschat dan oudere stemmen[90]. Mannelijke jonge sprekers worden bij Ptacek en Sander[156] moeilijker juist gecategoriseerd als de zin achterwaarts wordt beluisterd.
Bij Ryan en Burk[171] liggen de leeftijdsschattingen van gesproken zinnen in de helft van de oordelen binnen de zes jaar boven of onder de chronologische sprekersleeftijd.
Wanneer een **klank** wordt aangeboden, werd in het onderzoek van Linville[122] de [æ] door de jonge vrouwelijke luisteraars in 51 % van de oordelen in de goede leeftijdscategorie ondergebracht. De gefluisterde stem was iets moeilijker: 43 %. Oudere vrouwelijke luisteraars slagen daarin in resp. 45 en 38 % van de schattingen. Jacques en Rastatter[90] lieten tien verschillende klinkers beoordelen die luidop, gefluisterd (enkel resonantie-eigenschappen) en gefilterd (enkel F_0 eigenschappen) werden aangeboden. De beoordelingen waren klinkeronafhankelijk. De gefoneerde stimulus categoriseerde men het best, daarna de gefilterde en tenslotte de gefluisterde. Jongeren beoordeelden de jonge stemmen over de drie condities heen gemiddeld in 68.5 % van de gevallen goed, voor oude stemmen behalen ze 64.7 %. Voor oude beoordelaars liggen deze percentages lager : 59.2 % voor jonge stemmen, 48.1 % voor oude stemmen. De verhouding juiste categoriseringen is in dit onderzoek hoger dan bij Linville[122].
De tien studenten die bij Ptacek en Sander[156] de eerste vier seconden van een aangehouden [a]-klank moeten categoriseren in de groepen -35/+65 j. doen dit in 78 % juist.
Afhankelijk van welke leeftijdscategorie luisteraars welke leeftijdscategorie sprekers beoordeelt spelen allerlei factoren mede een rol zoals de gewijzigde auditieve perceptie van ouderen of een andere betrokkenheid van de luisteraars. Zo stelt Hartman[69] vast dat mannen oudere mannenstemmen als jonger gaan categoriseren door een egocentrische betrokkenheid.

2.1.2 Perceptuele kenmerken van de oudere stem

Naast de leeftijd(scategorie)bepaling wordt in enkele onderzoeken ook gevraagd naar de perceptuele kenmerken van de stem op verschillende leeftijden.
Ptacek en Sander[156] vroegen aan hun jonge luisteraars waarop ze zich baseerden bij hun beslissing of een stem behoorde tot een <35- of een >65-jarige. Steunpunten voor de beslissing bleken vooral het leestempo dat trager en aarzelender is bij

ouderen, een hese en gespannen stemgeving met stembreuken, een lagere toonhoogte met minder variabiliteit en een beperktere vitaliteit en stemintensiteit. Ryan en Capadano[170] stelden vast dat hun ongetrainde luisteraars hun oordeel van mannen- en vrouwenstemmen baseerden op andere kenmerken en/of in een verschillende volgorde van belang (vrouwen: toonhoogte, toon en stemvolume, duidelijkheid en snelheid van het lezen, bij mannen: toonhoogte en stemvolume en snelheid, duidelijkheid en autoriteit waarmee gelezen werd).
Hartman[69] vroeg aan 10 mannelijke en 10 vrouwelijke spraakpathologen binnen de 45 sec. de opvallende kenmerken te omschrijven van stemmen die vooraf door anderen naar leeftijd werden geschat. In gewijzigde volgorde van belang per 10 jaar leeftijdsverschil tussen 25 en 66 jaar vonden zij de belangrijkste perceptuele kenmerken: hoogte, kwaliteit, articulatie en spreeksnelheid. Ryan en Burk[171] besloten, na beoordeling door 18 clinici op basis van het "St. Lewis Jewish Hospital Voice Profil", waarin ze allen getraind waren, dat zes stemaspecten konden beschouwd worden als sterke voorspellers van gepercipieerde leeftijd: luchtverlies, larynxspanning, stemtremor, onnauwkeurige consonanten, trage articulatie en gemiddelde fundamentele frequentie.
Samenvattend betreffen waargenomen wijzigingen bij de oudere stem de toonhoogte (de indruk dat deze lager wordt), de efficiëntie van de fonatie (heesheid door luchtverlies met een indruk van sterke larynxspanning) en verlies aan stemstabiliteit (stembreuken en tremor).
Deze bevindingen zijn echter niet het resultaat van een vergelijkbare **methodologie** tussen de onderzoeken. Het gebeurt dan ook heel vaak dat men resultaten die afwijken van die van andere auteurs onmiddellijk hieraan kan toeschrijven.

De **perceptuele termen** zijn soms heel vaag en werden niet eenduidig omschreven vooraleer men de opdracht tot omschrijving aanvatte. Askenfelt en Hammarberg[4] omschrijven wel twaalf stemkwalitatieve parameters, Ryan en Burk[171] verwijzen naar de omschrijving in een door de luisteraars vertrouwd stemprofiel. Beide werken met professionele luisteraars, Ryan en Burk[171] echter ook met pathologische stemmen voor en na therapie. Aan ongetrainde luisteraars wordt meestal geen operationele definitie van perceptietermen meegedeeld. Ptacek en Sander[156] vragen zich ook af of ongeoefende luisteraars die gevraagd worden op welke perceptuele kenmerken ze zich baseerden voor de leeftijdsschatting, zich daar wel van bewust zijn, zich dit kunnen herinneren of dit nauwkeurig kunnen weergeven.
Wanneer men vraagt de leeftijd tot op één jaar nauwkeurig te schatten, treedt vaak de **centreringstendens**[82] op: de laagste leeftijden worden overschat, de hoogste worden onderschat. Ryan en Capadano[171] stelden dit vooral vast voor hun oudere sprekers: hoewel enkele van hen een leeftijd hadden tussen 60 en 71 jaar, werd niemand ouder geschat dan 54 jaar. Ook in een onderzoek naar de temporele aspecten van de waargenomen leeftijd[180] is deze tendens duidelijk. De tien te

beoordelen stemmen per leeftijdsgroep worden allen overschat bij de groep "jong", allen onderschat bij de groep "oud", de middengroep wordt gelijk verdeeld onder- en overschat.
Deal en Oyer[33] lieten stemmen beoordelen naar de al dan niet aangename indruk die ze maakten op de luisteraar. Hier bleek dat het oordeel positiever was voor jeugdige en/of mannelijke stemmen. Luisteraars worden volgens de auteurs sterk beïnvloed door dergelijke **maatschappelijke normen**. Gecombineerd met een stereotyp beeld van de oudere persoon, kunnen leeftijdsschattingen hierdoor mede bepaald worden: stemmen die afwijken van deze normen worden dan als oud bestempeld.
De Moor[31] stelt vast dat **de betrouwbaarheid** van perceptuele beoordelingen niet wordt verhoogd door perceptiekenmerken in getallen uit te drukken (b.v. gebruik van een zevenpuntsschaal, de lengtebepaling van lijnstukken op een continuüm tussen bipolaire kenmerken) omdat de beslissing om tot dit getal te komen subjectief is. Fex[54] meent dat de betrouwbaarheid beter kan verhoogd worden door de gebruikte termen nauwkeurig te omschrijven, door intens te trainen in het gebruik ervan en door beoordelaars met een lange ervaring in te schakelen. Is aan deze voorwaarden voldaan, dan is er nog steeds de oncontroleerbare factor van het talent voor selectief luisteren die de interbeoordelaarsvariabiliteit verhoogt.
Hoe ouderen de **eigen stemwijzigingen** ervaren werd nog niet grondig onderzocht. Aan hun oudere sprekers vroegen Ptacek en Sander[156] op welke wijze hun stem in de loop der jaren was gewijzigd. De helft van hen was zich niet bewust van veranderingen. Eén derde vond dat de stem heser was geworden, twee vijfden dat ze op een lagere toonhoogte spraken, minder dan één vierde merkte luidheidswijzigingen op (meestal zachter) en één vijfde vond de eigen stem minder aangenaam dan vroeger.

2.2 AKOESTISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE OUDERE STEM

2.2.1 Inleiding

De objectieve akoestische parameters (OAP) worden besproken in vier groepen (voor de definitie zie punt 2.2.2).
1 De eerste groep omvat de eigenschappen van de **grondtoon**: gemiddelde fundamentele frequentie (F_0), de variabiliteit (var uitgedrukt als de standaarddeviatie van F_0), het bereik, de bovengrens van het bereik en de ondergrens van het bereik.
2 De tweede groep omvat de **stabiliteits**parameters jitter, shimmer en signaal-ruis verhouding (harmonics-to-noise ratio, H/N ratio of HNR).
3 Daarna volgt een kenmerk van het **inzetten** van de stem: de voice-onset time (VOT als parameter voor inzet, begin of initiëring van de stem).

4 Tenslotte bespreken we de **spectrale** kenmerken: het amplitudeverschil tussen de eerste en de tweede harmonische (A(H1-H2), het verschil in energieniveau tussen de frequentiebanden < 1 kHz en 2-4 kHz (E1-24) en dezelfde maat voor het verschil tussen < 1 kHz en 4-5 kHz (E1-45). Bij elke parameter wordt eerst een definitie gegeven, geformuleerd als een samenvatting van verschillende bronnen[6,105,189,192,193,209]. Wanneer één term voor meer begrippen staat (zie b.v. "bereik") of verschillende termen voor één begrip worden gebruikt (zie b.v. jitter ratio (JR), jitter factor (JF), jitter%) wordt dit aangegeven.
Daarna volgt een bespreking van verschillende invloeden op de parameter. Deze gelden meestal voor stemmen van alle leeftijden en kunnen daarom niet exclusief onder de oudere stem worden gerangschikt. De gegevens rond de stem van ouderen kunnen echter pas goed geïnterpreteerd worden als dergelijke invloeden gekend zijn. Indien gegevens beschikbaar zijn, volgen daarna normale waarden bij volwassen mannen en/of vrouwen. Bevindingen omtrent het onderzoek dat specifiek bij ouderen werd uitgevoerd wordt in een aparte alinea besproken. Het spreekt vanzelf dat de termen "volwassene" en "oudere" overlappende begrippen zijn. Voor de vlotheid van de bespreking gebruiken we echter "volwassene" als synoniem voor "volwassene van middelbare leeftijd" of "jongvolwassene", "oudere" staat voor "volwassene met een leeftijd vanaf 60 jaar".

Enerzijds kunnen stem**verschillen** tussen leeftijdsgroepen worden omschreven. Deze gegevens resulteren uit cross-sectioneel onderzoek waarbij op een zelfde onderzoeksmoment meer leeftijdsgroepen met elkaar worden vergeleken. Voor het grootste deel van de in de literatuur beschreven onderzoeken werd op deze methode beroep gedaan. De interpretatie van dergelijke resultaten moet echter genuanceerd worden met de gedachte dat geen rekening werd gehouden met cohorteffecten zodat de resultaten niet enkel kunnen verklaard worden in termen van veroudering. Anderzijds kan men wel stem**wijzigingen** vaststellen door de fonatie van een zelfde groep mensen op verschillende momenten te analyseren. Longitudinaal onderzoek werd tot nu slechts zelden uitgevoerd op het gebied van de stemveroudering. Dit gebeurde steeds retrospectief. Een zuivere meting van de veroudering wordt bekomen door middel van herhaald longitudinaal onderzoek: het cohort-sequentieel onderzoek. Indien gegevens beschikbaar zijn over longitudinaal onderzoek worden deze bij de afzonderlijke parameters beschreven.
In een afzonderlijke paragraaf belichten we enkele punten die belangrijk zijn bij het werken met OAP. Dit houdt namelijk meer in dan het aflezen en verwerken van cijfermateriaal.

2.2.2 OAP: Definitie, bepaling, invloeden, waarden bij ouderen

2.2.2.1 Grondtoonparameters

Als kenmerken van de grondtoon worden vijf parameters besproken (gemiddelde F_0, de intra-individuele variabiliteit uitgedrukt als F_0SD, het bereik en de onder- en bovengrens van het bereik). We geven eerst de definitie van de vijf parameters en daarna het literatuuroverzicht. Daar de fonatiewijze[142] en -belasting[73] verschillend is bij gebonden spraak vs. aangehouden klanken en omdat resultaten van aangehouden klanken niet kunnen toegepast worden op complexe uitingen[75] worden deze fonatieopdrachten afzonderlijk besproken.

a Definities

Fundamentele frequentie

De fundamentele frequentie (F_0) is de laagste frequentie in het spectrum van een periodisch signaal. In het geval van een complexe golf is het de frequentie waarop deze complexe golf zichzelf herhaalt. Bij fonatie betekent F_0 de gemiddelde frequentie van de stembandtrilling die een bepaalde toonhoogte-indruk geeft. De waarde van F_0 bepaalt tevens de afstand tussen alle overige, hogere frequenties op de frequentieschaal. Deze harmonischen zijn namelijk gehele veelvouden van de fundamentele frequentie.

De F_0 (fundamentele frequentie) wordt uitgedrukt in Herz (Hz), dit is het aantal trillingen per seconde of cycli per seconde (cps).

Variabiliteit van F_0 (F_0SD)

De variabiliteit is de graad van variatie bepaald door een statistische maat.[193] Meestal gaat het om de variatie in meetwaarden van één standaarddeviatie boven en onder het gemeten gemiddelde. Dit interval bevat, bij een normale verdeling, 68 % van de meetresultaten. Variabiliteit zegt iets over de mate van instabiliteit, maar kan ook een aanwijzing zijn voor de mogelijkheid tot aanpassing aan veranderde omstandigheden. Variabiliteit zegt echter niets over normaliteit.

De eenheid van variabiliteit is dezelfde als van de gemeten parameter.

Bereik

Het bereik is het verschil tussen de hoogste en de laagste F_0 gemeten over een zin of over een klank. Het bereik kan een maat zijn van stabiliteit op langere termijn (b.v. frequentiebereik en/of dynamiek bij een aangehouden klinker) of van flexibiliteit (b.v. frequentiebereik bij een luidop gelezen zin als maat voor intonatie).

Het bereik wordt uitgedrukt in dezelfde eenheid als de gemeten parameter.

Bovengrens en ondergrens

Boven- en ondergrens zijn de hoogste respectievelijk laagste gemeten waarden van een parameter. Minima en maxima bij functionele prestaties (submaximaal niveau) worden vaak gemeten voor spreektoonhoogte (speaking fundamental frequency, SFF) en luidheid.

De boven- en ondergrens worden uitgedrukt in dezelfde waarde als de gemeten parameter.

b Literatuurgegevens

Normale waarden bij volwassenen voor de gemiddelde spreektoonhoogte (speaking fundamental frequenty, SFF) zijn 110-120 Hz[179], 130 Hz[187] voor mannen, 200-260[179], 260[187] bij vrouwen. De verhouding tussen mannen- en vrouwenstemmen varieert: vrouwenstemmen zouden 1.7 maal hoger zijn dan mannenstemmen[73], 2 maal[121,187] of 0.45 maal[134].

Bij onderzoek naar de **veroudering**, werd tot nu enkel de parameter F_0 betrokken in longitudinaal onderzoek. Endres e.a.[50] deden over een periode van 13-15 jaar een follow-uponderzoek bij vier mannen en twee vrouwen zonder deze nauwkeuriger te omschrijven naar leeftijd of de waarden van de resultaten te specifiëren. Ze vonden een leeftijdseffect dat wees op een verlaging van de F_0, althans voor klinkers binnen geïsoleerde woorden. In het onderzoek van de Pinto en Hollien[32] werkten in 1981 elf vrouwen mee die men een standaardtekst liet herinlezen. Een gelijkaardige registratie van hun stem was gebeurd in 1945 toen ze alle deel uitmaakten van een groep van 66 jonge vrouwen die getest werden op het moment dat ze een leraren- of theateropleiding aanvatten. De spreektoonhoogte daalde tussen deze twee meetmomenten van 228 Hz naar 180 Hz terwijl de standaarddeviatie gelijk bleef. Russell, Penny en Pemberton[169] voegden aan dit onderzoek een derde meetmoment toe in 1993. Van alle 15 medewerkers aan hun onderzoek bestond een opname uit 1945, zes van de vijftien hadden ook meegewerkt met de Pinto en Hollien in 1981. Van de drie registratiemomenten ('45, '81 en '93) heranalyseerde men 28, 6 en 15 opnamen. De metingen van 1981 en van 1993 leverden significant lagere waarden voor de spreektoonhoogte op dan in 1945. De verlaging was groter dan uit cross-sectioneel onderzoek bij dezelfde leeftijdsgroepen blijkt. Ze besluiten hieruit dat hun longitudinaal onderzoek een cross-generatieverschil aan het licht bracht dat bij cross-sectioneel onderzoek gemaskeerd blijft, namelijk dat de SFF bij vrouwen verlaagt bij opeenvolgende generaties. Merken we nog op dat het hier ging om vrouwen van ongeveer 70 jaar. Longitudinaal onderzoek bij hogere leeftijdsgroepen is niet gekend.

Op basis van cross-sectioneel onderzoek bestaat er overeenstemming over de evolutie van de F_0-parameters bij spreken of lezen. De vele studies zijn samengevat in tabel 1[5,7,45,81,84,85,132,136,142,153,162,180,188,207] voor lopende spraak en in tabel 2[11,26,73,122,127,128,138,139,142,148,162,165] voor aangehouden klanken: de spreektoonhoogte van

oudere mannen stijgt met toenemende leeftijd na een lichte daling tijdens de volwassenheid. Als uitzondering vinden Ramig en Ringel[162] een stijging van F_0 bij mannen enkel bij maximale fonatieduur en besluiten hieruit dat akoestische correlaten van leeftijd zo subtiel zijn dat ze weinig invloed hebben op de habituele fonatie. Hun proefgroepen bevatten echter te weinig deelnemers om dit besluit te veralgemenen.

Vrouwenstemmen evolueren minder duidelijk. Benjamin[7] en Honjo en Isshiki[84] vinden een lagere SFF, anderen[132,153] vinden geen duidelijke trend. Pegoraro Krook[153] stelt dat wijzigingen in de SFF bij vrouwen niet zozeer een zaak zijn van stemveroudering, maar van fysiologische leeftijd, het behoud van mentale alertheid en van emotioneel evenwicht. Awan en Mueller[5] onderzochten het oudste deel van het leeftijdscontinuüm. Hun honderdjarige vrouwen spraken met een bijzonder lage gemiddelde en minimum F_0. Deze resultaten geven toch een richting aan de onduidelijke evolutie van de vrouwenstem tussen 60 en 90 jaar. Heel het beeld beantwoordt aan het "coalescence" model van Hollien[78]. Daarmee bedoelt hij dat de waarden van mannen en vrouwen bij het ouder worden naar elkaar toe evolueren. Tijdens de puberteit zijn de stemwijzigingen onder hormonale invloed het sterkst bij de man. Het frequentieverschil tussen mannen en vrouwen wordt hierdoor groter. Tijdens de veroudering verloopt de ontwikkeling in omgekeerde zin. Tussen 40 en 60 jaar ondergaat nu de vrouwenstem de grootste hormonale invloed tijdens de menopauze. Door de verlaging van de spreektoonhoogte die op hogere leeftijd niet meer of nog licht verder daalt, wordt de frequentiekloof met de mannenstem kleiner. Dit wordt nog versterkt door de verhoging van de mannenstem onder invloed van morfologische wijzigingen als atrofie en verkalking. Deze convergentie lijkt niet alleen te kloppen voor de fundamentele frequentie, maar ook voor de bovengrens van het bereik door een verhoogde waarde bij mannen en voor de ondergrens door een gedaalde waarde bij vrouwen.

De variabiliteit zowel inter- als intra-individueel verhoogt.

Het bereik werd nog niet grondig onderzocht. Benjamin[7] vindt een groter bereik met verlaagde ondergrens bij zowel mannen als vrouwen. Daaraan voegt hij toe dat de spreekopdracht een rol speelt: bij ouderen vermindert het bereik bij monosyllaben, maar niet bij meer natuurlijke stemstalen. Of dit komt door een verschoven boven- of ondergrens is niet duidelijk.

Interraciaal onderzoek bij ouderen bevestigt de algemene trends. Ook b.v. bij Afro-Amerikaanse ouderen verlaagt de SFF bij vrouwenstemmen en verhoogt deze bij mannen in vergelijking met jongeren[207]. Honjo en Isshiki[84] noteren hogere waarden voor hun Japanse ouderen dan andere onderzoekers voor Westerse engelstalige ouderen.

De leeftijdsverschillen worden duidelijker bij aangehouden klanken (zie tabel 2), wanneer potentieel stemgebruik wordt nagegaan, dan bij lezen en vertellen, beide

functionele vormen van stemgebruik[142]. De moeilijkheid om toonhoogte te controleren wordt dan zeer duidelijk[50]. Een goede fonatorische controle correleert ook bij dit soort opdrachten sterk met fysieke conditie[26]. Dit wordt duidelijk in de waarde van F_0SD: deze wordt groter in geval van minder goede conditie en bij stempathologie[142]. Deze bevinding is niet noodzakelijk verbonden met een wijziging in de fundamentele frequentie[165].
Wanneer de resultaten van F_0-metingen verschillen tussen onderzoeken onderling dan schrijven de auteurs zelf dit toe aan ongelijke procedures, kleine proefgroepen, grote variabiliteit bij ouderen, andere selectiecriteria en verwerkingsprocedures[5,84,162].

Tabel 1 : Waarden van F_0-parameters van de oudere stem bij gebonden spraak

auteurs(s)	opdracht	gesl	lftd	N	parameter	gem	sd
Mc Glone, Hollien (1963)	eerste paragraaf "Rainbow Passage"	v	65-79 80-94	10 10	SFF[1] (Hz)	196.6 199.8	1.5 t[2] 1.4 t[2]
Hollien, Shipp (1972)	eerste paragraaf "Rainbow Passage"	m	60-69 70-79 80-89	25 25 25	F_0 (Hz)	122 132 146	
Horii (1975)	eerste paragraaf "Rainbow Passage"	m	26-79	65	F_0 mediaan sd (h.t.[3])	112.5 (84-151) 110.7 (82-150) 2.41 (1.46-3.54)	17.3 17.1 0.48
Honjo, Isshiki (1980)	5 klinkers uit Japanse zin en conversatie	m v	69-85 (75) 69-85 (75)	20 20	F_0	162 165	30.7 32.5
Pegoraro Krook (1980)	Zweedse tekst "De noorderwind en de zon"	m v	60-69 70-79 60-69 70-79 80-89	198 jongeren inbegrepen 467 jongeren inbegrepen	F_0 (Hz) bereik (h.t.[3] 2sd) F_0 (Hz)	118.5 124.0 5.73 4.72 180.9 187.8 187.9	
Benjamin (1981)	4e en 5e zin van "Rainbow Passage"	m v	68-82 (74.5) 68-82 (73.6)	10 10	mod. freq. bereik (h.t.[3]) maximum minimum. modale freq. bereik (h.t.[3]) maximum minimum	103.0 11.7 155.3 77.7 180.2 9.7 244.6 143.8	
Stoicheff (1981)	eerste paragraaf "Rainbow Passage"	v	60-69 70+	111 (20-70+)	SFF[1] (Hz)	199.7 202.2	

[1] : speaking fundamental frequency [2] : tonen [3] : halve tonen

Tabel 1 (vervolg) : Waarden van F_0-parameters van de oudere stem bij gebonden spraak

auteurs(s)	opdracht	gesl	lftd	N	parameter	gem	sd
Ducote (1983)	spreken en lezen	m	60-70	?	modale F_0 spreken	113.33	
			70-79		(Hz)	116.33	
					modale F_0 lezen	111.00	
					(Hz)	129.09	
		v	60-70		modale F_0 spreken	163.26	
			70-79		(Hz)	150.46	
					modale F_0 lezen	165.00	
						155.35	
Ramig, Ringel (1983)	standaardpassage	m	65-75	8 gc[4]	F_0 (Hz)	125.98	
					STSD[6]	2.96	
				8 sc[5]	F_0 (Hz)	132.89	
					STSD[6]	2.43	
Morgan, Rastatter (1986)	prent beschrijven	v	61-76	17	SFF (Hz) [1]	186	1.1 ht[3]
			78-91	17		195	0.8 ht[3]
Awan, Mueller (1992)	prent beschrijven "Cookie Theft"	v	101.7 (sd 2.40)	9	F_0 (Hz)	176.92 (135.35-210.33)	22.61
					maximum (Hz)	255.44 (201.00-297.00)	28.63
					minimum (Hz)	91.89 (72.00-153.00)	23.69
					bereik (Hz)	163.56 (108.00-225.00)	169.00
					bereik (h.t.[3])	17.99 (9.25-24.53)	19.37
Shipp, Huntley (1992)	derde zin "Rainbow passage"	m	46-71	10	F_0 (Hz)	106.22	
					maximum (Hz)	131.24	
					minimum (Hz)	91.00	
			77-90	10	F_0 (Hz)	149.23	
					maximum (Hz)	187.57	
					minimum (Hz)	116.39	
Murry (1995)	eerste paragraaf "Rainbow Passage"	m	59-73	6	F_0 (Hz)	139	
		v	59-73	7		170	
Xue, Mueller (1996)	korte conversatie met onderzoeker	m	80.06 (65-94)	10	F_0 (Hz)	128.8	19.6
					F_0 (h.t.[3])	35.7	2.54
					bereik (Hz)	106.0-167.2	
		v	78.40 (66-88)	175	F_0 (Hz)	166.4	30.3
					F_0 (h.t.[3])	40.2	3.17
					bereik (Hz)	111.3-237.3	

[1] : speaking fundamental frequency [3] : halve tonen [4] : in goede conditie [5] : in slechte conditie [6] : semi tone standard deviation

Tabel 2 : Waarden van Fo-parameters van de oudere stem bij aangehouden klinkers

auteur(s)	opdracht	gesl	lftd	N	parameter	gem	sd
Mueller (1982)	[a] aanhouden op spreektoonhoogte	m	85-92	7	F_0 (Hz)	126	
					bereik (Hz)	110-142	
		v		18	F_0 (Hz)	181	
					bereik (Hz)	131-228	
Ramig, Ringel (1983)	[a] aanhouden op comf. freq. en intens. ± 2 dB)	m	65-75	8 gc[1]	F_0 (Hz)	115.09	
				8 sc[2]		130.97	
Mueller, Sweeney (1984)	[a] op constante luidheid en toonhoogte	m	60-69	21	F_0 (Hz)	118	
			70-79	27		121	
			80+	22		127	
		v	60-69	36		179	
			70-79	54		186	
			80+	67		178	
Linville, Fisher (1985)	3 sec. [æ] tus. 200-220 Hz en 68-72 dB, 10 pogingen	v	70-80	25	F_0SD (Hz)	2.52	
Chodzko-Zajko, Ringel (1987)	maximale duur [a] comfort. hoogte en luidheid	m	63 ± 12	49	F_0 (Hz)	118.2	39.5
Linville (1987)	klinkers aanhouden	v	70-80	25	F_0SD (Hz)	2.52	1.49

(gc) : in goede conditie (sc) : in slechte conditie

Tabel 2 (vervolg) : Waarden van Fo-parameters van de oudere stem bij aangehouden klinkers

auteur(s)	opdracht	gesl	lftd	N	parameter	gem	sd
Ringel, Chodzko-Zajko (1987)		m	65-75	8 gc[1] 8 sc[2]	F_0 (Hz)	116.6 132.9	24.9 23.7
Biever, Bless (1989)	3 sec. [i] aanhouden op norm. toonhoogte en intens.	v	60-70	20	F_0 (Hz)	119.8	
Linville, Skarin, Fornatto (1989)	[a] aanhouden	v	67-86	20	F_0 (Hz) bereik (Hz)	208.9 162.4-289.0	31.5
Orlikoff (1990)	[a] aanhouden op comfortabele toonhoogte tus. 70-78 dB	m	oud	6	F_0 (Hz) bereik (Hz) F_0SD (Hz)	120.1 91.4-133.7 14.9	
Higgins, Saxman (1991)	4 sec. [æ] normale toonhoogte en luidheid	m v	75.3 74.6	10 11	F_0 (Hz)	132.02 211.06	
Murry (1995)	[a] 10 sec. aanhouden	m v	59-73 59-73	6 7	F_0 (Hz)	143 189	

[1] : in goede conditie [2] : in slechte conditie

2.2.2.2 Stabiliteitsparameters

Deze parameters kwantificeren de stabiliteit van de akoestische golf. De verstoring van de regelmaat of van stabiliteit wordt de perturbatie genoemd. Het gaat om periode-tot-periode verschillen en dus niet om frequentiewijzigingen op langere termijn zoals vibrato of tremor.
Titze[195] wijst op drie mogelijke bronnen van perturbatie: de fysische perturbatie gecreëerd door stemplooitrilling, perturbatie geïntroduceerd door de elektronische versterkers en de digitaliseringsschakelingen met name door toegevoegde ruis en signaalvervorming en perturbatie door het computerprogramma geïntroduceerd (b.v. onnauwkeurige extractiealgoritmen)
Titze e.a.[194] maken voor de fysische perturbatie een onderscheïd in drie mogelijke bronnen: wisselingen in de actiepotentialen van de larynxspieren zodat fluctuaties in de spierkracht en in de larynxconfiguratie ontstaan, wisselingen in de verdeling van slijm op de stemplooien en asymmetrie in de stemplooistructuren en wisselingen in de luchtstroom doorheen de stemspleet en onregelmatigheden in de interactie geluidsbron-aanzetstuk.
Wanneer Biever en Bless[11] bij perturbatiematen een hogere intrasubjectvariabiliteit vaststellen voor jongeren bij hertesting, veronderstellen ze dat dit komt doordat bij jongeren meer voorbijgaande vormen van apericodiciteit de stem beïnvloeden, bij ouderen eerder blijvende vormen.
Wij bestudeerden drie stabiliteitsparameters: jitter (frequentiestabiliteit), shimmer (amplitudestabiliteit) en de zogenaamde H/N-ratio van Yomoto[208] (stabiliteit van de golfvorm).

Jitter

a Definitie

Met in principe constante massa, lengte, spanning en subglottische druk herhalen stemplooitrillingen zich met een niet 100 % preciese regelmaat. Jitter is een uitdrukking van deze frequentie-instabiliteit van de laryngeale golfvorm op korte termijn nl. de mate waarin een gegeven periode verschilt van de periode die er onmiddellijk op volgt (periode-tot-periode verschil), onafhankelijk van willekeurige wijzigingen in de fundamentele frequentie. Deze frequentie-perturbatie is een akoestisch correlaat van licht afwijkende vibratiepatronen die het resultaat zijn van verminderde controle op het fonatieapparaat.
Absolute jitter wordt uitgedrukt in msec. of µsec., relatieve jitter wordt uitgedrukt in % van de periodeduur.

b Beïnvloedende factoren

Jitter is frequentie-afhankelijk daar periode-tot-periode variaties in frequentie groter kunnen zijn als de periode van de golfvorm langer is, m.a.w. als de fundamentele frequentie lager is. Deze negatieve correlatie is exponentieel doch geldt slechts voor fundamentele frequenties tussen 98 en 210 Hz. Boven 210 Hz blijft relatieve jitter redelijk constant[86]. Dit kan verklaren dat bij vrouwenstemmen het verband tussen de fundamentele frequentie en de jitterwaarde zeer zwak of afwezig is[86,150]. Bij de zeer lage frequenties van het pulsregister (< 50-70 Hz) (zie eindnoot 3) verhoogt de relatieve jitter sterk[25]. Jitter kan absoluut uitgedrukt worden (in msec. of µsec.) maar met relatieve maten drukt men de frequentieafhankelijkheid uit. De meest gebruikte (zie eindnoot 4) zijn % jitter die overeenkomt met de jitter factor[80] en beide met een factor tien verschillen van jitter ratio (‰)[89]. Frequentieverschuivingen die globaler zijn dan de verschillen tussen opeenvolgende cycli kunnen opgevat worden als beperkte toonhoogtewijzigingen, niet als random fluctuaties eigen aan jitter. Om het effect op de jitterwaarde uit te sluiten wordt het periodeverschil berekend met de gemiddelde waarde van één of meerdere voorafgaande en volgende perioden. Het resulterende frequentie perturbatiequotiënt is kleiner dan de jitter ratio of jitter factor[35,110]. Voor frequenties boven de 210 Hz neigen jittermaten, die veronderstelt worden te compenseren voor het F_0-effect, tot overcorrectie[150].

Bij de definitie wordt jitter omschreven als gevolg van lukrake verschillen in het frequentiepatroon op korte termijn. Bij de bepaling van de jitter spelen echter ook niet-lukrake factoren een rol: in het lichaam worden namelijk verschillende types van periodische vibraties gegenereerd zoals de hartslag en de cardiovasculaire puls. Deze hebben een invloed op de fonatie. Men spreekt dan ook over een "fonovasculaire relatie". Het deel van de jitter dat door de cardiovasculaire pulsen wordt bepaald, noemen Orlikoff en Baken[149] de "deterministic jitter" (Jd). De hartslag kan 0.5 tot 20% van de absolute jitter uitmaken. Orlikoff en Baken vonden een percentage jitter, dat toe te schrijven is aan de hartslag, van 8.00 (+/- 2.84) bij mannen en bij vrouwen van 2.66 (+/-1.36). Wanneer jitter bepaald wordt voor een aangehouden klank moet hiermee rekening gehouden worden. Klanken lang aanhouden is immers een opdracht waarbij de adem wordt opgehouden en als gevolg daarvan ook de hartslag wijzigt[149]. Toch wordt jitter het best berekend bij een aangehouden klank. Daardoor vermindert de variabiliteit te wijten aan geleerde spreekpatronen en wordt de differentiële belasting van de stemspleet, die gekoppeld is aan vormveranderingen in het aanzetstuk, uitgeschakeld[141]. Laver e.a.[118] voegen daaraan toe dat bij lopende spraak het gebruikte algoritme een heel gamma signaalstructuren moet onderzoeken die door interactieve segmentstructuren van dynamische bewegingen van de articulatoren worden geproduceerd samen met veel momenten van steminzet- en -afloop. De Jd is frequentie-afhankelijk in die zin dat de waarde van dit soort jitter exponentieel

vermindert met stijgende frequentie en dus bij vrouwenstemmen een minder belangrijk aandeel vormt in verhouding tot de totale jitter dan bij mannenstemmen. Tussen 200 en 250 Hz stelt men slechts een lichte stijging van Jd vast.
Jitter is vooral hoog aan het begin en einde van aangehouden fonatie[111,119,135] en bij spectrale shifts[109] en intra-individueel is de jitterwaarde het kleinst bij de meest comfortabele fonatiefrequentie en wordt groter naarmate hiervan wordt afgeweken. Jitter is dus omgekeerd evenredig met het relatief F_0-niveau binnen het individueel frequentiebereik. Dit laatste wordt tegengesproken door Verstraete e.a.[200]: jitter varieert niet met de hoogte boven of onder de spreektoonhoogte, maar is wel iets hoger boven deze spreektoonhoogte. Jitter is ook klinkerafhankelijk[87]. Deem e.a.[41] bevestigen dit maar vinden enkel voor vrouwen een significante klinkerafhankelijkheid van jitter. Linville[123] beveelt aan jitter bij jongeren te bepalen met de [a], bij ouderen met een [i] omdat de [i] resp. [a] bij deze groepen een te hoge intrasubjectvariabiliteit vertonen. Dwire e.a.[46] vinden, gebruik makend van de Visi-Pitch, bij vrouwenstemmen zo'n hoge gemiddelden en variabiliteit voor jitter dat ze het gebruik van dit softwarepakket alleen aanbevelen voor perturbatiemetingen bij mannenstemmen. Houdt men rekening met de fysieke conditie van een spreker, dan speelt de fonatieduur van de klinker een rol: de jitter is hoger bij sprekers in slechte fysieke conditie voor maximaal lange fonatie. Dit verschil tussen goede en slechte conditie is er niet voor comfortabele duur[162]. Gekoppeld aan emoties[119], vermindert de jitterwaarde bij de expressie van gevoelens die een verhoogde bewuste stemcontrole vereisen. Tenslotte werden ook hogere jitterwaarden bekomen na analyse van stemstalen die analoog werden geregistreerd versus directe digitalisering[60].

c Normale waarden

Een zekere graad van perturbatie maakt ongetwijfeld deel uit van de normaliteit van de stem[34,182]. Normale waarden voor jitter zijn ruim voor handen in de literatuur (zie tabel 3) maar zijn niet eenduidig door het gebruik van andere eenheden en door methodologische verschillen. Al deze beïnvloedende factoren samen met een sterke intrasubjectvariabiliteit[11] maken van jitter een zeer gevoelige parameter die omzichtig moet geïnterpreteerd worden en niet als enige maat van steminstabiliteit kan gebruikt worden.

Tabel 3 : normwaarden voor jitter bij normale volwassenen

auteur	waarde	eenheid
Lieberman [119]	15% >0.5	msec.
Heiberger e.a.[72]	< 0.1	msec.
Hollien e.a.[79]	op 100 Hz : 0.48 op 141 Hz : 0.76 op 200 Hz : 0.85 op 282 Hz 2.67	msec.
Orlikoff e.a.[150]	m : 41.5 (sd :10.2) v : 42.8 (sd : 14.5)	µsec.
Horii [86]	36	µsec.
Haji e.a. [66]	0.1 (0.05-0.16)	h.t.
Honjo e.a.[84]	m : 023 v : 025	h.t.
Higgins e.a.[73]	v m [a] 0.38 [a] 0.37 [i] 0.33 [i] 0.28 [u] 0.31 [u] 0.29	%/JF
Hollien [78]	0.5-1.0	%/JF
Horii [86]	0.5-0.7	%/JF
Jacob [89]	< 0.80 bij 87%	JR

Jitter bij **ouderen** werd reeds uitgebreid onderzocht (zie tabel 4)[7,11,26,84,122,123,127,128,141,147,148,162,204].

In een aangehouden klank is de frequentieperturbatie groter bij ouderen dan bij jongeren[7,26,84,127,165,204]. De jitterwaarden van ouderen stijgen naar de bovengrenzen van normaliteit[148]. De vrouwen in de proefgroep van Honjo en Isshiki[84] presteerden zelfs boven deze grenzen. Linville en Fisher[127] tonen aan dat de resultaten van ouderen sterk overlappen met deze van jongeren en personen van middelbare leeftijd. Daardoor is jitter geen goede discriminator van leeftijd. Biever en Bless[11] vinden zelfs, net als Orlikoff[148], geen verschillen tussen ouderen en jongeren. Ze schrijven dit toe aan de grote intrasubjectvariabiliteit bij jittermetingen. Een extra argument is de goede gezondheidstoestand van hun proefpersonen. Slechte fysieke conditie is inderdaad een bezwarende factor voor jitterwaarden[147,148]. Dit conditie-effect bij stijgende leeftijd wordt bij Ramig en Ringel[162] enkel duidelijk bij maximale fonatieduur van aangehouden klinkers. Ook de intersubjectvariabiliteit verhoogt bij ouderen met weerom een cumulatief effect voor slechte fysieke conditie of ziekte[147,148]. Deze waarde wordt bij ouderen 110% van de waarde bij jongeren en verhoogt tot 230% bij ouderen bij wie atherosclerose werd vastgesteld[147]. Bij ouderen is de [a]-klank de meest vatbare voor hoge jitterwaarden.

Tabel 4 : Jitterwaarden van de oudere stem

auteur(s)	opdracht	gesl	lftd	N	parameter	gem	sd
Honjo, Isshiki (1980)	5 Japanse klinkers bij lezen van zin en in conversatie	m	75 (69-85)	20	jitter (h.t.[1])	0.22	0.09
		v	75 (69-85)	20		0.27	0.17
Murry, Doherty (1980)	2 sec. [a], comfortabele wijze	m	63.8 (55-71)	5	DPF[2] (%)	58.5	
					MPF[3] (%)	0.99	
Wilcox, Horii (1980)	[i], [a], [u], 5 sec., 70-80 dB SPL	m	69.8 (60.5-80)	20	jitter (msec.)	[i] : 0.061	
						[a] : 0.071	
						[u] : 0.047	
					jitter ratio	[i] : 0.76	
						[a] : 0.84	
						[u] : 0.58	
Benjamin (1981)	7 sec. [a] op comfortabele intensiteit	m	74.5 (68-82)	10	% perturbatie	14.44	8.75
		v	73.6 (68-82)	10		6.09	3.91
Ramig, Ringel (1983)	[a], [i], [u], comf. int.en freq. maximale duur	m	65-75		jitter (%)	[i], [a], [u] :	
				8 gc[4]		0.685 0.592 0.589	0.234 0.118 0.139
				8 sc[5]		0.933 0.694 0.700	0.314 0.267 0.126
	comfortabele duur			8 gc[4]		0.759 0.596 0.738	0.248 0.147 0.195
				8 sc[5]		0.817 0.646 0.815	0.230 0.142 0.152
Linville, Fisher (1985)	3 sec. [æ] tus. 200-220 Hz, 68-72 dB	v	70-80	25	jitter ratio	9.13	13.09

[1] : halve tonen [2] : directional perturbation factor [3] : magnitude perturbation factor [4] : in goede conditie [5] : in slechte conditie

Tabel 4 (vervolg) : Jitterwaarden van de oudere stem

auteur(s)	opdracht	gesl	lftd	N	parameter	gem	sd
Chodzko-Zajko, Ringel (1987)	[a] max. duur, comfortabele hoogte en luidheid	m	63 ± 12	49	jitter (msec.)	2.6	1.5
Linville (1987)	klinkers aanhouden	v	70-80	25	jitter ratio	9.13	13.09
Linville (1988)	3 sec. [i],[a],[u] comfortabele toonhoogte en intensiteit	v	76	?	jitter (%)	[a] : 2.21 [i] : 0.80 [u] : 1.21	1.52 0.57 0.99
Biever, Bless (1989)	3 sec. [i], 3 pogingen	v	69 (60-77	20	jitter (%)	0.06 (0.02-0.09)	0.02
Linville, Skarin, Fornatto (1989)	laagste waarde uit 10 pogingen van 3 sec. [a]	v	76 ± 6.09 (67-86)	20	jitter (%)	2.07 (0.48-6.10)	1.56
Orlikoff (1990)	[a] comfortabele modale hoogte tussen 70-78 dB SPL	m	70-80	6	jitter (msec.) jitter (%)	0.053 (0.038-0.081) 0.625 (0.468-0.740)	0.015 0.102

Shimmer

Shimmer is de maat voor de afwijking van perfecte regelmaat in de amplitudepieken van de laryngeale golfvorm op korte termijn (cycle-to-cycle), gemeten als het gemiddeld amplitudeverschil van opeenvolgende glottisbewegingen. Deze afwijking is onafhankelijk van willekeurige wijzigingen in het intensiteitsniveau.

Shimmer wordt uitgedrukt in aantal dB of in %.

Shimmer en de beïnvloedende factoren werden tot nu in veel beperktere mate bestudeerd dan jitter. Er dient dus omzichtig te worden omgesprongen met de vergelijking van cijfergegevens. Kooijman[112] stelt zelfs dat er nog te weinig onderzoek werd gedaan om shimmer als meetinstrument goed te kunnen gebruiken. De volgende vaststellingen zijn dan ook geen algemene trends waarover een consensus bestaat, doch de bevindingen van telkens slechts één of een paar onderzoeken.

Bij volwassenen zijn de shimmerwaarden voor vrouwen groter dan voor mannen[66]. Lagere amplitudes verminderen de shimmerwaarden[87]. Bij negen vrouwen die onderworpen werden aan een stembelastingstest vonden Verstraete e.a.[200] steeds lagere waarden voor shimmer naargelang de frequentie steeg boven de habituele spreektoonhoogte. Amplitudeperturbatie is een meer gevoelige maat van onregelmatigheid van stemplooitrilling dan frequentieperturbatie: er is minder overlap tussen normale en pathologische stemmen en de maat correleert beter met heesheid, spectrografisch of perceptueel beoordeeld[66].

De normale en kritische waarden voor shimmer lopen uiteen. Kooijman[112] vermeldt 1 dB als maximale waarde. Dit leunt sterk aan bij Horii[87]: de kritische waarde is volgens hem 0.98 dB: shimmer groter dan 0.98 dB kan met 95% betrouwbaarheid beschouwd worden als te groot voor het middensegment van aangehouden klinkers door normale jonge volwassen mannen gefoneerd op een comfortabele intensiteit en frequentie. Een waarde <0.7 dB wordt door Heiberger en Horii gehanteerd[72]. Klingholtz en Martin[109] vermelden als onder- en bovengrens van shimmerfactor 0.7-6.0% en van shimmer 0.04-0.5 dB. Het normale bereik van shimmer ligt volgens Haji e.a.[66] tussen 0.05 en 0.22 dB met een gemiddelde van 0.14 dB. Gebruik makend van een verschillende meetprocedure komen Kitajima en Gould[106] aan gemiddelden van 0.1 dB met 0.19 als kritische waarde. Omori e.a.[146] differentiëren voor de grenzen van relatieve shimmer volgens het geslacht: mannen 0.45-4.53%, vrouwen 0.69-4.52%.

Shimmer is een meer sensitieve index voor gepercipieerde stemruis dan jitter, maar beide zijn additief[64,72,74].

Bij de onderzoeken naar de shimmerwaarden bij **ouderen** (zie tabel 5)[11,26147,148,162,165] werden bijna steeds mannen betrokken. Naast het leeftijdseffect wordt in enkele onderzoeken ook de invloed van fysieke conditie of van een bepaalde stoornis

nagegaan (bv. atherosclerose[148]). Samengevat is de shimmer leeftijdsafhankelijk: de gemiddelde waarde en de standaarddeviatie nemen toe. Dit effect is des te groter naarmate de fysieke conditie slecht is[26,162]. Ramig en Ringel[162] gebruikten voor de bepaling van fysieke conditie een relatieve maat, namelijk de acht proefpersonen uit een grotere groep die de beste conditie hadden en de acht met de slechtste conditie ten opzichte van de overigen. Ringel en Chodzko-Zajko[165] vonden ook een correlatie tussen shimmer en conditie maar gebruikten hiervoor de Index of Physiological Status (IPS). Enkel bij een maximale klinkerduur vonden ze een leeftijdseffect voor shimmer, niet bij comfortabele klinkerduur.

De H/N-ratio

De H/N-ratio (harmonics-to-noise ratio, HNR) is een maat die de stabiliteit van de golfvorm uitdrukt in dB.

Yomoto e.a.[208] ontwikkelden een mathematische methode om de instabiliteit in golfvorm uit te drukken door de verhouding te berekenen tussen de gemiddelde amplitude van de gemiddelde golf (bepaald op basis van 50 opeenvolgende periodes) en de gemiddelde amplitude van de geïsoleerde ruiscomponent: de harmonics-to-noise ratio (H/N ratio of HNR). Hij vond dat 95% van de normale stemmen een HNR vertonen > 7.4 dB. Doch de normen variëren sterk naargelang de bron (20 dB Andrews[2], 12 dB Dworkin[47]).

Variaties op de HNR zijn de S/N ratio (signal-to-noise ratio berekend met de Fourier transformatie), de "relative harmonics intensity" (Hr) en de genormaliseerde ruisenergie (NNR)[173]. Deze methodes worden slechts zelden gebruikt. Sasaki e.a.[173] ontwikkelden een nauwkeuriger methode dan de conventionele visuele beoordeling van spectrografische beelden die tegelijk de resultaten kwantificeert en handiger is dan de methodes waarvoor men een PC nodig heeft (zoals de HNR): de N/V ratio, waarbij de energie van de ruiscomponent wordt vergeleken met de totale akoestische stemenergie met behulp van een digitale spectrograaf. Ze vonden een sterke correlatie tussen N/V-waarden en auditieve beoordelingen van heesheid.

Het effect van **veroudering** op de H/N ratio werd nog niet onderzocht. Ramig[160] vergeleek wel 65-75-jarigen met twee jongere leeftijdsgroepen en besloot dat fysieke conditie en beoordeling van spectrale ruis sterk correleren. Ook hier werd het spectrum visueel beoordeeld via beelden van een klassieke spectrograaf.

Tabel 5 : Shimmerwaarden van de oudere stem

auteur(s)	opdracht	gesl	lftd	N	parameter	gem	sd
Ramig, Ringel (1983)	[a], [i], [u], comfortabele frequentie en intensiteit ± 2 dB, maximale duur en comfortabele duur	m	65-75	8 gc[1] 8 sc[2] 8 gc[1] 8 sc[2]	shimmer (dB)	[a], [i], [u] : 0.330 0.310 0.189 0.413 0.524 0.173 0.268 0.364 0.214 0.290 0.426 0.227	0.208 0.117 0.078 0.260 0.232 0.053 0.060 0.090 0.052 0.120 0.249 0.119
Chodzko-Zajko, Ringel (1987)	[a] maximale duur, comfortabele hoogte en intensiteit	m	63 ± 12	49	shimmer (dB)	3.3	1.9
Ringel, Chodzko-Zajko (1987)	[a] aanhouden	m	67.5 (62-75) gc[1] 69.1 (64-74) sc[2]	6 6	shimmer (dB)	0.31 0.52	0.11 0.23
Biever, Bless (1989)	[i] 3 sec. aanhouden, middenste sec. wordt geanal.	v	69 (60-77)	20	shimmer (dB)	4.0 (1.18-7.44)	1.81
Orlikoff (1990)	[a] min. 10 sec. comf. hoogte tus. 70-78 dB	m	73.3 (68-80)	6	shimmer (dB) shimmer (%)	0.390 (0.269-0.562) 4.42 (3.12-6.27)	0.113 1.24

[1] : in goede conditie [2] : in slechte conditie

2.2.2.3 Spectrumeigenschappen

Spectrale helling

De spectrale helling (in de Engelstalige literatuur worden de termen "spectral tilt", "spectral slope" en "spectral roll-off" als synoniem gebruikt), is een maat voor de verdeling van energie over het frequentiespectrum.

De spectrale helling kan, uitgedrukt in dB, berekend worden als het verschil tussen gemiddelde energieniveaus van twee al dan niet aaneensluitende frequentiebanden. Een andere parameter is het verschil in intensiteit tussen de eerste twee harmonischen. Beide maten hebben waarschijnlijk te maken met de **sluitingswijze** van de stembanden. Is deze snel en bruusk, dan is het spectrum vlakker. Een steiler spectrum daarentegen is het gevolg van een meer sinusoïdale glottisbeweging[59,108,189]. Oorzakelijk kan dit te wijten zijn aan een te beperkte adductiekracht, neurogene immobiliteit, een verschil in verticaal niveau van beide stemplooien, uitgroei ter hoogte van de vrije rand van de stemplooi[42] of een functioneel onvolledige glottissluiting. Dit laatste komt meer voor bij ouderen en meer bij vrouwen dan bij mannen. Een zogenaamde "glottal gap" stelde Linville[124] vast bij zowel jonge (meestal een posterieure vorm) als oude vrouwen (gap in het midden van de glottis, vooraan of een zandlopervormige opening).

Door de onvolledige sluiting wordt een deel van de aangedreven lucht niet omgezet in stembandtrillingen wat turbulente luchtstroom veroorzaakt. Deze zogenaamde "wilde of lekkende lucht" verschijnt in het spectrum onder de vorm van energietoename van frequenties, vooral in de regio van de derde formant, waardoor het spectrum vlakker wordt. De spectrale helling is bij vrouwen dan ook kleiner dan bij mannen door een sterkere aanwezigheid van **aspiratieruis**[134].

Welk deel van het spectrum door aspiratieruis wordt beïnvloed wordt in de verschillende onderzoeken niet eenduidig beschreven, vooral omdat steeds andere frequentiezones met elkaar worden vergeleken. Mendoza e.a.[134] vonden bij vrouwen een minder steil spectrum gemeten als verhouding tussen de zones 0-1 en 1-5 kHz. Dit schrijven ze toe aan aspiratieruis in de regio van de derde formant. Hammarberg e.a.[67] daarentegen stellen vast dat de spectrumhelling steil is gemeten tussen 0-2 en 2-5 kHz maar dat de ruiscomponent zorgt voor een sterkere amplitude tussen 5 en 8 kHz. Volgens Hillenbrand en Houde[75] is aspiratieruis sterker in midden en hoge frequenties en de harmonische component sterker in lagere frequenties. Zodoende hebben zuchtende of lekkende ("whispery voices") stemmen sterkere midden en hoge frequenties. Shoyi en Regenbogen[182] bevestigen dit door te stellen dat normale en pathologische stemmen zeker verschillen in hoge, maar niet altijd in lage frequenties. Een gelijkaardig besluit trekken Dejonckere en Lebacq[42] wanneer ze verschillen vinden tussen normale en pathologische stemmen in de ratio 0-6 kHz/6-10 kHz.

De tegenstrijdigheid in gegevens kan te wijten zijn aan het feit dat de spectrumhelling niet alleen het gevolg is van aspiratieruis, maar dat ook de stabiliteitsparameters het spectrum medebepalen (zie punt 3.2.3 "onderlinge afhankelijkheid van de OAP").
Spectrumhelling wordt ook mede bepaald door de **stemintensiteit**. Een luidere stem vertoont een vlakker spectrum. Terwijl de spectrumhelling bij normale fonatie -12 dB/oktaaf is, wordt deze waarde ongeveer -9 dB/oktaaf voor luide fonatie en -15 dB/oktaaf bij zachte fonatie[154].
Recent onderzoek heeft aangetoond dat de normale stem heel wat energie vertoont boven de 10 kHz. Vermoedelijk kan ook een goed functionerende glottis niet alle lucht in trilling omzetten en produceert dus ook een zeker graad van turbulente luchtstroom. De energie van die hoge frequenties is afhankelijk van de vorm van het aanzetstuk en vertoont een grote variabiliteit door de sterke interindividuele verschillen. Voor normale stemmen vertoont het spectrum bij alle klinkers een dip op 5 kHz. De contour van de hoogfrequente componenten is onregelmatig tussen klinkers en individuen, wat verklaard wordt door de interindividuele verschillende trillingswijze van de stemplooien[182]. Mendoza e.a.[133] vonden spectrale verschillen in de regio onder de 6 kHz en rond 4 kHz wanneer het LTAS (long term average spectrum) werd vergeleken tussen verschillende sessies, maar vonden geen verschil boven 6 kHz. Dit wijst er volgens hen op dat de verschillen tussen sessies eerder articulatorisch bepaald zijn dan fonatorisch. De lage frequenties bevatten vooral de formanten die door de articulatie worden bepaald. Wanneer ze echter een relatieve maat invoeren, verdwijnen de vastgestelde verschillen. Met behulp van een relatieve maat kunnen de bronnen van systematische of toevalsfouten uitgesloten worden die binnengeslopen zijn bij opnames of in de loop van de tijd tussen twee opeenvolgende sessies[133].
De **veroudering** van de spectrale helling werd nog niet onderzocht. Gegevens zijn wel ter beschikking over verschillende waarden tussen normale en pathologische stemmen[42,67,75] en tussen proefpersonen in goede en slechte fysieke conditie[160]. Ook geslachtsverschillen werden vastgesteld. Vrouwenstemmen vertonen meer ruis in de regio van de derde formant en de amplitude van de eerste harmonische is relatief sterker dan bij mannen[108]. Qua spectrale kenmerken werd bij ouderen enkel nagegaan hoe de formanten verschuiven op de frequentieschaal. (zie eindnoot 5)
Op basis van de structureel-fysiologische wijzigingen in het stemapparaat kunnen nog andere spectrale wijzigingen bij ouderen verondersteld worden, doch deze werden nog niet wetenschappelijk aangetoond. Zo zou de sterkere nasale uitstraling (zie 1.1.1 "supraglottische resonatoren") spectrale kenmerken kunnen vertonen analoog met genasaleerde klinkers. (zie eindnoot 6)
Voor de stemparameters onder beschouwing (spectrale helling en amplitudeverschil tussen eerste en tweede harmonische) beschikken we niet over cijfermateriaal voor **ouderen**.

2.2.2.4 Initiëring van de stem

VOT

De voice onset time (VOT) is een maat voor de tijd die verloopt tussen een supraglottische activiteit en het begin van fonatie. In het geval van een consonant-vocaal (CV)-verbinding bestaande uit een stemloze explosief (plofklank) gevolgd door een vocaal, is de VOT het tijdsinterval tussen de loslating van de explosief en de eerste periode van de volgende klank. Deze loslating is gekenmerkt door ruis. De VOT wordt uitgedrukt in aantal msec..

De meting van de VOT gebeurt meestal aan de hand van een 300 Hz breedband spectrogram waarop de momenten van opheffing en stemgeving visueel worden bepaald op de tijdsschaal. De meeste auteurs beschrijven het tweede moment als de plaats waarop de eerste verticale lijnen in het spectrogram verschijnen. Klatt[107] bepaalt het punt van fonatie pas vanaf het moment dat ook de tweede formant van de klinker in het spectrum zichtbaar is.

De bepaling van de VOT op een breedbandspectrogram of met behulp van filters in rechtstreekse uitleesmethodes resulteert in vergelijkbare cijfers[192]. Om de tijdsresolutie te verhogen kan bij het gebruik van analoge bandopnames de bandsnelheid gehalveerd worden[192]. De duur van de VOT is bepalend voor de perceptie van de consonant als stemloos of stemhebbend: Engelstalig onderzoek van Klatt[107] toont aan dat vanaf een VOT van 20-25 msec., de opheffing van de afsluiting en de stemgeving waargenomen worden als twee afzonderlijke gebeurtenissen, zodat men een stemloze explosief waarneemt. Bij een VOT van minder dan 20 msec. percipieert men opheffing en stemgeving tegelijk en beoordeelt men de consonant als een stemhebbende explosief. De explosieven van het Nederlands zijn, net als in het Engels, ofwel stemloos ofwel stemhebbend en behoren dus tot de zogenaamde "twee-categorie talen". Een verschil is wel dat in het Engels de [p], [t] en [k] geaspireerd worden. Daardoor is de VOT in het Nederlandse voor [p], [t] en [k] korter dan in het Engels. Lisker en Abramson[129] noteren waarden voor deze drie klanken van 10(0-30), 15 (5-35) en 25 (10-35) msec. voor het Nederlands en voor het Engels 58 (20-120), 70 (30-105) resp. 80 (50-135) msec..

De VOT kadert binnen een breder temporeel aspect van de spraak en wordt dan ook korter wanneer sneller wordt gesproken[107]. De articulatieplaats van de consonant is medebepalend voor de VOT: van de bilabiale [p] over de apico-alveolare [t] naar de velare [k] wordt de VOT steeds langer. De VOT wordt eveneens beïnvloed door de fonetische context. Klatt[107] die de VOT mat bij zowel CV-verbindingen als consonantclusters (stemhebbende en stemloze explosieven gevolgd door sonorante consonanten) vond dat, in CV-verbindingen, stemloze consonanten een langere VOT veroorzaken dan stemhebbende, en dat de VOT bij

stemhebbende consonanten als tweede element van de cluster ook langer duurt dan bij een CV-verbinding. Uit de analyse van de gebruikte klankcombinaties besluit hij dat, wanneer het eerste segment dat op de consonant volgt een eerste formant heeft die laag ligt op de frequentieschaal, de VOT vergroot. Dit komt overeen met de resultaten van Neiman e.a.[144]: de jongvolwassenen produceerden in dit onderzoek langere VOT bij velare+[i] dan velare+[a].

Cijfergegevens over de VOT bij de **oudere** stem zijn schaars en onderzoeksresultaten wijzen niet alle in dezelfde richting (zie tabel 6)[8,144,191]. Sweeting en Baken[191] vonden geen significante verschillen in VOT bij telkens 5 mannen en vrouwen tussen 65-74 jaar en ouder dan 75 t.o.v. jongeren. De variabiliteit nam wel toe met toenemende leeftijd zowel intra-individueel als tussen de beschouwde leeftijdsgroepen. Dit wijst erop dat ouderen er minder goed in slagen een temporeel doel te treffen en wordt verklaard doordat het gradueel verlies in coördinatie bij ouderen het sterkst de snelheid aantast waarmee motorische taken kunnen worden uitgevoerd[191]. Surwillo[190] schrijft dit toe aan een verandering van het centraal timing mechanisme van het lichaam, gereflecteerd in een vermindering van het alfaritme dat vergelijkbaar is met prepubescente waarden. Naar analogie van "pre-matuur" als label voor het zenuwsysteem van kinderen, spreekt men bij ouderen over een "post-matuur" zenuwstelsel. Bij kinderen verloopt de verfijning van de VOT nog door nadat de spraak perceptueel reeds als correct wordt beschouwd[192]. Ook de variabiliteit van deze parameter is groter dan bij volwassenen. Volgens Kent[103] bereikt de VOT de stabiliteit van volwassenen rond 8 jaar. Bij ouderen is de VOT nog niet significant verlengd terwijl de articulatie al minder nauwkeurig wordt. Het verschil tussen de langste VOT bij [b] en de kortste VOT voor [p] wordt de individuele minimale scheiding genoemd. Deze waarde vermindert met stijgende leeftijd. De foneemgrenzen gaan dichter bij elkaar liggen, maar omdat de grenzen van de klanken niet sterk overlappen, kunnen de klanken nog juist gepercipieerd worden. Dus, alhoewel groepsgemiddelden voor VOT niet verschillen tussen jong en oud, zorgt de verhoogde variabiliteit ervoor dat de explosieven wel nog juist, maar minder precies worden waargenomen[191]. Benjamin[8] stelde verkorte waarden van VOT vast, maar ook zonder negatieve invloed op de foneemonderscheiding.

Tabel 6 : VOT-waarden van de oudere stem

auteur(s)	opdracht	gesl	lftd	N	parameter	gem	sd
Benjamin (1982)	5 zinnen met ploffers bij normale stem bij conversatie, gemiddeld over 18 fonemen	m	74.00 (68-82)	10	VOT (msec.)	33.3	
		v		10		37.4	
Sweeting, Baken (1982)	"peat" in draagzin "It's a _." 25 x herhalen	m	68.6 (65-74)	5	VOT (msec.)	77.83	14.00
		v		5		83.70	19.04
		m	81.3 (75*)	5		66.82	21.42
		v		5		76.44	16.00
Neiman, Klich, Shuey (1983)	random lezen van pap, kat, pip, kip in zin "Say _ again", elk woord 3x	v	74.68 (70-80)	10	VOT (msec.)	pi : 61.6	14.6
						pa : 65.2	16.1
						ki : 83.1	21.3
						ka : 89.4	17.7

2.2.3 Bedenkingen omtrent het onderzoek van OAP

De vroegere publicaties i.v.m. OAP waren erop gericht cijfergegevens te verzamelen rond normale waarden van een breed gamma fonatietypes, leeftijden, spreekstalen. De resultaten bleken onderling moeilijk vergelijkbaar. Verscheidene auteurs wijten dit aan methodologische verschillen[87,196]. Recente publicaties belichten dan ook de verfijning van het onderzoek op technisch niveau en op het gebied van de afnameprocedure en de interpretatie van OAP.

Methodologie

Xue en Mueller[207] wijzen erop dat door verschillende **testcondities** onderzoek naar de normale volwassen vrouwenstem een variatie vertoont voor de parameter F_0 van bijna twee derde oktaaf.

Een inventaris van de gebruikte **apparatuur** toont de verschillen aan in kwaliteit en toepassing. Opnames gebeuren zowel analoog als digitaal, verschillende microfoontypes met ieder hun eigen karakteristieken worden gebruikt, op uiteenlopende mond-microfoonafstanden.

Laver e.a.[118] hebben de beste ervaringen met een unidirectionele electret microfoon met een vlakke respons in de lage frequenties. Na studie van de invloed van het microfoontype en de plaatsing bij stemperturbatiemetingen van aangehouden klanken, raden Titze en Winholtz[196] het gebruik aan van een professionele cardioid condensormicrofoon met een gebalanceerde output, geplaatst op een viertal centimeter van de mond in een hoek van 45-90°.

Gelfer en Fendel[60] vergeleken m.b.v. het Cspeech programma de waarden van jitter, shimmer en SNR (signal-to-noise-ratio) bij de [a] van 30 jonge vrouwen. Deze waren bekomen zowel via bandopnames als via onmiddellijk gedigitaliseerde stemstalen. Deze laatste procedure zorgde voor hogere F_0- en lagere jitter, shimmer en SNR waarden dan bij opgenomen stemmen. F_0 en jitter vertoonden de grootste consistentie in verschil, gevolgd door SNR en tenslotte shimmer. Hierdoor moet men in dezelfde volgorde van parameters er steeds meer rekening mee houden dat resultaten op basis van (analoge) bandopnames beïnvloed worden door artefacts van de registratie. De verschillen tussen de twee meetmethodes is echter niet van die grootheidsorde dat bij diagnose de stem zou gecategoriseerd worden onder een andere graad van pathologie.

Slechts weinig onderzoekers houden rekening met de mogelijke invloed op de testresultaten van de elektroakoestische verbinding die werd gebruikt. Zo bepalen Dwire en Mc Cauley[46] de interne jitter van de Visi-Pitch vooraleer hun metingen aan te vangen en rapporteren Titze en Winholtz[196] hun perturbatiewaarden met de uitdrukkelijke vermelding van de inbegrepen verbinding (DAC, versterker, luidspreker, microfoon, voorversterker filter, ADC).

Omwille van de afwezigheid van de ideale apparatuur moet soms gezocht worden naar een methodologisch compromis[34].

De twee meest gebruikte **fonatieopdrachten** zijn het aanhouden van klinkers en het lezen van een standaardtekst. Spontaan spreken komt minder aan bod vermoedelijk omdat minder elementen kunnen worden gecontroleerd en het onderzoek ook moeilijker gestandaardiseerd kan verlopen. Men wijst er bijvoorbeeld op dat, om de OAP te bepalen bij spontane spraak, het moeilijk is opdrachten te formuleren die vrij zijn van significant emotionele inhoud[207]. Naarmate meer systemen in de uitvoering van de opdracht worden betrokken (cognitief, linguïstisch), wordt de fonatie zwaarder getaxeerd. Om dit te minimaliseren laten Liss e.a.[130] hun proefpersonen enkele eenvoudige zinnen vooraf instuderen, zodat het gekende materie is op het moment van de registratie. Dit strookt met de opvatting van Higgins en Saxman[73] dat de larynx zwaarder wordt belast bij "atypische" spraak. Een reden waarom men bij het zoeken naar fonatorische leeftijdsverschillen toch minder vaak "typische", geautomatiseerde spraak inschakelt is het feit dat lopende spraak overgeoefend is zodat hierbij subtiele veranderingen in mogelijkheden minder snel duidelijk worden[130]. Als aangehouden klanken inderdaad atypisch zijn voor proefpersonen en dus ook meer belastend, dan kunnen deze subtiele wijzigingen aan het licht komen. Immers, leeftijdsverschillen duiken op als een fysiologisch systeem onderworpen wordt aan druk[12,181]. In die zin kan ook verklaard worden dat bij selectiecriteria voor stemonderzoek naar leeftijdsverschillen kandidaten die een vorm van stemscholing genoten systematisch worden uitgesloten. Een andere vorm van "druk" is de uitvoering van maximale prestaties. Ook hier komen hiaten in de uitvoering aan het licht die bij taken binnen de comfortabele of habituele fonatie onopgemerkt zouden blijven. Shock[181] en Birren[12] schrijven dit toe aan het feit dat het systeem in dit geval naar zijn grenzen wordt gedreven. In het onderzoek van Kent e.a.[104] treden dan ook enkel significante leeftijdsverschillen op bij maximale prestaties. Hierbij worden pulmonaire, fonatorische en/of articulatorische reserves aangesproken en kan een vermindering van deze reserves de flexibiliteit beperken of kan het betekenen dat spreken voor de betrokken persoon een belastend proces is of wordt[104]. De interpretatie van maximale prestaties is echter niet eenvoudig omdat hierbij een zeer grote variabiliteit optreedt, omdat er geen gestandaardiseerde afname bestaat (de meeste onderzoekers bepalen bijvoorbeeld de ondergrens van het bereik door de laagste toon die men kan aanhouden exclusief vocal fry, Linville e.a.[128] laten de proefpersonen kraken (piepen) en brommen, terwijl Bohme en Hecker[14] eisen dat men de tonen nog kan zingen) en omdat er geen normen bestaan voor alle leeftijden. Het is ook moeilijk een relatie te leggen tussen maximale performantie en dagelijkse conversatiemogelijkheden omdat de opdracht vaak bestaat uit een sterk vereenvoudigde of gestyleerde

spreekact[104]. In die zin spreken Verstraete e.a.[200] de overtuiging uit dat aangehouden klinkers bij klinisch onderzoek niet worden geproduceerd op de habituele spreektoonhoogte. In de vergelijking jong-oud en man-vrouw kunnen Murry e.a.[142] voor hun jonge en oude vrouwen en oude mannen dit bevestigen: de F_0 bij aangehouden klanken was hoger dan bij luidop lezen en bij spontane spraak. Ze geven twee mogelijke verklaringen: men gebruikt misschien eerder een gefixeerde larynxaanpassing om het comfortabel niveau van inspanning te controleren. Dit zou dan kunnen resulteren in een hogere F_0. Maar het is ook mogelijk dat men de neiging heeft een aangehouden klank eerder te zingen dan te zeggen en daarbij hoger gaat foneren. Askenfelt en Hammarberg[4] verkiezen de lopende spraak te analyseren omdat de kwaliteit van aangehouden klanken volgens hen enkel bij zware pathologie representatief is voor de stemfunctie.

Er is ook geen perfecte overeenstemming tussen verschillende **analysemethodes**. Een vergelijking van meetresultaten tussen drie softwarepaketten (CSL, Sound Scope en Cspeech) toonde aan dat de F_0-resultaten onderling vergelijkbaar, maar niet gelijk waren en slechter werden naarmate de ernst van stempathologie toeneemt. De parameters jitter, shimmer en H/N voldeden niet qua vergelijkbaarheid[10]. Morris e.a.[137] komen tot dezelfde conclusie: voor F_0-metingen zijn verscheidene analysesystemen betrouwbaar op gebied van hertesting, maar veel minder sterk onderling.
De afgelopen jaren worden testresultaten gepubliceerd die bekomen werden door slechts een beperkt aantal analysemethodes. Dit verhoogt de betrouwbaarheid en de vergelijkbaarheid. Voorheen ontwierpen heel wat onderzoekslabo's eigen, soms gecompliceerde en tijdrovende[80] apparatuur en programma's. Doch niet alle analysesystemen zijn even gevoelig in hun metingen en/of meten niet steeds hetzelfde akoestisch fenomeen[97]. Horii[87] wijst in dit verband op het gevaar gegevens met elkaar te vergelijken die steunen op een verschillende invulling van dezelfde termen. Hij vergelijkt zijn eigen begrip van jitter en shimmer in termen van cycle-to-cycle variaties in frequentie en amplitude met de invulling van Deal en Emanuel[34] die deze twee begrippen bepalen als de gemiddelde afwijking rond de gemiddelde periode, resp. de gemiddelde amplitude.
De lengte van het stemstaal dat geanalyseerd wordt is afhankelijk van de aard van de fonatie. Als Karnell[96] een minimumwaarde voor jitter en shimmer wil bepalen in een klinische populatie en dit doet aan de hand van één uiting, dan heeft hij een stemstaal nodig dat voor jitter 190 en voor shimmer 130 cycli bevat. Worden nog meer cycli in de analyse opgenomen, dan naderen de waarden een asymptoot. Horii[86] spreekt over een gelijkaardige stemstaallengte. Voor mannelijke volwassen getrainde zangers volstaan volgens Titze e.a.[194] 20 tot 30 cycli. Dit staat in verband met de intra-individuele variabiliteit: hoe kleiner die is, hoe sneller men de beste waarden kan noteren. Wanneer voldoende cycli begrepen zijn in de analyse, dan

zal het effect op perturbatiematen van veranderingen in windowlocatie binnen het stemstaal geminimaliseerd worden[91]. Jafari e.a.[91] vonden geen effect van herhaalde pogingen en besluiten dat, voor normale stemmen, 80 cycli binnen een aangehouden klank, van één enkele poging volstaat om jitter en shimmer te bepalen. In plaats van het analysevenster aan te passen kan men ook streven naar de beste waarde door de opdracht voor de registratie te laten inoefenen of door de beste uit een aantal pogingen te registreren[123].
Voor een juiste bepaling van de fundamentele frequentie bij lopende spraak heeft men volgens Horii[85] een staal van 14 seconden nodig om een betrouwbaarheid van +/- 3.2 Hz te bekomen. Volgens Hiller[76] is een staalduur van 40 sec. nodig, wil men perturbatiematen betrouwbaar bepalen aan de hand van een gelezen tekst.

Onderlinge afhankelijkheid van de OAP

De OAP kunnen niet los van elkaar worden beschouwd, integendeel ze vormen een akoestisch complex. Wijziging in de natuurlijke (vs. synthetische) fonatie veroorzaakt dan ook veranderingen in meerdere parameters al dan niet samenhangend met de perceptie. Hoe sterk de samenhang is tussen de verschillende parameters wordt in de literatuur op uiteenlopende wijzen beschreven.
Jitter en standaarddeviatie van de grondtoon, beide maten voor variatie van de fundamentele frequentie, zijn sterk met elkaar gecorreleerd[123] maar kunnen ook min of meer onafhankelijk variëren[122]. De graad van heesheid correleert sterk met zowel H/N, spectrale classificatie als jitter[208]. Emanuel en Sansone[49] leggen het verband als volgt uit: jitter beïnvloedt het spectrum van een aangehouden klank door de amplitude van de harmonischen te verminderen en ruis toe te voegen. De aanwezigheid van jitter draagt bij tot de grootte van de ruiscomponent N, zelfs in afwezigheid van toegevoegde ruis. Toch is H/N een betere maat voor heesheid dan jitter door een nog sterkere onderlinge correlatie. Klingholtz en Martin[109] vonden bij stemsynthese de volgende onderlinge invloed. Jitter en shimmer veroorzaken ruis in de regio's waar harmonischen een sterke amplitude hebben namelijk bij de lage frequenties en de formanten. Afhankelijk van de betrokken parameters in het onderzoek worden ook andere correlaties vastgesteld tussen OAP en perceptie en OAP onderling. Het is in elk geval duidelijk dat meestal meer parameters tegelijk variëren. Dit is begrijpelijk in die zin dat het akoestisch signaal in de analyse opgesplitst wordt in termen van intensiteit, frequentie en tijd, terwijl de werking van dezelfde spieren of spiergroepen de waarde van deze parameters realiseert.
Ook de relatie OAP-perceptie is complex. Het verband tussen de perceptie van aangeblazen stem en spectrumkenmerken wordt niet steeds als even sterk beschreven. Bij Holmberg e.a.[83] lezen we dat de spectrale helling zeer bepalend is voor de perceptie. Hillenbrand en Houde[75] nuanceren de uitspraak als volgt: voor

een aangehouden klinker correleren de spectrale helling en de relatieve amplitude van de eerste harmonische matig met de perceptuele beoordeling van aangeblazenheid, de periodiciteit correleert er sterk mee. Op zinsniveau echter konden periodiciteit en spectrale helling de perceptuele beoordeling wel sterk voorspellen. Jitter veroorzaakt bijvoorbeeld grotere ruisniveaus dan shimmer en is een relevante parameter om normale en pathologische stemmen te onderscheiden. Laver e.a.[118] beschrijven het auditief effect van spectrale ruis als gefluister. Komt daar jitter en/of shimmer bij, dan wordt aan dit gefluister ruwheid ("harshness") toegevoegd. Het resultaat van deze samenvoeging wordt heesheid genoemd ("hoarsness"). Bij de analyse van lekkende stemmen ("breathiness") draagt weer een andere combinatie van parameters bij tot de perceptuele waarneming, namelijk de relatieve amplitude van de eerste harmonische, de spectrale vorm en de signaal-ruis verhouding[75,98]. Een ander, nog weinig onderzocht aspect van heesheid, zijn de subharmonischen. Het zijn hun laag frequente klanken die de indruk van heesheid wekken. De graad van heesheid wordt volgens Omori[146] e.a. dan ook bepaald door zowel jitter, shimmer als subharmonischen. Dejonckere en Lebacq[42] halen de harmonische prominentie in de formantzone aan als sterke onderscheid makende parameter tussen normale en pathologische stemmen door de sterke correlatie met de subjectieve evaluatie van ernst van heesheid. Volgens Hammarberg e.a.[67] worden akoestische parameters door meer aspecten bepaald. Ze vinden bijvoorbeeld verschillende spectra voor lekkende stemmen die hyperfunctioneel t.o.v. hypofunctioneel worden geproduceerd.
De complexiteit bestaat eveneens op meettechnisch niveau. In de literatuur wordt vooral de noodzaak van een precieze F_0-extractie beschreven om ook de perturbatiematen jitter en shimmer nauwkeurig te kunnen bepalen[195]. De onjuistheid van de F_0-meting moet maar klein zijn om grote fouten te maken bij de perturbatiemetingen[10]. Hoge precisie bij perturbatie wordt gedefinieerd als de mogelijkheid om F_0 te bepalen tot op +/- 0.01 %. Indien de frequentievariatie beneden de 6% per cyclus is, is de methode waarbij de golfvorm tussen aangrenzende periodes wordt vergeleken (waveform matching) de betere methode ten opzichte van de methode die de nuldoorgangen vergelijkt (zero-crossing) of deze die de amplitudepieken vergelijkt (peak-picking)[195]. (zie eindnoot 7) Deze methode is in mindere mate dan de andere twee gevoelig voor additieve ruis en beperkte amplitudefluctuaties, alhoewel niet volledig ruisresistent[195]. Deem e.a.[41] die twaalf F_0-extractieprocedures, vertekkend van amplitudepieken of nuldoorgangen, met elkaar vergeleken in functie van heel nauwkeurige perturbatiemetingen, stelden de methode voorop waarbij de periodes vergeleken worden op basis van de vergelijking van de punten van de golf die in positieve zin door de nuldoorgang gaan zonder daarbij interpolatie te gebruiken. Het komt er dus op aan om zeer precies de grenzen van de golf te kunnen identificeren als noodzaak voor de nauwkeurigheid van jitter- en shimmerwaarden. Naarmate de

stem afwijkt wordt dat steeds moeilijker. Gerrat en Kreiman[61] stellen dat "nauwkeurige periode-tot-periode bepaling van de fundamentele periode van marginaal periodische signalen een onoplosbaar probleem is." Daar men bij gecommercialiseerde analysesystemen geen toegang heeft tot het bepalen van de grenzen (de algoritmes liggen vast), is het moeilijk te beslissen of een gemeten waarde al dan niet klopt[10]. Binnen elk analysesysteem bestaat ook een maximum niveau van perturbatiewaarde waarboven de maten geen betekenis meer hebben of niet meer kunnen gemeten worden. Deze bovengrens moet gekend zijn om betekenisvol de gegevens te kunnen gebruiken[97]. Terwijl de meeste onderzoekers overtuigd zijn dat perturbatiemetingen hun nut bewijzen bij de vaststelling van pathologie, oordelen anderen (Zyski e.a.[210] en Ludlow e.a.[131]) dat perturbatiemetingen er niet in slagen echte positieven juist te identificeren en vals positieven uit te sluiten, m.a.w. noch sensitief, noch specifiek te zijn.
Een methode waarbij de periodiciteitsmetingen niet direct afhankelijk zijn van de bepaling van de fundamentele periode zijn de cepstrum en autocorrelatie maten[75]. (zie eindnoot 8)

Standaardisering

De bruikbaarheid van OAP was gedurende lange tijd beperkt door een sterk uiteenlopend gebruik van algoritmen, eenheden, onderzoeksontwerpen, methodologieën e.d. Verschillende auteurs beschouwen dit als de hoofdreden waarom resultaten van onderzoeken moeilijk onderling vergelijkbaar zijn[87,207]. Nochtans worden de meeste onderzoeken opgesteld met een gelijkaardig doel: inzicht krijgen in het verouderingsproces, aanvullen en differentiëren van gegevens, verfijnen van de onderzoeksprocedures. De noodzaak voor een algemene consensus op internationaal niveau drong zich dan ook op in verband met richtlijnen, definities en standaarden[13,91]. Er zijn reeds enkele initiatieven genomen om hieraan tegemoet te komen. In Groot-Brittannië werd de Sony PCM Digital Audio Systems aanvaard als standaard uitrusting voor alle grote labo's voor stem- en spraakwetenschappen[118]. In 1995 verscheen bij het National Center for Voice and Speech een verslag van een internationale overleggroep die zich in Denver, Colorado had gebogen over het doel en de methodes van akoestische analyse van stemsignalen met het oog op het bereiken van een brede en betere eensgezindheid hieromtrent. In het document "Workshop on acoustic voice analysis"[193] worden termen en begrippen nauwkeurig gedefinieerd en worden aanbevelingen geformuleerd omtrent elke stap van de akoestische analyse. Op nationaal niveau werkte de "Belgian Studygroup on Voice Disorders 96" een protocol uit voor een meer gestandaardiseerd stemonderzoek, inclusief akoestische analyse[19,198]. Bless en Baken[13] stellen dat onderzoek kan gecontraïndiceerd zijn wanneer informatie met evenwaardige validiteit en betrouwbaarheid kan bekomen worden door middel van eenvoudiger procedures die geen extra kosten

of ongemak voor de patiënt meebrengen. Als daaraan de notie gekoppeld wordt dat perceptuele beoordeling betrouwbaarder wordt naarmate de graad van pathologie toeneemt en in deze gevallen de akoestische analyse faalt (zie 2.1 inleiding) dan moet ook overeenstemming bereikt worden over welk soort stemmen niet of wel akoestisch kunnen worden geanalyseerd.

Interpretatie van OAP bij ouderen

Hoewel men op basis van de vele structurele en functionele wijzigingen bij het ouder worden, verschillen tussen de prestaties van ouderen en volwassenen verwacht, werden deze op verscheidene domeinen van stem en spraak niet gevonden. Parnell en Amerman stelden dit vast op het gebied van de adequaatheid[151] en de timing strategieën van de spraak[1], Sapienza en Dutka[172] vonden geen verschillen in kenmerken van de luchtstroom t.h.v. de glottis, Neiman e.a.[144] besluiten dat jongeren en 70-jarige vrouwen vergelijkbare VOT-waarden produceren. Scukanec e.a.[178] stellen vast dat ouderen er even goed als jongeren in slagen linguïstische informatie via prosodie over te brengen. Al deze auteurs spreken over compensatiemechanismen die ouderen aanwenden met het oog op de effectiviteit van de stem en spraak om het effect van de leeftijdsgebonden veranderingen te neutraliseren. Voor de interpretatie van onderzoeksgegevens betekent dit dat dezelfde numerieke resultaten niet automatisch mogen geïnterpreteerd worden als zouden ze berusten op een zelfde functionaliteit. Wanneer individuele ouderen presteren op het niveau van volwassenen, hoeft dit echter niet noodzakelijk te wijzen op het gebruik van compensatiemechanismen. De grote interindividuele variabiliteit in het totale verouderingsproces wijst erop dat een aantal ouderen niet of in veel minder mate onderworpen is aan stucturele en/of fysiologische veranderingen[5]. Door diezelfde grote variabiliteit vertoont het andere uiterste op het continuüm van prestaties door ouderen soms waarden die bij volwassenen als licht pathologisch worden bestempeld[8,171] of typisch zijn voor een bepaald ziektebeeld[130]. Awan en Mueller[5] roepen dan ook op om bij zeer hoge leeftijd dergelijke waarden op te nemen binnen het normale spectrum van eigenschappen voor die bepaalde populatie, met andere woorden om de normen aan te passen.

In ieder geval moet omzichtig worden omgesprongen met de interpretatie van OAP bij vorderende leeftijd, omwille van de sterke interindividuele variabiliteit. Orlikoff[148] spreekt in dit verband over het "elderly individualism". Dit betekent dat groepsgemiddelden in hogere leeftijdsgroepen minder goed kunnen gebruikt worden als norm voor een individu en dat vastgestelde waarden bij stijgende leeftijd steeds minder goed algemene tendensen vertegenwoordigen.

Klinische relevantie

Als objectieve onderzoeksmethodes automatisch kunnen verlopen, betrouwbaar en rendabel zijn, dan zijn ze waardevol voor de klinische praktijk[118]. Silbergleit en Dreyer[183] vonden vroege akoestische veranderingen in larynxfunctie voor ALS-patiënten hoewel afwijkende stemkwaliteit nog niet perceptueel waarneembaar was. Wanneer OAP door vergelijking met leeftijdsaangepaste normwaarden in staat zijn beginnende pathologie in een vroeg stadium vast te stellen, dan kan men spreken over een hoge klinische relevantie. Ook methodologisch moet worden gekeken wat klinisch relevant is. Om vermoeidheid bij de patiënt te voorkomen en om tegemoet te komen aan de tijdsdruk inherent aan klinische consultatie, kan men bijvoorbeeld kiezen om de stemmen achteraf vanaf bandopnames te analyseren. Is men dan op de hoogte van de gevolgen hiervan voor de afzonderlijke parameters in vergelijking met de rechtstreekse uitleesmethode[60] dan blijft ook deze methode klinisch relevant.

2.3 Besluit

Leeftijdsgebonden stemwijzigingen bij ouderen zijn meestal eerder subtiel maar vertonen enkele duidelijke lijnen. Beoordelaars kunnen oude stemmen perceptueel onderscheiden van jongere en beroepen zich daarvoor vooral op kenmerken van toonhoogte, efficiëntie van de fonatie en vermindering in waarneembare stabiliteit. De fundamentele frequentie stijgt bij oudere mannen en blijft nagenoeg stabiel bij vrouwen na de menopauzale daling. De stem wordt minder stabiel op het vlak van microperturbaties. Dit wordt duidelijk door hogere jitter- en shimmerwaarden en een verlaagde H/N-ratio. De VOT neemt niet duidelijk toe. Het stemspectrum werd nog niet binnen de ouderdom onderzocht uitgedrukt in OAP, maar vertoont wel een grotere ruiscomponent. Deze beschrijving van de oudere stem kwam hoofdzakelijk tot stand door de resultaten van verschillende cross-sectionele onderzoeken met elkaar te combineren. Uitspraken over de wijzigingen van meer stemparameters vanaf 60 jaar tot de hoge ouderdom zijn zelden mogelijk op basis van één zelfde onderzoek waarbinnen het begrip "oud" voldoende werd gedifferentiëerd. Evenmin zijn gegevens bekend op basis van longitudinaal onderzoek.

3 Stemonderzoek bij de normale oudere persoon[39]

Bij het stemonderzoek van normale ouderen wordt men met een aantal problemen geconfronteerd die in minder mate van toepassing zijn bij jongere proefpersonen of ouderen met stempathologie.

Om **normaliteit** bij oudere personen van verschillende leeftijd te onderzoeken beschikt men over differentiële waarden voor o.a. hartslag, systolische en diastolische bloeddruk, gehoor. Voor veel andere aspecten zijn normen niet aanwezig, vooral wanneer het functioneren niet in cijfers kan worden uitgedrukt.

Alleen al een juiste diagnose stellen is bij ouderen moeilijker dan bij jongeren. Poli en Pich[155] vonden in hun postmortem onderzoeken bij 72 % van de ouderen boven 65 jaar multipathologie die werd ondergewaardeerd gezien deze volgens de dossiers niet werd gediagnostiseerd. Met andere woorden problemen of ziekten zijn vaak niet onderkend terwijl ze wel aanwezig zijn. Daarbij komt nog dat ziekten bij ouderen soms pas gekend zijn in een relatief laat stadium. Dhar e.a.[44] geven het voorbeeld van tuberculose waarbij ouderen minder en minder duidelijke symptomen kunnen vertonen dan jongeren. Ook kan deze ziekte zo langzaam evolueren dat maanden voorbijgaan vooraleer een juiste diagnose wordt gesteld of kan gesteld worden. Er gaan stemmen op om, indien mogelijk, de fysiologische of biologische leeftijd bij stemonderzoek te betrekken[26]. In dit geval moet deze zeker ook differentieel bepaald worden omdat vorderende leeftijd progressief de biologische verschillen tussen individuen accentueert[161].

Als ouderen en jongeren binnen een zelfde onderzoek worden betrokken, gebruiken veel onderzoekers dezelfde **criteria** voor beide groepen. In dit geval is de selectie van de ouderen relatief strenger of te streng om een beeld te geven van de gemiddelde oudere. Biever en Bless[11] noemen hun eigen proefgroep "exceptional" daar ze bijna geen medicatie nemen. Mueller[138] verklaart de discrepantie tussen het aantal mannelijke en vrouwelijke deelnemers aan zijn onderzoek doordat te weinig mannen werden gevonden die voldeden aan de selectiecriteria. Criteria voor deelname aan stemonderzoek bij ouderen zijn soms heel selectief op het vlak van de gezondheidstoestand (ORL en overige problemen), het gedrag en de gewoontes, het sociaal functioneren, de scholingsgraad, linguïstische aspecten en/of de communicatie. Liss e.a.[130] zijn ervan overtuigd dat te zwaar selecteren leidt tot deelname van enkel "the upper normal geriatric population" en laten zelf proefpersonen toe die gezondheidsproblemen hebben eigen aan hun leeftijdsgroep. Deze problemen moeten dan in die mate licht zijn dat ze kunnen opgelost worden met tijdelijke ambulante hulp. Chodzko-Zajko en Ringel[26] stellen dat de criteria vlot observeerbaar moeten zijn voor virtueel alle individuen zodat ook heel oude mensen kunnen deelnemen. De selectie van normale ouderen stelt de onderzoeker ook voor het probleem van de beschikbaarheid. Mogelijke kandidaten moeten

actief worden opgezocht daar ze niet gekend zijn bij bevoegde instanties op basis van een klacht of verwijzing. Soms zoekt men de oplossing om meer subjecten in de proefgroep te betrekken in "availability samples"[18]. Op basis van één of ander aspect zijn deze groepen verzameld en beschikbaar voor stemonderzoek. Doch deze personen zijn dan minstens op één kenmerk geselecteerd. Pegoraro Krook[153] onderzoekt bijvoorbeeld de stem bij patiënten die opgenomen zijn voor hals- of nekchirurgie voor en na de operatie. Bij de interpretatie van de gegevens heeft men dan ook moeten rekening houden met een factor stress die mogelijkerwijs varieerde tussen de twee metingen voor de hele proefgroep.
Ook de **fonatieopdrachten** vragen bijzondere aandacht. Door de verhoogde belasting bij atypische spraak[73] kan de afbraak van sensoriek, cognitie en leesvaardigheid als secundaire functie, ervoor zorgen dat stemgedrag bij lezen zeer sterk gaat verschillen van de habituele fonatie. In hun onderzoek beperken Xue en Mueller[207] de opdracht dan ook tot een korte conversatie met de onderzoeker op basis van een aantal neutrale vragen. Op die manier kunnen teveel artefacten vermeden worden. Eén voorbeeld is de snellere vermoeibaarheid bij ouderen. Daardoor is het bijvoorbeeld onmogelijk de meest stabiele productie voor analyse te selecteren uit 25 opeenvolgende pogingen, een procedure die probleemloos lukt bij jongeren[123]. Als stimulusmateriaal voor het ontlokken van spontane spraak kunnen foto's gebruikt worden van gebeurtenissen die geschiedenis hebben gemaakt en zich afspeelden in de zogenaamde actieve jaren van de oudere[65].
De nodige **informatie verzamelen** omtrent de normale oudere is niet zo vanzelfsprekend. Meestal beschikt alleen de huisarts over een dossier met de nodige medische gegevens. Gesprekken met de ouderen zelf wijzen uit dat men problemen soms ontkent of er zich niet van bewust is en dat ouderen niet zo snel klagen of een probleem minimaliseren[20]. Wat de stem betreft is men zich vaak niet bewust van enige verandering. Voor voldoende gegevensverzameling moeten dan ook verscheidene bronnen worden aangesproken.
Om de stem zo natuurlijk mogelijk te laten klinken, komt het erop aan de proefpersoon niet te belasten met emotionele stress. In zijn eigen **omgeving** is deze meestal minimaal. Laat men het onderzoek aan huis plaatsvinden, dan moet men toegevingen doen op het gebied van de akoestische controleerbaarheid. Onderzoek bij oudere stemmen had dan ook plaats in zeer uiteenlopende akoestische omgevingen: van "sound-treated boot" tot "environments in which background noises were minimal"[207]. De keuze zal sterk afhangen van onderzoeksprioriteiten (b.v. aantal proefpersonen vs. precisie van registratie).
Verder zijn ook alle **hulpmiddelen** bij het onderzoek aanwezig die een optimaal functioneren bevorderen (bril, hoortoestel, vertrouwde attributen die het welbehagen bevorderen).
Tenslotte moet men vermijden de resultaten van het stemonderzoek te **veralgemenen**[55] of te **extrapoleren**[175] naar niet onderzochte groepen. De hoge

intersubjectvariabiliteit van ouderen laat dan ook niet toe uitspraken te formuleren over ouderen wanneer alle leeftijden binnen de ouderdom als één groep werden onderzocht of slechts door een beperkte leeftijdsgroep werden vertegenwoordigd (b.v. 60-70-jarigen).

4 Algemeen besluit

Een grondige literatuurstudie toonde aan dat er bij ouderen tal van veranderingen kunnen optreden die zich niet enkel situeren op het vlak van structuur en werking van het hele stemapparaat maar op elk niveau van functioneren zowel van de oudere als individu, als binnen een fysische omgeving en sociale context. Deze tijdelijke of permanente wijzigingen kunnen alle invloed uitoefenen op de stem. Wanneer oudere stemmen perceptueel moeten beoordeeld worden dan bevatten deze voldoende differentiële informatie om ze, bij grove categorisering, te kunnen onderscheiden van jongere stemmen. Daarnaast is het ook mogelijk de oudere stem te omschrijven aan de hand van perceptuele kenmerken. Op het niveau van de akoestische kenmerken echter is het beeld van de oudere stem nog zeer onvolledig. Zelfs wanneer men goed op de hoogte is van de technische en methodologische aspecten van OAP, van de wijze waarop resultaten mogen geïnterpreteerd worden, van de relevantie en dergelijke, is het onmogelijk een totaalbeeld van de oudere stem te verkrijgen. Hiaten zijn er op verschillende domeinen: het aantal proefpersonen is vaak beperkt, de groep ouderen wordt als één leeftijdscategorie beoordeeld, wanneer men analyses doet bij mannen, ontbreken die voor vrouwen of omgekeerd, binnen één onderzoek worden slechts een paar parameters betrokken en/of slechts één stemopdracht, er zijn binnen de groep ouderen geen gegevens bekend op basis van longitudinaal onderzoek, perceptie van de oudere stem wordt zelden gekoppeld aan de akoestische eigenschappen, geen enkele bron vermeldt Nederlandstalig onderzoek. Door deze hiaten is het onmogelijk testresultaten uit de literatuur te hanteren als norm voor de oudere stem. We voerden een eigen onderzoek uit met de bedoeling resultaten te verkrijgen die wel als norm zouden kunnen gebruikt worden (zie deel II).

DEEL II Eigen onderzoeken : OAP bij normale oudere mannen- en vrouwenstemmen

Inleiding

Het literatuuronderzoek naar de oudere stem (zie deel I) wees verschillende mogelijkheden tot onderzoek aan. Enerzijds zijn geen gegevens gekend voor het Nederlandstalig gebied. Om hieraan tegemoet te komen is een inleidend onderzoek aangewezen met als kenmerken[88]: een beperkte onderzoekstijd en een groot aantal deelnemers die een minimum aan ongemak ervaren. Anderzijds konden hiaten worden opgevuld door aspecten uit te diepen en/of te combineren. We hebben geprobeerd deze twee elementen, verbreding en uitdieping, te combineren door een onderzoek te ontwerpen in drie delen. In een eerste transversaal onderzoek verkennen we de OAP van een groot aantal normale ouderen in Vlaanderen. Een tweede luik bevat een beperkter longitudinaal onderzoek. Tenslotte wordt in een derde deel nagegaan welke akoestische parameters een rol kunnen spelen in het perceptueel onderscheid tussen oude en jonge stemmen.

1 Onderzoek 1 : Transversaal akoestisch onderzoek[36,38,40]

1.1 INLEIDING

In dit onderzoek beschrijven en vergelijken wij akoestische stemparameters van de oudere stem bij mannen en vrouwen afzonderlijk. Om te kunnen differentiëren binnen de groep ouderen werd de onderzoeksgroep opgesplitst in vier leeftijdsdecades: 60-69, 70-79, 80-89 en 90-99 jaar. De leeftijdsgrenzen van de onderzoeksgroep werden bepaald op basis van literatuurgegevens : de ondergrens van 60 jaar verzekert ons enerzijds dat bij de vrouwen de menopauze voltooid is, anderzijds worden wijzigingen in vergelijking met de volwassen stem vastgesteld vooral vanaf 60 jaar[82]. Als bovengrens werd 99 jaar bepaald : zo kon de hoogste leeftijdsgroep nog voldoende personen bevatten om als groep te kunnen worden beschouwd.
Een vergelijkingsgroep bestond uit mannen en vrouwen tussen 20 en 29 jaar.

1.2 ONDERZOEKSVRAGEN

Bij de analyse van de akoestische stemparameters onderzochten we leeftijdsverschillen voor mannen en vrouwen afzonderlijk.
a. Wat is de gemiddelde waarde en standaarddeviatie van een aantal objectieve akoestische parameters (OAP) in functie van de leeftijd bij ouderen?

b. Zijn er significante verschillen tussen leeftijdsgroepen vanaf 60 jaar voor de verschillende OAP ?

1.3 METHODE

1.3.1 Proefgroepen

1.3.1.1 Onderzoeksgroep

De onderzoeksgroep bestaat uit ouderen die thuis wonen, in een serviceflat of in een rusthuis type O, A of B (zie bijlage 1) en enkel voor zogenaamde zelfzorgactiviteiten beroep doen op derden. De rusthuisbewoners zijn niet psychisch afhankelijk. Thuiswonenden voldoen aan dezelfde voorwaarden. De ouderen kunnen als volgt worden beschreven:

* de deelnemer is een man of vrouw van minimum 60 jaar en heeft de leeftijd van 100 jaar nog niet bereikt,
* het gehoor laat toe een normaal gesprek te voeren, indien nodig met hoortoestel,
* men kan gedurende 30' rechtop op (in) een (rol)stoel zitten,
* men kan, indien nodig met leesbril, een korte, eenvoudige tekst in een groot lettertype luidop lezen,
* het bevattingsvermogen is voldoende om enkele opdrachten verbaal uit te voeren en om deel te nemen aan een informatief vraaggesprek,
* er zijn geen aanwijzingen voor een beginnende ontwikkeling van dementie,
* contactpersonen uit de onmiddellijke omgeving (familie, verzorgers, medebewoners) beschouwen de deelnemer als een normale oudere,
* op het onderzoeksmoment verkeert de deelnemer niet in een situatie van duidelijke depressiviteit of zenuwachtigheid,
* er zijn geen acuut verhoogde problemen t.h.v. de luchtwegen, noch zijn er andere tijdelijke factoren aanwezig die de stemgeving negatief kunnen beïnvloeden,
* de deelnemer beschikt over voldoende tijd om het onderzoek rustig te kunnen afwerken,
* deelname aan het onderzoek gebeurt op vrijwillige basis.

Voor de samenstelling van de onderzoeksgroep werd gestreefd naar één derde thuiswonenden en twee derden rusthuisbewoners. Op het totaal aantal van 205 deelnemende ouderen werd deze verhouding uiteindelijk 67/138.
Na telefonisch contact en, indien gewenst, na extra mondelinge of schriftelijke toelichting bij het onderzoek, verleenden alle 67 thuiswonenden onmiddellijk hun medewerking (36 mannen, 31 vrouwen). Deze personen behoorden allen tot een vrienden- of familiekring van enkele contactpersonen van de onderzoeker.

Zij werden thuis bezocht waar het onderzoek ter plekke plaatsvond in een geluidsarme kamer.

De directies van 51 rusthuizen uit Oost- en West-Vlaanderen werden schriftelijk verzocht medewerking te verlenen. Het contactadres en het telefoonnummer van deze rusthuizen was gekend via officiële lijsten.
Antwoordde men positief via het toegestuurde formulier (zie bijlage 2) of reageerde men niet op de uitnodiging, dan werd telefonisch contact opgenomen. Indien medewerking werd toegezegd, werd een concrete datum afgesproken. Bij aankomst van de onderzoeker had de directie meestal de deelnemers reeds vooraf aangesproken. Er werd een lijst opgemaakt van de bewoners die wilden meewerken en in de loop van de dag beschikbaar waren. De onderzoeken vonden plaats in een geluidsarme kamer van het rusthuis waar de deelnemers door een personeelslid of de proefleider werden naar toe gebracht. Vijf rusthuisdirecties verkozen dat het onderzoek plaatsvond in de individuele woonkamer van de proefpersonen zelf.

Vierendertig aangeschreven rusthuisdirecties antwoordden positief. Uiteindelijk werden 23 locaties bezocht (6 in West-, 17 in Oost-Vlaanderen), waar in totaal 171 personen aan het onderzoek deelnamen. Achtentwintig rusthuizen werden uiteindelijk niet bezocht om uiteenlopende redenen: 10 directies verleenden geen toestemming, men meende dat de bewoners geen medewerking zouden verlenen, men zag medewerking praktisch niet haalbaar (men beschikte niet over een geluidsarme ruimte, er was een nijpend personeelstekort, andere activiteiten genoten de voorkeur), op het moment dat een concrete afspraak kon worden gemaakt beschikten we al over voldoende stemopnames voor de betrokken leeftijds- en geslachtsgroepen, een beslissing tot deelname bleef gedurende de hele onderzoeksperiode onmogelijk wegens langdurige afwezigheid van de directie. Drieëndertig van de 171 personen werden uitgesloten om één van de volgende redenen:

* men bleek niet aan de gestelde voorwaarden te voldoen (bv. luidop lezen was onmogelijk of te moeilijk, er was een te ernstige pathologie aanwezig),
* het onderzoek werd voortijdig afgebroken (b.v. men werd door familie opgehaald)
* er waren technische problemen (b.v. tijdelijke brom op het electriciteitsnet of stroomonderbreking door reparatiewerken binnen het rusthuis)
* de vooropgestelde steekproefgrootte van de betrokken leeftijdsgroep was al bereikt toen het onderzoek plaatsvond.

Het opleidingsniveau van de onderzoeksgroep uitgedrukt in aantal jaar en graad van genoten onderwijs, is onbekend. Het feit dat alle ouderen konden lezen wijst

op een zekere basisopleiding. Uit het gesprek met hen blijkt dat de meesten het beroep leerde als hulp of leerjongen (-meisje) bij een meester of baas. Het was vooral de praktische ervaring en de beheersing van het vak die hen de toegang tot het beroep had verleend, niet een bepaald diploma. We inventariseerden daarom hun beroepsactiviteiten in plaats van hun opleidingsniveau. Enkele aspecten vallen hierbij op. Veel personen beoefenden meerdere beroepen. Vrouwen waren heel vaak enkele jaren beroepsactief waarna ze zich beperkten tot de zorg voor hun gezin. De grote meerderheid was officieel op rust.
Met de bedoeling de OAP van hen die de stem beroepsmatig nodig hadden te vergelijken met de stemkenmerken van hen die hun beroep konden uitoefenen zonder stemgebruik, werden de ouderen ingedeeld in vier niveaus van stemgebruik volgens de classificatie van Koufman en Isaacson[114] (zie eindnoot 9). Hieruit komt naar voor dat 11 % (11) van de 100 mannen en 7,5 % (8) van de 105 vrouwen gedurende het grootste deel van hun loopbaan hun stem professioneel gebruikt hadden (7 mannen en 4 vrouwen niveau I, 2 mannen en 1 vrouw niveau II, 2 mannen en 3 vrouwen niveau III). Deze aantallen waren, in verhouding tot het totaal aantal deelnemers, te klein om als subgroepen te worden onderzocht. Het al dan niet gebruiken van de stem voor de beroepsuitoefening moet met de volgende bedenkingen worden genuanceerd. De 11 personen (7 mannen en 4 vrouwen) die hun stem gebruikten als acteur/actrice oefenden allen nog hun beroep uit. Mits een goede stemtechniek, werd hun stem dus nog dagelijks getraind, in tegenstelling tot de stem van zij die al jaren op rust waren. Bij hen kon de factor "onbruik" al invloed hebben op de stemprestaties. Anderzijds kan op rust zijn het begin betekenen van stemherstel als de stem jarenlang verkeerd gebruikt werd. Tenslotte blijkt ook dat het stemgebruik niet volledig kan omschreven worden in functie van de beroepsuitoefening. Veel ouderen rapporteerden namelijk dat ze vroeger heel veel hadden gezongen zowel in de vrije tijd als tijdens het werk dat op zich geen stemgebruik vereiste.

1.3.1.2 Vergelijkingsgroep

Deze groep werd samengesteld uit 30 vrouwelijke en 30 mannelijk twintigjarigen. De groep werd samengesteld volgens het principe van de sneeuwbal sampling: de eerst gecontacteerde jongeren uit de vriendenkring van de onderzoeker brachten de volgende proefpersonen aan uit hun omgeving. Dit werd herhaald tot voldoende vrouwen en mannen werden onderzocht. De gemiddelde leeftijd van de mannen was 25;01 j. met als grenzen 21;01 en 29;06 j., de vrouwen waren gemiddeld 25;07 j. met als grenzen 21;08 en 29;02 j.
Het onderzoek vond plaats in een geluidsarme kamer bij hen thuis of op hun tewerkstellingsplaats, die akoestisch het best overeenkwam met het "woonkamertype" zoals bij de oudere proefpersonen.

Bij de 20-jarigen oefende niemand een ander beroep uit dan waarvoor men was opgeleid. Twee mannen waren nog student en één man was pas afgestudeerd en werkzoekend. Bij toepassing van de indeling naar stemgebruik nodig voor de beroepsuitoefening, krijgen we een totaal ander beeld dan bij de groep ouderen. Slechts 30 % (10) van de mannen en 40 % (12) van de vrouwen kunnen ingedeeld worden in groep IV van de indeling volgens Koufman en Isaacson: stemgebruik is bij hen geen vereiste om het beroep te kunnen uitoefenen. Dit staat in contrast met de aantallen die tot groep IV behoren bij de ouderen: 89 % van de mannen en 92,5 % van de vrouwen. Alle werkende jongeren rapporteerden de grote noodzaak van verbaal contact voor de beroepsuitoefening (vergaderen, overleg, uitwisseling van informatie). Verscheidene jongeren gebruikten hun stem intens in de vrije tijd (koorzang, leid(st)er in een jeugdbeweging, zingen in muziekgroep, amateurtheater). Enkele jongeren voltooiden of volgden de niet-professionele opleiding woordkunst en/of zang.

De uiteindelijk geselecteerde onderzoeks- en vergelijksgroep hebben naar aantal per geslacht en per leeftijd de volgende samenstelling:

Tabel 7 : aantal deelnemers per geslacht en per leeftijd in onderzoeks- en vergelijkingsgroep van het cross-sectioneel onderzoek

	onderzoeksgroep					vergelijkingsgroep
	60-69 j.	70-79 j.	80-89 j.	90-99 j.	Totaal	20-29 j.
mannen	30[1]	30[2]	30[3]	10[4]	100	30[9]
vrouwen	30[5]	30[6]	30[7]	15[8]	105	30[10]
Totaal	60	60	60	25	205	60

leeftijdsgemiddelden en -grenzen per leeftijdsdecade

[1] : 66;11 j. (60;01-69;11) [5] : 65;07 j. (60;03-69;05) [9] : 25;01 j. (21;01-29;06)
[2] : 75;02 j. (70;07-79;11) [6] : 75;11 j. (70;02-79;06) [10] : 25;07 j. (21;08-29;02)
[3] : 85;03 j. (80;02-89;10) [7] : 84;00 j. (80;02-89;11)
[4] : 92;04 j. (90;05-94;03) [8] : 93;02 j. (90;05-98;00)

De afkortingen J-O, JB-HB en DEC worden gebruikt voor respectievelijk vergelijkingen jong-oud, jongbejaard-hoogbejaard en de decadevergelijking: bij "J-O" werden jongeren (20-29 j.) vergeleken met ouderen (60-99 j.). Bij de mannen werden 30 jongeren vergeleken met 100 ouderen, bij de vrouwen met 105 ouderen. Bij "JB-HB" werden jongbejaarden (60-79) vergeleken met hoogbejaarden (80-99). De groep JB bestaat bij de mannen uit 60 personen, de groep HB uit 40 mannen. Bij de vrouwen is de verdeling JB-HB 60 vs. 45 vrouwen. Bij "DEC" werden de verschillende leeftijdsdecades onderling met elkaar vergeleken. Om een decade aan te duiden wordt de beginleeftijd gebruikt. Zo staat "20" voor de groep 20- tot 29-jarigen, "60" voor de groep 60- tot 69-jarigen, "70" voor de groep 70- tot 79-jarigen, "80" voor de 80- tot 89-jarigen, "90" voor de 90- tot 99-jarigen.

1.3.2 Procedure

1.3.2.1 Gegevensverzameling

Van alle betrokken personen (onderzoeks- en vergelijkingsgroep) werd een stemanamnese afgenomen. Er werd gevraagd naar: subjectieve stembelastbaarheid, stembelasting, stemproblemen, stemscholing, subjectieve wijzigingen, risicofactoren, rookgedrag, alcoholgebruik en tenslotte enkele gegevens over luchtwegen, larynx, medicatie, gehoor, operatieve ingrepen en circulatie. Met deze gegevens was het mogelijk te beslissen of een proefpersoon voldeed aan de vooropgestelde voorwaarden.
Per persoon werden vier verschillende stemopdrachten geregistreerd:

* de klinkers [a] en [i] gedurende minimum drie seconden aangehouden, met constante toonhoogte en luidheid
* een opgezegde automatische reeks : de dagen van de week (registratie in functie van onderzoek 3)
* een luidop gelezen Nederlandstalige standaardtekst (zie bijlage 3)
* luidop gelezen consonant-vocaalverbindingen [kaka] en [papa] met het accent op de tweede lettergreep

Een voorbeeld door de onderzoeker werd enkel gegeven als uitvoering van de opdracht onmogelijk bleek op basis van enkel mondelinge instructie. Elke eerste poging werd gebruikt voor analyse. In enkele gevallen was een tweede poging nodig: de uitvoering was begonnen terwijl de proefleider de instructie gaf, het stemstaal was te kort of de eerste poging werd onderbroken (hoesten, lachen, een opmerking door de proefpersoon zelf en dergelijke).

1.3.2.2 Meting van de objectieve akoestische parameters (OAP)

De berekeningswijze van de verschillende parameters is opgenomen in bijlage 4.
De stemmen werden door dezelfde onderzoeker geanalyseerd op de volgende parameters:
1 **Grondtoon**eigenschappen (fundamentele frequentie=F_0)
Analyse van de klanken [a] en [i], gemeten over 1 sec.

* gemiddelde F_0 (F_0 in Hz)
* variabiliteit van F_0 (var in Hz berekend door middel van F_0SD, de standaarddeviatie)
* F_0-bereik (in Hz)
* boven- en ondergrens van F_0-bereik (Fhi=highest fundamental frequency, Flo=lowest fundamental frequency in Hz)

Analyse van de eerste zin na de titel van de luidop gelezen tekst.

* gemiddelde F_0 (F_0 in Hz)
* variabiliteit van F_0 (var in Hz berekend door middel van F_0SD, de standaarddeviatie)
* F_0-bereik (in halve tonen)
* boven- en ondergrens van het F_0-bereik (Fhi=highest fundamental frequency, Flo=lowest fundamental frequency in Hz)

2 **Stabiliteit** van de stem (zie figuur 2)

Analyse van de klanken [a] en [i], gemeten over 1 sec.: microperturbaties van de stembandtrillingen en H/N-ratio:

* microperturbaties op het vlak van de frequentie: relatieve jitter (%)
* microperturbaties op het vlak van de amplitude: shimmer (dB)
* Harmonics to noise ratio (H/N in dB)

3 **Spectrum**eigenschappen (zie figuur 3)

Analyse van de klanken [a] en [i].

* amplitudeverschil tussen eerste en tweede harmonische ($A(H_1-H_2)$ in dB)
* energieverschil tussen de frequentiegebieden onder 1 kHz en 2-4 kHz (E1-24 i dB)
* energieverschil tussen de frequentiegebieden onder 1 kHz en boven 4 kHz (E1-45 in dB)

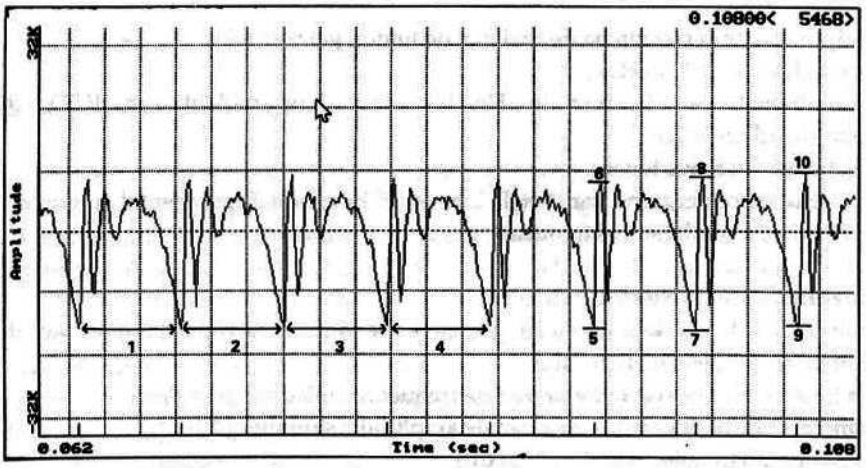


Fig. 2 : Meting van periode-tot-periode variaties : het gemiddeld verschil tussen de duur van opeenvolgende periodes, uitgedrukt als procent van de periodeduur zelf, voor de bepaling van % jitter (1-4), het gemiddeld verschil tussen de amplitude van opeenvolgende periodes voor de bepaling van shimmer (5-10) en het gemiddeld verschil in golfvorm van opeenvolgende periodes voor de bepaling van de H/N-ratio. (berekeningswijze zie bijlage 4)

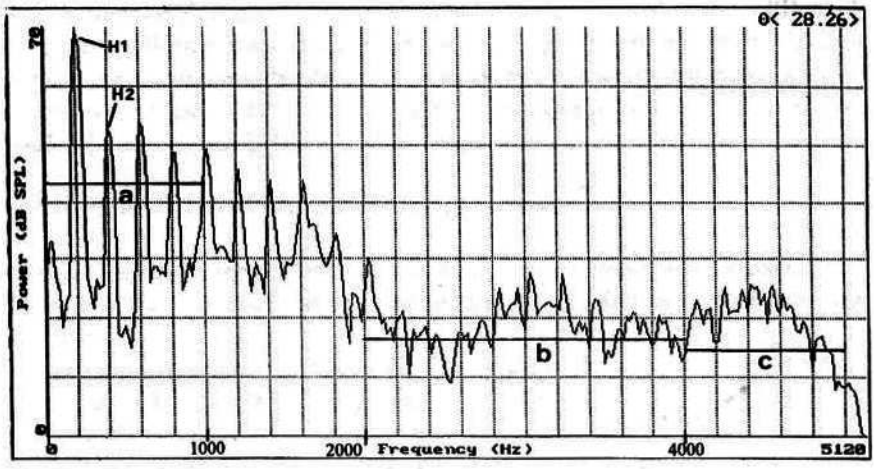


Fig. 3 : Meting van de spectrale kenmerken : **A(H1-H2)** : het amplitudeverschil tussen de eerste (H1) en de tweede (H2) harmonische. **E1-24** : het verschil in gemiddelde energie tussen de frequentiebanden 0-1 kHz (a) en 2-4 kHz (b). **E1-45** : het verschil in gemiddelde energie tussen de frequentiebanden 0-1 kHz (a) en 4-5 kHz (c).

4 Eigenschappen in verband met het **initiëren** van de stem (zie figuur 4)

* voice onset time (VOT) van de beaccentueerde tweede lettergreep van de consonant vocaalverbindingen [kaka] en [papa] (msec.)

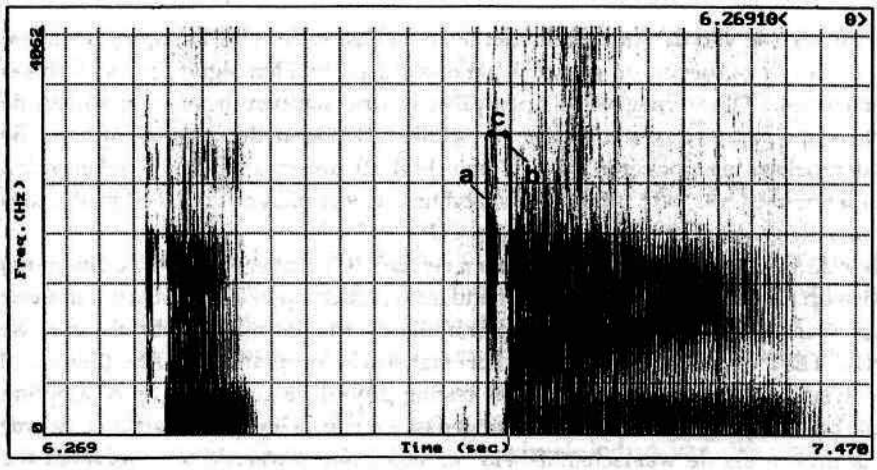


Fig. 4 : Meting van de VOT bij de tweede beklemtoonde lettergreep van de uiting [kaka] : het tijdsinterval (c), uitgedrukt in msec., tussen de articulatorische loslating van de [k] (a) en de eerste regelmatige glottispuls van de daaropvolgende klinker [a] die de eerste en de tweede formant bevat (b).

5 Correlatie tussen paren variabelen.

* voor mannen en vrouwen afzonderlijk wordt voor de stemopdrachten "aanhouden van klinkers" en "lezen van een zin" de samenhang berekend tussen alle combinaties van paren variabelen. De resultaten van deze berekeningen moeten ons bijkomende informatie verschaffen over hoe de verschillende parameters paarsgewijs variëren.

1.3.2.3 Apparatuur

De stemregistratie gebeurde met een unidirectionele dynamische (moving coil) stemmicrofoon Audiotechnica ATM41 en voorversterker (20 Hz tot 20 kHz +/-3 dB) op een digitale audiobandrecorder Sony 55ES in een geluidsarme kamer met beperkte reverberaties van elke onderzoekslocatie (bij de proefpersoon thuis of op het werk).

De aangehouden klanken en CV-verbindingen werden geanalyseerd met het software programma CSL (Computerized Speech Lab) model 4300 versie 3.X van Kay Elemetrics[100].

Voor de luidop gelezen zin werd het MDVP (Multi Dimensional Voice Program) model 4305 van Kay Elemetrics[101] gebruikt.

1.3.2.4 Statistische verwerking

Bij de analyse van de onderzoeksresultaten stelden we ons de vraag of, en tussen welke leeftijdsgroepen de gemeten parametergemiddelden significant van elkaar verschillen. Deze vraag werd opgesplitst in drie stappen: bestaan er tussen de betrokken parameters significante verschillen 1) tussen de vergelijkings- en de onderzoeksgroep (jongeren vs. ouderen: J-O), 2) tussen jong- en hoogbejaarden (ouderen <80 j. vs. ≥80 j. : JB-HB)) en 3) binnen de vier onderzochte leeftijdsdecades binnen de groep ouderen onderling (DEC)?
Door de veelvuldige vergelijking binnen een zelfde set cijfergegevens verhoogt het risico op minstens 1 Type-I fout, met andere woorden op het verschijnen van valse significanties. Dit risico werd geminimaliseerd door het gebruik van de MULTTEST[174] procedure binnen het statistisch programma SAS (Statistical Analysis System). Dit is een multiple testing procedure gebaseerd op resampling waarbij de p-waarden worden aangepast. Een aangepaste waarde wordt omschreven als de waarschijnlijkheid om een ruwe p-waarde te observeren die minstens even extreem is als de gegeven p-waarde wanneer men alle vergelijkingen samen in de berekening opneemt. Via een simulatie wordt de p-waarde benaderd. De MULTTEST berekende van onze gegevens de aangepaste p-waarde d.m.v. een klassieke tweezijdige Student's t-test met een resampling waarde van 1000. Op advies van Westfall en Young[203], die, indien mogelijk en bij niet complexe modellen, resampling verkiezen zonder teruglegging, werd dit ook op onze gegevens toegepast (permutation procedure).
De berekening van de paarsgewijze samenhang tussen de parameters werd enkel uitgevoerd op parameterwaarden van de oudere proefpersonen (mannen en vrouwen afzonderlijk). De parameter leeftijd werd als continue variabele in de berekeningen betrokken. De sterkte en de richting van een lineaire samenhang tussen telkens twee variabelen kan cijfermatig uitgedrukt worden door een correlatiecoëfficiënt. Met behulp van de SAS-procedure CORR werd de Pearson correlatiecoëfficiënt berekend. Of de resultaten al dan niet significant zijn kunnen we beslissen aan de hand van de overschrijdingskans (de probabiliteitswaarde p) die in het SAS-pakket tegelijk wordt berekend.
Een paarsgewijze samenhang tussen variabelen kan grafisch voorgesteld worden door een spreidingsdiagram. Vertoont een spreidingsdiagram een lineair patroon, dan kan een rechte lijn, die zo dicht mogelijk bij de punten komt, dit globaal patroon beschrijven. De wiskundige vergelijking die deze lijn definieert beschrijft de onderlinge afhankelijkheid van de variabelen en wordt de enkelvoudige lineaire regressievergelijking genoemd. Deze door SAS gegenereerde vergelijking

beantwoordt aan de formule $y = a + bx$ waarbij a een constante is die de waarde aangeeft van y wanneer x gelijk is aan 0, en waarbij b de helling van de rechte aangeeft, m.a.w. de hoeveelheid waarmee y toeneemt als x één eenheid toeneemt.

In de hiernavolgende rapportering van de resultaten bespreken we de significante verschillen als "licht" bij een p-waarde <0.05, als "matig" indien $p<0.01$, als "sterk" bij $p<0.001$ en als "zeer sterk" indien $p<0.0001$.

1.4 RESULTATEN

De resultaten van de gemiddelde parameterwaarden worden achtereenvolgens besproken op klankniveau en op zinsniveau. Op klankniveau worden eerst de grondtoonparameters besproken, gevolgd door de stabiliteitsmetingen, de spectrumeigenschappen en tenslotte de initiëring van de stem. Daarna volgt op zinsniveau de bespreking van de grondtoonparameters. De bespreking per parameter gebeurt aan de hand van een tabel die een overzicht biedt van gemiddelden en standaarddeviaties van elke parameter per geslacht en onderzochte leeftijdsdecade en een bijhorende grafische voorstelling. Eerst wordt een korte beschrijving gegeven van wat uit de visuele indruk van elke grafiek kan worden afgeleid (GRAF), daarna volgt een beschrijving van de statistische resultaten (STAT). Als afsluiting van de paragrafen "1.4.1 Klankniveau" en "1.4.2 Zinsniveau" worden beknopt de resultaten beschreven van de berekeningen naar de samenhang van de parameters in de vorm van vaststellingen die geldig zijn voor zowel mannen als vrouwen en, op klankniveau, voor beide klanken [a] en [i].
In bijlage 5 zijn de schema's opgenomen met de p-waarden die resulteerden uit de Multtest voor de drie stappen van onze vraag (jong-oud, jongbejaard-hoogbejaard, decadevergelijking). Bijlage 6a geeft de overzichten weer van de correlatiecoëfficiënten tussen de parameterparen met bijhorende p-waarden, bijlage 6b illustreert de algemene besluiten a.d.h.v. enkele spreidingsdiagrammen en bijhorende regressievergelijking.
Mannen en vrouwen worden telkens afzonderlijk besproken.

1.4.1 Klankniveau

1.4.1.1 Grondtooneigenschappen

F_0 (zie tabel 8 en figuur 5 voor mannen, tabel 9 en figuur 6 voor vrouwen)

mannen

GRAF De gemiddelde **fundamentele frequentie** stijgt met toenemende leeftijd voor beide geanalyseerde klanken. In het algemeen is de waarde voor [i] hoger dan voor [a].

STAT J-O Er is een zeer sterk significante stijging tussen de groep jonge mannen en de ouderen voor zowel de [a] als de [i].

JB-HB Hoogbejaarden foneren op een hogere F_0 dan jongbejaarden. Voor [a] is dit verschil licht significant, voor de [i] zeer sterk.

DEC : F_0 vertoont tussen de decaden onderling voor [a] een licht significant hogere voor 90- vs. 60-jarigen en bij [i] een licht significant hogere waarde voor 80 vs. 60 en 90 vs. 70 en een matig significant hogere waarde voor 90 vs. 60.

Tabel 8 : F_0 per klank en per leeftijd : mannen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
F_0	$\bar{x}$	115	128	134	145	155	120	136	148	163	187
(Hz)	SD	15.3	28.4	32.3	34.6	21.7	18.7	31.6	38.3	38.1	52.0

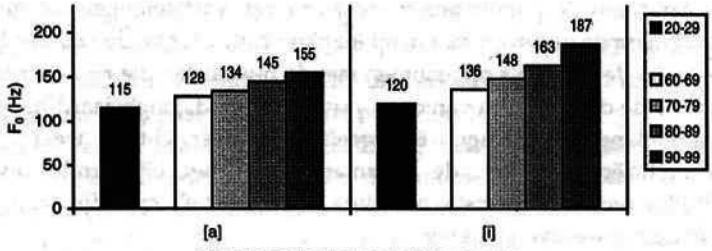


Fig. 5 : F_0 per klank en per leeftijd : mannen

vrouwen

GRAF De gemiddelde **fundamentele frequentie** neemt licht toe voor de [i]. De twintigjarigen foneren bij de [a] hoger dan alle ouderen, bij de [i] foneren enkel 80- en 90-jarigen hoger dan de jongeren. De gemiddelden liggen voor elke leeftijdsdecade iets hoger bij de [i] dan bij de [a].

STAT J-O De F_0 van jongeren verschilt niet significant van de F_0 bij ouderen.

JB-HB De F_0-waarden zijn licht significant hoger bij hoogbejaarden voor [i].

DEC Bij [i] foneren 90-jarigen op een matig significant hoger F_0 dan 60-jarigen.

Tabel 9 : F_0 per klank en per leeftijd : vrouwen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
F_0	$\bar{x}$	198	183	186	185	193	207	196	204	209	231
(Hz)	SD	19.1	31.9	24.2	28.0	24.2	20.2	37.1	28.0	35.8	50.1

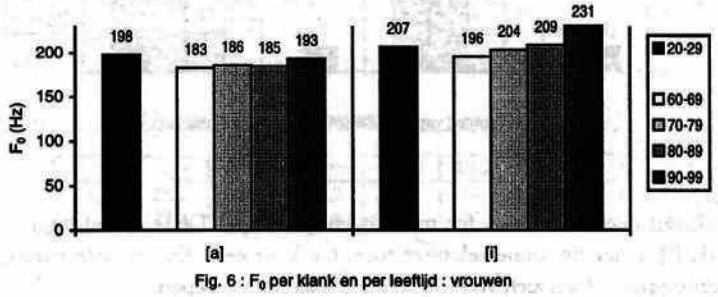


Fig. 6 : F_0 per klank en per leeftijd : vrouwen

Variabiliteit van F_0 (zie tabel 10 en figuur 7 voor mannen, tabel 11 en figuur 8 voor vrouwen)

mannen

GRAF De **variabiliteit** van F_0 stijgt met toenemende leeftijd. De waarde bij 90-jarigen wordt weer kleiner.

STAT J-O Ouderen vertonen een grotere variabiliteit dan jongeren. Dit verschil is matig significant voor [a] en licht voor de [i].

JB-HB Hoogbejaarden vertonen een licht significant hogere variabiliteit dan jongbejaarden bij [i].

DEC 80-jarige mannen hebben een sterk significant hogere variabiliteit dan 60-jarigen voor [a]. Voor [i] is de waarde van de 80-jarigen licht significant hoger dan van de 70-jarigen.

Tabel 10 : variabiliteit van F_0 per klank en per leeftijd : mannen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
var	$\bar{x}$	2.2	3.8	7.3	10.3	6.8	2.2	4.6	3.5	7.3	7.1
(Hz)	SD	1.9	3.3	9.5	8.1	4.8	2.6	3.8	3.5	8.6	5.6

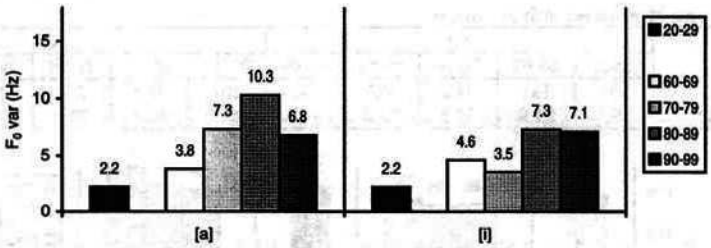


Fig. 7 : variabiliteit van F_0 per klank en per leeftijd : mannen

vrouwen

GRAF **De variabiliteit** neemt duidelijk toe met stijgende leeftijd. De waarden liggen algemeen lager bij de [i], maar de totale relatieve toename is groter. De grootste sprongen in de waardeverhogingen doen zich voor bij de oudste leeftijdsgroepen.

STAT J-O Ouderen vertonen een matig significant grotere variabiliteit dan jongeren voor [a]. Voor [i] is dit verschil zeer sterk significant.

JB-HB De variabiliteit is zeer sterk significant groter voor hoog- versus jongbejaarden bij de [a]. Een gelijkaardig verschil is licht significant voor de [i].

DEC 90-jarigen hebben bij [a] een zeer sterk significante hogere variabiliteit dan 60-jarigen en 70-jarigen. De waarde is licht significant hoger voor 80- vs. 60-jarigen. Voor [i] is de variabiliteit van 90-jarigen matig significant hoger dan van 60-jarigen.

Tabel 11 : variabiliteit van F_0 per klank en per leeftijd : vrouwen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
var	$\bar{x}$	3.8	5.2	5.9	10.1	15.8	2.1	4.9	6.7	7.9	11.8
(Hz)	SD	2.2	3.2	4.3	9.8	15.4	0.9	3.7	4.3	8.3	15.9

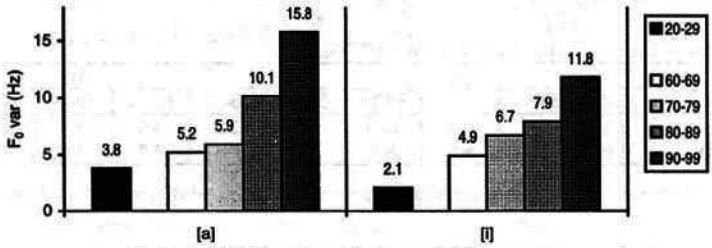


Fig. 8 : variabiliteit van F_0 per klank en per leeftijd : vrouwen

Bereik (zie tabel 12 en figuur 9 voor mannen, tabel 13 en figuur 10 voor vrouwen)

mannen

GRAF Het **bereik** neemt toe met stijgende leeftijd. Negentigjarigen maken hierop een

uitzondering voor de [a] : het bereik is kleiner dan bij de 80-jarigen. Het bereik van de [i] door 70-jarige mannen uitgesproken is nauwelijks hoger dan dat van de 20-jarigen.

STAT J-O Ouderen vertonen een zeer sterk groter bereik dan jongeren voor [a] en een licht groter bereik voor [i]

JB-HB Het bereik van hoogbejaarden is matig significant groter dan van jongbejaarden voor [a], voor [i] licht significant hoger.

DEC Zeer sterk significant hogere waarden worden vastgesteld voor 80- vs. 60-jarigen bij [a], matig significant hogere waarden voor 80- vs. 70-jarigen bij [i].

Tabel 12 : bereik van F_0 per klank en per leeftijd : mannen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
bereik	$\bar{x}$	13.6	26.2	39.4	62.2	53.9	14.7	31.2	17.6	42.1	45.7
(Hz)	SD	14.5	27.2	46.5	42.6	51.3	22.2	31.0	14.5	43.5	37.0

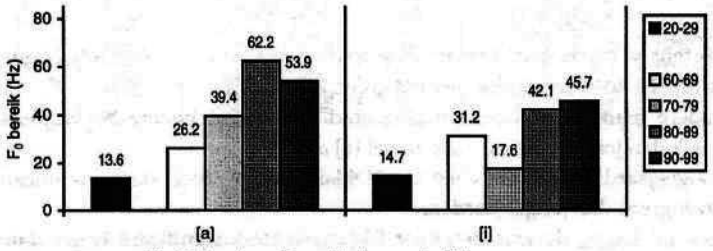


Fig. 9 : bereik van F_0 per klank en per leeftijd : mannen

vrouwen

GRAF Wat betreft het **bereik**, vindt de grootste toenamesprong plaats bij de [a] tussen 70- en 80-jarigen, bij de [i] tussen de jongeren en de 60-jarigen. De [i]-waarde ligt bij elke leeftijdsgroep hoger dan de [a]-waarde. De relatieve toename is het grootst bij de [i].

STAT J-O Het bereik van oudere vrouwen is matig significant groter dan van jonge vrouwen voor [a] en zeer significant groter voor [i].

JB-HB Voor de [a] is het bereik van hoogbejaarden matig significant groter dan van jongbejaarden.

DEC Een licht significant groter bereik werd vastgesteld voor 90-jarigen vs. 60- jarigen voor [a].

Tabel 13 : bereik van F_0 per klank en per leeftijd : vrouwen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
bereik	$\bar{x}$	25.1	40.0	47.8	70.3	81.5	11.2	35.8	38.2	41.6	60.0
(Hz)	SD	17.0	37.7	53.5	60.6	58.4	4.3	39.1	25.2	44.0	62.5

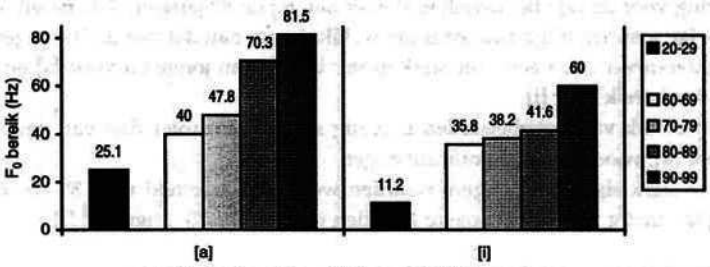


Fig. 10 : bereik van F_0 per klank en per leeftijd : vrouwen

Bovengrens (zie tabel 14 en figuur 11 voor mannen, tabel 15 en figuur 12 voor vrouwen)

mannen

GRAF De **bovengrens** verhoogt met toenemende leeftijd en is voor elke decade hoger bij de [i] dan bij de [a]. De toename is ook hier het grootst bij de [i].

STAT J-O Oudere mannen hebben een zeer sterk significant hogere bovengrens van het bereik dan jonge mannen voor zowel [a] als [i].

JB-HB Hoogbejaarden hebben voor beide klanken een zeer sterk significant hogere bovengrens dan jongbejaarden.

DEC Voor [a] liggen de waarden voor 80-jarigen sterk significant hoger dan voor 60-jarigen en voor 80-jarigen matig significant hoger dan voor 70-jarigen. De gemiddelde bovengrens van 90-jarigen is licht significant hoger dan van 60-jarigen. Voor [i] vinden we een matig significant hogere bovengrens in de vergelijking 90 vs. 60 en 90 vs. 70 en licht significant hogere waarden voor 80- vs. 60-jarigen.

Tabel 14 : bovengrens van F_0 per klank en per leeftijd : mannen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
Fhi	$\bar{x}$	122	145	150	176	177	130	153	156	181	207
(Hz)	SD	19.9	35.1	39.3	33.8	30.5	24.3	39.4	39.9	43.7	54.2

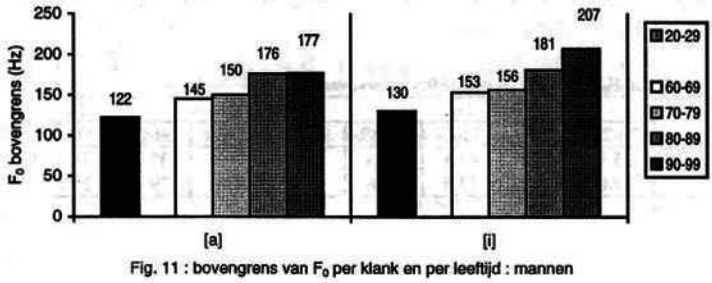


Fig. 11 : bovengrens van F_0 per klank en per leeftijd : mannen

vrouwen

GRAF De **bovengrens** vertoont nauwelijks verschillen bij de [a] en stijgt licht bij de [i].

STAT J-O Deze groepen verschillen niet qua bovengrens van het bereik voor beide klanken.

JB-HB Voor beide klanken zijn de verschillen niet significant.

DEC Geen enkele vergelijking levert een significant verschil op.

Tabel 15 : bovengrens van F_0 per klank en per leeftijd : vrouwen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
Fhi	$\bar{x}$	211	199	206	212	213	212	211	224	229	237
(Hz)	SD	21.4	34.3	43.6	34.7	23.0	20.7	44.5	32.1	48.5	61.57

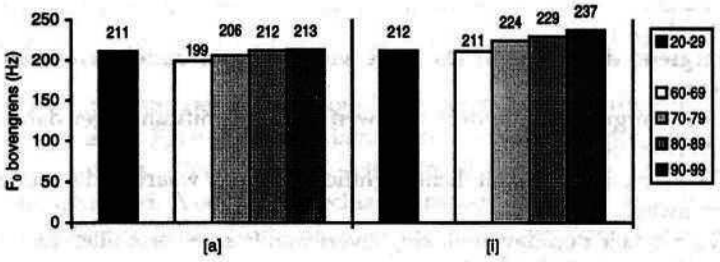


Fig. 12 : bovengrens van F_0 per klank en per leeftijd : vrouwen

Ondergrens (zie tabel 16 en figuur 13 voor mannen, tabel 17 en figuur 14 voor vrouwen)

mannen

GRAF De **ondergrens** verhoogt per stijgende leeftijdsdecade . Deze toename is duidelijker bij de [i] dan bij de [a]. Ook hier liggen de [i]-waarden voor elke leeftijdsgroep hoger dan de [a]-waarden.

STAT J-O De ondergrens van de [i] is sterk significant hoger voor de ouderen t.o.v. van jongeren.

JB-HB Voor beide klanken zijn de verschillen niet significant.

DEC Voor [i] hebben 90-jarige mannen een matig significant hogere ondergrens dan 60-jarigen.

Tabel 16 : ondergrens van F_0 per klank en per leeftijd : mannen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
Flo	$\bar{x}$	109	119	111	114	123	115	122	139	139	162
(Hz)	SD	14.3	27.3	23.9	35.6	34.1	19.2	32.5	33.8	33.5	55.3

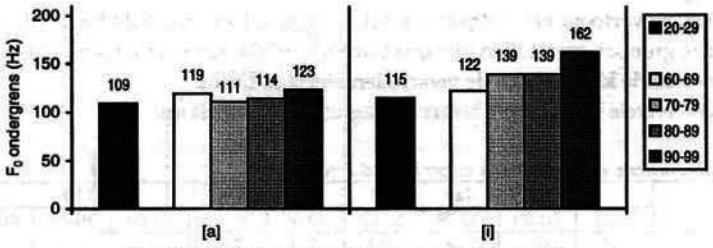


Fig. 13 : ondergrens van F_0 per klank en per leeftijd : mannen

vrouwen

GRAF De **ondergrens** daalt, vooral als jonge vrouwen met oudere vrouwen worden vergeleken.

STAT J-O De ondergrens van oudere vrouwen is zeer significant lager dan van jonge vrouwen voor [a].

JB-HB De klank [a] vertoont licht significant lagere waarden bij hoogbejaarde vrouwen.

DEC Geen enkele decadevergelijking levert significante verschillen op.

Tabel 17 : ondergrens van F_0 per klank en per leeftijd : vrouwen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
Flo	$\bar{x}$	109	119	111	114	123	201	175	186	187	177
(Hz)	SD	14.3	27.3	23.9	35.6	34.1	19.8	43.5	28.5	32.3	63.5

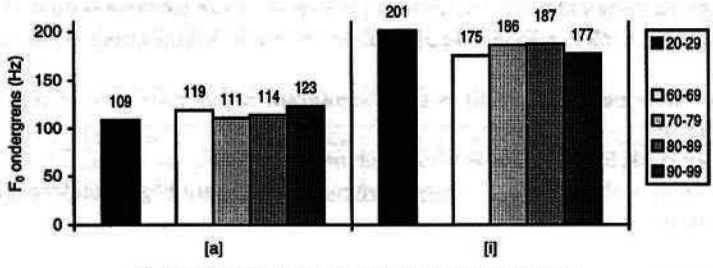
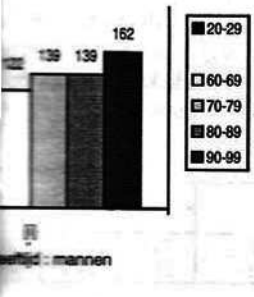


Fig. 14 : ondergrens van F_0 per klank en per leeftijd : vrouwen

Besluit

mannen : Beide klanken, [a] en [i], vertonen grote verschillen indien **jonge en oudere** mannen onderling worden vergeleken: de fundamentele frequentie is hoger bij ouderen, de variabiliteit en het bereik vergroot, de bovengrens ligt hoger en, voor [i], ligt ook de ondergrens hoger. Binnen de vergelijking **jongbejaard-hoogbejaard** wijzen de metingen in dezelfde richting. Hier vallen de significanties



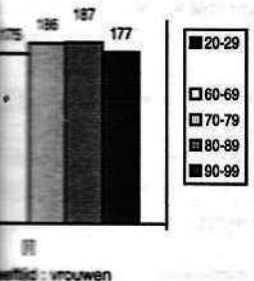
met oudere vrouwen worden

significant lager dan van jonge

ere waarden bij hoogbejaarde

icante verschillen op.

	[i]			
20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
201	175	186	187	177
19.8	43.5	28.5	32.3	63.5



e verschillen indien **jonge en** de fundamentele frequentie is groot, de bovengrens ligt hoger n de vergelijking **jongbejaard-**g. Hier vallen de significanties

voor de variabiliteit in F_0 weg bij [a] en voor beide klanken de significanties voor de ondergrens van het bereik. **Decadevergelijking** levert bij [a] in de vergelijking 60 vs. 80-jarigen verschillen op: de variabiliteit stijgt, het bereik vergroot en de bovengrens ligt hoger. De drie overige vastgestelde lichte significanties (voor F_0 bij 90 vs. 60 en Fhi bij 90 vs. 60 en 80 vs. 70) wijzen op een beperkte verhoging van de waarden met stijgende leeftijd. Bij [i] zijn de meeste en sterkste verschillen te vinden in de vergelijking 60 vs. 90 jaar: de F_0 stijgt, de boven- en ondergrens verhogen.

De bovengrens van het bereik en bij [i] ook F_0 leveren, in vergelijking met andere parameters, het grootst aantal significanties op doorheen de verschillende leeftijdsvergelijkingen. Met andere woorden de stijging van de spreektoonhoogte doet zich voor van jong naar oud, maar zet zich ook nog door binnen de groep ouderen.

vrouwen : Ten opzichte van **jonge** vrouwen foneren **oudere** vrouwen met een grotere variabiliteit in F_0 en een groter bereik voor beide klanken, bij [a] ook met een lagere ondergrens. Voor [a] zet dezelfde trend zich door in de vergelijking **jong- vs. hoogbejaard.** Voor de [i] echter verhoogt enkel de waarde van de variabiliteit in F_0 nog licht. In de **decadevergelijking** zet deze stijging van de variabiliteit in F_0 zich verder voor [a]. Bij de [i] is de verhoging van waarden van F_0 en de variabiliteit van F_0 enkel significant binnen de vergelijking 60-90.

1.4.1.2 Stabiliteitseigenschappen

Jitter (zie tabel 18 en figuur 15 voor mannen, tabel 19 en figuur 16 voor vrouwen)

mannen

GRAF De **relatieve jitter** neemt toe tot 80 j. en vermindert dan aanzienlijk weer bij de 90-jarigen voor beide klanken.

STAT J-O Jonge en oude mannen verschillen onderling niet significant.

JB-HB Hoogbejaarden vertonen geen verschillende hogere waarde voor de relatieve jitter.

DEC Voor geen van beide klanken levert decadevergelijkingen significante verschillen op.

Tabel 18 : jitter per klank en per leeftijd : mannen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
Jitter	$\bar{x}$	0.46	0.77	1.18	1.40	0.95	0.42	1.11	0.50	1.23	0.94
(%)	SD	0.46	0.65	1.93	1.11	1.00	0.22	1.27	0.30	1.95	1.01

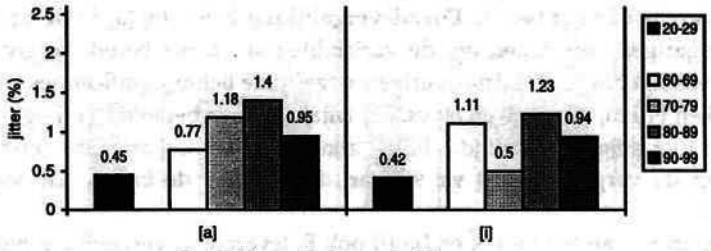


fig. 15 : jitter per klank en per leeftijd : mannen

vrouwen

GRAF De **jitter** neemt toe met stijgende leeftijd.

STAT J-O Oude en jonge vrouwen produceren geen verschillende jitterwaarden.

JB-HB Hoogbejaarden vertonen een licht significant hoger jitter dan jongbejaarden bij [a].

DEC De relatieve jitter voor [a] is licht significant hoger voor 90- vs. 60-, 70- en 80-jarigen.

Tabel 19 : jitter per klank en per leeftijd : vrouwen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
jitter	$\bar{x}$	0.74	1.15	1.01	1.22	2.54	0.52	0.79	1.39	1.09	0.91
(%)	SD	0.59	0.82	1.32	0.86	3.51	0.33	0.58	2.10	1.62	0.70

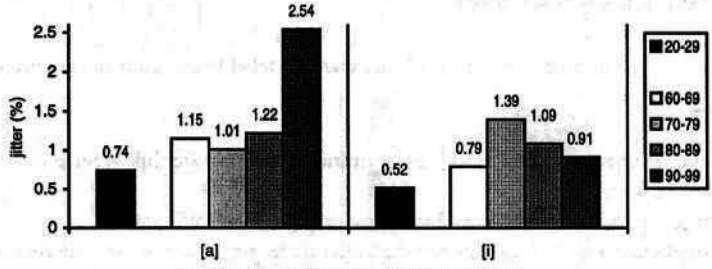


Fig. 16 : jitter per klank en per leeftijd : vrouwen

Shimmer (zie tabel 20 en figuur 17 voor [a], tabel 21 en figuur 18 voor [i])

mannen

GRAF De **shimmer** is groter bij ouderen dan bij 20-jarigen.

STAT J-O Shimmerwaarden verschillen niet tussen oude en jonge mannen.

JB-HB Jongbejaarden verschillen niet significant van hoogbejaarden voor beide klanken.

DEC Shimmer is op geen enkel niveau van de decadevergelijking significant verschillend.

Tabel 20 : shimmer per klank en per leeftijd : mannen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
shimmer	$\bar{x}$	0.28	0.45	0.43	0.56	0.36	0.16	0.33	0.23	0.35	0.30
(dB)	SD	0.10	0.25	0.35	0.39	0.24	0.07	0.24	0.15	0.48	0.22

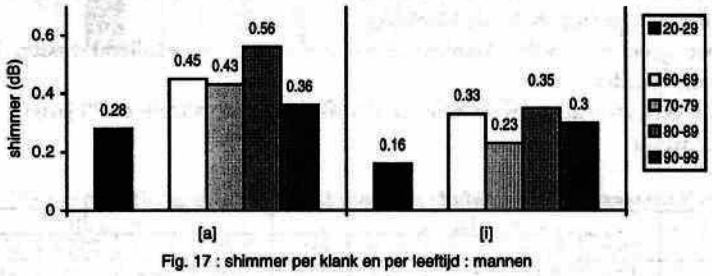


Fig. 17 : shimmer per klank en per leeftijd : mannen

vrouwen

GRAF De **shimmer** stijgt duidelijk met toenemende leeftijd.

STAT J-O Voor de [a] noch [i] verschillen oud en jong significant van elkaar.

JB-HB Shimmerwaarden van hoogbejaarde vrouwen zijn sterk significant hoger dan bij jongbejaarden bij [a].

DEC Bij [a] zijn shimmerwaarden matig significant hoger in de vergelijking 80 vs. 60, sterk bij 90 vs. 70 en zeer sterk significant hoger bij 90 vs. 60.

Tabel 21 : shimmer per klank en per leeftijd : vrouwen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
shimmer	$\bar{x}$	0.36	0.30	0.36	0.52	0.67	0.17	0.21	0.25	0.34	0.39
(dB)	SD	0.13	0.15	0.16	0.32	0.59	0.07	0.14	0.19	0.29	0.58

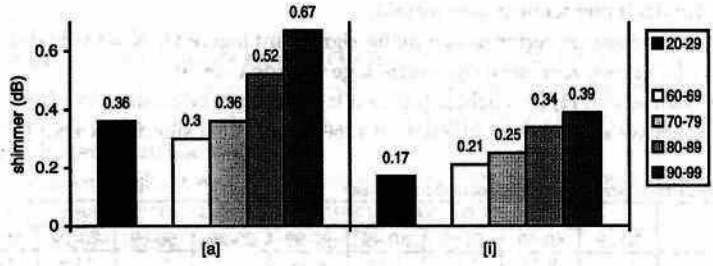


Fig. 18 : shimmer per klank en per leeftijd : vrouwen

H/N-ratio (zie tabel 22 en figuur 19 voor mannen, tabel 23 en figuur 20 voor vrouwen)

mannen

GRAF De waarden van de **H/N-ratio** voor de 20-jarigen steken ver uit boven die van de groep ouderen, waarbinnen een stapsgewijze daling per decade plaatsgrijpt.

STAT J-O Bij ouderen vinden we zeer sterk significante lagere waarden voor de H/N-ratio dan bij jongeren voor beide klanken.

JB-HB Voor geen van beide klanken zijn de waarden verschillend tussen jong- en hoogbejaarden.

DEC De lagere waarden van de H/N-ratio voor 80-jarigen vs. 60- en 70-jarigen zijn licht significant.

Tabel 22 : H/N-ratio per klank en per leeftijd : mannen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
H/N	$\bar{x}$	12.2	8.12	7.96	3.61	5.90	16.6	12.4	12.1	11.4	10.8
(dB)	SD	4.08	5.12	6.87	5.34	6.33	4.84	5.30	5.67	5.51	6.00

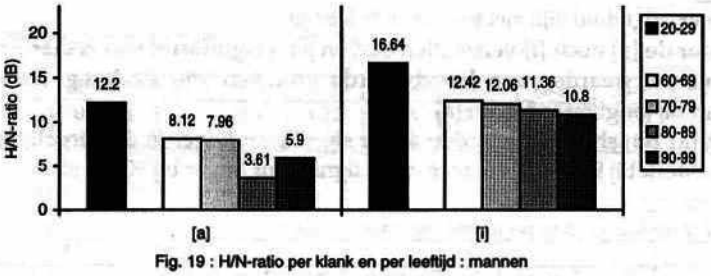


Fig. 19 : H/N-ratio per klank en per leeftijd : mannen

vrouwen

GRAF De **H/N-ratio** daalt met toenemende leeftijd.

STAT J-O Oudere vrouwen vertonen een matig significant lagere H/N waarde dan jongeren voor [a] en een zeer sterk significant lage waarde voor [i].

JB-HB De waarde van H/N is licht significant lager bij hoogbejaarden voor [a].

DEC De lager waarde van 90-jarigen is t.o.v. 60-jarigen licht significant voor [a].

Tabel 23 : H/N-ratio per klank en per leeftijd : vrouwen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
H/N	$\bar{x}$	11.6	9.57	8.27	6.74	4.99	22.1	13.9	11.5	12.6	10.1
(dB)	SD	5.33	5.31	4.95	5.32	6.69	2.74	7.13	6.22	4.05	6.81

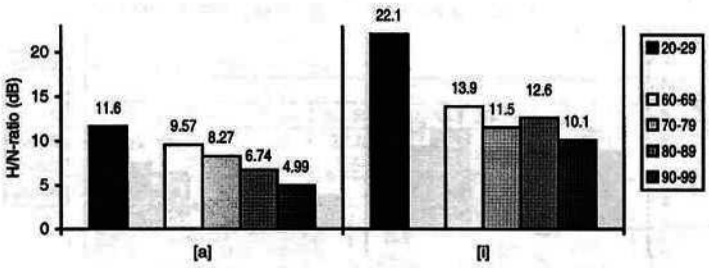


Fig. 20 : H/N-ratio per klank en per leeftijd : vrouwen

Besluit

mannen : De H/N-ratio is de enige stabiliteitsparameter die significant in waarde daalt met stijgende leeftijd. Dit verschil is zeer sterk tussen **jonge en oude** mannen. Bij **jong- vs. hoogbejaarden** stellen we geen verschillen vast. In de **decadevergelijking** vermindert de waarde van de H/N-ratio enkel voor [a] bij 80- vs. 60- en 70-jarigen.

vrouwen : Ook hier geldt in de vergelijking **jong-oud** voor beide klanken dat de H/N-ratio als enige stabiliteitsparameter significant verschilt. Hierbij gelden lagere waarden voor de ouderen. Voor [i] is dit de enige vastgestelde wijziging. Bij de klank [a] neemt de instabiliteit toe van **jongbejaard** naar **hoogbejaard** voor zowel jitter, shimmer als H/N-ratio. In de **decadevergelijking** vinden we voor [a] in drie vergelijkingen significanties die wijzen op hogere waarden voor jitter en shimmer. Voor shimmer zijn de significanties het sterkst.

1.4.1.3 Spectrumeigenschappen

A(H1-H2) (zie tabel 24 en figuur 21 voor mannen, tabel 25 en figuur 22 voor vrouwen)

mannen

GRAF Het **amplitudeverschil tussen de eerste en tweede harmonische** is voor alle leeftijden het grootst bij de [a]. Tot 70 jaar daalt de waarde waarna ze weer stijgt. De [i] vertoont bij de 70-jarigen een negatieve parameterwaarde. Dit betekent dat de amplitude van de tweede harmonische hoger is dan van de eerste.

STAT J-O In deze vergelijking worden geen significante verschillen gevonden.
JB-HB Deze groepen verschillen niet significant van elkaar.
DEC Decadevergelijking levert geen significanties op.

Tabel 24 : A(H1-H2) per klank en per leeftijd : mannen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
A(H1-H2) (dB)	$\bar{x}$	5.51	5.29	3.88	6.99	5.77	2.28	0.49	-0.88	3.92	4.57
	SD.	3.64	6.05	3.55	5.44	6.93	4.31	8.20	8.36	7.96	13.21

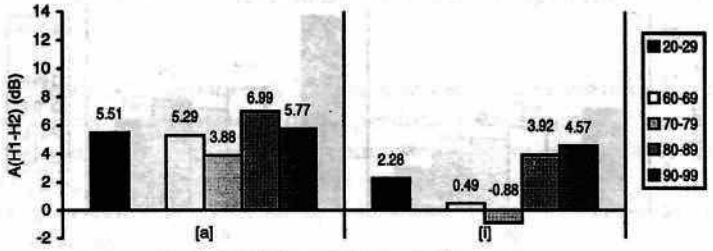


Fig. 21 : A(H1-H2) per klank en per leeftijd : mannen

vrouwen

GRAF Het **amplitudeverschil tussen eerste en tweede harmonische** is bij de twee klanken het grootst bij de 20-jarigen. Binnen de groep ouderen is er een algemeen dalende tendens.

STAT J-O Oudere vrouwen hebben zeer sterk significant lagere waarden voor deze parameter dan jonge vrouwen voor [a].

JB-HB Jong- en hoogbejaarden verschillen niet significant voor beide klanken.

DEC De vier leeftijdsgroepen verschillen niet significant van elkaar.

Tabel 25 : A(H1-H2) per klank en per leeftijd : vrouwen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
A(H1-H2)	$\bar{x}$	9.55	6.38	5.97	5.46	4.91	13.9	9.28	9.11	9.13	10.7
(dB)	SD	3.84	5.10	4.16	4.74	4.56	4.82	7.48	6.17	8.54	13.0

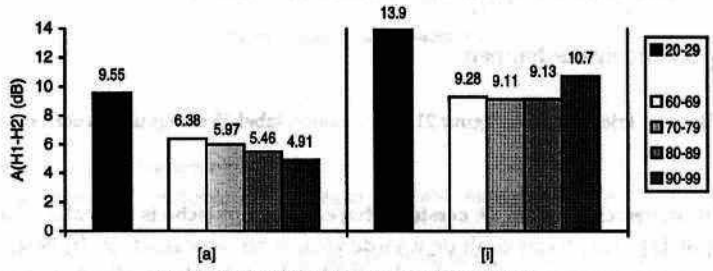


Fig. 22 : A(H1-H2) per klank en per leeftijd : vrouwen

E1-24 (zie tabel 26 en figuur 23 voor mannen, tabel 27 en figuur 24 voor vrouwen)

mannen

GRAF **Het energieverschil tussen het frequentiegebied onder 1 kHz en tussen 2 en 4 kHz** vertoont geen duidelijke tendens.

STAT J-O Er is geen significant verschil tussen jonge en oudere mannen.

JB-HB Geen verschillen werden gevonden tussen hoogbejaarde en jongbejaarde mannen.

DEC Decadevergelijking levert geen significante verschillen op.

Tabel 26 : E1-24 per klank en per leeftijd : mannen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
E1-24	$\bar{x}$	28.4	26.2	26.5	27.6	27.3	23.9	20.5	19.6	23.8	22.5
(dB)	SD	4.1	7.6	6.6	5.6	5.1	5.5	8.0	6.8	5.6	9.7

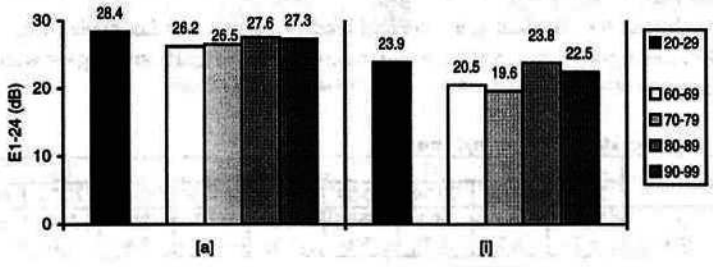


Fig. 23 : E1-24 per klank en per leeftijd : mannen

vrouwen

GRAF Het **energieverschil tussen het frequentiegebied onder 1 kHz en 2 tot 4 kHz** wijzigt niet duidelijk over de leeftijdsgroepen. De sterkste spectrumhelling ligt bij de twintigjarigen.

STAT J-O Deze parameter vertoont geen verschillen tussen jonge en oude vrouwen.

JB-HB Jongbejaarden en hoogbejaarden verschillen niet significant van elkaar.

DEC Binnen de groep ouderen verschilt geen enkele decade van een andere.

Tabel 27 : E1-24 per klank en per leeftijd : vrouwen

		[a]					[i]				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
E1-24	$\bar{x}$	27.0	25.7	24.7	25.2	25.1	25.9	24.7	21.9	22.3	22.1
(dB)	SD	3.8	7.6	5.9	6.9	7.0	4.5	7.8	7.4	5.3	5.6

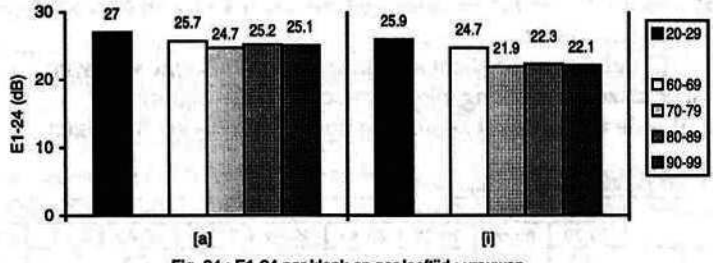


Fig. 24 : E1-24 per klank en per leeftijd : vrouwen

3 Onderzoek 3 : Perceptueel-akoestisch onderzoek

3.1 INLEIDING

In de onderzoeken 1 en 2 werd de oudere stem kwantitatief beschreven op basis van akoestische analyse. In een derde deel wilden we onderzoeken wat de relevantie is van de akoestische eigenschappen voor de auditieve perceptie van leeftijd. Eerst onderzochten we of het voor jonge vrouwelijke logopedisten mogelijk was paarsgewijs jonge van oude stemmen te onderscheiden, ook als de akoestische informatie van het klankaanbod werd beperkt tot stemparameters. Vervolgens werden de eensgezind juist beoordeelde stemstalen akoestisch geanalyseerd om na te gaan welke parameterverschillen tussen jonge en oude stemmen zouden kunnen een rol gespeeld hebben bij de juiste perceptie.

3.2 ONDERZOEKSVRAGEN

a. In welke mate kan men bij de perceptuele beoordeling van paarsgewijs aangeboden stemmen de volgorde van de leeftijdscategorie binnen het paar juist labelen als "jong-oud" of "oud-jong" voor mannen- en vrouwenstemmen afzonderlijk ?
b. In welke parameters en in welke mate verschillen eensgezind jong beoordeelde stemmen van eensgezind oud beoordeelde stemmen ?

3.3 METHODE

3.3.1 Proefgroepen

3.3.1.1 Beoordelaars

Er werd gekozen voor een geslachts- en leeftijdshomogene groep jongeren met normaal gehoor. Deze groep werd gevormd door zeven vrouwelijke studenten uit de eerste en de tweede licentie logopedie met als vooropleiding graduaat in de logopedie. Zij waren reeds gericht naar, maar nog niet intens professioneel getraind in de beoordeling van stemmen.

3.3.1.2 Sprekers

Voor mannen- en vrouwenstemmen afzonderlijk werden 20 digitaal geregistreerde stemmenparen samengesteld, bestaande uit 1 oude en 1 jonge stem, telkens voor 3 verschillende fonaties: de opsomming van de dagen van de week (automatische reeks), de aangehouden klank [a] en twee seconden geselecteerd uit de [a]-klank.

Dit laatste is een deel van de [a] waarvan het golftracé via visuele beoordeling als relatief stabiel werd beschouwd; de steminzet en -afloop mochten geen deel uit maken van deze twee seconden. Deze selectie wordt verder aangeduid met [a]^{c} (centraal deel van de [a]). Deze drie te beoordelen fonaties bevatten een verschillend aantal informatieve parameters op het vlak van linguïstiek, aërodynamiek, spraak en stem, samengevat in tabel 40.

Tabel 40 : informatieve parameters aanwezig in het aanbod van de drie stemstalen automatische reeks, [a] en [a]^{c}

Informatieve parameters	autom. reeks	[a]	[a]^{c}
Woordaccent	*		
Spreeksnelheid/ritme	*		
Articulatievaardigheid	*		
Dialectinvloeden	*	*^{1}	*^{1}
Pauzes (duur en frequentie)	*		
Intonatievariaties	*		
Inademing	*	*	
Bijademhalingen	*		
Ademspreiding	(1)	*	
Steminzet en -afloop	*	*	
Stemstabiliteit	*	*	*
Stemkwaliteit	*	*	*
Luidheid	*	*	*^{2}
Toonhoogte	*	*	*

(1) : elk woord binnen de automatische reeks begon met een consonant, waardoor men geen informatie verkreeg over de steminzet.
*^{1} : de dialectinvloed bij geïsoleerde klanken beperkt zich tot de wijze waarop de klank gevormd wordt (kelig, zeer open e.d.)
*^{2} : door het gelijkmaken van de stemintensiteit (werkwijze zie tekst) wordt hier enkel de stabiliteit van de luidheid beoordeeld en de luidheidsindruk gereflecteerd in de spectrumhelling, niet zozeer het luidheidsniveau.

De volgorde van de gebruikte stemstalen was willekeurig nl. de chronologisch eerste 20 geregistreerde jonge en oude mannen- en vrouwenstemmen uit het cross-sectioneel onderzoek. Indien de duur van de aangehouden klank [a] de 2 seconden niet bereikte, werd dit stemstaal niet gebruikt voor de samenstelling van de paren. In plaats daarvan, kwam het volgend geregistreerd stemstaal in aanmerking dat aan deze voorwaarde wel voldeed. Tabel 41 vermeldt per leeftijdsgroep en geslacht het gemiddelde en het bereik van de chronologische leeftijd.

Tabel 41 : gemiddelde en bereik van de chronologische leeftijd van de sprekers per geslacht en leeftijdsgroep.

	mannen		vrouwen	
	gemiddelde	bereik	gemiddelde	bereik
Jong	25;0	21;3-29;5	25;6	22;1-28;11
Oud	73;6	60;7-94;3	79;6	60;3-90;6

De volgorde binnen een stemmenpaar (jong-oud of oud-jong) was willekeurig: uit een lijst van 1000 random cijfers (zie bijlage 9) werden vier reeksen van twintig eindcijfers gekozen nl. reeks 1 en 2 voor de mannen-, reeks 3 en 4 voor de vrouwenstemmen. Eindcijfers 0, 1, 2, 3 en 4 werden gelijkgesteld aan 0. Dit betekende dat binnen het stemmenpaar eerst de jonge stem zou worden aangeboden. Eindcijfers 5, 6, 7, 8 en 9 werden gelijkgesteld aan 1. In dit geval werd binnen het paar de oude stem het eerst aangeboden. Mannen- en vrouwenstemmen werden afzonderlijk aangeboden om de bijkomende moeilijkheid van de geslachtsbeoordeling uit te schakelen.

Sessie 1: automatische reeks en [a]

De samenstelling van een stemmenpaar bleef gelijk voor de montage van deze twee uitingen. Per 5 stemmenparen werden deze twee uitingen afgewisseld (b.v. vrouwenstemmen: 5 paren [a], 5 paren de automatische reeks enz.) De volgorde van de stemmenparen binnen deze blokken van vijf gelijksoortige uitingen waren verschillend voor [a] en de automatische reeks. Tussen de paren werd een pauze ingelast van 6 seconden, de intraparenpauze bedroeg 4 seconden.

Sessie 2: [a]^{e}

Van dezelfde stemstalen, die gebruikt werden voor de eerste band, werd in dezelfde intraparenvolgorde jong-oud enkel de [a] verder gebruikt. Hieruit werden 2 stabiele seconden geknipt vanaf een nuldoorgang van de golfvorm tot een nuldoorgang 2 sec. verder. Steminzet en -afloop werden weggelaten.

Verder werden nog twee aanpassingen doorgevoerd:

* Indien door het wegknippen van de steminzet en/of -afloop 1 stem van een paar korter werd dan 2 seconden, werd de tweede stem binnen het paar naar duur aangepast. Dit gebeurde eveneens wanneer de golfvorm van één van beide aangehouden klanken [a] gedurende minder dan 2 seconden duidelijk kon onderscheiden worden.
* De intensiteit van alle stemmen werd opgetrokken tot de hoogste amplitudepieken een maximum van 32000 bereikten.

Door deze aanpassingen werd de beoordeling niet beïnvloed door de perceptuele aanpassing als gevolg van een klikgeluid en/of door de verschillende luidheid van de te vergelijken stemmen.

De stemmen binnen een paar werden gescheiden door 2 seconden pauze, de stemmenparen onderling door 4 seconden pauze.

3.3.2 Procedure

3.3.2.1 Gegevensverzameling

De beoordelaars zaten in een geluidsarme kamer in een halve cirkel, ieder op een gelijke afstand van een op tafelhoogte geplaatste luidspreker. Elk stemmenpaar werd éénmaal aangeboden. Om de 5 aanbiedingen werd het volgnummer gecontroleerd. De beoordelaars werd gevraagd op een scoreformulier (zie bijlage 11a en 11b) bij het overeenkomstig nummer van het beluisterd stemmenpaar aan te kruisen of men de volgorde binnen het stemmenpaar had waargenomen als jong-oud of als oud-jong. De deelnemers waren niet op de hoogte van het totaal aantal jong-oud en oud-jong volgorden.

Sessie 1: de automatische reeks en [a]
Na een oefensessie van 4x5 stemmenparen (2 willekeurige blokken aangehouden klank [a] en automatische reeks, telkens vrouwenstemmen) werden de mannenstemmen aangeboden. Het volledig onderzoek werd halfweg onderbroken voor een pauze van 10 minuten.
Negentien dagen later verliep de procedure gelijkaardig voor de beoordeling van de vrouwenstemmen, echter zonder voorafgaande oefensessie.

Sessie 2: [a]^{c}
Met vijf willekeurige stemmenparen werd geoefend om te wennen aan de korte weergaveduur van de stemstalen. De mannenstemmen werden het eerst aangeboden. Met een tussenpauze van 10 minuten volgden alle vrouwenstemmen. Dit alles ging door anderhalve maand na de beoordeling van de vrouwenstemmen van sessie 1.

3.3.2.2 Metingen van de OAP

De stemstalen van [a]^{c} werden met behulp van het CSL-programma geanalyseerd op de volgende akoestische parameters: fundamentele frequentie (F_0 in Hz), variabiliteit van de fundamentele frequentie uitgedrukt door de standaarddeviatie (var in Hz), microperturbatie op het vlak van de frequentie (jitter in Hz) en van de amplitude (shimmer in dB), de signaal-ruisverhouding (H/N-ratio in dB), het amplitudeverschil tussen de eerste en tweede harmonische ($A(H_1-H_2)$ in dB), de energieverdeling over het spectrum uitgedrukt in het verschil in de gemiddelde energie van de frequentiezone beneden 1 kHz en 2-4 kHz (E1-24 in dB) en beneden 1 kHz en 4-5 kHz (E1-45 in dB). Voor een grondiger specificatie van de parameters en de berekeningswijze ervan verwijzen we naar het cross-sectioneel onderzoek en bijlage 4.

Omdat de stemperceptie ook bepaald wordt door resonantie-eigenschappen van de waargenomen klanken, werden eveneens de plaats op de frequentieschaal van de eerste en de tweede formant bepaald (F_1 en F_2 in Hz). De waarden werden berekend aan de hand van de LPC-procedure van CSL (voor ingestelde opties zie bijlage 4). Van elk stemstaal werden op drie plaatsen van [a]^c deze twee formanten bepaald: op 100 msec. van het begin, in het midden van de klank en op 100 msec. van het einde. Het gemiddelde van deze drie waarden vormde de verder gebruikte formantwaarde.

3.3.2.3 Apparatuur

De gemonteerde stemmenparen waren in functie van onderzoek 1 geregistreerd met de apparatuur zoals besproken in punt 1.3.2.3.
De stemstalen [a]^c werden geknipt met het programma CSRE[28] (Computerized Speech Research Environment, versie 4.5), ingesteld op de volgende waarden:

sampling frequentie :	44091 samples/sec.
frame size :	512 punten
max. amplitude :	32000
pan setup :	20000

binary 16 bit mono
Bijlage 10 geeft een overzicht van de leeftijdscategorie, de equalizefactor, het aantal samples en de duur per stem. Met behulp van de stem- en programmaspecifieke gegevens werden de aangepaste stalen weer op een digitale band gemonteerd via een DAT Sony 55ES.
De stemmenparen werden aangeboden via een luidspreker (Kenwood LS-34) die via een versterker (plaatselijk ontworpen) verbonden was met de Sony DAT57ES, bediend door de proefleider.

3.3.2.4 Statistische verwerking

De beslissing die de zeven beoordelaars namen om een stemmenpaar te beoordelen als jong-oud of oud-jong berust op de waargenomen verschillen tussen de twee stemmen. Daarom werden per parameter de verschillen berekend tussen de waarden voor de jonge en de oude stem binnen elk paar. Over de 13 paren bij de mannen en de 19 paren bij de vrouwen werd daarna, a.d.h.v. een tweezijdige gepaarde t-test, nagegaan of de verschillen tussen jong en oud per parameter significant waren.

3.4 RESULTATEN

3.4.1 Perceptuele beoordeling

Tabel 42 geeft een overzicht van het aantal en het percentage juist en verkeerd beoordeelde stemmenparen. Per geslacht en stemopdracht bekwamen we 140 oordelen (telkens 20 stemmenparen beoordeeld door 7 personen).

Tabel 42 : Aantal en percentage juist en verkeerd beoordeelde stemmenparen per geslacht en per aangeboden fonatie.

	mannen n=20		vrouwen n=20	
	juist	verkeerd	juist	verkeerd
autom. reeks	140 (100%)	0 (0%)	139 (99,3%)	1 (0,7%)
[a]	138 (98,6%)	2 (1,4%)	138 (98,6%)	2 (1,4%)
[a]^c	130 (92.9%)	10 (7,1%)	139 (99,3%)	1 (0,7%)

De **automatische reeks** werd steeds juist beoordeeld, behalve 1 stemmenpaar bij de vrouwen.

De vier fouten die werden gemaakt bij de parenbeoordeling van de **[a]** werden alle gemaakt door verschillende beoordelaars. Bij de mannenstemmen ging het 2 maal over een verschillend paar, bij de vrouwenstemmen over hetzelfde. Dit bestond uit een lage jonge en een hoge oude stem.

De beoordeling van **[a]^c** zorgde bij de mannenstemmen voor meer onjuiste oordelen dan bij de vrouwenstemmen (verhouding 10:1). Vijf beoordelaars maakten hierbij 1 tot 3 fouten(1x1, 3x2 en 1x3), doch geen enkel stemmenpaar werd in totaal meer dan 2 maal verkeerd beoordeeld.

De beoordelaars rapporteerden achteraf dat ze duidelijk meer hadden getwijfeld bij de mannen- dan bij de vrouwenstemmen. Verder was men ervan overtuigd dat men regelmatig dezelfde jonge vrouwenstemmen had gehoord, terwijl dit bij de oude vrouwenstemmen duidelijk niet het geval was. De paren met de verkorte duur (< 2 sec.) boden geen extra probleem. Bij de analyse bleek inderdaad dat geen enkel paar dat in duur verkort was verkeerd werd beoordeeld.

Enkel de stemmenparen die in het perceptieonderzoek door de zeven beoordelaars eensgezind juist werden beoordeeld voor [a]^c, werden onderworpen aan een akoestische analyse. Bij de mannenstemmen ging het om 13, bij de vrouwenstemmen om 19 van de 20 aangeboden paren.

3.4.2 Akoestische analyse

De jonge en oude, vrouwen- en mannenstemmen vertoonden groepsgemiddelden en standaardafwijkingen voor de geanalyseerde parameters, zoals samengevat in tabel 43.

Tabel 43 : groepsgemiddelden en standaardafwijkingen van de parameterwaarden per geslacht en leeftijdsgroep als resultaat van de akoestische analyse van [a]^{c}

		mannen n=13		vrouwen n=19	
		jong	oud	jong	oud
F_0 [1]	$\bar{x}$	113	125	197	178
	SD	14.5	21.5	18.4	25.5
var [1]	$\bar{x}$	1.6	8.9	3.8	6.7
	SD	0.9	9.4	2.4	5.4
jitter [2]	$\bar{x}$	0.5	1.2	0.7	0.9
	SD	0.4	1.3	0.5	0.8
shimmer [3]	$\bar{x}$	0.3	0.6	0.4	0.5
	SD	0.1	0.4	0.1	0.2
H/N [3]	$\bar{x}$	14.2	7.1	12.9	8.0
	SD	4.0	6.3	2.8	7.3
$A(H_1\text{-}H_2)$ [3]	$\bar{x}$	6.8	5.2	9.5	5.0
	SD	5.7	5.7	4	5.2
E1-24 [3]	$\bar{x}$	28.1	30.2	26.4	23.8
	SD	3.8	4.7	3.9	5.3
E1-45 [3]	$\bar{x}$	39.4	39.1	34.3	33.5
	SD	7.3	4.4	7.4	4.3
F_1 [1]	$\bar{x}$	751	680	925	795
	SD	83.9	94.2	95.1	146.9
F_2 [1]	$\bar{x}$	1391	1206	1588	1400
	SD	85.2	102	90.2	194

[1] : uitgedrukt in Hz
[2] : uitgedrukt in %
[3] : uitgedrukt in dB

In tabel 44 zijn telkens voor mannen- en vrouwenstemmen het gemiddeld verschil tussen waarden van oude en jonge stemmen, de p-waarde en het significantieniveau opgenomen.

De oudere mannenstemmen vertonen sterk significante hoger shimmerwaarden, lagere H/N-ratio's en lagere F_2-frequenties. Iets minder significant is de stijging van F_0, de hogere variabiliteit en de grotere jitter.
Bij oudere vrouwen zijn bij vier parameters de verschillen sterk significant: bij hen vermindert de $A(H_1\text{-}H_2)$ en de H/N-ratio in waarde en is de frequentie van de eerste en de tweede formant lager dan bij de jonge vrouwen. De F_0 is bij de oudere vrouwen matig significant lager.

Tabel 44 : gemiddelde verschillen tussen de stemstalen van de oude en de jonge mannen- en vrouwenstemmen uit het perceptieonderzoek, p-waarden en significantieniveaus bekomen via een gepaarde t-test

	mannen n=13			vrouwen n=19		
	verschil	p-waarde	S	verschil	p-waarde	S
F_0 (1)	12.7	0.0296	*	-17.5	0.0142	*
var (1)	7.3	0.0141	*	2.9	0.0689	
jitter (2)	0.7	0.0419	*	0.1	0.6477	
shimmer (3)	0.3	0.0092	**	0.1	0.0742	
H/N (3)	-7.1	0.0016	**	-5.0	0.0100	**
$A(H_1-H_2)$ (3)	-1.6	0.3936		-4.4	0.0073	**
E1-24 (3)	2.1	0.5798		-2.6	0.0528	
E1-45 (3)	-0.7	0.2751		-0.8	0.6262	
F_1 (1)	-71.2	0.0773		-129.6	0.0065	**
F_2 (1)	-184.9	0.0003	***	-187.4	0.0002	***

(1) : uitgedrukt in Hz (2) : uitgedrukt in % (3) : uitgedrukt in dB

* : significantie op het 5% niveau

** : significantie op het 1% niveau

*** : significantie op het 0.1% niveau

Vooral de stabiliteit van de golfvorm (H/N ratio), de gemiddelde trillingsfrequentie van de stembanden (F_0) en de frequentie van de tweede formant (F_2) zijn zowel bij de juist gepercipieerde mannen- als vrouwenstemmen significant verschillend tussen oud en jong.

Naast de berekening van gemiddelden, standaarddeviaties en de significanties tussen de groepen, hebben we ook gekeken naar het aantal keren dat een parameter in een bepaalde richting evolueert van jong naar oud (stijging of daling). De resultaten zijn samengevat in tabel 45.

Bij elke parameter, ook bij deze die significant verschillen tussen jong en oud, zien we dat de waarde in een aantal gevallen in de andere richting evolueert dan de algemene trend. Dit betekent dat niet bij elk stemmenpaar dezelfde parameters in dezelfde graad hebben bijgedragen tot een juiste beoordeling.

Tabel 45 : aantal en, tussen haakjes, proportie, in %, negatieve en positieve verschillen in parameterwaarde tussen de jonge en de oude mannen- en vrouwenstemmen uit het perceptueel-akoestisch onderzoek

	mannen n=13		vrouwen n=19	
	-	+	-	+
F_0	3 (23)	10 (77)	13 (68)	6 (32
var	2 (15)	11 (85)	7 (37)	12 (63)
jitter	3 (23)	10 (77)	11 (58)	8 (42)
shimmer	1 (8)	12 (92)	6 (32)	13 (68)
H/N	11 (85)	2 (15)	15 (79)	4 (21)
$A(H_1-H_2)$	7 (54)	6 (46)	15 (79)	4 (21)
E1-24	5 (38)	8 (61)	12 (63)	7 (37)
E1-45	7 (54)	6 (46)	10 (53)	9 (47)
F_1	9 (69)	4 (31)	16 (84)	3 (16)
F_2	11 (85)	2 (15)	16 (84)	3 (16)

3.5 SAMENVATTING

Indien stemmenparen bestaande uit één jonge en één oude stem van hetzelfde geslacht worden aangeboden, dan is het voor een groep jonge vrouwelijke logopedisten mogelijk de volgorde jong/oud of oud/jong binnen het paar juist te beoordelen.
Dezelfde goede resultaten zijn mogelijk ook indien men de informatie binnen de stemstalen beperkt tot het midden van een aangehouden klinker. In dit geval bevat de gepercipieerde klank voldoende informatie voor een juiste perceptie in de categorievolgorde jong-oud of oud-jong.
De correct gecategoriseerde stemmenparen verschilden akoestisch voor mannen zowel als voor vrouwen in de fundamentele frequentie, de harmonics-to-noise ratio en de plaats van de tweede formant op de frequentieschaal. Wat de overige parameters betreft stellen we vast dat bij mannen en vrouwen niet steeds dezelfde parameters significanties opleveren en/of dat de significanties niet even sterk zijn. Daarnaast zien we dat bij elke parameter minstens enkele gevallen voorkomen waarbij de beoordeling toch juist was hoewel het verschil binnen het stemmenpaar tegengesteld was aan de algemene trend.

3.6 BESPREKING

De waargenomen verschillen in spreektoonhoogte, stabiliteitsindruk en resonantie bieden luisteraars belangrijke differentiële informatie voor de beoordeling van de leeftijdscategorie. De gemeten waarde van de overeenkomstige akoestische parameters kunnen de beslissing omtrent de beoordeling hebben beïnvloed. Doch deze parameters mogen enkel beschouwd worden als mogelijke kandidaten waarop een juist oordeel werd gebaseerd. Het feit dat significante verschillen werden vastgesteld bij deze parameters bewijst echter geenszins dat ze werkelijk een rol hebben gespeeld en evenmin in welke mate dit gebeurd is. Het is ook mogelijk dat andere parameters die wij niet onderzochten een beslissingswaarde hebben (bijvoorbeeld tremor, stembreuken) of dat bepaalde parameterclusters van doorslaggevend belang zijn voor de beoordeling. Indien aan de stemstalen spraak-, aërodynamische en/of linguïstische kenmerken worden toegevoegd, dan zal een juiste categorisering weerom in meer of minder mate op andere parameters berusten.
De reden waarom er meer problemen opdoken bij de beoordeling van [a]^{c} bij mannen- dan bij vrouwenstemmen, kan gezocht worden bij één of meer van de volgende factoren. De graad van vastgestelde significante verschillen is bij de vrouwenstemmen meestal sterker dan bij de mannenstemmen. Naast de gemeenschappelijke parameters die significant verschillen bij mannen en vrouwen, stellen we vast dat de overige significanties op een verschillend domein liggen: bij

de mannenstemmen eerder op het vlak van het trillingspatroon van de stembanden, bij de vrouwen eerder op het domein van de resonantie. Tenslotte is het leeftijdsverschil tussen de jonge en oude vrouwen iets groter dan tussen de jonge en oude mannen. Verder kunnen ook aspecten die moeilijk in één parameter gereflecteerd worden een rol spelen. Luisteraars kunnen bijvoorbeeld hun oordeel baseren op een perceptuele totaalindruk.

De luisteraars beschikten niet alleen over informatie in verband met stem- maar ook in verband met spraakkarakteristieken namelijk de formanten. De frequentieverlaging van de eerste twee formanten bij de oudere mannen en vrouwen ten opzichte van de jongeren, kan toegeschreven worden aan de verlenging van het aanzetstuk bij ouderen door de lagere positie van de larynx. Doch hier is ook een andere factor van belang: de jongeren spraken de [a] uit zoals dit in het algemeen Nederlands wordt verwacht, maar slechts weinig ouderen spreken die klank uit zonder dialectinvloed. Daar het voor de gebruikte stemstalen steeds gaat om mensen uit Oost- en West-Vlaanderen kan ook de dialectuitspraak de eerste twee formanten doen dalen door het gebruik van een kleine kaakhoek en weinig tongconstrictie.

Men kan zich de vraag stellen of de beoordeling moeilijker zou verlopen zonder deze spraakfactoren. Pas dan zou men de impact van de verschillende stemfactoren beter kunnen beoordelen. Een dergelijk opzet verliest echter het natuurlijk karakter van onderzoek met reële personen en begeeft zich dan eerder op het vlak van de experimenten met stemsynthese[98].

Een ander aspect vormt de beoordelingsopdracht. In ons onderzoek was deze zeer eenvoudig: kiezen tussen een waargenomen volgorde jong-oud of oud-jong. In vergelijking met een aantal onderzoeken in de literatuur waarbij stemmen moeten beoordeeld worden, stelt zich in ons onderzoek het probleem niet van de subjectieve interpretatie van de gebruikte termen. Er dient verder onderzocht te worden op welke parameters men zich baseert als de opdracht gedifferentieerder is (bijvoorbeeld categoriseren in leeftijdsdecades, schatten van de chronologische leeftijd). Wellicht krijgt dan ook de duur van de aangeboden stemstalen een differentiële waarde.

In dit derde deel van ons onderzoek werden stemstalen aangeboden die ook deel uitmaakten van een ruimer cross-sectioneel onderzoek gericht op de bepaling van OAP bij verschillende leeftijdsgroepen. Daardoor wordt onderlinge vergelijking van resultaten mogelijk. Hieruit blijkt dat bij de juiste perceptie van het onderscheid jong-oud parameters uit de drie deelgebieden van de OAP, zoals onderzocht in het cross-sectioneel onderzoek, belangrijk zijn: kenmerken van de fundamentele frequentie, van de stabiliteit en van het spectrum. Echter niet alle vastgestelde akoestische verschillen tussen jong en oud uit het cross-sectioneel onderzoek blijken belangrijk om perceptueel een juist onderscheid te kunnen maken. Zo verschillen b.v. jonge en oude vrouwenstemmen die juist werden

gepercipieerd niet wat betreft de variabiliteit van F0, terwijl dit wel een kenmerk is van het verschil tussen jonge en oude vrouwen in het cross-sectioneel onderzoek. Anderzijds vertonen juist gepercipieerde stemmenparen onderlinge akoestische verschillen die niet werden vastgesteld in het cross-sectioneel (b.v. verschillen in F0 bij vrouwen en in jitter en shimmer bij mannen).

3.7 BESLUIT

Jonge vrouwelijke logopedisten zijn in staat om, via perceptuele beoordeling, paarsgewijs aangeboden stemmen juist te categoriseren als "jong-oud" of "oud-jong". Dit is zowel mogelijk voor een automatische reeks, een aangehouden klank [a] als voor een selectie van 2 seconden uit deze aangehouden klank. Dit laatste betekent dat stemparameters voldoende informatie bevatten om tot een juist besluit te komen.
Akoestisch verschillen de juist beoordeelde jonge en oude stemmen onderling op het gebied van de fundamentele frequentie, de periodiciteit en de frequentie van de tweede formant. Verschillen bij de beoordeling van mannen- en vrouwenstemmen zouden kunnen gezocht worden bij de niet gemeenschappelijke significante parameterverschillen en bij de graad van significanties. Verder is het mogelijk dat de perceptie gebeurt op basis van parameterclusters en algemene subjectieve totaalindrukken van de stem.
Indien men de verschillen in akoestische eigenschappen van de juist beoordeelde stemmenparen vergelijkt met deze van het cross-sectioneel onderzoek, dan stellen we vast dat dezelfde deelgebieden van de OAP belangrijk zijn (kenmerken van de fundamentele frequentie, stabiliteit en spectrum) maar dat er verschuivingen optreden tussen de parameters binnen deze drie groepen en/of de graad van significante verschillen.

ALGEMEEN BESLUIT

De literatuurstudie in het eerste deel bood een uitgebreid beeld van de factoren die kunnen bijdragen aan stemveroudering. We stelden vast dat vooral de akoestische eigenschappen van anatomische en fysiologische wijzigingen van het stemapparaat beschreven zijn. Deze factoren hebben we besproken als "primaire oorzaken". Zogenaamde "beïnvloedende factoren", vooral gedrag en emotie, worden zelden beschreven in de literatuur over akoestische eigenschappen van de stemveroudering. Wel is de invloed van emotie en gedrag op de stem omschreven, hoewel hoofdzakelijk bij jongere personen. Deze aspecten zijn moeilijk te kwantificeren. Een uitbreiding met deze factoren biedt een bredere logopedische kijk op de verouderde stem en maakt een genuanceerde interpretatie van akoestische analyse mogelijk.
Perceptuele beoordelingen van oudere stemmen zijn in de literatuur het meest omschreven in termen van leeftijdsschattingen en perceptuele kenmerken. Hieruit blijkt dat zowel categorisering in leeftijdsgroepen als een meer nauwkeurige leeftijdsschatting mogelijk zijn. Tussen beoordelaars bestaat binnen eenzelfde onderzoek een consensus over de perceptuele kenmerken van stemveroudering. De methodologie van de onderzoeken verschilt te sterk om een eensluidend besluit te kunnen formuleren. Omdat het bij de meeste onderzoeken gaat om vergelijkende beoordelingen tussen leeftijdsgroepen, zeggen de resultaten enkel iets over stemverschillen tussen die leeftijden, niets over intra-individuele stemverandering. Dit geldt ook voor de onderzoeken rond de akoestische eigenschappen van de oudere stem. Hoewel de procedure van akoestische stemanalyse vaak sterk verschilt tussen onderzoeken, wijzen de resultaten in dezelfde richting wat betreft fundamentele frequentie en stabiliteit. De frequentie van de vrouwenstem blijft na de verlaging gedurende de menopauze nagenoeg stabiel terwijl de mannenstem verhoogt. De stabiliteit vermindert. De inter-individuele variabiliteit verhoogt. De VOT en vooral het spectrum werd bij normale ouderen nog onvoldoende onderzocht om algemene besluiten te kunnen formuleren.

De onderzoeksvragen die we ons stelden in deel twee hebben we proberen te beantwoorden aan de hand van drie deelonderzoeken: het eerste was gericht op de beschrijving van de akoestische parameters bij een **groot aantal mannen en vrouwen tussen 60 en 99 jaar** en op de vergelijking tussen de verschillende leeftijdsgroepen, dit alles binnen een **cross-sectioneel** onderzoeksontwerp. De resultaten bevestigen de literatuurgegevens en vullen die aan met gegevens voor de VOT en de spectrale helling. De fundamentele frequentie van mannen- en vrouwenstemmen convergeert, de variabiliteit van de fundamentele frequentie neemt toe, de stem wordt minder stabiel en de spectrumhelling tussen 0 en 5 kHz

vervlakt licht. Het amplitudeverschil tussen de eerste en de tweede harmonische vermindert sterk bij de aangehouden klank [a] van vrouwen. De VOT blijft relatief gelijk over de onderzochte leeftijdsgroepen. De grondtoonparameters van de luidop gelezen zin veranderen minder uitgesproken dan van de aangehouden klank.
In een tweede onderzoek kwam een **longitudinaal** aspect aan bod door bij een groep mannelijke radioreporters de akoestische stemeigenschappen te vergelijken met opnames die dertig jaar eerder werden gemaakt. De resultaten wijzen in de richting van een verlaagde fundamentele frequentie, een beperkter bereik, een verhoogde spectrumhelling vooral tussen de zones < 1 kHz en 2-4 kHz en een sterk toegenomen VOT. Deze verschillen kunnen waarschijnlijk vooreen groot deel toegeschreven worden aan specifiek emotionele en situationele eigenschappen van de proefgroep en de taakomschrijving.
Tenslotte werd een **verband** gezocht tussen juiste **perceptuele beoordelingen** van stemmenparen bestaande uit een oude en een jonge stem enerzijds en de **akoestische verschillen** binnen de stemmenparen anderzijds. Uit dit onderzoek blijkt dat de categorizering jong-oud/oud-jong mogelijk is op basis van auditieve perceptie van stalen waarvan de informatie zo sterk mogelijk beperkt werd tot stemparameters. Akoestisch verschillen deze juist beoordeelde oude en jonge stemmen onderling vooral qua fundamentele frequentie, H/N-ratio en F_2-frequentie.

Onze studie maakte het mogelijk de kennis over de akoestische eigenschappen van de oudere stem op verscheidene domeinen te verruimen en te verdiepen. Voor het eerst werd een cross-sectioneel onderzoek naar akoestische stemeigenschappen uitgevoerd met **Nederlandstalige Belgische** ouderen als proefpersonen. We kwamen tegemoet aan twee problemen die zich voordoen bij stemregistratie van ouderen binnen het labo of de medische setting nl. enerzijds de selectie op een bepaald kenmerk, bijvoorbeeld door gebruik te maken van zogenaamde "availibility samples", en/of soms zeer geringe steekproefgroottes. Dit deden we door de oudere personen individueel te gaan opzoeken in hun dagelijkse omgeving. Deze tijdsinvestering leverde ons een **grote proefgroep** op inclusief de hoogbejaarden. Hierdoor ook konden we een genuanceerd beeld verkrijgen: binnen de groep ouderen werd naar **leeftijd gedifferentieerd,** door de onderverdeling in leeftijdsdecaden, en dit voor **mannen en vrouwen** afzonderlijk. Een **digitale stemregistratie en -analyse** maakte het mogelijk maken zoveel mogelijk parameters in het onderzoek te betrekken. Deze moesten informatie bieden over dezelfde stemstalen zowel op het domein van **de fundamentele frequentie, de stabiliteit, de spectrumeigenschappen als de initiëring van de stem.**

Daarnaast werd in een **longitudinaal onderzoek** voor het eerst een aantal van diezelfde parameters onderzocht met hetzelfde registratie- en analysemateriaal, grotendeels dezelfde procedure en door dezelfde onderzoeker. Daardoor werd het mogelijk de resultaten te vergelijken met deze van het cross-sectioneel onderzoek. Tenslotte werden een deel van de stemmen uit het cross-sectioneel onderzoek gebruikt voor een **perceptuele beoordeling** om te onderzoeken welke akoestische eigenschappen relevant zijn voor de stemperceptie. Dit gebeurde door het resultaat van de beoordeling in verband te brengen met de akoestische eigenschappen van de beoordeelde stemmen. Daar de perceptie en de akoestische eigenschappen van stemmen aanvullende informatie bieden is het noodzakelijk dit verband te leggen voor een goed begrip van de oudere stem.
Het bekomen beeld van de oudere stem maakt het door de **veelzijdigheid** mogelijk onderzoeksresultaten juister te interpreteren. Bij elk onderzoeksontwerp en bij elke onderzoeksgroep moeten namelijk steeds andere aspecten in rekening worden gebracht om de bijdrage van het verouderingsproces binnen de vastgestelde verschillen of veranderingen te kunnen begrijpen. Door de **uitgebreidheid** van ons onderzoek kan men de resultaten gebruiken als een basis voor de bepaling van de normale waarden van de akoestische eigenschappen van de oudere stem. Vervolgonderzoek kan bestaan uit een prospectief cohort-sequentieel onderzoek waarbij zoveel mogelijk variabelen onder controle worden gehouden. Een genuanceerd en reëel beeld van de akoestische eigenschappen van de oudere stem zal ons dan toelaten tijdig te kunnen vaststellen of individuele stemmen al dan niet evolueren naar pathologie door een te snelle afwijking van de normale waarden. Daarenboven kan interdisciplinair onderzoek ertoe leiden dat de bijdrage van de beïnvloedende psychosociale factoren kunnen worden gescheiden van de effecten op de stem van het primair fysiologisch verouderingsproces. Deze nieuwe inzichten zullen het mogelijk maken mee te waken over het behoud van een goede levenskwaliteit als uiteindelijk doel van ons logopedisch onderzoekswerk.

EINDNOTEN

(1) **disability of beperking** is iedere vermindering of afwezigheid (ten gevolge van een stoornis) van de mogelijkheid tot een voor de mens normale activiteit zowel wat betreft de wijze als de reikwijdte van de uitvoering. **Handicap** is een nadelige positie van een persoon als gevolg van een stoornis of een beperking welke de normale rolvervulling van de betrokkene (gezien leeftijd, geslacht en sociaal-culturele achtergrond) begrenst of verhindert.[158]

(2) **symptomen van depressie**: gestoorde stemming als kernsymptoom, anhedonie (het niet langer plezier kunnen beleven aan zaken die men voorheen wel prettig vond), interesseverlies, zelfverwijt, schuld- en insufficiëntiegevoelens, vermindering van de eetlust, sterke vermoeidheid met gebrek aan energie, veranderd slaappatroon, obstipatie, verandering in de psychomotoriek (remming of agitatie), gevoelens van angst en paniek, verminderd concentratievermogen met twijfelzucht, gedachten aan de dood en suïcide.[71]

(3) **pulsregister**: fonatie waarin men temporele hiaten waarneemt; akoestisch worden energie "pakketjes" vastgesteld onder ongeveer 70 Hz, waarbij formantenergie uitsterft vooraleer een volgende glottispuls wordt opgewekt. Puls register of "pulsed phonation" wordt ook "vocal fry" genoemd, blijkbaar omwille van de gelijkenis met de spetterende geluiden die gemaakt worden door een hete bradende pan. De term "Strohbass" staat voor hetzelfde begrip, toegepast op het zingen.[193]

(4) **andere maten voor frequentieperturbatie: MPF** : magnitude perturbation factor als maat voor frequentieinstabiliteit is het percentage periodes die tenminste 0.5 ms verschillen met aangrensende periodes. Een normale waarde voor MPF is 15%. **DPF** : directional perturbation factor is het percentage van het totaal aantal verschillen in golfvormperiodes waarvoor het algebraïsch teken verandert (omslaan van toe- naar afname en omgekeerd). Beide maten worden slechts zelden gebruikt.[70]

(5) **formantverschuiving bij ouderen** naar de schwa door centralisering van de articulatie wordt nu eens bevestigd[163], dan weer tegengesproken[8]. Recent stelden Rastatter e.a.[164] dat vrouwen in lopende spraak de plaats van de formantfrequenties behouden in verschillende klinkers, maar dat mannen de [i] meer naar voor en de [æ] meer naar achter articuleren. Formantbepaling bij ouderen is nochtans moeilijk omdat ze overschaduwd worden door ruissignalen t.h.v. de larynx, door nasalering van klinkers en door onnauwkeurige articulatie van consonanten.

(6) **effect van nasaleren van klinkers op het spectrum**: een toegenomen bandbreedte van de formanten, vermindering van de overall energie van de klinker, de introductie van een laagfrequentie nasale formant met een centrale frequentie bij volwassen mannen van 250-500 Hz, een lichte frequentiestijging van F_1 en een lichte daling van F_2 en F_3 en de aanwezigheid van één of meer antiformanten (zeros) in het spectrum.[53]

(7) **waveform matching**: Titze en Liang[195] stellen dat deze vorm van F_0-extractie de enige is die aan het criterium van hoge precisie voldoet om een frequentieverandering van 1% te detecteren met een accuraatheid van 1% zolang de signaal-ruisverhouding groter is dan 40 dB en de amplitudemodulatie kleiner dan 5%. Dit geldt enkel voor frequentievariaties onder de 6% per cyclus.
F_0-extractiemethodes kunnen in twee grote categorieën worden onderverdeeld : de "event-detectie" methodes en de methodes die kenmerken over een korte tijd middelen binnen een bepaald venster waarin het signaal wordt begrensd tot enkele cycli. Zero-crossing (ZC) en peak-picking (PP) behoren tot de eerste vorm, waveform-matching (WM) tot de tweede vorm.
In de drie methodes worden eerste grover markeringen geplaatst tussen verschillende cycli. Bij de WM wordt vervolgens het absolute minimum (of bij een variante het punt van zero-crossing) bepaald tussen de eerste twee grove markeringen. Daarna wordt het tweede punt tussen de tweede

en derde markering zo bepaald dat de mean squared error tussen de twee aangrenzende golfvormen minimaal is. Deze procedure wordt herhaald tot alle cycli binnen het venster verwerkt zijn. Bij ZC en PP wordt slechts 1 punt per periode in de vergelijking betrokken nl. het punt van de nuldoorgang (bij ZC) of van de hoogste amplitudepiek (bij PP).

(8) De cepstrumanalyse en de autocorrelatie zijn twee methoden voor een nauwkeurige bepaling van de fundamentele frequentie.
cepstrum : op een stemsignaal wordt een Fourier transformatie (een log power spectrum) uitgevoerd waardoor men op de frequentie-as de harmonischen kan onderscheiden die op een afstand gelijk aan F_0 van elkaar liggen. Om deze afstand nauwkeurig te bepalen wordt op het resultaat van de eerste Fourier transformatie een tweede uitgevoerd. Het resultaat is het cepstrum. De uitgesproken piek ervan vertegenwoordigt de fundamentele frequentie die zich op een bepaalde quefrentie bevindt. Van deze tijdswaarde kan de fundamentele frequentie worden afgeleid.
autocorrelatie : een analyseprocedure waarbij een signaal wordt gecorreleerd met een in de tijd verschoven (time-shifted) versie van zichzelf. Als het signaal periodisch is, zal de autocorrelatiefunctie een piek vertonen op de tijd verschoven waarde die met de fundamentele periode overeenkomt. Is het signaal aperiodisch, dan zal de autocorrelatie functie geen opvallende pieken hebben bij enige waarde van de tijdsverschuiving. Autocorrelatie wordt soms gebruikt om de fundamentele frequentie van een spraaksignaal te bekomen.[105]

(9) Koufman en Isaacson[114] stelden een classificatiesysteem in vier niveaus die rekening houdt met het "stemgebruik" bij de beroepsuitoefening uitgedrukt in de mate waarin men verhindert wordt zijn taak uit te voeren bij verschillende graden van stemproblemen. **Niveau I: de "elite vocal performer"**: zelfs een zeer licht stemprobleem kan al ernstige gevolgen hebben voor de beroepsuitoefening. **Niveau II: de "professional voice user"**: een matig stemprobleem verhindert een efficiënte beroepsuitoefening. **Niveau III: de "nonvocal professional"**: de aanwezigheid van een ernstige dysfonie verhindert de persoon het werk goed te doen. **Niveau IV: de "nonvocal nonprofessional"**: de beroepsuitvoering wordt niet gestoord door stemproblemen.

Bijlagen

onderzoek 1

1 Bepaling van de types rust- en verzorgingstehuizen 132
2 Brief met verzoek tot medewerking (a), informatie rond het stemonderzoek (b) en antwoordformulier (c) gericht aan directies rusthuizen 133
3 Luidop gelezen tekst "Kapitein Markus" 136
4 Berekeningswijzen van de parameters en instellingen van CSL en MDVP 137
5 p-waarden na Multtest vergelijkingen J-O, JB-HB, DEC 141
6 Pearson correlatiecoëfficiënten en bijhorende p-waarden van de paarsgewijze samenhang tussen de OAP (6a) en spreidingsdiagrammen met bijhorende lineaire regressievergelijkingen (6b) als illustratie van enkele besluiten omtrent correlaties tussen OAP 143

onderzoek 2

7 Brief (7a) en antwoordformulier (7b) bij verzoek tot medewerking gericht aan 20 BRTN-reporters 153
8 Zinnen (a), klinkers (b) en CV-verbindingen (c) weerhouden voor akoestische analyse bij archief- en recente opnames 155

onderzoek 3

9 Methode voor bepaling van de volgorde jong-oud/oud-jong voor de stemmenparen 157
10 Procedure voor het knippen en de montage van [a]^{c} 158
11 Voorbeeld scoreformulier dagen van de week en aangehouden klank [a] (a) en [a]^{c} (b) 160

12 Lijst van de tabellen 162
13 Lijst van de figuren 163

Bijlage 1 : Bepaling van de types rust- en verzorgingstehuizen

De letters die de rust- en verzorgingstehuizen typeren staan voor de onafhankelijkheidsgraad van de bewoners.
Deze types zijn als volgt beschreven in het K.B van 03.07.1996, art. 150 (Z.I.V.):
categorie O: daarin zijn rechthebbenden gerangschikt die fysisch volledig onafhankelijk zijn en niet dement zijn.
categorie A: daarin zijn de rechthebbenden gerangschikt die:

* fysisch afhankelijk zijn : zij zijn afhankelijk om zich te wassen en/of te kleden;
* psychisch afhankelijk zijn : zij zijn gedesoriënteerd in tijd en ruimte, en zijn fysisch volledig onafhankelijk;

categorie B: daarin zijn de rechthebbende gerangschikt die :

* fysisch afhankelijk zijn: zij zijn afhankelijk om zich te wassen en te kleden, en zij zijn afhankelijk om zich te verplaatsen en/of naar het toilet te gaan;
* psychisch afhankelijk zijn: zij zijn gedesoriënteerd in tijd en ruimte, en zij zijn afhankelijk om zich te wassen en/of te kleden;

categorie C: daarin zijn de rechthebbenden gerangschikt die :

* fysisch afhankelijk zijn: zij zijn afhankelijk om zich te wassen en te kleden, en zij zijn afhankelijk om zich te verplaatsen en naar het toilet te gaan, en zij zijn afhankelijk wegens incontinentie en/of om te eten;
* psychisch afhankelijk zijn: zij zijn gedesoriënteerd in tijd en ruimte, en zij zijn afhankelijk om zich te wassen en te kleden, en zij zijn afhankelijk wegens incontinentie, en zij zijn afhankelijk om zich te verplaatsen en/of om naar het toilet te gaan, en/of om te eten.

Voor onderzoek 1 namen ouderen deel die verbleven in rusthuizen type O, A en B en niet psychisch afhankelijk waren. De onderzochte thuiswonenden moesten aan dezelfde voorwaarden voldoen.

Bijlage 2a: Brief met verzoek tot medewerking gericht aan directies rusthuizen.

Leuven, datum

Aan Mevrouw/de Heer,
Rusthuis " "
adres

Geachte Mevrouw/Heer ...,

De K.U.Leuven verricht onderzoek naar veranderingen van de stem bij het ouder worden. Daartoe onderzoeken we stemmen van verschillende leeftijdsgroepen.
Wij weten dat de grootste veranderingen in de menselijke stem zich voordoen vanaf ongeveer 60-jarige leeftijd. In verband hiermee zouden wij graag in de gelegenheid worden gesteld om van enkele personen die in Uw rusthuis verblijven de stem te onderzoeken.
De deelnemers moeten slechts enkele stukken tekst spreken die op een bandrecorder worden opgenomen. De duur van het onderzoek bedraagt maximaal 25 minuten per persoon.
In bijlage beschrijven we kort het verloop van het onderzoek en de voorwaarden tot deelname.
Het spreekt vanzelf dat de personen die meedoen in de verslaggeving anoniem zullen blijven.
Gaarne zouden wij van U willen vernemen of U ons medewerking wil verlenen.
Om het verder verloop van het onderzoek efficiënt te kunnen plannen, willen wij U vragen het bijgevoegd formulier te willen invullen en terug te sturen naar :

Wivine DECOSTER (lic. logopedie)
p.a. : Prof. Dr. F. Debruyne, NKO-arts
U.Z. St. Rafaël NKO
Kapucijnenvoer 33
3000 Leuven
tel. : 016 / 33 23 40

In de hoop op een positieve samenwerking danken wij U bij voorbaat,

met de beste groeten,

W. Decoster

Bijlage 2b : Informatie rond het stemonderzoek gericht aan directies rusthuizen.

Testomstandigheden.

De proefpersoon wordt individueel aan een tafel getest in een geluidsarme (stille) kamer zittend op een gewone stoel of bij eventuele mobiliteitsproblemen in de eigen rolstoel.

Testonderdelen.

De test is als volgt opgebouwd: na een korte kennismaking en een schets van wat op het "programma" staat , bestaat het verder verloop uit twee delen :

1. In een gesprek wordt grondig ingegaan op de aard van en de ervaringen rond het huidig en het vroeger stemgebruik (frequentie, duur, stemscholing, spreken en zingen, moeilijkheden enz.)

2. De stem wordt op een digitale audioband opgenomen a.d.h.v. enkele eenvoudige opdrachten (lezen van korte tekst, opsommen van reeksen, aanhouden van enkele klinkers e.d.)

Bijkomend kunnen ook enkele gegevens opgevraagd worden in verband met de lichamelijke conditie van de proefpersoon.

Profiel van de proefpersonen.

De personen die voor de test in aanmerking komen, moeten beantwoorden aan de volgende omschrijving :

* man of vrouw van minimum 60 jaar met een voorrang voor hoogbejaarden.
* het gehoor laat toe een normaal gesprek te kunnen volgen.
* de proefpersoon is in staat om gedurende max. 30' rechtop op een stoel te zitten.
* de proefpersoon kan, eventueel met leesbril, een korte, eenvoudige tekst lezen in een groot lettertype.
* het bevattingsvermogen van de proefpersoon is voldoende om enkele opdrachten te kunnen uitvoeren en om een informatief gesprek te voeren.

Bijlage 2c : Antwoordformulier gericht aan directies rusthuizen.

Mevrouw ....., directrice van
De Heer directeur
rusthuis ..... te .....

. geeft W.DECOSTER
O de toestemming O geen toestemming
contact op te nemen voor een praktische afspraak om ter plaatse een stemonderzoek te komen afnemen van enkele rusthuisbewoners.

Dit doet zij het best via :

Mevr./Dhr. : .....
straat : ..... nr. : .....
postcode : ..... gemeente : .....
tel. : ... / .. .. ..
en bij voorkeur op de volgende dagen en/of uren :
.....
.....
.....

. vraagt nog wat extra toelichting vooraleer een besluit te kunnen vormen omtrent mogelijke medewerking en verzoekt W.DECOSTER daarom nog even op te bellen naar :

Mevr. / Dhr. : .....
tel. : ... / .. .. ..
en bij voorkeur op de volgende dagen en/of uren :
.....
.....
.....

De onderzoekers verzekeren de volledige abstractie van de inhoud van de opnames en van de gesprekken alsook van de totale anonimiteit van de gegevens bij de verwerking, de besluitvorming en de latere publicatie van de onderzoeksgegevens.

datum : .....
handtekening :

Bijlage 3 : Luidop gelezen tekst "Kapitein Markus".

Kapitein Markus zit op dat terras.

De kapitein zit op het terras van het café "Het Witte Paard", achter een pint schuimend bier. Recht voor hem, aan de overzijde van de weg, buigt rijpend koren naar de grond. Het is een warme broeierige dag. In de namiddag zijn in de verte donderkoppen komen opzetten. Het onweer is losgebarsten, plots en hevig, maar na regen komt zonneschijn. Nu zijn de wolken weer verdwenen en is de lucht opnieuw blauw. Een blauw dat langzaam, bijna onmerkbaar, donkerder wordt. De zon hangt laag over de bossen in de verte. Het rode licht weerkaatst in de rivier. Samen met de zon glijdt de dag naar de avond toe.

De eerste zin werd gebruikt voor de analyse van de parameters rond de fundamentele frequentie op zinsniveau.

Bijlage 4 : Berekeningswijzen van de parameters en instellingen van CSL en MDVP

Berekeningswijzen van de parameters

1 Gemiddelde fundamentele frequentie (F_0)
Deze parameter wordt berekend op basis van de golfvorm over een tijdsspanne begrepen tussen de ingestelde begin- en eindpositie van de cursors.
De frequentiedetectie gebeurt m.b.v. de TABE methode (Threshold Analysis Basic Extractor). Eerst filtert een lineaire fase digitale laagdoorlaatfilter de gesamplede gegevens.
Het zero crossing TABE algoritme berekent uit deze gefilterde gegevens de periode voor iedere cyclus van de gegevens. De bekomen waarden worden in een interne tabel opgeslaan.
De gemiddelde F_0 wordt als volgt berekend :

$$F_{avg} = \frac{f_s N}{\sum_{i=1}^{N} x(i)}$$

waarbij F_{avg} = gemiddelde fundamentele frequentie (Hz)
f_s = sampling rate (samples/sec)
N = aantal periodes
$x(i)$ = aantalsamples per periode (uitgedrukt in gehele getallen)

2 Variabiliteit in F_0
Deze parameter wordt weergegeven door de standaarddeviatie van de gemiddelde fundamentele frequentie. De gemiddelde fundamentele frequentie is de som van alle gemeten waarden van de fundamentele frequentie gedeeld door het aantal metingen (zie hoger bij 1). De standaarddeviatie is de vierkantswortel uit de som van de gekwadrateerde verschillen tussen de observaties en het berekende gemiddelde, vermenigvuldigd met 1 op n-1:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum (x_i - x)^2}$$

3 Bereik
Het bereik wordt bekomen door de verschilberekening tussen de hoogst en de laagst gemeten F_0. Voor de klankanalyse in het CSL-programma wordt dit uitgedrukt in aantal Hz, voor de zinsanalyse in de MDVP-software wordt dit uitgedrukt in aantal halve tonen.

4 Boven- en ondergrens
De hoogst en de laagst gemeten F_0-waarde binnen een geanalyseerde klank of zin vormen de boven- en ondergrens.

5 Jitter
Op basis van de cijfertabel bekomen bij de meting van de fundamentele frequentie (zie punt 1) wordt de gemiddelde relatieve frequentieperturbatie gemeten aan de hand van de formule van Koike[108]:

$$R.A.P. = \frac{N\sum_{i=2}^{N-1}\left|x(i-1) - 2x(i) + x(i+1)\right|}{3(N-2)\sum_{i=1}^{N} x(i)}$$

waarbij *R.A.P.* = relative average perturbation (relatieve jitter)
x(i) = aantal samples per periode (uitgedrukt in gehele getallen)
N = aantal periodes

6 Shimmer
Cyclus gegevens worden gebruikt om het begin en het einde van de cycli in de stemgegevens af te lijnen. Een vaste vertraging werd ingebouwd om de stemvertraging te compenseren die veroorzaakt wordt door de 32 cm. afstand tussen glottis en microfoon (17 cm. ter hoogte van het aanzetstuk, 15 cm afstand tussen lippen en microfoon). Informatie over de cyclus grenzen wordt bekomen via zero crossing. De peakamplitude voor een gegeven cyclus is de helft van de peak to peak amplitude, die berekend wordt als het verschil tussen de meest positieve en meest negatieve pieken. De signaalverwerker voorziet in de vorm van een afleestabel in een logaritmische functie die vereist is voor shimmermetingen. De shimmerwaarde wordt berekend met de volgende formule:

$$Sh = \frac{9.1867e{-}5}{(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} \left| F(A(i)) - F(A(i+1)) \right|$$

waarbij *Sh* = shimmer (dB)

$$F(x) = 65536 \frac{\log(x)}{\log(2)}$$

A(i) = amplitude gegevens in gehele getallen
i = cyclus nummer

7 Harmonics-to-noise-ratio (H/N)
Uitgedrukt in de logaritmische schaal van decibels is de H/N-ratio de verhouding tussen het harmonisch en het ruisgedeelte van een zelfde stemhebbend spraaksegment. De H/N-waarde wordt berekend met de formule van Yomoto[208], in het CSL toegepast op 64 opeenvolgende cycli in plaats van op 50 zoals Yomoto oorspronkelijk deed. Een tweede punt waardoor de CSL-resultaten niet volledig vergelijkbaar zijn met deze bekomen met de formule van Yomoto is het feit dat bij de CSL-analyse het signaal geen pre-emphasis ondergaat en bij Yomoto wel.
Voorzichtigheid dient geboden bij de interpretatie van de H/N-ratio: als de jitter- en/of shimmerwaarde hoog is zal de H/N-ratio neigen naar een lagere waarde. Ook de stemintensiteit en de -frequentie zijn belangrijk zodat het moeilijk is individuen met elkaar te vergelijken.

$$H/N = \frac{\sum_{k=0}^{T} \left[f_A(k) \right]^2}{\sum_{i=1}^{N} \sum_{k=0}^{T_i} \left[nf_i(k) - f_A(k) \right]^2}$$

waarbij *H* = de totale harmonische inhoud
N = de totale ruis inhoud
i = cyclus nummer
f_A = gemiddelde harmonische golf
f_i = afzonderlijke periode van de fundamentele frequentie (opgedeelde golfvorm)
k = nummer van de harmonische

8 A(H1-H2)
Voor het amplitudeverschil tussen eerste en tweede harmonische wordt de amplitudepiek (uitgedrukt in dB) van de tweede harmonische afgetrokken van deze van de eerste harmonische. Deze waarden worden afgelezen van het FFT-beeld (Fast Fourier Transmission)

9 E1-24 en E1-45
Met een sampling rate van 10240 Hz werd een Fast Fourier analyse gemaakt van het signaal. Dit leverde N/2 punten in het frequentiedomein op, namelijk 512, en 1024 punten in het tijdsdomein. Met een frequentieresolutie van 10 Hz tussen 0 en 5120 Hz werden 512 waarden opgeslagen. Voor verscheidene frequentiezones tussen de grenzen 0, 0.5, 1, 2, 3, 4 en 5 kHz werd de gemiddelde energie berekend. De parameter E1-24 werd berekend als het verschil in de gemiddelde energie tussen de frequentiezone 2-4 kHz en 0-1 kHz, de parameter E1-45 werd berekend als het verschil in gemiddelde energie tussen de frequentiezone 4-5 kHz en 0-1 kHz. Bij de bepaling van de parameter werd een Blackman vensterfunctie gebruikt.

10Voice onset time (VOT)
Met behulp van een 300 Hz-breedband spectrumanalyse wordt het tijdsinterval gemeten tussen het begin van de articulatorische loslating van de ploffers [k] en [p] en het begin van de stemplooitrilling bij de [a]. Concreet wordt de afstand op de tijdsas gemeten tussen het begin van een onperiodische 'burst' na een stiltemoment waarbij de subglottische druk wordt opgebouwd en de eerste van een regelmatige reeks verticale lijnen die de opeenvolgende periodische stemplooibewegingen bij de klinkeruitspraak vertegenwoordigen.

11 F_1 en F_2
De LPC-methode (Linear Predictive Coding) genereert de waarden van de formanten op één bepaalde cursorpositie in het signaal. Omwille van de beperkte representativiteit van 1 waarde voor het hele geselecteerde spraaksignaal wordt de frequentie van F_1 en F_2 bepaald op drie plaatsen : 10 msec. na het begin van het signaal, in het midden en 10 msec. voor het einde van het signaal. De F_1- en F_2-waarden zijn het gemiddelde van de drie meetwaarden.

Instellingen van CSL en MDVP
Instellingen voor de formantextractie gebruik makend van LPC (Linear Predictive Coding) :

SET LPC.LENGTH	20
SET LPC.ORDER	12
SET LPC.PREEMPH	0.900 ON
SET LPC.WINDOW	ON
SET LPC.TYPE	AUTOCORRELATION
SET LPC.FREQUENCY	0 0

Instellingen voor de FFT-analyse (Fast Fourier Transform)

SET FFT.LENGTH	512
SET FFT.PREEMPH	0.900 OFF
SET FFT.DISPLAY	0 70
SET FFT.WINDOW	BLACKMAN
SET FFT.SMOOTHING	NONE
SET FFT.FREQUENCY	0 0

Instellingen voor de Voicing Analysis

SET VX.FRAMING	SIGNAL
SET VX.TOLERANCE	1
SET VX.OFFSET	12

Instellingen voor de Pitch Analysis

	F_0 100-200 Hz	F_0 70-140 Hz
SET PITCH.CLIPPING	15	15
SET PITCH.CUTOFF	25	25
SET PITCH.LENGTH	20	25
SET PITCH.ADVANCE	20	25
SET PITCH.RANGE	70 225	60-120
SET PITCH.DISPLAY	50 250	40-120
SET PITCH.PEAK	100	100
SET PITCH.PLOT	LINE	LINE

Bijlage 5 : p-waarden na Multtest vergelijkingen J-O, JB-HB, DEC

mannen klank [a]

	jong-oud	JB-HB	decadevergelijking					
	N 30-100	N 60-40	60 vs. 70	60 vs. 80	60 vs. 90	70 vs. 80	70 vs. 90	80 vs. 90
grondtoon								
F_0	***0.0001***	***0.0130***	0.8960	0.1160	***0.0450***	0.5030	0.1930	0.8110
variabiliteit	***0.0060***	0.2030	0.1910	***0.0010***	0.7110	0.3280	1.0000	0.5330
bereik	***0.0001***	***0.0130***	0.5850	***0.0001***	0.2020	0.0940	0.7900	0.9620
Fhi	***0.0001***	***0.0001***	0.9650	***0.0010***	***0.0500***	***0.0130***	0.1350	1.0000
Flo	0.6050	0.9580	0.7240	0.9550	0.9890	0.9820	0.6690	0.8830
stabiliteit								
jitter	0.0880	0.9450	0.6260	0.2080	0.9910	0.9500	0.9850	0.7980
shimmer	0.0570	0.9990	1.0000	0.5330	0.9110	0.3640	0.9540	0.2730
H/N-ratio	***0.0001***	0.0630	1.0000	***0.0180***	0.7840	***0.0240***	0.8250	0.7740
spectrum								
A(H1-H2)	1.0000	0.4420	0.7730	0.6380	1.0000	0.0880	0.8070	0.9500
E1-24	0.7450	0.9100	0.9990	0.8840	0.9740	0.9490	0.9940	1.0000
E1-45	0.4490	0.6500	0.7240	0.3640	0.7120	0.9710	0.9950	1.0000

mannen klank [i]

	jong-oud	JB-HB	decadevergelijking					
	N 30-100	60-40	60 vs. 70	60 vs. 80	60 vs. 90	70 vs. 80	70 vs. 90	80 vs. 90
grondtoon								
F_0	***0.0001***	***0.0001***	0.6560	***0.0340***	***0.0030***	0.4540	***0.0200***	0.2500
variabiliteit	***0.0170***	***0.0500***	0.9420	0.2140	0.6550	***0.0360***	0.2910	1.0000
bereik	***0.0240***	***0.0330***	0.0389	0.6230	0.6700	***0.0170***	0.0600	0.9980
Fhi	***0.0001***	***0.0001***	0.9970	***0.0340***	***0.0030***	0.0870	***0.0040***	0.2800
Flo	***0.0050***	0.0590	0.2530	0.2680	***0.0100***	1.0000	0.2760	0.2670
stabiliteit								
jitter	0.1850	0.8110	0.2150	0.9970	0.9970	0.0950	0.8310	0.9640
shimmer	0.1010	0.9510	0.6180	0.9980	0.9980	0.3960	0.9550	0.9810
H/N-ratio	***0.0001***	0.8480	0.9990	0.9320	0.9040	0.9790	0.9550	0.9990
spectrum								
A(H1-H2)	1.0000	0.6550	0.9310	0.9720	0.9570	0.6360	0.7370	1.0000
E1-24	0.4460	0.2280	0.9840	0.2940	0.9190	0.1080	0.7630	0.9760
E1-45	***0.0100***	0.3470	0.8100	***0.0390***	0.8640	0.3460	1.0000	0.7860

vrouwen klank [a]

	jong-oud	JB-HB	decadevergelijking					
	N 30-105	N 60-45	60 vs. 70	60 vs. 80	60 vs. 90	70 vs. 80	70 vs. 90	80 vs. 90
grondtoon								
F_0	0.2100	0.9080	0.9950	0.9990	0.7380	0.9990	0.8750	0.8240
variabiliteit	***0.0020***	***0.0001***	0.9960	***0.0460***	***0.0001***	0.1320	***0.0001***	0.0770
bereik	***0.0030***	***0.0050***	0.9600	0.0650	***0.0270***	0.2920	0.1160	0.9400
Fhi	0.9910	0.5620	0.9160	0.5370	0.6280	0.9630	0.9630	1.0000
Flo	***0.0001***	***0.0240***	1.0000	0.3190	0.1140	0.3570	0.1330	0.8980
stabiliteit								
jitter	0.0860	***0.0450***	0.9970	1.0000	***0.0240***	0.9840	***0.0120***	***0.0330***
shimmer	0.3480	***0.0001***	0.9010	***0.0090***	***0.0001***	0.1150	***0.0010***	0.4030
H/N-ratio	***0.0030***	***0.0120***	0.8720	0.2060	***0.0120***	0.7710	0.0740	0.4370
spectrum								
A(H1-H2)	***0.0001***	0.7660	0.9990	0.9330	0.7740	0.9960	0.9270	0.9960
E1-24	0.6000	1.0000	0.9590	0.9970	0.9970	0.9970	0.9990	1.000
E1-45	0.8350	1.0000	0.7290	0.8610	0.9880	0.9990	0.9800	0.9960

vrouwen klank [i]

	jong-oud	JB-HB	decadevergelijking					
	N 30-105	N 60-45	60 vs. 70	60 vs. 80	60 vs. 90	70 vs. 80	70 vs. 90	80 vs. 90
grondtoon								
F_0	0.9920	***0.0270***	0.8890	0.5470	***0.0080***	0.9690	0.0660	0.2130
variabiliteit	***0.0001***	***0.0360***	0.8580	0.4470	***0.0140***	0.9820	0.1280	0.3270
bereik	***0.0001***	0.3390	0.9980	0.9700	0.2130	0.9960	0.3190	0.5100
Fhi	0.5410	0.3510	0.6980	0.4270	0.2770	0.9870	0.8260	0.9720
Flo	0.0720	1.0000	0.7470	0.6450	1.0000	1.0000	0.9480	0.8990
stabiliteit								
jitter	0.2340	1.0000	0.3110	0.9230	1.0000	0.9140	0.7740	0.9970
shimmer	0.1020	0.0860	0.9800	0.2810	0.1750	0.7210	0.4680	0.9900
H/N-ratio	***0.0001***	0.7390	0.3900	0.9090	0.1660	0.9310	0.9330	0.5240
spectrum								
A(H1-H2)	0.0600	0.9880	1.0000	1.0000	0.9730	1.0000	0.9650	0.9660
E1-24	0.1150	0.8780	0.3690	0.5380	0.6480	1.0000	1.0000	1.0000
E1-45	***0.0390***	0.6960	***0.0260***	0.1330	0.2140	0.9820	0.9990	1.0000

mannen : initiëring van de stem : VOT

	jong-oud	JB-HB	decadevergelijking					
	N 30-100	N 60-40	60 vs. 70	60 vs. 80	60 vs. 90	70 vs. 80	70 vs. 90	80 vs. 90
[pa]	0.1230	0.6000	0.6920	0.5900	0.9990	***0.0460***	0.9540	0.7440
[ka]	1.0000	0.9840	1.000	0.9990	0.9650	0.9990	0.9650	0.9870

vrouwen : initiëring van de stem : VOT

	jong-oud	JB-HB	decadevergelijking					
	N 30-105	N 60-45	60 vs. 70	60 vs. 80	60 vs. 90	70 vs. 80	70 vs. 90	80 vs. 90
[pa]	0.7840	0.0630	0.1080	0.2240	***0.0040***	0.9990	0.3440	0.2230
[ka]	0.9520	0.4500	0.8820	0.1230	0.8660	0.5540	0.9970	0.9090

mannen : zin

	jong-oud	JB-HB	decadevergelijking					
	N 30-100	N 60-40	60 vs. 70	60 vs. 80	60 vs. 90	70 vs. 80	70 vs. 90	80 vs. 90
grondtoon								
F_0	***0.0010***	0.2860	0.8740	0.6570	0.2420	0.9930	0.6060	0.7900
variabiliteit	***0.0260***	0.9990	1.0000	0.9830	1.0000	0.9780	1.0000	0.9920
bereik	***0.0001***	0.4020	1.0000	0.9980	0.3500	0.9920	0.2970	0.4330
Fhi	***0.0100***	0.1040	1.0000	0.9960	***0.0440***	1.0000	0.0510	0.0810
Flo	0.9990	0.4360	0.9870	0.8610	0.4160	0.9910	0.6420	0.8610

vrouwen : zin

	jong-oud	JB-HB	decadevergelijking					
	N 30-105	N 60-45	60 vs. 70	60 vs. 80	60 vs. 90	70 vs. 80	70 vs. 90	80 vs. 90
grondtoon								
F_0	0.9430	0.4850	0.8290	0.3460	0.5820	0.9330	0.9720	1.0000
variabiliteit	***0.0070***	0.2690	0.9650	0.8780	0.6180	0.5470	0.3550	0.9610
bereik	***0.0001***	0.1380	0.9950	0.1310	0.6410	0.2630	0.7940	0.9870
Fhi	1.0000	0.0710	0.9990	***0.0140***	0.8210	***0.0280***	0.9240	0.5200
Flo	***0.0001***	0.9920	1.0000	1.0000	0.9850	1.0000	0.9770	0.9940

Pearson correlatiecoëfficiënten en bijhorende p-waarden voor paarsgewijze parametersamenhang : klank [a] mannen

	F_0	var	bereik	Fhi	Flo	jitter	shimmer	H/N-ratio	A(H1-H2)	E1-24	E1-45
F_0	1.00000 0.0	0.19530 0.0515	***0.28431*** ***0.0041***	***0.76941*** ***0.0001***	***0.57467*** ***0.0001***	0.11646 0.2485	0.01663 0.8696	-0.02493 0.8055	***0.35384*** ***0.0003***	0.03781 0.7088	-0.00231 0.9818
var	-	1.00000 0.0	***0.88227*** ***0.0001***	***0.61906*** ***0.0001***	***-0.48241*** ***0.0001***	***0.52041*** ***0.0001***	***0.47674*** ***0.0001***	***-0.62533*** ***0.0001***	-0.02480 0.8065	***-0.27611*** ***0.0054***	-0.09606 0.3418
bereik	-	-	1.00000 0.0	***0.73739*** ***0.0001***	***-0.50109*** ***0.0001***	***0.38460*** ***0.0001***	***0.44940*** ***0.0001***	***-0.64646*** ***0.0001***	0.05271 0.6025	***-0.28278*** ***0.0044***	-0.16878 0.0932
Fhi	-	-	-	1.00000 0.0	***0.21504*** ***0.0317***	***0.31313*** ***0.0015***	***0.29814*** ***0.0026***	***-0.38580*** ***0.0001***	***0.23113*** ***0.0207***	-0.10467 0.3000	-0.07273 0.4721
Flo	-	-	-	-	1.00000 0.0	-0.15505 0.1235	***-0.26786*** ***0.0071***	***0.44054*** ***0.0001***	***0.22004*** ***0.0278***	***0.27478*** ***0.0057***	0.15102 0.1337
jitter	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.65197*** ***0.0001***	***-0.46459*** ***0.0001***	0.09273 0.3588	-0.06676 0.5093	0.09316 0.3566
shimmer	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***-0.33034*** ***0.0008***	0.12260 0.2243	-0.12689 0.2084	-0.01734 0.8641
H/N-ratio	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	0.06037 0.5508	***0.29324*** ***0.0031***	0.07750 0.4434
A(H1-H2)	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.31210*** ***0.0119***	***0.25070*** ***0.0119***
E1-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.48922*** ***0.0001***
E1-45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0

Bijlage 6a: Pearson correlatiecoëfficiënten en bijhorende p-waarden van de paarsgewijze samenhang tussen de OAP (vervolg).

Pearson correlatiecoëfficiënten en bijhorende p-waarden voor paarsgewijze parametersamenhang : klank [a] vrouwen

	F_0	var	bereik	Fhi	Flo	jitter	shimmer	H/N-ratio	A(H1-H2)	E1-24	E1-45
F_0	1.00000 0.0	***0.07338*** ***0.4569***	***0.19804*** ***0.0429***	***0.75832*** ***0.0001***	***0.39052*** ***0.0001***	0.01628 0.8691	-0.02688 0.7855	0.08639 0.3809	0.12936 0.1884	-0.05384 0.5854	-0.05872 0.5519
var	-	1.00000 0.0	***0.79258*** ***0.0001***	***0.38840*** ***0.0001***	***-0.68618*** ***0.0001***	***0.63655*** ***0.0001***	***0.6335*** ***0.0001***	***-0.67514*** ***0.0001***	-0.07911 0.4225	***-0.24944*** ***0.0103***	-0.13052 0.1845
bereik	-	-	1.00000 0.0	***0.62696*** ***0.0001***	***-0.74931*** ***0.0001***	***0.34133*** ***0.0004***	***0.43813*** ***0.0001***	***-0.68634*** ***0.0001***	-0.05466 0.5797	***-0.32330*** ***0.0008***	***-0.19427*** ***0.0471***
Fhi	-	-	-	1.00000 0.0	0.04604 0.6410	0.16902 0.0848	0.14504 0.1399	***-0.26888*** ***0.0055***	0.10317 0.2950	***-0.19752*** ***0.0434***	-0.08674 0.3790
Flo	-	-	-	-	1.00000 0.0	***-0.29409*** ***0.0023***	***-0.43798*** ***0.0001***	***0.6517*** ***0.0001***	0.15639 0.1111	***0.24537*** ***0.0116***	0.17394 0.0760
jitter	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.63655*** ***0.0001***	***-0.52942*** ***0.0001***	0.03817 0.6991	-0.10023 0.3090	0.00502 0.9595
shimmer	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***-0.51821*** ***0.0001***	-0.05873 0.5518	-0.18514 0.0587	-0.16972 0.0835
H/N-ratio	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	-0.00196 0.9842	***0.23551*** ***0.0156***	***0.19514*** ***0.0461***
A(H1-H2)	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.24079*** ***0.0178***	***0.23093*** ***0.0178***
E1-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.66761*** ***0.0001***
E1-45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0

Pearson correlatiecoëfficiënten en bijhorende p-waarden voor paarsgewijze parametersamenhang : klank [i] mannen

	F_0	var	bereik	Fhi	Flo	jitter	shimmer	H/N-ratio	A(H1-H2)	E1-24	E1-45
F_0	1.00000 0.0	***0.32176*** ***0.0012***	***0.33453*** ***0.0001***	***0.91706*** ***0.0001***	***0.81752*** ***0.0001***	0.19292 0.0557	0.10491 0.3014	0.10931 0.2814	***0.62598*** ***0.0001***	-0.04208 0.6792	-0.05732 0.5731
var	-	1.00000 0.0	***0.89032*** ***0.0001***	***0.55303*** ***0.0001***	-0.12994 0.1999	***0.56294*** ***0.0001***	***0.68477*** ***0.0001***	***-0.48393*** ***0.0001***	0.11036 0.2768	-0.09749 0.3370	0.06903 0.4972
bereik	-	-	1.00000 0.0	***0.59321*** ***0.0001***	-0.18050 0.0738	***0.42955*** ***0.0001***	***0.55237*** ***0.0001***	***-0.46659*** ***0.0001***	0.10494 0.3013	-0.13889 0.1704	-0.00493 0.9614
Fhi	-	-	-	1.00000 0.0	***0.68472*** ***0.0001***	***0.27153*** ***0.0066***	***0.22456*** ***0.0254***	-0.05005 0.6227	***0.57883*** ***0.0001***	-0.05125 0.6144	-0.03922 0.6999
Flo	-	-	-	-	1.00000 0.0	-0.05755 0.5715	***-0.22526*** ***0.0250***	***0.36030*** ***0.0002***	***0.61264*** ***0.0001***	0.06303 0.5353	-0.04346 0.6693
jitter	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.85197*** ***0.0001***	***-0.39723*** ***0.0001***	0.03142 0.1947	-0.06631 0.5143	0.09062 0.3724
shimmer	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***-0.52255*** ***0.0001***	0.04825 0.6353	-0.12806 0.5141	0.06635 0.5141
H/N-ratio	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	0.16584 0.1009	***0.51106*** ***0.0001***	0.10191 0.3155
A(H1-H2)	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	0.05932 0.5577	-0.01659 0.8698
E1-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.48786*** ***0.0001***
E1-45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0

Pearson correlatiecoëfficiënten en bijhorende p-waarden voor paarsgewijze parametersamenhang : klank [i] vrouwen

	F_0	var	bereik	Fhi	Flo	jitter	shimmer	H/N-ratio	A(H1-H2)	E1-24	E1-45
F_0	1.00000 0.0	***0.40378*** ***0.0001***	***0.79665*** ***0.0001***	***0.79665*** ***0.0001***	***0.53853*** ***0.0001***	0.03620 0.7153	0.18217 0.0642	0.07870 0.4271	***0.63104*** ***0.0001***	0.05828 0.5568	-0.00968 0.9223
var	-	1.00000 0.0	***0.88361*** ***0.0001***	***0.54987*** ***0.0001***	***-0.28824*** ***0.0030***	***0.32109*** ***0.0009***	***0.68095*** ***0.0001***	***-0.42066*** ***0.0001***	0.00359 0.9711	-0.09684 0.3281	-0.01706 0.8636
bereik	-	-	1.00000 0.0	***0.57625*** ***0.0001***	***-0.37836*** ***0.0001***	***0.25443*** ***0.0092***	***0.51190*** ***0.0001***	***-0.54546*** ***0.0001***	-0.07102 0.4737	***-0.23578*** ***0.0160***	-0.08169 0.4097
Fhi	-	-	-	1.00000 0.0	***0.53849*** ***0.0001***	0.17393 0.0774	***0.19497*** ***0.0473***	-0.14021 0.1557	***0.33960*** ***0.0004***	-0.15808 0.1090	-0.15226 0.1228
Flo	-	-	-	-	1.00000 0.0	-0.06533 0.5100	***-0.30696*** ***0.0015***	***0.40358*** ***0.0001***	***0.45787*** ***0.0001***	0.06404 0.5183	-0.08823 0.3731
jitter	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.49571*** ***0.0001***	***-0.27991*** ***0.0040***	-0.05023 0.6126	-0.13464 0.1730	-0.17438 0.0767
shimmer	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***-0.26319*** ***0.0069***	-0.15141 0.1250	-0.07619 0.4421	-0.04289 0.6656
H/N-ratio	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.30322*** ***0.0018***	***0.54793*** ***0.0001***	***0.37663*** ***0.0001***
A(H1-H2)	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.30158*** ***0.0019***	0.11732 0.2356
E1-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0	***0.65601*** ***0.0001***
E1-45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00000 0.0

Bijlage 6a: Pearson correlatiecoëfficiënten en bijhorende p-waarden van de paarsgewijze samenhang tussen de OAP (vervolg).

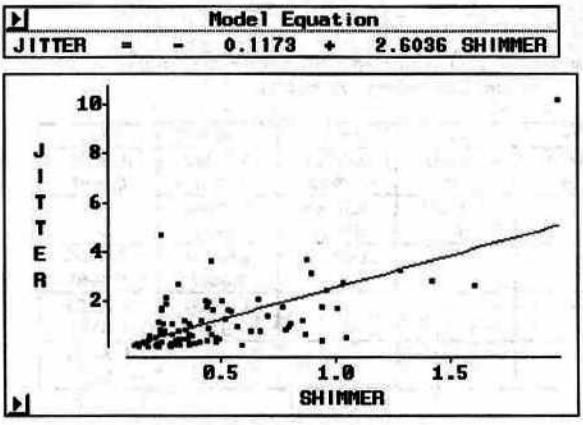
Pearson correlatiecoëfficiënten en bijhorende p-waarden voor paarsgewijze parametersamenhang : zin mannen

	F_0	var	bereik	Fhi	Flo
F_0	1.00000 0.0	***0.60859*** ***0.0001***	***0.41925*** ***0.0001***	***0.62362*** ***0.0001***	***0.66342*** ***0.0001***
Var	-	1.00000 0.0	***0.81969*** ***0.0001***	***0.75892*** ***0.0001***	-0.08470 0.4045
Bereik	-	-	1.00000 0.0	***0.90270*** ***0.0001***	-0.18687 0.0640
Fhi	-	-	-	1.00000 0.0	0.19173 0.0573
Flo	-	-	-	-	1.00000 0.0

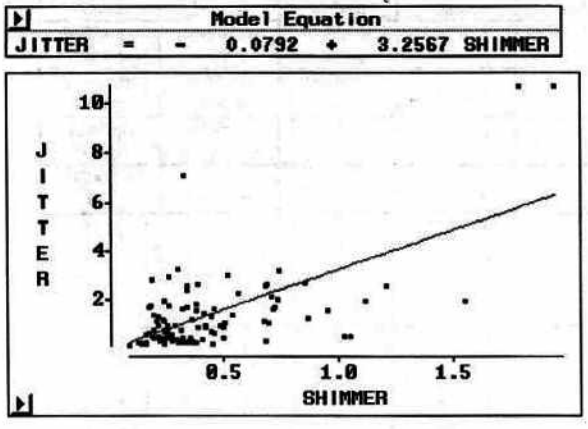
Pearson correlatiecoëfficiënten en bijhorende p-waarden voor paarsgewijze parametersamenhang : zin vrouwen

	F_0	var	Bereik	Fhi	Flo
F_0	1.00000 0.0	***0.52558*** ***0.0001***	***0.27377*** ***0.0054***	***0.59201*** ***0.0001***	***0.37317*** ***0.0001***
Var	-	1.00000 0.0	***0.75562*** ***0.0001***	***0.54296*** ***0.0001***	***-0.43066*** ***0.0001***
Bereik	-	-	1.00000 0.0	***0.72436*** ***0.0001***	***-0.62120*** ***0.0001***
Fhi	-	-	-	1.00000 0.0	0.05621 0.5747
Flo	-	-	-	-	1.00000 0.0

Bijlage 6b: Spreidingsdiagrammen en lineaire regressievergelijkingen ter illustratie van de besluiten omtrent de paarsgewijze samenhang van de OAP.



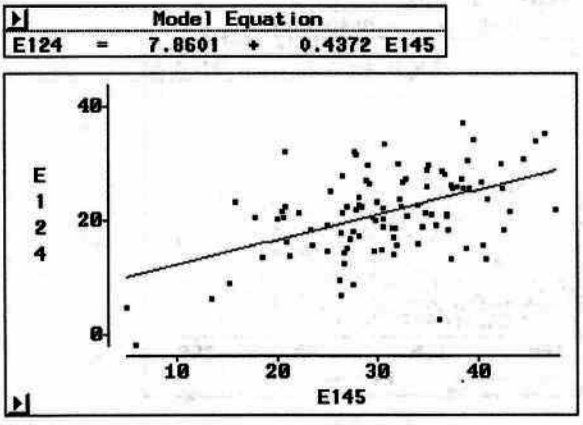
a



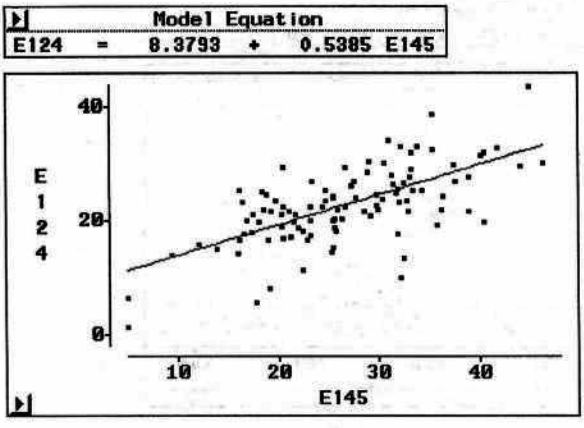
b

Positieve correlatie tussen stabiliteitsparameters onderling, jitter en shimmer, voor de klank [a] bij mannen (zie a) en bij vrouwen (zie b)

Bijlage 6b: Spreidingsdiagrammen en lineaire regressievergelijkingen ter illustratie van de besluiten omtrent de paarsgewijze samenhang van de OAP (vervolg).



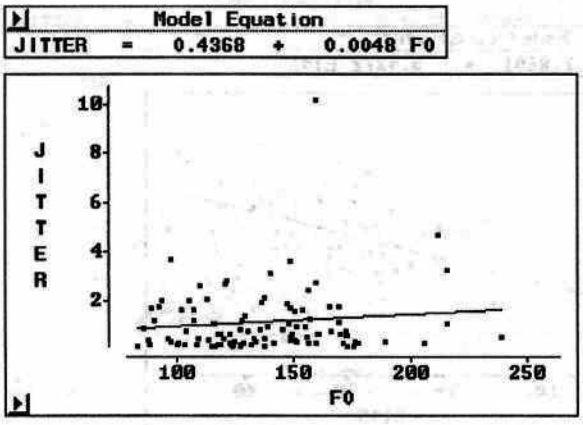
a



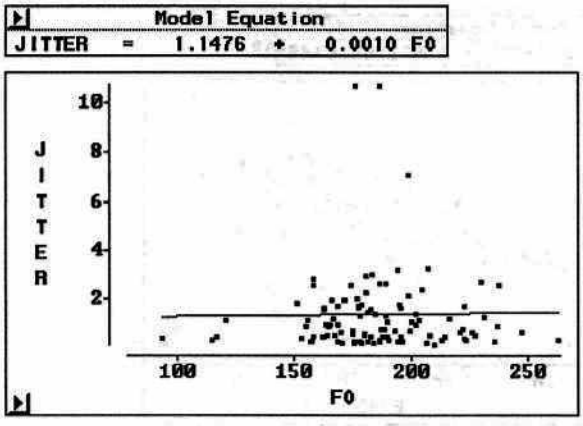
b

Positieve correlatie tussen spectrumparameters onderling, E1-24 en E1-45, voor de klank [i] bij mannen (zie a) en bij vrouwen (zie b)

Bijlage 6b: Spreidingsdiagrammen en lineaire regressievergelijkingen ter illustratie van de besluiten omtrent de paarsgewijze samenhang van de OAP (vervolg).



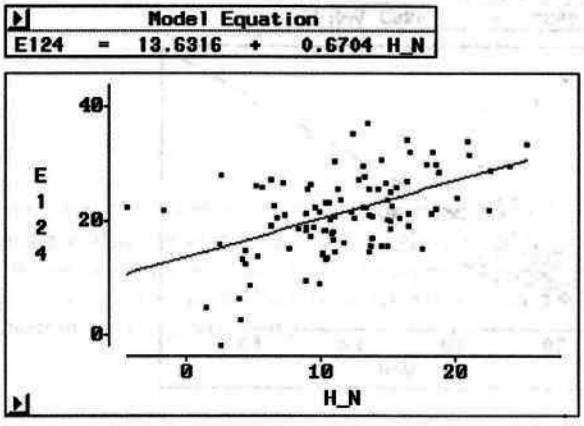
a



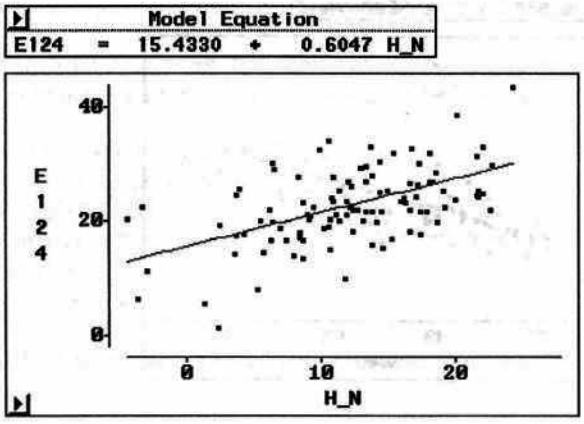
b

Afwezigheid van samenhang tussen de stabiliteitsparameter jitter en F_0 voor de klank [a] bij mannen (zie a) en bij vrouwen (zie b)

Bijlage 6b: Spreidingsdiagrammen en lineaire regressievergelijkingen ter illustratie van de besluiten omtrent de paarsgewijze samenhang van de OAP (vervolg).



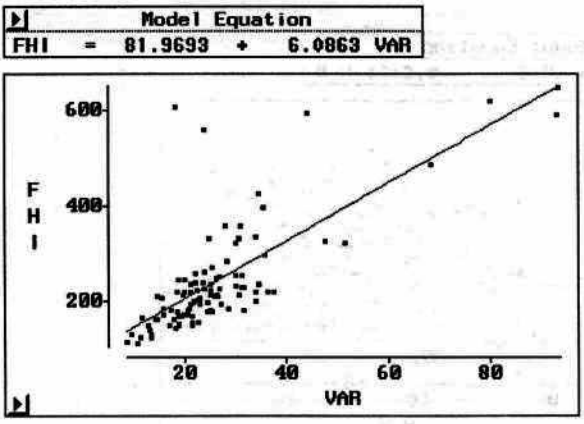
a



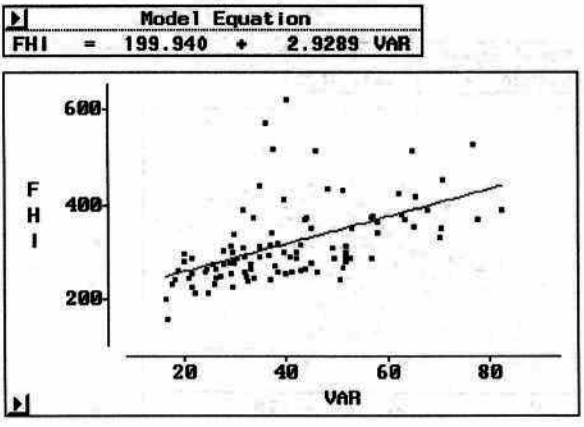
b

Positieve correlatie tussen de spectrumparameter E1-24 en de stabiliteitsparameter H/N-ratio voor de klank [i] bij mannen (zie a) en bij vrouwen (zie b)

Bijlage 6b: Spreidingsdiagrammen en lineaire regressievergelijkingen ter illustratie van de besluiten omtrent de paarsgewijze samenhang van de OAP (vervolg).



a



b

Positieve correlatie tussen parameters van de fundamentele frequentie onderling, Fhi en var, voor de klank [i] bij mannen (zie a) en bij vrouwen (zie b)

Bijlage 7a: Brief met verzoek tot medewerking gericht aan 20 BRTN-reporters

Leuven, datum

Aan de Heer,
adres

Geachte Heer ...,

De K.U.Leuven verricht onderzoek naar veranderingen van de stem bij het ouder worden. Daartoe willen wij graag de stem vergelijken van bepaalde personen in een verschillende levensfase. De Heer Ceuleers van de BRTN verleende toestemming tot studie van de archiefopnamen van de radio. Uw stemopname heb ik beluisterd in het volgend fragment :

Graag zou ik Uw medewerking willen vragen om ook Uw huidige stem op een band op te nemen om deze te vergelijken met Uw vroegere stem uit het BRTN-archief.
Tevens willen wij U verzekeren van een volledige abstractie van de inhoud van de opnames en gesprekken en van een totale anonimiteit bij de verwerking van de gegevens.
Indien U bereid bent aan dit basisonderzoek mee te werken, vragen wij U vriendelijk het bijgevoegd formulier te willen invullen en terug te sturen naar

Wivine DECOSTER (lic. logopedie)
p.a. : Prof. Dr. F. Debruyne, NKO-arts
U.Z. St. Rafaël NKO
Kapucijnenvoer 33
3000 Leuven
tel. : 016 / 33 23 40

Met de beste dank bij voorbaat voor Uw interesse en medewerking,

W. Decoster

Bijlage 7b: Antwoordformulier bij verzoek tot medewerking gericht aan 20 BRTN-reporters

De Heer ..... geeft W. Decoster

O de toestemming O geen toestemming
⇒ de stemopname van " (fragment) " akoestisch te analyseren.

O de toestemming O geen toestemming
⇒ een digitale opname te maken van Uw huidige stem.
⇒ Daartoe neemt zij het best contact op op het volgend adres
straat : ..... nr. : .....
postcode : ..... gemeente : .....
tel. : ... / .. .. ..
en bij voorkeur op de volgende dagen en/of uren :
.....
.....
.....

⇒ vraagt nog wat extra toelichting vooraleer een besluit te kunnen vormen omtrent mogelijke medewerking en verzoekt W.DECOSTER daarom nog even op te bellen naar :

Dhr. : .....
tel. : ... / .. .. ..
en bij voorkeur op de volgende dagen en/of uren :
.....
.....
.....

⇒ De onderzoekers verzekeren de volledige abstractie van de inhoud van de opnames en van de gesprekken alsook van de totale anonimiteit van de gegevens bij de verwerking, de besluitvorming en de latere publicatie van de onderzoeksgegevens.

datum : .....
handtekening :

Bijlage 8 : Zinnen (a), klinkers (b) en CV-verbindingen (c) weerhouden voor de akoestische analyse bij archief- en recente opnames.

a Zinnen

1. De eerste minister gaf vooraf een overzicht van de pogingen die de vorige regeringen hebben ondernomen om de ziekteverzekering te saneren.
2. Dat is op het ogenblik de stemming van de tienduizenden die langs de weg staan langs Pensylvania Avenue te Washington waarlangs de lijkstoet zich beweegt waarin het lichaam van president Kennedy wordt meegedragen.
3. Aan weerskanten van de lanen staan honderdduizenden opgesteld van wie er velen een laatste hulde kwamen brengen in de rotonde van het Kapitool, een laatste hulde aan wijlen president Kennedy.
4. In de verschillende zalen die zij bezocht onderhield de vorstin zich heel gemoedelijk en los met geneesheren en verpleegsters zoals blijkt uit dit stukje conversatie.
5. Mijnheer Vanherreweghen, de dichter heeft het gedicht geschreven, het is gepubliceerd, het is publiek domein geworden bijna, men neemt het ter hand, men leest het, men vertolkt het, zoals het daarnet gebeurd is.
6. Zo klonk dit jaar de leuze op de Yzervlakte waar de plechtigheid voortijdig moest eindigen in een voortdurend plassende regen.
7. De Heilige Vader geeft een uiteenzetting over de inhoud van zijn nieuwe encycliek, namelijk de ordening van het moderne sociale leven volgens de christelijke leer "Mater et Magistra".
8. Het uiteindelijke besluit "Ik engageer me in de ontwikkelingssamenwerking en ik vertrek voor enkele jaren", wordt onder invloed van uiteenlopende omstandigheden getroffen.
9. Vandaag immers is minister Hégé zich persoonlijk komen vergewissen van de toestand in de buitenmoeren waar ruim veertienhonderd hectaren landbouwgrond overstroomd zijn in gevolge de hevige regen van de voorbije weken.
10. Hij komt uit het pajottenland en wel uit Onze-Lieve-Vrouw-Lombeek waar trouwens nu nog talrijke leden van de familie Van Cauwelaert gevestigd zijn, en waar een neef van de minister, de bekende journalist Emiel Van Cauwelaert, burgemeester is.
11. Dokter Weynen verklaarde dat de mislukking van de onderhandelingen vorige nacht te wijten was aan de hardnekkigheid van één der syndicale leiders die weigerde rond twee uur 's nachts de kwestie der principes opnieuw ter sprake te brengen.
12. Wij hebben Gaitskell dikwijls ontmoet op bijeenkomsten van de vereniging van buitenlandse journalisten te Londen waar hij steeds een welkome gast was die, ondanks zijn drukke bezigheden, geen enkele maal weigerde ons te woord te staan.
13. Welke krachtige resultaten dit organisme ook had, het bleef een loutere vereniging van onafhankelijke staten die niet beantwoordde aan de zucht naar Europese éénmaking die op het continent heerste.
14. Hijzelf lichtte een sluier op van deze onthutsend eenvoudige leer van de liefde, te Brussel in 1959 toen hij de prijs ontving van de stichting "Jozef Lemaire".
15. Herinnerend aan deze oude plechtigheden en de gebeurtenissen die in de nacht van de verrijzenis plaatshadden in het Heilig Land, sprak de Heilige Vader ook over Petrus die door Jezus opgedragen werd in zijn plaats de leiding op zich te nemen van de kerstening van de wereld.
16. Maar het is nu misschien ook interessant te weten hoe U begonnen is destijds, waar hebt U Uw debuut gemaakt, bij wie studeerde U ?
17. Zij besloten een gemeenschappelijk sociaal front op te richten met het doel, buiten elke politieke of wijsgerige beschouwing om, de gevolgen te bestrijden van een staking die, aldus het communiqué, rampspoedig kan zijn voor de bevolking.
18. De heer Born sprak de overtuiging uit dat de Almachtige Dienaar het opperste loon voor zijn onvermoeibaar streven niet zal onthouden en dat ook de medemensen hun erkentelijkheid op blijvende wijze zullen betuigen.

19. Maar eerst praten wij met de man die vandaag bekroond werd met de driejaarlijkse staatsprijs voor de poëzie, Jos de Haes.
20. Op eenentwintig februari wordt monseigneur Cardijn aartsbisschop, een dag later is hij kardinaal en zal hij samen met de paus en zesentwintig andere nieuwe kardinalen de Heilige Mis in Rome celebreren.

b Klinkers [a], [i] en [u]

1. haar	ziekteverzekering	toepassing
2. staan	tienduizenden	lijkstoet
3. waarnaar	Frederica	rouwstoet
4. haar	kinderkliniek	moeder
5. daarnet	drie	bedoel
6. bedevaart	lied	moest
7. plaats	dienaar	ontroerde
8. leraars	die	moet
9. water	veertienhonderd	buitenmoeren
10. verjaardag	viert	hoezeer
11. nationaal	persconferentie	toestand
12. elkaar	socialistische	toekomst
13. schade	definitieve	toespraak
14. naam	filosoof	roeping
15. Vaticana	zielen	moeten
16. benaming	functie	hoe
17. beraadslaagden	drie	spoedig
18. Vlaamse	driekleur	droeve
19. praten	driejaarlijkse	genoemd
20. inderdaad	die	hoe

c CV-verbindingen [pa] en [ka]

1. passage	kamers
2. kapitool*	kapitool
3. Japanse	katholieke
4. paleizen	Karolinskaziekenhuis
5. paar	bekend*
6. politiek*	kant
7. pacem	carrière
8. expansie	kameraden
9. persmededeling*	Bulskamp
10. past	kamer
11. parlement	kamers
12. partij	kans
13. Parijs	kanonnen
14. zendelingenpost*	Kaisersberg
15. paasmorgen	Kalvarie
16. repertoire*	carrière
17. passagiers	kant
18. pater	Karel
19. poëzie*	karigheid
20. pers*	KAJ

* : door het ontbreken binnen het fragment van de CV-verbinding [pa] of [ka] werd gekozen voor [pi], [po] of [pe], resp. [ke]

Bijlage 9: Methode voor bepaling van de volgorde jong-oud/oud-jong voor de stemmenparen

												3 ↓						2 ↓	
36	45	88	31	28	73	59	43	46	32	00	32	67	15	32	49	54	55	75	17
90	51	40	66	18	46	95	54	65	89	16	80	95	33	15	88	18	60	56	46
98	41	90	22	48	37	80	31	91	39	33	80	40	82	38	26	20	39	71	82
55	25	71	27	14	68	64	04	99	24	82	30	73	43	92	68	18	99	47	54
02	99	10	75	77	21	88	55	79	97	70	32	59	87	75	35	18	34	62	53
79	85	55	66	63	84	08	63	04	00	18	34	53	94	58	01	55	05	90	99
33	53	95	28	06	81	34	95	13	93	37	16	95	06	15	91	89	99	37	16
74	75	13	13	22	16	37	76	15	57	42	38	96	23	90	24	58	26	71	46
06	66	30	43	00	66	32	60	36	60	46	05	17	31	66	80	91	01	62	35
92	83	31	60	87	30	76	83	17	85	31	48	13	23	17	32	68	14	84	96
61	21	31	49	98	29	77	70	72	11	35	23	69	47	14	27	14	74	52	35
27	82	01	01	74	41	18	77	53	68	53	26	55	16	35	66	31	87	82	09
61	05	50	10	94	85	85	32	10	72	95	67	88	21	72	09	48	73	03	97
11	57	85	67	94	91	49	48	35	49	39	41	80	17	54	45	23	66	82	60
15	16	08	90	92	86	13	32	26	01	20	02	72	45	94	74	97	19	99	46
22	09	29	66	15	44	76	74	94	92	48	13	75	85	81	28	95	41	36	30
69	13	53	55	35	87	43	23	83	32	79	40	92	20	83	76	82	61	24	20
08	29	79	37	00	33	35	34	86	55	10	91	18	86	43	50	67	79	33	58
37	29	99	85	55	63	32	66	71	98	85	20	31	93	63	91	77	21	99	62
65	11	14	04	88	86	28	92	04	03	42	99	87	08	20	55	30	53	82	24
66	22	81	58	30	80	21	10	15	53	26	90	33	77	51	19	17	49	27	14
37	21	77	13	69	31	20	22	67	13	46	29	75	32	69	79	37	23	32	43
51	43	09	72	68	38	05	77	14	62	89	07	37	89	25	30	92	09	06	92
31	59	37	83	92	55	15	31	21	24	03	93	35	97	84	61	96	85	45	51
79	05	43	69	52	93	00	77	44	82	91	65	11	71	25	37	89	13	63	87
		↑ 4																	↑ 1

Uit deze reeks van 500 willekeurige getallen werden lukraak 4 reeksen van 20 cijfers geselecteerd (zie 1, 2, 3 en 4 ↑/↓) om de volgorde jong-oud of oud-jong te bepalen voor de 80 gebruikte stemmenparen binnen de eerste sessie van het perceptieonderzoek (telkens 40 per geslacht en per uiting 'automatische reeks' of [a]).
De cijfers 0, 1, 2, 3 en 4 werden gelijkgesteld met "0" wat betekende dat het stemmenpaar werd gemonteerd in de volgorde jong-oud. De cijfers 5, 6, 7, 8 en 9 werden gelijkgesteld aan "1". In deze gevallen werd het stemmenpaar gemonteerd in de volgorde oud-jong.

Bijlage 10: procedure voor het knippen en de montage van [a]^{c} voor de tweede sessie van onderzoek 3

De 40 stemmenparen werden van een DAT 55ES gekopieerd op diskette met behulp van het programma CSRE (versie), ingesteld op de volgende waarden :

- sample frequentie : 44091 Hz
- frame size : 512
- max. amplitude : 32000
- 16 bit, mono, binary

Van elke [a]-klank werden twee stabiele seconden tussen twee nuldoorgangen geknipt. Indien één element van een stemmenpaar korter was dan 2 sec. doordat de golfvorm niet voldoende lang duidelijk kon worden onderscheiden of door de weglating van steminzet en -afloop, werd de tweede klank van het stemmenpaar naar duur gelijkgemaakt.
De intensiteit van alle geknipte stemstalen werd met een factor verhoogd totdat de sterkste amplitudepieken de maximale amplitude bereikten van 32000.
In de hiernavolgende tabel zijn, voor mannen- en vrouwenstemmen afzonderlijk, naast het nummer van het stemmenpaar (nr), de volgorde binnen het paar (a/b) en de aanduiding of het om een oude (o) of een jonge (j) stem gaat, ook de equalizefactor (EF), het aantal samples (samp) en de duur van de gebruikte stemstalen uitgedrukt in seconden (sec) weergegeven.
Door invulling van deze stemspecifieke gegevens in combinatie met de programmaspecifiëringen (zie hoger) was het mogelijk via de DAT 55ES de stemstalen te monteren op digitale banden.

nr	vrouwen				mannen			
	o/j	EF	samp	sec	o/j	EF	samp	sec
1a	o	6,00	88.216	2,00	o	2,49	88.326	2,00
b	j	7,92	88.276	2,00	j	6,29	88.624	2,00
2a	j	6,00	88.207	2,00	o	9,00	88.314	2,00
b	o	6,30	88.215	2,00	j	6,37	88.279	2,00
3a	j	4,35	77.280	1,75	j	9,00	36.363	0,82
b	o	7,87	77.274	1,75	o	2,89	36.337	0,82
4a	j	5,00	28.971	0,65	o	10,30	88.203	2,00
b	o	3,90	28.960	0,65	j	9,00	88.288	2,00
5a	o	9,00	88.219	2,00	o	6,57	88.285	2,00
b	j	6,00	88.256	2,00	j	5,40	88.146	1,99
6a	j	10,83	88.363	2,00	j	2,19	67.641	1,53
b	o	11,70	88.241	2,00	o	11,70	67.611	1,53
7a	o	18,90	88.235	2,00	j	10,80	88.240	2,00
b	j	6,60	88.216	2,00	o	6,06	88.349	2,00
8a	j	3,88	88.220	2,00	j	10,17	88.229	2,00
b	o	10,62	88.307	2,00	o	6,63	88.214	2,00
9a	o	11,70	88.259	2,00	j	1,80	88.202	2,00
b	j	11,25	88.315	2,00	o	4,80	88.202	2,00
10a	j	11,25	88.293	2,00	j	4,50	88.232	2,00
b	o	9,00	84.317	1,97	o	9,00	88.240	2,00
11a	o	18,90	88.264	2,00	o	2,58	88.198	2,00
b	j	10,80	88.224	2,00	j	2,21	88.200	2,00
12a	j	18,00	77.802	1,76	j	3,60	88.266	2,00
b	o	9,00	77.850	1,76	o	4,50	88.201	2,00
13a	j	8,10	50.367	1,14	o	8,64	88.172	1,99
b	o	16,20	50.369	1,14	j	6,48	88.235	2,00
14a	o	19,80	67.389	1,52	o	9,00	88.253	2,00
b	j	9,00	67.463	1,52	j	1,99	88.201	2,00

nr	vrouwen				mannen			
	o/j	EF	samp	sec	o/j	EF	samp	sec
15a	j	9,00	88.272	2,00	o	4,20	88.215	2,00
b	o	10,35	88.249	2,00	j	3,60	88.200	2,00
16a	o	10,80	88.237	2,00	j	3,60	69.421	1,57
b	j	9,00	88.218	2,00	o	10,17	69.382	1,57
17a	o	18,90	88.298	2,00	o	15,75	88.200	2,00
b	j	5,84	88.229	2,00	j	3,48	88.200	2,00
18a	o	13,50	88.234	2,00	o	3,00	56.292	1,27
b	j	5,55	88.203	2,00	j	3,60	56.426	1,27
19a	j	6,30	42.440	0,96	j	9,00	88.232	2,00
b	o	5,1	42.407	0,96	o	6,60	88.202	2,00
20a	j	7,80	88.225	2,00	o	19,12	88.240	2,00
b	o	7,50	88.240	2,00	j	10,35	88.276	2,00

Bijlage 11a: Voorbeeld scoreformulier dagen van de week en aangehouden [a]

DAG 2 : VROUWENSTEMMEN DAT. : ../../.. INIT. : .... NR. : ... SESSIE 4 (na pauze, DAT 4)

dagen van de week		
1	O jong – oud	O oud - jong
2	O jong – oud	O oud - jong
3	O jong – oud	O oud - jong
4	O jong – oud	O oud - jong
5	O jong – oud	O oud - jong
klank [a]		
1	O jong – oud	O oud - jong
2	O jong – oud	O oud - jong
3	O jong – oud	O oud - jong
4	O jong – oud	O oud - jong
5	O jong – oud	O oud - jong
dagen van de week		
1	O jong – oud	O oud - jong
2	O jong – oud	O oud - jong
3	O jong – oud	O oud - jong
4	O jong – oud	O oud - jong
5	O jong – oud	O oud - jong
klank [a]		
1	O jong – oud	O oud - jong
2	O jong – oud	O oud - jong
3	O jong – oud	O oud - jong
4	O jong – oud	O oud - jong
5	O jong – oud	O oud - jong

Bijlage 11b: Voorbeeld scoreformulier [a]^{c}.

DAG 3 : MANNENSTEMMEN DAT. : ../../.. INIT. : .... NR. : ...
SESSIE 1 (voor pauze, DAT A) KLANK [a]^{c}

1	O jong – oud	O oud - jong
2	O jong - oud	O oud - jong
3	O jong - oud	O oud - jong
4	O jong - oud	O oud - jong
5	O jong - oud	O oud - jong
6	O jong - oud	O oud - jong
7	O jong - oud	O oud - jong
8	O jong - oud	O oud - jong
9	O jong - oud	O oud - jong
10	O jong - oud	O oud - jong
11	O jong - oud	O oud - jong
12	O jong - oud	O oud - jong
13	O jong - oud	O oud - jong
14	O jong - oud	O oud - jong
15	O jong - oud	O oud - jong
16	O jong - oud	O oud - jong
17	O jong - oud	O oud - jong
18	O jong - oud	O oud - jong
19	O jong - oud	O oud - jong
20	O jong - oud	O oud - jong

Bijlage 12: Lijst van de tabellen

Tabel 1 : Waarden van F_0-parameters van de oudere stem bij gebonden spraak 33
Tabel 2 : Waarden van F_0-parameters van de oudere stem bij aangehouden klinkers 35
Tabel 3 : Normwaarden voor jitter bij normale volwassenen 40
Tabel 4 : Jitterwaarden van de oudere stem 41
Tabel 5 : Shimmerwaarden van de oudere stem 45
Tabel 6 : VOT-waarden van de oudere stem 50
Tabel 7 : Aantal deelnemers per geslacht en per leeftijd in onderzoeks- en vergelijkingsgroep van het cross-sectioneel onderzoek 67
Tabel 8 : F_0 per klank en per leeftijd: mannen 74
Tabel 9 : F_0 per klank en per leeftijd: vrouwen 75
Tabel 10 : Variabiliteit van F_0 per klank en per leeftijd: mannen 75
Tabel 11 : Variabiliteit van F_0 per klank en per leeftijd: vrouwen 76
Tabel 12 : Bereik van F_0 per klank en per leeftijd: mannen 77
Tabel 13 : Bereik van F_0 per klank en per leeftijd: vrouwen 77
Tabel 14 : Bovengrens van F_0 per klank en per leeftijd: mannen 78
Tabel 15 : Bovengrens van F_0 per klank en per leeftijd: vrouwen 79
Tabel 16 : Ondergrens van F_0 per klank en per leeftijd: mannen 79
Tabel 17 : Ondergrens van F_0 per klank en per leeftijd: vrouwen 80
Tabel 18 : Jitter per klank en per leeftijd: mannen 81
Tabel 19 : Jitter per klank en per leeftijd: vrouwen 82
Tabel 20 : Shimmer per klank en per leeftijd: mannen 83
Tabel 21 : Shimmer per klank en per leeftijd: vrouwen 83
Tabel 22 : H/N-ratio per klank en per leeftijd: mannen 84
Tabel 23 : H/N-ratio per klank en per leeftijd: vrouwen 84
Tabel 24 : A(H1-H2) per klank en per leeftijd: mannen 85
Tabel 25 : A(H1-H2) per klank en per leeftijd: vrouwen 86
Tabel 26 : E1-24 per klank en per leeftijd: mannen 87
Tabel 27 : E1-24 per klank en per leeftijd: vrouwen 87
Tabel 28 : E1-45 per klank en per leeftijd: mannen 88
Tabel 29 : E1-45 per klank en per leeftijd: vrouwen 88
Tabel 30 : VOT per CV-verbinding en per leeftijd: mannen 89
Tabel 31 : VOT per CV-verbinding en per leeftijd: vrouwen 90
Tabel 32 : F_0 per geslacht en per leeftijd : zin 92
Tabel 33 : Variabiliteit van F_0 per geslacht en per leeftijd: zin 93
Tabel 34 : Bereik van F_0 per geslacht en per leeftijd: zin 94
Tabel 35 : Bovengrens van F_0 per geslacht en per leeftijd: zin 95
Tabel 36 : Ondergrens van F_0 per geslacht en per leeftijd: zin 95

Tabel 37 : Groepsgemiddelden en standaarddeviaties grondtooneigenschappen gemeten op zinsniveau : archiefopnames (A), recente opnames (R) en verschil (Δ), alsook p-waarden (p) en significantieniveaus (S) 108
Tabel 38 : Groepsgemiddelden en standaarddeviaties spectrale kenmerken gemeten op klankniveau : archiefopnames (A), recente opnames (R) en verschil (Δ), alsook p-waarden (p) en significantieniveaus (S) 109
Tabel 39 : Groepsgemiddelden en standaarddeviaties van VOT gemeten bij [pa] en [ka] : archiefopnames (A), recente opnames (R) en verschil (Δ), alsook p-waarden (p) en significantieniveaus (S) 109
Tabel 40 : Informatieve parameters in het aanbod van de drie stemstalen : automatische reeks, [a] en [a]^c 114
Tabel 41 : Gemiddelde en bereik van de chronologische leeftijd van de sprekers per geslacht en per leeftijd, perceptueel-akoestisch onderzoek 114
Tabel 42 : Aantal en percentages juist en verkeerd beoordeelde stemmenparen per geslacht en per aangeboden fonatie 118
Tabel 43 : Groepsgemiddelden en, tussen haakjes, standaarddeviaties van de parameterwaarden per geslacht en per leeftijdsgroep voor de akoestische analyse van [a]^c 119
Tabel 44 : Gemiddelde verschillen tussen de stemstalen van oude en jonge mannen- en vrouwenstemmen uit het perceptueel-akoestisch onderzoek, p-waarden en significantieniveau's bekomen via een gepaarde t-test 120
Tabel 45 : Aantal en, tussen haakjes, proportie (in %), negatieve en positieve verschillen in parameterwaarde tussen jonge en oude mannen- en vrouwenstemmen uit het perceptueel-akoestisch onderzoek 120

Bijlage 13 : Lijst van de figuren

Figuur 1 : Situering van de objectieve akoestische parameters binnen de communicatie-lus van productie en perceptie van de spraaksignalen 5
Figuur 2 : Meting van periode-tot-periode variaties: jitter, shimmer en H/N-ratio 70
Figuur 3 : Meting van de spectrale kenmerken: A(H1-H2), E1-24 en E1-45 70
Figuur 4 : Meting van de VOT 71
Figuur 5 : F_0 per klank en per leeftijd: mannen 74
Figuur 6 : F_0 per klank en per leeftijd: vrouwen 75
Figuur 7 : Variabiliteit van F_0 per klank en per leeftijd: mannen 76
Figuur 8 : Variabiliteit van F_0 per klank en per leeftijd: vrouwen 76
Figuur 9 : Bereik van F_0 per klank en per leeftijd: mannen 77
Figuur 10: Bereik van F_0 per klank en per leeftijd: vrouwen 78
Figuur 11 : Bovengrens van F_0 per klank en per leeftijd: mannen 78
Figuur 12 : Bovengrens van F_0 per klank en per leeftijd: vrouwen 79
Figuur 13 : Ondergrens van F_0 per klank en per leeftijd: mannen 80

Figuur 14 : Ondergrens van F_0 per klank en per leeftijd: vrouwen 80
Figuur 15 : Jitter per klank en per leeftijd: mannen 82
Figuur 16 : Jitter per klank en per leeftijd: vrouwen 82
Figuur 17 : Shimmer per klank en per leeftijd: mannen 83
Figuur 18 : Shimmer per klank en per leeftijd: vrouwen 83
Figuur 19 : H/N-ratio per klank en per leeftijd: mannen 84
Figuur 20 : H/N-ratio per klank en per leeftijd: vrouwen 85
Figuur 21 : A(H1-H2) per klank en per leeftijd: mannen 86
Figuur 22 : A(H1-H2) per klank en per leeftijd: vrouwen 86
Figuur 23 : E1-24 per klank en per leeftijd: mannen 87
Figuur 24 : E1-24 per klank en per leeftijd: vrouwen 87
Figuur 25 : E1-45 per klank en per leeftijd: mannen 88
Figuur 26 : E1-45 per klank en per leeftijd: vrouwen 89
Figuur 27 : VOT per CV-verbinding en per leeftijd: mannen 90
Figuur 28 : VOT per CV-verbinding en per leeftijd: vrouwen 90
Figuur 29 : F_0 per geslacht en per leeftijd : zin 92
Figuur 30 : Variabiliteit van F_0 per geslacht en per leeftijd : zin 93
Figuur 31 : Bereik van F_0 per geslacht en per leeftijd : zin 94
Figuur 32 : Bovengrens van F_0 per geslacht en per leeftijd : zin 95
Figuur 33 : Ondergrens van F_0 per geslacht en per leeftijd : zin 96

LITERATUUR

1. Amerman J, Parnell MM. Speech timing strategies in elderly adults. Journal of Phonetics 1992;20:65-76.
2. Andrews ML. Manual of voice treatment; Pediatrics trough Geriatrics. Singular Publishing Group Inc. 1995:622.
3. Aronson AE. Voice as an indicator of discrete emotions. In: Clinical voice disorders. New York: Brian C. Decker Division, Thieme-Stratton 1980:128-129.
4. Askenfelt AG, Hammarberg B. Speech waveform perturbation analysis: a perceptual-acoustical comparison of seven measures. J Acoust Soc Am 1986;29:50-64.
5. Awan SN, Mueller PB. Speaking fundamental frequency characteristics of centenarian females. Clinical Linguistics and Ponetics 1992;6:249-254.
6. Baken RJ. Clinical measurement of speech and voice. Taylor & Francis Ltd London 1987:518.
7. Benjamin BJ. Frequency variability in the aged voice. J Gerontol 1981;36:722-726.
8. Benjamin BJ. Phonological performance in gerontological speech. Journal of Psycholinguistic Research 1982;11:159-167.
9. Beverly EV. The beginning of wisdom about aging. Geriatrics 1975;July:117-128.
10. Bielamowicz S, Kreiman J, Geratt BR, Daver MS, Berkc GS. Comparison of voice analysis systems for perturbation measurement. J Speech Hear Res 1996;39:126-134.
11. Biever DM, Bless DM. Vibratory Characteristics of the vocal folds in young adult and geriatric women. J Voice 1989;3:120-131.
12. Birren JE. The significance of age changes in speed of perception and psychomotor skills. In: Anderson JE, ed. Psychological aspects of aging. Washington : Amer. Psychol. Assoc. 1956.
13. Bless DM, Baken RJ. Assessment of voice. J Voice 1992;6:95-97.
14. Böhme G, Hecker G. Gerontologische Untersuchungen über Stimmumfang und Sprechstimmlage. Folia phoniatr 1970;22:176-184.
15. Boone DR. Is your voice telling on you ? How to find and use your natural voice. Singular Publishing Group, Inc. San Diego, California 1991:187.
16. Boone DR, Baylees KA, Koopman CHF. Communicative aspects of aging. Otolaryngol Clin North Am 1982;15:313-327.
17. Bromley DB. Behavioural gerontology. Central issues in the psychology of ageing. John Wiley & sons, Chichester 1990:410.
18. Brubaker TH, Powers EA. The stereotype of "old", a review and alternative approach. J Gerontol 1976;31:441-447.
19. BSGVD96 Protocol of the BSGDV96. Acta Otorhinolaryngolog Belg 1996;50:365-367.
20. Burnside IM. Nursing and the aged. New York, Mc Graw-Hill 1976;299.
21. Burzynski CM. The voice. In: Mueller HG, Geoffrey VC, eds. Communication disorders in aging: Assessment and Management. Washington, Gallaudef Uni Press 1987;214-237.
22. Busse EW. Mental and emotional factors in physical health in late life. In : Chernoff R, Lipschitz DA eds. Health promotion and disease prevention in the elderly. Raven Press Ltd. New York 1988;185-193.
23. Cairns DA, Hansen JHL. Nonlinear analysis and classification of speech under stressed conditions. J Acoust Soc Am 1994;96:3392-3400.
24. Cardoen E. Ervaring en betrokkenheid. Over zinvol ouder worden. Lannoo Tielt 1990:85.
25. Cavallo SA, Baken R, Shaiman S. Frequency perturbation characteristics of pulse register phonation. J Commun Disord 1984;117:231-243.
26. Chodzko-Zajko WJ, Ringel RL. Physiological fitness measures and sensory and motor performance in aging. Experimental Gerontology 1987;22:317-328.

[27] Comfort A. Age prejudice in America. Soc Pol 1976;3:286-301.
[28] Computer Speech Research Environment. User's guide 4.5. AVAAZ Innovations Inc., London, Canada, Sept. 1995.
[29] Cooreman-Massie D. "Kom een beetje bij me zitten". Animatie in het rusthuis. Acco, Leuven, Amersfoort 1990:208.
[30] Corso JF. Age and sex differences in pure-tone tresholds. Arch Otolaryngol 1963;77:53-73.
[31] De Moor GM. Perceptieve stembeoordeling beoordeeld. Logopedie en Foniatrie 1992;64:276-273.
[32] De Pinto O, Hollien HS. Speaking fundamental frequency characteristics of Australian women: then and now. J Phonetics 1982;10:367-375.
[33] Deal LV., Oyer H.J. Ratings of vocal pleasantness and the aging process. Folia Phoniatr 1991;43:44-48.
[34] Deal RE, Emanuel FW. Some waveform and spectral features of vowel roughness. J Speech Hear Res 1978;21:250-264.
[35] Debruyne F. Microperturbatie van de stembandtrillingen: jitter en shimmer. Acta Otorhinolaryngol Belg 1991;45:431-436.
[36] Decoster W, Debruyne F. Kenmerken van de fundamentele frequentie van de oudere stem bij mannen en vrouwen tussen 60 en 99 jaar. Tijdschrift voor Logopedie en Audiologie 1996;26:133-142.
[37] Decoster W, Debruyne F. Veranderingen in de objectieve akoestische parameters van de stem bij het ouder worden : Longitudinaal onderzoek. Stem-, Spraak- en Taalpathologie 1996;5:105-115.
[38] Decoster W, Debruyne F. Changes in spectral measures and voice-onset time with age: a cross-sectional and a longitudinal study. Folia Phoniatr et Logop 1997;49:269-280.
[39] Decoster W, Debruyne F. De oudere stem: een heldere spiegel. Richtlijnen voor een geslaagd stemonderzoek. Logopedie 1997;10(4):49-58.
[40] Decoster W, Debruyne F. The ageing voice: changes in fundamental frequency, waveform stability and spectrum. Acta Otorhinoloryngol Belg 1997;51:105-112.
[41] Deem JF, Manning WH, Knack JV, Matesich JS. Comparison of pitch perturbation extraction procedures with adult male and female speakers. Folia Phoniatr 1991;43:234-245.
[42] Dejonckere PH, Lebacq J. Harmonic emergence in formant zone of a sustained /a/ as a parameter of evaluating hoarseness. Acta Otorhinolaryngol Belg 1987;41:988-996.
[43] Dejong-Estienne F. Ma voix entre mes mains. Collection Logopédie Nr 10, Academia, Louvain-la-Neuve 1992:164.
[44] Dhar S, Shastri SR, Lenora RAK. Aging and the respiratory system. Medical Clinics North Am 1976;60:1121-1139.
[45] Ducote CA. A study of the reading and speaking fundamental frequency of aging black adults. Unpublished PhD dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 1983.
[46] Dwire A, McCauley R. Repeated measures of vocal fundamental frequency perturbation obtained using Visi-Pitch. J Voice 1995;9:156-162.
[47] Dworkin JP, Meleca RJ. Vocal pathologies. Diagnosis, treatment and case studies. Singular Publishing Group, Inc. San Diego, London 1997:336.
[48] Eggen JH. On the quality of synthetic speech - Evaluation and improvements. Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor aan de Technische Universiteit Eindhoven 1992.
[49] Emanuel FW, Sansone FE Jr. Some spectral features of "Normal" and simulated "Rough" vowels. Folia Phoniatr 1996;21:401-415.
[50] Endres W, Bambach W, Flösser G. Voice spectrograms as a function of age, voice disguise, and voice imitation. J Acoust Soc Am 1971;49:1842-1848.
[51] Eulderink F, Heeren TJ, Knook DL, Ligthart Gj. Inleiding in de gerontologie en geriatrie. Bohn Stafleu Van Loghum 1995:271.
[52] Eysholdt U, Prosche LU. Stimm- und Sprachstörungen. In: Platt D, ed. Handbuch der

Gerontologie. Band 6, Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York, 1993:1-12.

[53] Fant G. Analysis and synthesis of speech processes. In: Manual of phonetics. B. Malmberg Amsterdam 1968;173-177.

[54] Fex S. Perceptual Evaluation. J Voice 1992;6:155-158.

[55] Fitch JL, Holbrook AH. Modal vocal fundamental frequency of young adults. Arch of Otolaryngol 1970;92:379-382.

[56] Fonagy I. Mimik auf glottaler Ebene. Phonetica 1962;8:209-219.

[57] Frachet B. La communication, modalités, technologies et symboles. Société d' oto-rhino-laryngologie et de pathologie cervico-faciale. Arnette, Paris 1991;471.

[58] Gaeth J. A study of phonemic regression in relation to hearing loss. Ph. D. dissertation, Evanston, IL, Northwestern University 1948.

[59] Gauffin J, Sundberg J. Spectral correlates of glottal voice source waveform characteristics. J Speech Hear Res 1989;32:556-565.

[60] Gelfer MP, Fendel DM. Comparisons of jitter, shimmer, and signal-to-noise ratio from directly digitized versus taped voice. J Voice 1995;9:378-382.

[61] Gerrat B, Kreiman J. The utility of acoustic measures of voice quality. In : Wong D, eds. Proceedings of the Workshop on Acoustic Voice Analysis.

[62] Ghoos J, Godderis J, Leirman W. e.a. Zinvol ouder worden. Een multidisciplinaire analyse. Uitgeverij Peeters, Leuven 1990:147.

[63] Glorig A, Nixon H. Hearing loss as a function of age. Laryngoscope 1962;27:1596-1610.

[64] Goldstein JC, Kashima HK, Koopmann CF eds. Geriatric Otorhinolaryngologie. American Academy Of Otorhinolaryngology, Head And Neck Surgery, B.C. Decker Inc Toronto Philadelphia 1989:195.

[65] Groher ME. Modifications in speech-language assessment procedures for the older adult. In : Shadden BB ed. Communication behavior and aging. A sourcebook for clinicians. Williams & Wilkins 1988: 248-260.

[66] Haji T, Horiguchi S, Baer Th, Gould W. Frequency and amplitude perturbation analysis of electroglottograph during sustained phonation. J Acoust Soc Am 1986;80:58-62.

[67] Hammarberg B, Fritzell B, Gauffin J, Sundberg J. Acoustic and perceptual analysis of vocal dysfunction. Journal of Phonetics 1986;14:533-547.

[68] Hartelius L, Buder EH, Strand EA. Long-term phonatory instability in individuals with multiple sclerosis. J Speech Hear Res 1997;40:1056-1072.

[69] Hartman DE. The perceptual identity and characteristics of aging in normal male adult speakers. J Commun Disord 1979;12:53-61.

[70] Hecker M, Kruel EJ. Descriptions of speech of patients with cancer of the vocal folds. Part 1: measure of fundamental frequency. J Acoust Soc Am 1971;49:1275-1282.

[71] Heeren TH. Het verschil tussen depri en depressie. Symptomen, oorzaken en behandeling van depressies bij ouderen. Denkbeeld, Tijdschrift voor Psychogeriatrie 1993;5:4-7.

[72] Heiberger VL, Horii Y. Jitter and shimmer in sustained phonation. In: Lass NJ, ed. Speech and language advances in basic research and practice, Vol 7 New York: Academic Press. 1982;299-332.

[73] Higgins MB, Saxman JH. A comparison of selected phonatory behaviors of healthy aged and young adults. J Speech Hear Res 1991;34:1000-1010.

[74] Hillenbrand J. Perception of aperiodicities in synthetically generated voices. J Acoust Soc Am 1988;83:2361-2371.

[75] Hillenbrand J, Houde RA. Acoustic correlates of breathy vocal quality: dysphonic voices and continuous speech. J Speech Hear Res 1996;39:311-321.

[76] Hiller SM. Automatic acoustic estimation of waveform perturbations. PhD dissertation. Edinburgh, Scotland : University of Edinburgh 1985.

[77] Hoit JD, Watson PJ, Hixon KE, Mc Mahon P, Jonson CL. Age and velopharyngeal function during speech production. J Speech Hear Res 1994;37:295-302.
[78] Hollien H. Old Voices: What do we really know about them? J Voice 1987;1:2-17.
[79] Hollien H. Vocal indicators of physiological stress. Forensic psychology and psychiatry. Annals of the New York Academy of Sciences 1980;347:47-72.
[80] Hollien H, Michel J, Doherty ET. A method for analysing vocal jitter in sustained phonation. J Phonetics 1973;1:85-91.
[81] Hollien H, Shipp Th. Speaking fundamental frequency and chronological age in males. J Speech Hear Res 1972;15:155-159.
[82] Hollingworth HL. The central tendency of judgement. Journal of Philosophy, Psychology & Scientific Methods 1910;7:461-469.
[83] Holmberg EB, Perkell JS, Hillman RE, Gress C. Individual variation in measures of voice. Phonetica 1994;51:30-37.
[84] Honjo I, Isshiki N. Laryngoscopic and voice characteristics of aged persons. Arch Otolaryngol 1980;106:149-150.
[85] Horii Y. Some statistical characteristics of voice fundamental frequency. J Speech Hear Res 1975;18:192-201.
[86] Horii Y. Fundamental frequency perturbation observed in sustained phonation. J Speech Hear Res 1979;22:5-19.
[87] Horii Y. Vocal shimmer in sustained phonation. J Speech Hear Res 1980;23:202-209.
[88] Hutchinson JM, Robinson KL, Nerbonne M. Patterns of nasalance in a sample of normal gerontologic subjects. J Commun Disord 1978;11:469-481.
[89] Jacob L. A normative study of laryngeal jitter. Unpublished Master's Thesis. University of Kansas 1968.
[90] Jacques RD, Rastatter MP. Recognition of speaker age from selected acoustic features perceived by normal young and older listeners. Folia Phoniatr 1991;42:118-124.
[91] Jafari M, Till JA, Truesdell LF, Law-Till CB. Time-shift, trial, and gender effects on vocal perturbation measures. J Voice 1993;7:326-336.
[92] Jagger C, Spiers NA, Clarke M. Factors associated with decline in function of institutionalization and mortality of elderly people. Age Ageing 1993;22:190-197.
[93] Jensen JH. ed. Presbyacusis and other age related aspects. 14th Danavox Symposium 1990.
[94] Kaplan H. The oral cavity in geriatrics. Geriatrics 1971;December:96-102.
[95] Kapteyn TS, Clemens A, Glazenburg BE, Joustra J. Slechthorende en hoortoestel. Nederlandse vereniging voor KNO-heelkunde van het hoofd-halsgebied, Leiden, Rijnsburg 1994:240.
[96] Karnell MP. Laryngeal perturbation analysis: minimum length of analysis window. J Speech Hear Res 1991;34:544-548.
[97] Karnell MP, Hall KD, Landahl KL. Comparison of fundamental frequency and perturbation measurements among three analysis systems. J Voice 1995;9:383-393.
[98] Kasuya H, Ando Y. Acoustic analysis, synthesis and perception of breathy voice. In : Gauffin J. & Hammarberg B. eds. Vocal fold physiology. Perceptual and physiological aspects of voice mechanisms. Whurr publishers, Singular Publishing Group 1991;251-258.
[99] Kausler DH. Cognition and aging. In: Shadden BB, ed. Communication behavior and aging. A sourcebook for clinicians. Williams & Wilkins 1988:79-106.
[100] Kay Elemetrics CSL- Computerized Speech Lab. Model 4300 Software version 3.x. Operations manual Kay Elemetrics Corp., Pine Brook, USA 1991.
[101] Kay Elemetrics Corp. Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) Model 4305. Operations Manual. Kay Elemetrics Corp. Pine Brook, USA 1993.
[102] Kenney RA. Physiology of aging. In: Shadden BB ed, Communication behavior and aging. A sourcebook for clinicians. William & Wilkins, Baltimore 1988:58-78.
[103] Kent RD. Anatomical and neuromuscular maturation of the speech mechanism: Evidence from

acoustic studies. J Speech Hear Res 1976;19:421-447.
[104] Kent RD, Kent JF, Rosenbek JC. Maximum performance tests of speech production. J Speech Hear Disord 1987;52:367-387.
[105] Kent RD, Read Ch. The acoustic analysis of speech. Whurr Publishers, Singular Publishing Group, Inc. San Diego, London 1992:238.
[106] Kitajima K, Gould WJ. Vocal shimmer in sustained phonation of normal and pathologic voice. Ann Otolaryngol 1976;85:377-381.
[107] Klatt DH. Voice onset time, frication, and aspiration in word-initial consonant clusters. J Speech Hear Res 1975;18:686-705.
[108] Klatt DH, Klatt LC. Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers. J Acoust Soc Am 1990;87:820-857.
[109] Klingholz F, Martin F. Quantitative spectral evaluation of shimmer and jitter. J Speech Hear Res 1985;28:169-174.
[110] Koike Y. Application of some acoustic measures for the evaluation of laryngeal dysfunction. Studia Phonol 1973;7:17-24.
[111] Koike Y. Experimental studies on vocal attack. Practica Otologica 1967;60:663-668.
[112] Kooijman PGC. Akoestische analyse. In: Recente ontwikkelingen in diagnostiek en behandeling van stemafwijkingen. Post-academisch onderwijs Geneeskunde. Heyendael, Nijmegen 1997;66-75.
[113] Koopman CHF, Coulthard SW. The oral cavity and aging. Otolaryngol Clin North Am 1982;15:293-312.
[114] Koufman JA, Isaacson G. The spectrum of vocal dysfunction. In: Koufman JA, Isaacson G eds. Voice Disorders. WB Saunders Philadelphia 1991.
[115] Krause N. Neighbourhood deterioration and social isolation in later life. Int J Aging and Human Development 1993;36:9-38.
[116] Lass NJ, Hughes KR, Bowyer MD Waters LT, Bourne VT. Speaker sex identification from voiced whispered and filtered isolated vowels. J Acoust Soc Am 1976;59:675-678.
[117] Laukkanen A, Vilkman E, Alku P, Oksanen H. Physical variations related to stress and emotional state: a preliminary study. Journal of Phonetics 1996;24:313-335.
[118] Laver J, Hiller S, McKenzie Beck J. Acoustic waveform perturbations and voice disorders. J Voice 1992;6:115-126.
[119] Lieberman Ph. Perturbations in Vocal Pitch. J Acoust Soc Am 1961;33:597-603.
[120] Lieberman P, Michaels SB. Some aspects of fundamental frequency and envelope amplitude as related to the emotional content of speech. J Acoust Soc Am 1962;34:922-927.
[121] Linke E. A study of pitch characteristics of female voices and their relationship to vocal effectiveness. Folia Phoniatr 1973;25:173-185.
[122] Linville SE. Acoustic-perceptual studies of aging voice in women. J Voice 1987;1:44-48.
[123] Linville SE. Intraspeaker variability in fundamental frequency stability: An age-related phenomenon? J Acoust Soc Am 1988;83:741-745.
[124] Linville SE. Glottal gap configurations in two age groups of women. J Speech Hear Res 1992;34:1209-1215.
[125] Linville SE. Vocal aging. Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery 1995;3:183-187.
[126] Linville SE. The sound of senescence. J Voice 1996;10:190-200.
[127] Linville SE, Fisher HB. Acoustic characteristics of women's voices with advancing age. J Gerontol 1985;40:324-330.
[128] Linville SE, Skarin BD, Fornatto E. The interrelationship of measures related to vocal function, speech rate, and laryngeal appearance in elderly women. J Speech Hear Res 1989;32:323-330.
[129] Lisker L, Abramson AS. A cross-language study of voicing in initial stops : Acoustical measurements. In: Baken JR, Daniloff RG eds. Readings in clinical spectrography of speech.

Kay Elemetrics, Singular Publishing Group, New Jersey, 1991:247-285.

[130] Liss JM, Weismer G, Rosenbek JC. Selected acoustic characteristics of speech production in very old males. J Gerontol : Psychological Sciences 1990;45:35-45.

[131] Ludlow CL, Bassiels CJ, Connor NP, Coulter DC, Lee YJ. The validity of using jitter and shimmer to detect laryngeal pathology. In: Baer T, Sasaki, C, Harris, K eds. Laryngeal function in phonation and respiration: Vocal fold physiology series. Boston : College Hill 1987;492-508.

[132] Mc Glone RE, Hollien H. Vocal pitch characteristics of aged women. J Speech Hear Res 1963;6:164-170.

[133] Mendoza E, Munoz J, Naranjo NV. The long-term average spectrum as a measure of voice stability. Folia Phoniatr et Logop 1996;48:57-64.

[134] Mendoza E, Valencia N, Munoz J, Trujillo H. Differences in voice quality between men and women: Use of the long-term average spectrum (LTAS). J Voice 1996;10:59-66.

[135] Moore P, Von Leden H. Dynamic variations of the vibratory pattern in the normal larynx. Folia Phoniatr 1958;10:205-238.

[136] Morgan EE, Rastatter M. Variability of voice fundamental frequency in elderly female speakers. Perceptual and motor skills 1986;63:215-218.

[137] Morris RJ, Brown WS. Comparison of various automatic means for measuring mean fundamental frequency. J Voice 1996;10:159-165.

[138] Mueller PB. Voice characteristics of octogenarian and nonagenerian persons. Ear Nose Throat J 1982;61:204-207.

[139] Mueller PB, Sweeney RJ, Baribeau LJ. Acoustic and morphologic study of the senescent voice. Ear Nose Throat J 1984;63:71-75.

[140] Muir Gray JA, Bassey EJ, Young A. The risk of inactivity. In: Muir Gray ed. Prevention of disease in the Elderly, Churchill 1985;78-94.

[141] Murry Th, Doherty ETH. Selected acoustic characteristics of pathologic and normal speakers. J Speech Hear Res 1980;23:361-369.

[142] Murry T, Brown WS Jr, Morris RJ. Patterns of fundamental frequency for three types of voice samples. J Voice 1995;9:282-289.

[143] Neiman GS, Applegate JA. Accuracy of listener judgements of perceived age relative to chronological age in adults. Folia Phoniatr 1990;42:327-330.

[144] Neiman GS, Klich RJ, Shuey EM. Voice onset time in young and 70-year-old women. J Speech Hear Res 1983;26:118-123.

[145] Nerbonne AM. The effects of aging on auditory structures and functions. In: Shadden BB ed. Communication behavior and aging. A sourcebook for clinicians. Williams & Wilkins, London 1988:137-161.

[146] Omori K, Kojima H, Kakani R, Slovit DH, Blaugrund SM. Acoustics characteristics of the rough voice: subharmonics. J Voice 1997;11:40-47.

[147] Orlikoff RF. The Atherosclerotic Voice. Ear Nose Throat J 1990;69:833-837.

[148] Orlikoff RF. The relationship of age and cardiovascular health to certain acoustic characteristics of male voice. J Speech Hear Res 1990;33:450-457.

[149] Orlikoff RF, Baken RJ. The effect of the heartbeat on vocal fundamental frequency perturbation. J Speech Hear Res 1989;32:576-582.

[150] Orlikoff RF, Baken RJ. Consideration of the relationship between the fundamental frequency of phonation and vocal jitter. Folia Phoniatr 1990;42:31-40.

[151] Parnel MM, Amerman JD. An 11-year follow-up of motor speech abilities in elderly adults. Clinical Linguistics and Phonetics 1996;10:103-118.

[152] Patterson CN. The aging nose: characteristics and correction. Otolaryngol Clin North Am 1980;13:275-288.

[153] Pegoraro Krook MI. Speaking fundamental frequency characteristics of normal Swedish subjects obtained by glottal frequency. Folia Phoniatr 1988;40:82-90.

[154] Pickett JM. The spectra of vowels. In: Baken JR, Daniloff RG eds. Readings in clinical spectrography of speech. Singular Publishing Group 1991;75-95.

[155] Poli L, Pich A. et.al. Autopsy and multiple pathology in the elderly. Gerontology 1993;39:55-63.

[156] Ptacek PH, Sander EK. Age recognition from voice. J Speech Hear Res 1966;9:273-277.

[157] Ptacek PH, Sander EK, Maloney WH, Jackson CC. Phonatory and related changes with advanced age. J Speech Hear Res 1966;9:353-360.

[158] Raaijmakers MF, Dekker J. Toepassing van de ICIDH in de logopedie. NVLF, Gouda, NIVEL, Utrecht 1993:57.

[159] Rabinov CR, Kreiman J, Gerratt BR, Bielamowicz S. Comparing reliability of perceptual ratings of roughness and acoustic measures of jitter. J Speech Hear Res 1995;38:26-32.

[160] Ramig LA. Effects of physiological aging on vowel spectral noise. J Gerontol 1983;38:223-225.

[161] Ramig LA. Effects of physiological aging on speaking and reading rates. J Commun Disord 1983;16:217-226.

[162] Ramig LA, Ringel RL. Effects of physiological aging on selected acoustic characteristics of voice. J Speech Hear Res 1983;26:22-30.

[163] Rastatter MP, Jacques RD. Formant frequency structure of the aging male and female vocal tract. Folia Phoniatr 1990;42:312-319.

[164] Rastatter MP, McGuire RA, Kalinowski J, Stuart A. Formant frequency characteristics of elderly speakers in contextual speech. Folia Phoniatr Logop 1997;49:1-8.

[165] Ringel RL, Chodzko-Zajko WJ. Vocal indices of biological age. J Voice 1987;1:31-37.

[166] Roelands M. Dementie - epidemiologie en mantelzorg. Stichting Welzijnszorg Provincie Antwerpen 1992:122.

[167] Rosen DC, Sataloff RTh. Psychology of Voice Disorders. Singular Publishing Group, Inc. San Diego, London 1997:284.

[168] Rowe JW, Kahn RL. Human aging: usual and successful. Science 1987;237:143-149.

[169] Russell A, Penny L, Pemberton C. Speaking fundamenal frequency changes over time in women: a longitudinal study. J Speech Hear Res 1995;38:101-109.

[170] Ryan EB, Capadano HL. Age perceptions and evaluative reactions toward adult speakers. J Gerontol 1978;33:98-102.

[171] Ryan WJ, Burk KW. Perceptual and acoustic correlates of aging in the speech of males. J Commun Disord 1974;7:181-192.

[172] Sapienza CM, Dutka J. Glottal airflow characteristics of women's voice production along an aging continuum. J Speech Hear Res 1996;39:222-228.

[173] Sasaki Y, Okamura H, Yumoto E. Quantitative analysis of hoarseness using a digital sound spectrograph. J Voice 1991;5:36-40.

[174] SAS STAT, software changes and enhancements trough release 6.11. Manual, SAS Institute, 1996;731-770.

[175] Saxman JH, Burk KW. Speaking fundamental frequency characteristics of middle-aged females. Folia Phoniatr 1967;19:167-172.

[176] Scherer KR. Expressions of emotion in voice and music. J Voice 1995;9:235-247.

[177] Schuknecht HF. Further observation on the pathology of presbycusis. Arch Otolaryngol 1964;80:369-382.

[178] Scukanec GP, Petrosino L, Colcord RD. Age related differences in acoustical aspects of contrastive stress in women. Folia Phoniatr et Logop 1996;48:231-239.

[179] Shindo ML, Hanson DG. Geriatric voice and laryngeal dysfunction. Otolaryngol Clin North Am 1990;23:1035-1044.

[180] Shipp Th, Qi Y, Huntley R, Hollien H. Acoustic and temporal correlates of perceived age. J Voice 1992;6:211-216.

[181] Shock NW. Functional efficiency, skills and employment. In: Anderson JE, ed. Psychological aspects of aging. Washington : Amer. Psychol. Assoc. 1956.

[182] Shoji K, Regenbogen E, Yu JD, Blaugrund SM. High-frequency components of normal voice. J Voice 1991;5:29-35.
[183] Silbergleit AK, Dreyer DE. Acoustic analysis of voice in patients with amyotrophic lateral sclerosis. Paper presented at the annual convention of the American Speech and Language-Hearing Association, Anaheim, CA. 1993.
[184] Slis IH. Audiologie. Horen in een wereld van geluid. Coutinho, Bussum 1996:331.
[185] Stemple JC. Voice therapy. Clinical studies. Mosby Year Book. London, Toronto 1993:186.
[186] Stephens D, Zhao F. Hearing impairment: special needs of the elderly. Folia Phoniatr et Logop 1996;48:137-142.
[187] Stes R. Stemstoornissen. Stemmisbruik en verkeerd stemgebruik. Acco, Leuven, Amersfoort 1994:287.
[188] Stoicheff ML. Speaking fundamental frequency characteristics of nonsmoking female adults. J Speech Hear Res 1981;24:437-441.
[189] Sundberg J. The science of the singing voice. Northern Illinois University Press Dekalb, Illinois 1987:216.
[190] Surwillo WW. Timing and behavior in senescence and the role of the central nervous system. In : G.A. Talland , ed. Human aging and behavior. New York : Academic Press 1968:1-35.
[191] Sweeting PM, Baken RJ. Voice onset time in normal-aged population. J Speech Hear Res 1982;25:129-134.
[192] Till JA, Stivers DK. Instrumentation and validity for direct-readout voice onset time measurement. J Commun Disord 1981;14:507-512.
[193] Titze IR. Workshop on acoustic voice analysis. National center for voice and speech. Wendell Johnson Speech and Hearing Center, Univ. Iowa, Iowa City 1995:36.
[194] Titze IR, Horii Y, Scherer RC. Some technical considerations in voice perturbation measurements. J Speech Hear Res 1987;30:252-60.
[195] Titze IR, Liang H. Comparison of F_0 extraction methods for high-precision voice perturbation measurements. J Speech Hear Res 1993;36:1120-1133.
[196] Titze IR, Winholtz WS. Effect of microphone type and placement on voice perturbation measurements. J Speech Hear Res 1993;36:1177-1190.
[197] Trojan F. Experimentelle Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen dem Ausdruck der Sprechstimme und dem Vegetativen Nervensystem. Folia Phoniatr 1952;4:65-92.
[198] Van de Heyning PH, Remacle M, Van Cauwenberge P, De Bodt M, Wuyts L, Moerman M, Van Lierde K et al. Part II: Research work of the Belgian Study Group on Voice Disorders 1996. Acta Otorhinolaryngol Belg 1996;50:321-363.
[199] Van Rooij JCGM. Aging and speech perception. Auditive and cognitive aspects. Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor in de geneeskunde aan de Vrije Universiteit, Amsterdam 1991.
[200] Verstraete J, Forrez G, Mertens P, Debruyne F. The effect of sustained phonation on high and low pitch on vocal jitter and shimmer. Folia Phoniatr 1993;45:223-228.
[201] Warners I. Terug naar de oorsprong. Over de geboorte van de nieuwe oudere. Denkbeeld, Tijdschrift voor psychogeriatrie 1991;3:20-23.
[202] Weatherley CC, Worall LE, Hickson LMH. The effect of hearing impairment on the vocal characteristics of older people. Folia Phoniatr et Logop 1997;49:53-62.
[203] Westfall PH, Young SS. Resampling-based multiple testing. Examples and methodes for p-value adjustment. John Wiley & Sons Inc, New York Chichester 1993:340.
[204] Wilcox KA, Horii Y. Age and changes in vocal jitter. J Gerontol 1980;35:194-198.
[205] Williams CE, Stevens KN. Emotions and speech: Some acoustical correlates. J Acoust Soc Am 1972;52:1238-1250.
[206] Woelfel J. Communication across age levels. In: Oyer HJ, Oyer EJ, eds. Aging and communication. Baltimore, University Park Press 1976;63-73.

[207] Xue A, Mueller PB. Speaking fundamental frequency of elderly African-American nursing home residents: preliminary data. Clinical Linguistics and Phonetics 1996;10:65-70.

[208] Yumoto E, Sasaki Y, Okamura H. Harmonics-to-noise ratio and measurement of the degree of hoarseness. J Speech Hear Res 1984;Mar.:2-6.

[209] Zemlin WR. Speech and hearing science. Anatomy & physiology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1988:603.

[210] Zyski BJ, Bull GL, McDonald WE, Johns ME. Perturbation analysis of normal and pathological larynges. Folia Phoniatr 1984;36:190-198.

ACTA BIOMEDICA LOVANIENSIA

1. P. AGOSTINIS, Protein Phosphatases. Substrate specificity and enzyme regulation by second-site phosphorylation. 1988
2. L. MISSIAEN, Characterisation and regulation of the Mg^{2+}-ATPase and the (Ca^{2+}+Mg^{2+})-ATPase in smooth-muscle microsomes and its possible relevance for smooth-muscle function. 1988
3. Y. VANRENTERGHEM, Nonsteroidal Anti-inflammatory Drugs in the Treatment of Chronic Glomerulonephritis. A clinical and experimental study. 1988
4. B. HIMPENS, Free Intracellular Calcium during smooth Muscle Excitation. 1988
5. E. WAELKENS, Regulation and Specificity of the Polycation-stimulated Protein Phosphatases. 1988
6. B. GULYAS, Relative Motion Sensitivity in the Visual System of Cats and Monkeys. 1988
7. J. ANDRES, The Postischemic Myocardium. Energetic State and its Relation to Contractile Failure. 1988
8. J. VAN ELDERE, Intestinal Steroid Desulfation. Isolation and Characterization of Intestinal Steroid Desulfating Bacteria and their Influence on the Enterohepatic Circulation of Steroids. 1988
9. ILONDO MBELENGE MAPOKO, Cellular Receptors for Human Growth Hormone. Quantitative Aspects and Clinical Applications. 1989
10. P. CARMELIET, Production, Release and Paracrine Action of Acetylcholine in the Anterior Pituitary of the Rat. 1989
11. KABI MUKUNYA, Hémorragie Périventriculaire et ntra-ventriculaire du Nouveau-né. Etude Clinique et Ultrasonographique. 1989
12. W. ALLAERTS, Involvement of Folliculo-stellate Cells in Inhibitory Interactions in Rat Anterior Pituitary. A Morpho-functional Study *in Vitro*. 1989
13. C. ROELANT, A comparative Study of Luminol and Lucigenin in the Mediation of Chemiluminescence produced by Stimulated Human Polymorphonuclear Neutrophils and Neutroplasts. 1989
14. D. DECLERCK, Dental Extractions and Compromised Hemostatis. An experimental and clinical study. 1989
15. A. RÓNASZÉKI, Hemodynamic Consequences of the Timing of Atrial Contraction during Complete Atrioventricular Block. 1989
16. K. HEMSCHOOTE, Characterization of an Androgen-Regulated mRNA Encoding Multiple Proline-Rich Polypeptides in the Rat Ventral Prostate. 1989
17. F. CLAESSENS, Study of the Androgen Regulated Genes of Prostatic Binding Protein Functional Characterization of the C3(1) Intronic Androgen Response Element. 1989
18. P. HERDEWIJN, Dideoxynucleoside Analogues as Inhibitors of the Replication of Human Immunodeficiency Virus (HIV). 1989
19. X. CAYLA, Protein Phosphatases of *Xenopus Oocytes*. Phosphotyrosyl phosphatase activation of the PCS phosphatases. 1990
20. C. SMETS, A Knowledge-based System for the Automatic Interpretation of Blood Vessels on Angiograms. 1990
21. R. ROELANDTS, Analyzing the Photochemotherapeutical Principle in the Treatment of Psoriasis. 1990
22. J. VAN AERDE, Intravenous Nutritional Energy Support and Macronutrient Utilisation in the Neonate. 1990

23. F. DE ZEGHER, In Vivo Studies on Growth Hormone Secretion in the Human and Ovine Fetus and Newborn. 1990
24. A. VANDEKERCKHOVE, Studies on Receptors involved in Liver Glycogenolysis in Rabbit, Guinea Pig and Man. 1990
25. L. MORTELMANS, Scintigraphic Evaluation of Coronary Thrombolysis. An experimental and clinical study. 1990
26. W. ROBBERECHT, Control of Growth Hormone and Prolactin Release by Angiotensin Peptides in Reaggregate Cell Cultures of the Rat Pituitary.
27. M. JORISSEN, Ciliogenesis and Ion Channels in Human Nasal Epithelial Cells Cultured in Vitro. 1990
28. G. F.G. MOENS, Aspects of the Epidemiology and Prevention of Suicide. 1990
29. J. TYTGAT, Comparison between Cardiac L- and T-type Calcium Channels: an Electro- Physiological and Pharmacological Study. 1990
30. L. VAN DEN BOSCH, Characteristics and Development of the Na^+-Dependent Hexose Carrier Expressed in Renal Established Cell Lines. 1990
31. M. CASTEELS, Differences in the Peroxisomal ß-Oxidation of Fatty Acids and Bile Acid Intermediates. 1990
32. E. BIELEN, The Inheritance of Cardiac Structure and Function at Rest and During Dynamic Exercise: an Echocardiographic Study in Twins. 1990
33. J. EGGERMONT, Molecular Characterization of the CA^{2+}-pump Isoforms in the Endoplasmic Reticulum of Smooth Muscle. 1990
34. C. VAN GEET, Signal Transduction in Human Endothelial Cells and Endothelial Cell and Platelet Activation in Vivo in Man. 1990
35. L. SCHEPERS, Peroxisomal ß-Oxidation of the Carboxyl Side Chains of Prostaglandins and Bile Acid Intermediates. 1990
36. I. DECLERCK, Modulation of the Ca^{2+} movements in Vascular Smooth Muscle Cells by the Co-transmitters Noradrenaline and ATP. 1991
37. B. DE STROOPER, Biosynthesis and Expression of the Human $\alpha_5\beta_1$-Integrin Fibronectin Receptor. 1991
38. M. GEWILLIG, Cardiac and Circulatory Adaptation after the Fontan Operation. 1991
39. T. BRZOSTEK, Thrombolysis and Acute Myocardial Infarction: Early and Late Effects on Clinical Status, Left Ventricular Function and Exercise Capacity. 1991
40. I. E. NAERT, The Influence of Prosthetic Design and Implant Type on Tissue Reactions around Oral Implants. 1991
41. A. HEREMANS, Matrix Heparan Sulphate Proteoglycan: Structure, Assembly and Core Protein Binding Interactions. 1991
42. F. BIELEN, Sodium-proton Exchange in Cardiac Cells: Role in Modulation of Intracellular Sodium and Sodium-dependent Processes. 1991
43. H. HOUBEN, Study on the Presence of Bombesin-like Peptides and their Effects on Hormone Release and Cell Multiplication in the Rat Anterior Pituitary. 1991
44. I. TORNAI, New Aspects of Platelet-Von Willebrand Factor Interaction. 1991
45. K. LEE, The Plasma Native Alkaline Phosphatase is a Phosphotyrosyl Phosphatase. 1991
46. H. HEIDBÜCHEL, Functional Properties of Atrial Muscarinic K^+ Channels. An Electrophysiological Study in Human Guinea-pig and Frog. 1991

47. L. LAGAE, A Neurophysiological Study of Optic Flow Analysis in the Monkey Brain. 1991
48. W. SPILEERS, A Study of the Neuronal Characteristics of Pattern Reversal Visual Evoked Cortical Potentials with Special Focus on Contrast Modulated Steady State Visual Evoked Potentials (CMSS VEPs). 1991
49. M. BOLLEN, The Structure and Regulation of Type-1 Protein Phosphatases Involved in Hepatic Glycogen Metabolism. 1991
50. S. WERA, Purification and Characterization of the Glycogen-bound Protein Phosphatase from Rat Liver. 1991
51. E. VANDENBERGHE, Clinical Morphological, Immunophenotypic and Genetic Characterization of Follicle Mantle Lymphomas. 1992
52. K. DEVRIENDT, Molecular Characterization of the Human Pregnancy Zone Protein. 1992
53. J. TACK, Physiology of the Enteric Nervous System in the Gastric Antrum of the Guinea-Pig. 1992
54. D. TILEMANS, Paracrine Control of the Development of Anterior Pituitary Cells in the Rat. 1992
55. P. J. HOOFT, Seminal Zinc as a Screening Instrument for the Preliminary Identification of Semen Traces. 1992
56. K. SIPIDO, CA^{2+} Release from the Sarcoplasmic Reticulum of Cardiac Myocytes. 1992
57. P. HENDRIX, Protein Phosphatase 2A Structure and Regulation. 1992
58. E. K. VERBEKEN, An Anatomical Study of Lung Mechanics in Man. 1992
59. L. HSIANG-NING, The Na^+-Activated K^+ Channel in Cardiac Cells: Physiological and Pharmacological Characterization. 1993
60. X. BAI, Heparan Sulfate Proteoglycans in Embryonic Development. 1993
61. S. JANSSENS, Effects of Theophylline on Respiratory Skeletal Muscle: An Experimental Study in Dogs. 1993
62. G. MASSA, The Growth Hormone-Binding Proteins in Rat and Man. 1993
63. L. DESMEDT, Two Novel Cation-Selective Channels in the Apical Membrane of Frog Skin (*Rana Temporaria*): Fluctuation and Small-Signal Analysis of Inactivation by CA^{2+}. 1993
64. M. GARMYN, Responses of Mammalian Skin to Ultraviolet Irradiation: A Combined Morphological and Molecular Study. 1993
65. I. BUYSE, Association of HLA Class II Antigens with Insulin-Dependent Diabetes Mellitus. 1993
66. B. BONTE, Jaw Reflexes of Periodontal Origin. 1993
67. P. DE LEYN, Patterns and Site of Adenosine Triphosphate Catabolism in Lung Tissue. 1993
68. S. DE JAEGERE, Molecular Characterization of Plasma-Membrane Ca^{2+}-transport ATPase Isoforms from the Pig *(Sus scrofa)*. 1993
69. F. TSHIPAMBA MPUILA, Biochemical Molecular and Functional Properties of the Ca^{2+} Homeostasis in Renal Cells in Culture. 1993
70. D. OOSTERLYNCK, Studies on the Natural Killer Mediated Cytotoxicity in Women with Endometriosis. 1994
71. G.M. VERLEDEN, Modulation of Neurotransmission in the Airways: an Experimental Study in Guinea-Pig and Human Airways in Vitro. 1994
72. G. CARMELIET, Modulation of β_1 Integrin Function During Neurite Outgrowth. 1994
73. F. STAMMEN, Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty: a clinical follow-up study. 1994
74. K. PEERLINCK, Von Willebrand's Disease and Hemophilia, Clinical and Genetic Aspects. 1994

75. G. VANHOVE, Peroxisomal ß-Oxidation of 2-Methyl-substituted Fatty Acids. 1994
76. G. VAN DEN BERGHE, Dopamine and Pituitary Hormones in Critical Illness. 1994
77. Z. DEBYSER, Viral DNA Synthesis, A Study of Viral DNA Synthesis in Two Model Systems: HIV-1 Reverse Transcription and DNA Synthesis at the Replication Fork of Bacteriophage T7. 1994
78. X. BOSSUYT, Regulation of Hepatic Microsomal UDP-Glucuronosyltransferases and Nucleotide Sugar: Dolichyl Phosphate Glycosyltransferases. 1994
79. S. VAN LIERDE, Respiratory Distress Syndrome: Early Prediction of Outcome and Characterization of Two Types of Bronchopulmonary Dysplasia. 1994
80. M. WILLEMS, Hepatitis C, Medical Virology and Experimental Study. 1994
81. C. HILLIKER, Molecular and Genetic Characterization of Selected Loci of the A2M-system. 1994
82. L. OVERBERGH, Molecular Characterization of the Murinoglobulins. 1994
83. M. HENDRIKX, Endogenous Myocardial Protection Against Ischemic/Reperfusion Injury. 1994
84. W. MEULEMANS, The Genetics of Dizygotic Twinning. 1994
85. L. VERRESEN, Bradykinin: a New Marker of Bio(in)Compatibility in Hemodialysis. 1994
86. J. VAN LINT, Serine/Threonine Kinases and the Signal Transduction of Mitogenic, Cytotoxic, and Chemotactic Factors. 1994
87. C. VAN HOOF, PTPA, A Protein Controlling the Dual Specificity of Protein Phosphatase 2A. 1994
88. W. DESMET, Restenosis after percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty: Detection, Assessment and Modes of Prevention. 1994
89. M. HERREGODS, Echocardiography in Ischemic Heart Disease. 1994
90. M. BOSCH, Protein Phosphatase Type-2A in *Xenopus Laevis*. 1994
91. M. DEPRÉ, Leukotrienes, Development of Assay Methodology in Biologic Fluids and Evaluation of Antagonists *in vitro* and *in vivo* in Man. 1994
92. J. ARNOUT, The Antiphospholipid Syndrome. 1994
93. G. MERTENS, Cell Surface-Associated Heparan Sulfate Proteoglycans, Binding Properties and Subcellular Expression. 1994
94. D. VAN GOOL, Studies in Pathogenesis of Brain Lesions in Alzheimer's Disease and Related Disorders. 1994
95. M. URIARTE, Phosphorylation and Dephosphorylation of the Ecto-Nucleotide Pyrophosphatase *PC-1* from Rat Liver. 1994
96. M. ZAMANI GHABANBASANI, Association Studies between HLA Class II, CD3 and CD4 Polymorphisms and Diabetes, Multiple Sclerosis and Schizophrenia. 1994
97. M. VERHAEGEN, A Comparison of Halothane and Isoflurane on Celebral Ischemic Thresholds as Assessed by EEG and Cortical Depolarization. 1994
98. R. DEKHUIJZEN, Effects of Glucocorticosteroids on Rat Diaphragm: A Physiological and Histopathological Study. 1994
99. P. DE COCK, Ontwikkelingsperspectieven bij kinderen met geboortegewicht beneden 2000 G. 1994

100. R. MAEX, Direction-Selective Simple Cells in Cat Striate Cortex: A modeling study. 1994
101. M. ZIZI, VDAC, a Mitochondrial Outer Membrane Channel: Physiological Regulation and Biophysical Properties. 1994
102. P. BROCK, Cisplatin Toxicity in Infants and Children. 1994
103. P. WOUTERS, Functional Adaptation to Myocardial Ischemia: The Relationship between Regional Contractile Function and Perfusion in Conscious Dogs. 1994
104. M. MISEREZ, Characteristics of Contractile Dysfunction in Human Heart Failure. 1994
105. R. DECORTE, Application of the Polymerase Chain Reaction to Forensic DNA Analysis in Belgium. 1994
106. H. VERBOOMEN, The SERCA2-Type Ca^{2+}-Transport ATPases in the Pig *(Sus scrofa)*. Isoform Diversity and Regulation by Phospholamban. 1995
107. F.R. WALDENBERGER, Novel Cardiac Assist Devices with Different Unloading Capacities. 1995
108. H. CLAES, Research on Venous Outflow Reduction in Erectile Dysfunction. 1995
109. C. GUO, The Molecular Genetics of X-Linked Alport Syndrome. 1995
110. H. CUPPENS, Genetic Studies of the Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator Gene in Belgian CF Patients. 1995
111. M. BAENS, Isolation and Regional Assignment of New Genes on the Short Arm of Human Chromosome 12. 1995
112. P. DEMAEREL, Clinical Applications of Localized ^{1}H-NMR Spectroscopy in Intracranial Tumours. 1995
113. J. N. HAN, Breathing Patterns in Anxiety Disorders: Is there a Hyperventilation syndrome? 1995
114. S. AZIZ, On the Nature of the Bilirubin Pigments in the Newborn Infant. 1995
115. M. DE HERT, Suïcide bij jonge schizofrene patiënten. 1995
116. R. DERUA, Characterization and Physiological Importance of a Novel Cyclin-B2-Kinase in *Xenopus laevis*. 1995
117. I. ZINK, De voorspelbaarheid van de relatieve taalvaardigheid bij jonge, normaal ontwikkelende kinderen: een follow-up onderzoek aan de hand van de RTOS. 1995
118. P. THEYS, Perceptie van de kwaliteit van slaap en waaktoestand in psychofysiologische insomnia. 1995
119. A. VAN EYNDE, Characterization and Molecular Cloning of NIPP-1, a Novel Regulatory Subunit of Protein Phosphatase-1. 1995
120. L. MERTENS, Regulation of Alternative Processing of the Sarco/Endoplasmic Reticulum Ca^{2+}-ATPase Gene 2 Transcript during Muscle Differentiation. 1995
121. M. FRANSEN, Peroxisome Biogenesis: Identification and Characterization of the Import Receptor for Peroxisomal Proteins Containing a C-Terminal Targeting Sequence. 1996
122. D. MOECHARS, A Transgenic Mouse Model for Alzheimer's Disease. 1996
123. L. UMANS, Targeted Inactivation («knock-out») of the Mouse Genes coding for Alpha-2-Macroglobulin and for the A2M-Receptor Associated Protein. 1996
124. M. GERICKE, Calcium Entry in Endothelium and in Mast Cells - Mechanisms and Modulation. 1996

148. K. LORENT, Expression of the Alpha-2-Macroglobulin Receptor System and the Amyloid Precursor Protein Family in Embryos and in Adult Brain of Wild Type and Transgenic Mice. 1997
149. P. F.J. KOOLS, Molecular Cytogenetic Analysis of Adipose Tissue Tumors with Chromosome 12q13-q15 Involvement. 1997
150. B. N.A. VANDEKERCKHOVE, Slow-Release Delivery of Antimicrobials as Adjunct to Standard Periodontal Therapy. 1997
151. B. BIJNENS, Exploiting Radiofrequency Information in Echocardiography - Acquisition, Processing and Illustrated Applications. 1997
152. M. PEUMANS, The Clinical Performance of Veneer Restorations and their Influence on the Periodontium. 1997
153. S. GLADYS, In Vitro and in Vivo Characterisation of Hybrid Restorative Materials. 1997
154. M. LAMMENS, Developmental Neuropathology in Etiology and Pathogenesis of Human Malformations: a Personal Contribution. 1997
155. E. VANDERMEULEN, Behavioral and Neurophysiological Characterization of a Model of Post-Operative Pain in the Rat. 1997
156. E. E. N. SAM, Pharmacokinetics, Biodistribution and Mode of Action of Apomorphine: An *in vitro* study at cellular level and *in vivo* study using microdialysis. 1997
157. H. LACROIX, The Optimal Surgical Approach for Elective Reconstruction of the Infra- and Juxta-Renal Abdominal Aorta: A randomised prospective study. 1997
158. A. VERDONCK, Effect of Testosterone on Craniofacial Growth in the Human and the Rat. 1997
159. R. VAN ERUM, Dentofacial Growth and Growth Hormone Treatment in Short Children Born Small for Gestational Age. 1997
160. S. CLAES, Localization of Genetic Factors for Nonspecific and Syndromic X-linked Mental Retardation. 1997
161. E. HOEBEN, Local Control of Sertoli Cell Function: Paracrine Factors Produced by Peritubular Myoid Cells and Cytokines. 1997
162. W. KAI, Biocompatibilisation of Coronary Artery Stents. 1997
163. D. TIMMERMAN, Ultrasonography in the Assessment of Ovarian and Tamoxifen-Associated Endometrial Pathology. 1997
164. P. HERIJGERS, Circulatory Effects of Brain Death. 1998
165. K. CROES, α-Oxidation of 3-Methyl-Branched Fatty Acids: A Revised Pathway. 1998
166. J. VERTOMMEN, Pelletization in a Rotary Processor Using the Wet Granulation Technique. 1998
167. K. CASTEELS, 1,25-Dihydroxyvitamin D_3 and its Analogues as Immunomodulators in Autoimmune Type 1 Diabetes: Mechanisms of Action and Preclinical Applications. 1998
168. G. VAN ASSCHE, The Motilin Receptor: Localization and Modulation by Inflammation. 1998
169. A. SCHUERMANS, Epidemic Versus Sporadic MRSA: Relative Importance in an Endemic Situation and Relationship to Nasal Adherence. 1998
170. D. VAN RAEMDONCK, Lung Viability After Circulatory Arrest. 1998
171. W. DECOSTER, Akoestische kenmerken van de ouder wordende stem. 1998

148. K. LORENT, Expression of the Alpha-2-Macroglobulin Receptor System and the Amyloid Precursor Protein Family in Embryos and in Adult Brain of Wild Type and Transgenic Mice. 1997
149. P. F.J. KOOLS, Molecular Cytogenetic Analysis of Adipose Tissue Tumors with Chromosome 12q13-q15 Involvement. 1997
150. B. N.A. VANDEKERCKHOVE, Slow-Release Delivery of Antimicrobials as Adjunct to Standard Periodontal Therapy. 1997
151. B. BIJNENS, Exploiting Radiofrequency Information in Echocardiography - Acquisition, Processing and Illustrated Applications. 1997
152. M. PEUMANS, The Clinical Performance of Veneer Restorations and their Influence on the Periodontium. 1997
153. S. GLADYS, In Vitro and in Vivo Characterisation of Hybrid Restorative Materials. 1997
154. M. LAMMENS, Developmental Neuropathology in Etiology and Pathogenesis of Human Malformations: a Personal Contribution. 1997
155. E. VANDERMEULEN, Behavioral and Neurophysiological Characterization of a Model of Post-Operative Pain in the Rat. 1997
156. E. E. N. SAM, Pharmacokinetics, Biodistribution and Mode of Action of Apomorphine: An *in vitro* study at cellular level and *in vivo* study using microdialysis. 1997
157. H. LACROIX, The Optimal Surgical Approach for Elective Reconstruction of the Infra- and Juxta-Renal Abdominal Aorta: A randomised prospective study. 1997
158. A. VERDONCK, Effect of Testosterone on Craniofacial Growth in the Human and the Rat. 1997
159. R. VAN ERUM, Dentofacial Growth and Growth Hormone Treatment in Short Children Born Small for Gestational Age. 1997
160. S. CLAES, Localization of Genetic Factors for Nonspecific and Syndromic X-linked Mental Retardation. 1997
161. E. HOEBEN, Local Control of Sertoli Cell Function: Paracrine Factors Produced by Peritubular Myoid Cells and Cytokines. 1997
162. W. KAI, Biocompatibilisation of Coronary Artery Stents. 1997
163. D. TIMMERMAN, Ultrasonography in the Assessment of Ovarian and Tamoxifen-Associated Endometrial Pathology. 1997
164. P. HERIJGERS, Circulatory Effects of Brain Death. 1998
165. K. CROES, α-Oxidation of 3-Methyl-Branched Fatty Acids: A Revised Pathway. 1998
166. J. VERTOMMEN, Pelletization in a Rotary Processor Using the Wet Granulation Technique. 1998
167. K. CASTEELS, 1,25-Dihydroxyvitamin D$_3$ and its Analogues as Immunomodulators in Autoimmune Type 1 Diabetes: Mechanisms of Action and Preclinical Applications. 1998
168. G. VAN ASSCHE, The Motilin Receptor: Localization and Modulation by Inflammation. 1998
169. A. SCHUERMANS, Epidemic Versus Sporadic MRSA: Relative Importance in an Endemic Situation and Relationship to Nasal Adherence. 1998
170. D. VAN RAEMDONCK, Lung Viability After Circulatory Arrest. 1998
171. W. DECOSTER, Akoestische kenmerken van de ouder wordende stem. 1998

Akoestische kenmerken van de ouder wordende stem

W. Decoster

Bijstellingen

1. Met het oog op langdurige optimale communicatie, moet het logopedisch werk in rusthuizen uitgebreid worden van remediëring binnen geriatrie naar stimulering binnen gerontologie.

2. Een intensieve auditief-muzikale vorming zou de logopedist moeten in staat stellen als perceptiedeskundige op te treden binnen een multidisciplinair stemteam.

3. Sociaal geïnduceerd gehoorverlies moet beschouwd worden als een verminking waartegen de burger wettelijk zou moeten beschermd worden.