

De akoestische analyse van de oudere stem: kwantitatieve resultaten en interpretatie.

W. Decoster en F. Debruyne

NKO, Gelaat en Halschirurgie, UZ. St. Rafaël, Leuven

In dit onderzoeksverslag belichten we de resultaten van akoestische stemanalyse bij 205 oudere mannen en vrouwen tussen 60 en 99 jaar, gelijk verdeeld over vier decades, en bij een vergelijkingsgroep van zestig 20-jarigen. Eigenschappen van de fundamentele frequentie (F_0 , variabiliteit, hoogste en laagste waarde en bereik), de stabiliteit (jitter, shimmer en H/N-ratio) en het spectrum (amplitudeverschil tussen de eerste en de tweede harmonische (AH1-H2), spectrale helling tussen verschillende frequentiezones) werden geanalyseerd, telkens bij een aangehouden klank [a]. De stemverschillen tussen de leeftijdsgroepen manifesteren zich op de drie geanalyseerde domeinen: de fundamentele frequentie van mannen- en vrouwenstemmen convergeert naar elkaar, de stem wordt minder stabiel en bij de vrouwen wordt AH1-H2 kleiner. Deze verschillen kunnen gedeeltelijk verklaard worden door de anatomische en fysiologische veranderingen van het hele stemapparaat. Om een reëel en correct beeld te verkrijgen van de oudere stem moeten we echter ook een aantal andere aspecten betrekken bij de interpretatie. We bespreken er enkele die de stemgeving beïnvloeden via gewijzigde functionaliteit en/of emoties. Daarnaast gaan we dieper in op de onderzoeksaspecten die bij de oudere persoon bijzondere aandacht vragen.

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 (Ptacek, Sander, Maloney, & Jackson, 1966). 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, vooral om methodologische redenen (Horii, 1980), 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 (De Pinto & Hollien, 1982; Endres, Bambach, & Flösser, 1971; Russell, Penny, & Pemberton, 1995). 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 (Hartelius, Buder, & Strand, 1997; Silbergleit & Dreyer, 1993). 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, ge-

dragsmatige en psychosociale wereld van de oudere persoon en kunnen permanent aanwezig zijn of beperkt in duur tot het contact met de onderzoeker. De aandacht voor deze aspecten stelt ons in staat de oudere stem te benaderen vanuit een brede logopedische visie. Hierdoor krijgen 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.

Het doel van dit artikel is de methodologie en de resultaten van het cross-sectioneel deel van ons onderzoek te bespreken met een sterke focus op de interpretatie van de resultaten en de aanpassing van het onderzoek zelf.

Methode

Proefgroepen

De onderzoeksgroep bestond uit ouderen die thuis woonden, in een serviceflat of in een rusthuis type O, A of B (zie bijlage 1) en enkel voor zogenaamde zelfzorgactiviteiten beroep deden op derden. De rusthuisbewoners waren psychisch onafhankelijk. Thuiswonenden voldeden aan dezelfde voorwaarden. De ouderen konden 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,
- de deelnemer kan gedurende 30' rechtop op (in) een (rol)stoel zitten,
- de deelnemer kan, indien nodig met leesbril, een korte, eenvoudige tekst in een groot lettertype luidor 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. Bij aankomst van de onderzoeker had de directie meestal de deelnemers reeds vooraf aangesproken. 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 elektriciteitsnet of stroomonderbreking door reparatiewerken binnen het rusthuis)
- de vooropgestelde steekproefgrootte van de betrokken leeftijdsgroep was al bereikt toen het onderzoek plaatsvond.

De vergelijkingsgroep werd samengesteld uit 30 vrouwelijke en 30 mannelijke 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.

De uiteindelijk geselecteerde onderzoeks- en vergelijkingsgroep hadden naar aantal per geslacht en per leeftijd de samenstelling zoals in tabel 1 weergegeven.

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 leeftijds-decades 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.

Gegevensverzameling

Van alle betrokken personen (onderzoeks- en vergelijkingsgroep) werd een stemnamnese 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.

De proefpersoon kreeg de opdracht een [a] op normale spreekkluidheid en zo stabiel mogelijk aan te houden gedurende minstens 3 seconden. 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).

Meting van de objectieve akoestische parameters (OAP)

De stemmen werden door dezelfde onderzoeker geanalyseerd op de volgende parameters:

Grondtooneigenschappen (fundamentele frequentie= F_0)

- 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 (F_{hi} =highest fundamental frequency, F_{lo} =lowest fundamental frequency in Hz)

Stabiliteit van de stem

- 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)

Spectrumeigenschappen

- amplitudeverschil tussen eerste en tweede harmonische ($A(H_1-H_2)$ in dB)
- energieverschil tussen de frequentiegebieden onder 1 kHz en 2-4 kHz (E_{1-24} in dB)

- energieverval tussen de frequentiegebieden onder 1 kHz en boven 4 kHz (E1-45 in dB)

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 reflecties van elke onderzoekslocatie (bij de proefpersoon thuis of op het werk).

De aangehouden klanken en CV-verbindingen werden geanalyseerd met het softwareprogramma CSL (Computerized Speech Lab) model 4300 versie 3.X van Kay Elemetrics (Kay Elemetrics, 1991).

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

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 procedure (SAS, 1996) 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. Deze test compenseert voor niet-parametrische verdelingen. 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 (Westfall & Young, 1993), 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. 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).

Resultaten

We beschrijven kort de resultaten en illustreren enkele ervan in de onderstaande figuren.

Bij de vrouwenstem blijft de fundamentele frequentie min of meer stabiel vanaf 60 jaar, na een verlaging van jong naar oud. De fundamentele frequentie van de mannenstem daarentegen verhoogt. Bijgevolg convergeert de F_0 van mannen- en vrouwenstemmen naar elkaar. Bij beide groepen verhoogt het bereik en de variabiliteit van de fundamentele frequentie. (fig. 1) De stabiliteitvermindering komt tot uiting in hogere jitter- en shimmerwaarden en een vermindering van de H/N-ratio (zie respectievelijk fig. 2, 3 en 4). De verschillen tussen mannen en vrouwen werden niet opgenomen in een statistische vergelijking. Toch kunnen we uit de p-waarden van tabel 3 afleiden dat de stemstabiliteit sterker verandert bij de vrouwen dan bij de mannen. We vinden verschillen in vrouwenstemmen bij de drie stabiliteitsparameters. De H/N-ratio verandert het minst: enkel in de vergelijking 60 vs. 90 en slechts op het 5%-niveau. Jitter neemt toe als men in de vergelijking de 90-jarigen opneemt. Shimmer verandert meer gespreid over de decadevergelijkingen en in sterkere mate. Bij mannen verandert enkel de H/N-ratio en slechts op het 5%-niveau. Wat betreft de spectrale kenmerken zien we alleen een vermindering van het intensiteitsverschil tussen de eerste en de tweede harmonische bij de vrouwen en enkel in de vergelijking jong-oud (zie figuur 5). Tabel 2 biedt een overzicht van de gemiddelden en de standaarddeviaties van de akoestische analyse per parameter. De waarden van de standaarddeviaties wijzen op een toegenomen interindividuele variabiliteit.

In tabel 3 zijn de p-waarden opgenomen die resulteerden uit de MULTTEST voor de vergelijkingen jong-oud, jongbejaard-hoogbejaard (JB-HB) en de decadevergelijking, telkens voor mannen en vrouwen afzonderlijk. Voor een meer gedetailleerde beschrijving verwijzen we naar de literatuur (Decoster & Debruyne, 1996a; 1996b; 1997a; 1997b).

Tabel 1: Aantal deelnemers per leeftijdsgroep en geslacht, met leeftijdsgemiddelde en -bereik uitgedrukt in jj;mm.

	oud				totaal	jong
	60-69 j.	70-79 j.	80-89 j.	90-99 j.		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 -bereik voor elke groep

⁽¹⁾: 66;11 j. (60;01-69;11)

⁽⁵⁾: 65;07 j. (60;03-69;05)

⁽⁹⁾: 21;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)

Tabel 2: Gemiddelden en standaard deviaties van de akoestische parameters van een aangehouden [a] bij mannen en vrouwen per leeftijdsdecade.

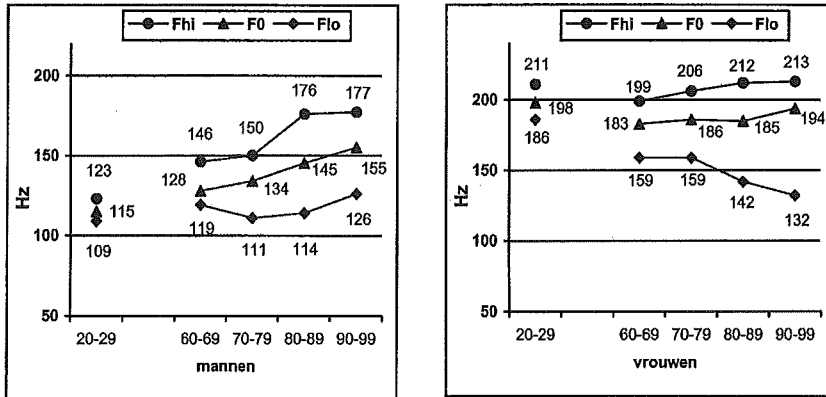
		mannen					vrouwen				
		20-29	60-69	70-79	80-89	90-99	20-29	60-69	70-79	80-89	90-99
grondtoon											
F ₀ (Hz)	\bar{X}	115	128	134	145	155	198	183	186	185	193
	SD	15.3	28.4	32.3	34.6	21.7	19.1	31.9	24.2	28.0	24.2
var (Hz)	\bar{X}	2.2	3.8	7.3	10.3	6.8	3.8	5.2	5.9	10.1	15.8
	SD	1.9	3.3	9.5	8.1	4.8	2.2	3.2	4.3	9.8	15.4
bereik (Hz)	\bar{X}	13.6	26.2	39.4	62.2	53.9	25.1	40.0	47.8	70.3	81.5
	SD	14.5	27.2	46.5	42.6	51.3	17.0	37.7	53.5	60.6	58.4
Phi (Hz)	\bar{X}	122	145	150	176	177	211	199	206	212	213
	SD	19.9	35.1	39.3	33.8	30.5	21.4	34.3	43.6	34.7	23.0
Flo (Hz)	\bar{X}	109	119	111	114	123	109	119	111	114	123
	SD	14.3	27.3	23.9	35.6	34.1	14.3	27.3	23.9	35.6	34.1
stabiliteit											
Jitter (%)	\bar{X}	0.46	0.77	1.18	1.40	0.95	0.74	1.15	1.01	1.22	2.54
	SD	0.46	0.65	1.93	1.11	1.00	0.59	0.82	1.32	0.86	3.51
Shimmer (dB)	\bar{X}	0.28	0.45	0.43	0.56	0.36	0.36	0.30	0.36	0.52	0.67
	SD	0.10	0.25	0.35	0.39	0.24	0.13	0.15	0.16	0.32	0.59
H/N (dB)	\bar{X}	12.2	8.12	7.96	3.61	5.90	11.6	9.57	8.27	6.74	4.99
	SD	4.08	5.12	6.87	5.34	6.33	5.33	5.31	4.95	5.32	6.69
spectrum											
A(H1-H2) (dB)	\bar{X}	5.51	5.29	3.88	6.99	5.77	9.55	6.38	5.97	5.46	4.91
	SD	3.64	6.05	3.55	5.44	6.93	3.84	5.10	4.16	4.74	4.56
E1-24 (dB)	\bar{X}	28.4	26.2	26.5	27.6	27.3	27.0	25.7	24.7	25.2	25.1
	SD	4.1	7.6	6.6	5.6	5.1	3.8	7.6	5.9	6.9	7.0
E1-45 (dB)	\bar{X}	37.8	32.8	35.2	36.3	36.2	33.5	33.2	30.8	31.3	32.1
	SD	6.7	8.7	8.7	7.2	6.9	7.2	7.7	6.7	8.1	10.2

Tabel 3: p-waarden na MULTTEST voor de vergelijkingen jong-oud, jongbejaard-hoogbejaard (JB-HB) en de decadevergelijking per geslacht: aangehouden [a]. (statistisch significante waarden werden gecursiveerd en vet gedrukt)

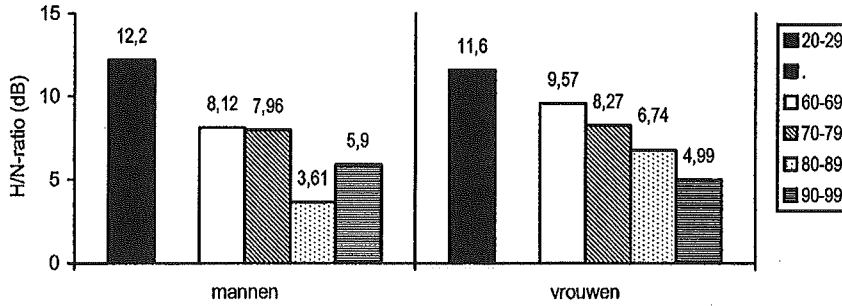
mannen klank [a]								
	jong-oud N30-100	JB-HB N60-40	decadevergelijking					
			60 vs 70	60 vs 80	60 vs 90	70 vs 80	70 vs 90	80 vs 90
grondtoon								
F0	0.0001	0.0130	0.8960	0.1160	0.0450	0.5030	0.1930	0.8110
variabiliteit	0.0060	0.2030	0.1910	0.0010	0.7110	0.3280	1.0000	0.5330
bereik	0.0001	0.0130	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
vrouwen klank [a]								
	jong-oud N30-105	JB-HB N60-40	decadevergelijking					
			60 vs 70	60 vs 80	60 vs 90	70 vs 80	70 vs 90	80 vs 90
grondtoon								
F0	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	1.0000
E1-45	0.8350	1.0000	0.7290	0.8610	0.9880	0.9990	0.9800	0.9960

Tabel 4: Overzicht van secundaire beïnvloedende factoren op de oudere stem via functionaliteit en/of emoties.

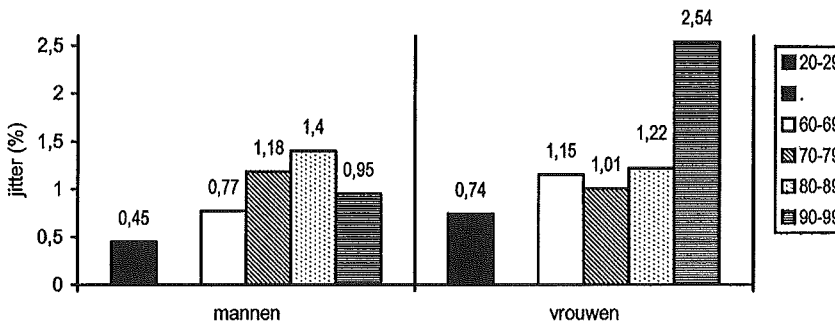
-
1. Perceptie: gehoor en visus (lipbeeld)
 2. Invloed van medicatie, roken, alcohol, dieet
 3. Verschil biologische vs. chronologische leeftijd
 4. Fitnessgap: verschil tussen actuele en potentiële fitheid
 5. In onbruik geraken van functies: disuse atrophy
 6. Wijzigingen in de verbale communicatie
 - minder lang, minder frequent,
 - minder vaak zelf initiatief,
 - afwezigheid van valide gesprekspartner,
 - discrepantie communicatienood en communicatieaanbod
 - gespreksonderwerp verengt
 7. Omgaan met de realiteit
 - graad van zelfstandigheid,
 - aantal verantwoordelijkheden
 - levensfase en levensverwachtingen
 - stress en tijdsdruk (te veel/te weinig)
 - emotionele banden
 - perceptie van lichaam en mogelijkheden
 - inwonen bij familie of intrek in rusthuis
 - mate waarin behoeften voldaan worden
 - mate waarin men beroep doet op persoon
 8. Cognitie
 - sensorische gevoeligheid: hogere drempel, variaties moeilijker op te sporen
 - patroonherkenning
 - waakzaamheid
 - leren (herhalen, mnemotechniek, interferentie)
 - selectieve en verdeelde aandacht
 - geheugen (korte termijn, terugvinden, automatisch geheugen)
-



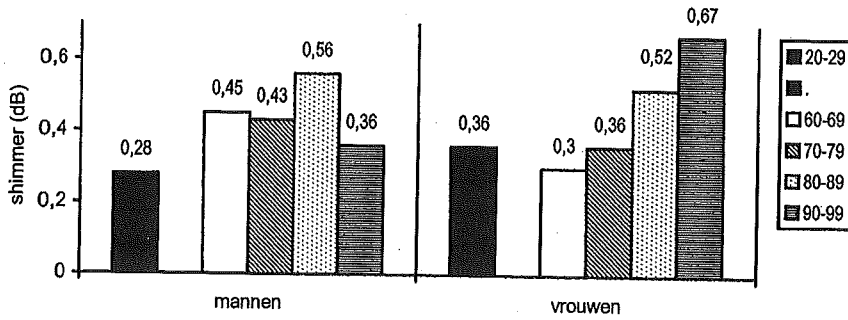
Figuur 1. Hoogste (Fhi), gemiddelde (F₀) en laagste (Flo) fundamentele frequentie voor mannen en vrouwen: [a]



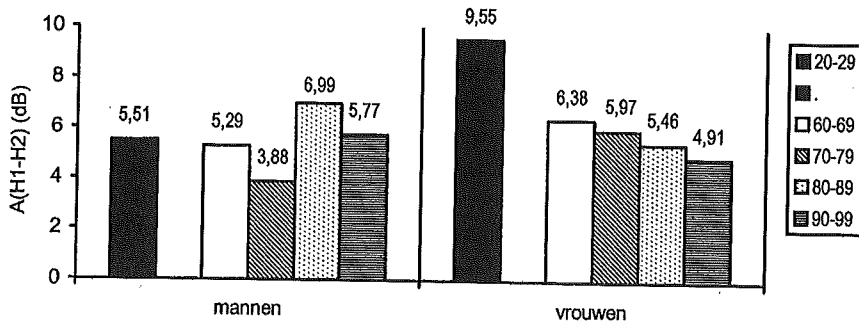
Figuur 2. H/N-ratio voor mannen en vrouwen : [a]



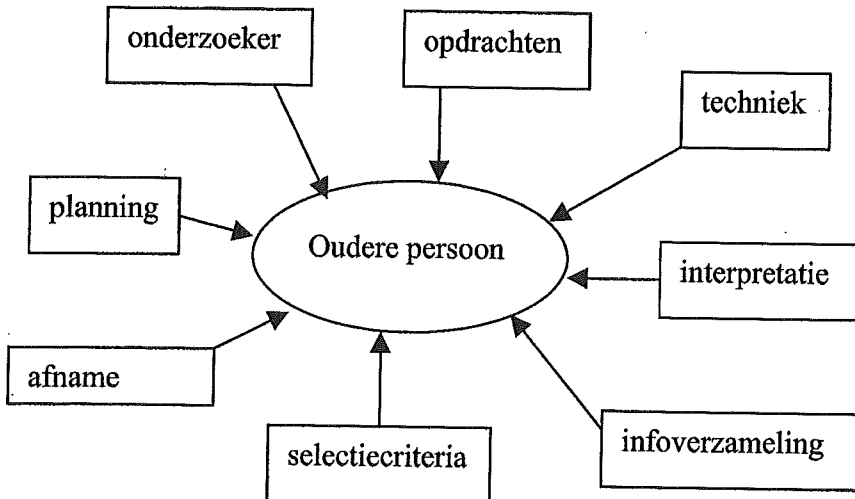
Figuur 3. Relatieve jitter voor mannen en vrouwen: [a]



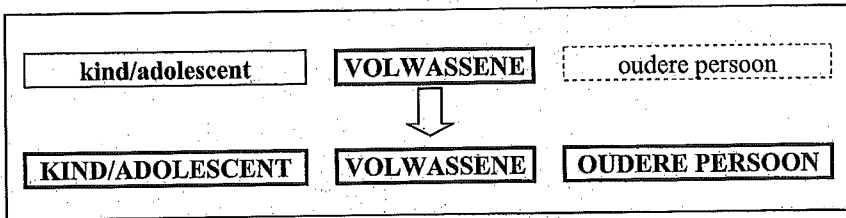
Figuur 4. Shimmer voor mannen en vrouwen: [a]



Figuur 5. AH1-H2 voor mannen en vrouwen: [a]



Figuur 6. aan te passen aspecten van het stemonderzoek bij ouderen



Figuur 7. Evolutie van ongelijk naar gelijk gespreide aandacht voor de verschillende leeftijdsgroepen bij stemonderzoek

Discussie

In grote lijnen bevestigen onze resultaten de literatuurgevens wat betreft de grondtoon van de stem. De convergentie van de mannen- en vrouwenstemmen noemt Hollien "coalescence" (Hollien, 1987). De frequentieverhouding tussen de jonge vrouwen- en mannenstemmen komt het best overeen met de waarde door Higgins en Saxman vermeld nl. 1.7 (Higgins & Saxman, 1991). Deze waarde vermindert voor de 90-jarigen tot 1.25. Ook een verminderde stemstabiliteit is een vaststelling uit andere onderzoeksverslagen (Benjamin, 1981; Biever & Bless, 1989; Honjo & Isshiki, 1980; Linville, Skarin, & Fornatto, 1989; Orlikoff, 1990; Ramig, 1983; Ringel & Chodzko-Zajko, 1987; Wilcox & Horii, 1980). Gegevens over het spectrum van de oudere stem ontbreken in de literatuur. Dus op dit domein is geen vergelijking mogelijk.

Regelmatig treft men in verslaggeving over de oudere stem termen aan als "pathologisch" (Benjamin, 1982; Sapienza & Dutka, 1996) of "typisch voor een bepaald ziektebeeld" (Liss, Weismer, & Rosenbek, 1990). Doch, dit zijn ons inziens verkeerd gekozen termen. Het feit dat de interindividuele variabiliteit (uitgedrukt door de *sd*, zie tabel 2) toeneemt, betekent dat de grenzen van de normaliteit bij ouderen verder van de gemiddelde waarden liggen dan bij jonger volwassenen. Orlikoff noemt dit verschijnsel met recht "the elderly individualism" (Orlikoff, 1990). Awan en Mueller (1992) 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.

De akoestische stemanalyse biedt het voordeel objectief cijfermateriaal te genereren waarop statistische toetsen kunnen worden uitgevoerd als basis voor de besluitvorming. Tegelijk beschikt de onderzoeker over gegevens die hij al dan niet als norm of referentie kan gebruiken. Maar dit soort onderzoek is slechts een deel van het plaatje. Het is een detailanalyse op microvlak (versus een globaalanalyse op macrovlak zoals de perceptie), men verkrijgt een beeld van de fonatie tijdens een aangehouden klank, wat een atypische stemopdracht is (versus een functionele opdracht zoals lopende spraak of de stem bij fonetografiemeting), het akoestisch signaal staat centraal (versus de structuur en de fysiologie bij videostroboscopie) en de beoordeling is enkel gebaseerd op cijfers (versus het aandeel van de impact van de stemverandering op de zelf-perceptie van de oudere).

Wil dit onderdeel van de stembeoordeling leiden tot juiste en bruikbare gegevens, dan vereist het bijzondere aandacht op enkele punten (zie fig. 6) (Decoster & Debruyne, 1997c). Zoals bij stemonderzoeken bij jongere personen, moeten de technische aspecten zo nauwkeurig mogelijk worden omschreven en gestandaardiseerd. We denken hier aan mond-microfoonafstand, uitrusting en methodiek voor de opname, de analyse en de verwerking van de stemstalen. Maar de praktijk van het stemonderzoek bij oudere personen toont aan dat heel wat andere factoren flexibel moeten aangepast worden aan de persoon. Men kan niet verwachten dat grote groepen ouderen naar een stemlabo komen voor onderzoek. De vaak verminderde mobiliteit zal de onderzoeker ertoe dwingen de woonplaats van de proefpersonen op te zoeken. Op dit punt zal men dus de keuze moeten maken tussen de gangbare eis van gelijke akoestische onderzoeksomgeving en een aanvaardbare groeps grootte. Bij verschillende akoestische omgevingen mag men verschillende invloed verwachten op de akoestische stemmetingen. Dit kan geminimaliseerd worden door een optimale mond-microfoonafstand, het juiste type microfoon, en het gebruik van digitale apparatuur. Is het jittersniveau van de elektronische schakeling gekend of meetbaar, dan kan de onderzoeker ook hiermee rekening houden. Als een gelijke akoestische opnameomgeving praktisch moeilijk haalbaar is, dan moet gezocht worden naar het best mogelijk methodologisch compromis.

Verder moet de onderzoeker zich ook realiseren dat bepaalde toelatingsvoorwaarden bij hoogbejaarden onhaalbaar zijn. Denken we maar aan "geen gehoorverlies (Jensen, 1990; Kapteyn, Clemens, Glazenburg, & Joustra, 1994) of "geen vastgestelde pathologie". Uit onderzoek blijkt dat pathologie identificeren moeilijker is bij hoog bejaarden, zodat veel van hen lijden aan niet onderkende multi pathologie (Poli & Pich, 1993). Te hoge selectiecriteria zorgen voor de deelname van een elitegroep van ouderen die niet hun leeftijdsgroep representeert (Liss et al., 1990). Ons inziens is het haalbaarder te kijken naar functionele mogelijkheden in plaats van naar maximale mogelijkheden. De criteria moeten vlot observeerbaar zijn voor virtueel alle individuen zodat ook heel oude mensen kunnen deelnemen (Chodzko-Zajko & Ringel, 1987).

In dezelfde lijn moet men zeer nauwkeurig de fonatieopdrachten selecteren. Van 90-jarigen mag men bijvoorbeeld niet verwachten dat lezen nog automatisch verloopt. Als de taal lijdt aan afbraak, dan komt dit eerder voor bij een secundaire functie als lezen dan bij het spreken. Veel ouderen kunnen ook geen klinker 5 seconden aanhouden, of lange anamnese gesprekken voeren zonder vermoeid te worden.

De onderzoeker moet ook veel tijd voorzien. Eerst en vooral om de nodige informatie te kunnen verzamelen. Bij de normale stem zijn de gegevens niet zo systematisch beschikbaar als in een dossier bij stempathologie. Ouderen die enkel voor zelfzorgactiviteiten een beroep doen op derden behouden meestal hun eigen huisarts waardoor de gezondheidsgegevens niet centraal door de verpleegeenheid van het rusthuis worden bewaard. Voor medische gegevens die verder strekken dan het dagschema voor de medicatie, moet de onderzoeker dus te rade bij de verschillende huisartsen. Ook bij de planning van de onderzoeken is extra tijd nodig. Een slechte nachtrust, onvoorziene omstandigheden waarop men met onrust of verwardheid reageert, acute gezondheidsproblemen of zo maar een "slechte dag" dwingen de onderzoeker soms op

een ander tijdstip de stemopname opnieuw te plannen. Tenslotte vraagt ook het stemonderzoek zelf meer tijd omwille van tragere reactiemogelijkheden, de noodzaak tot herhaling enz.

Wil men conclusies verwoorden vanuit stemonderzoek bij ouderen, dan moeten we veel aspecten in de interpretatie betrekken die misschien de stemklank hebben beïnvloed, maar niet rechtstreeks het gevolg zijn van anatomische of fysiologische veroudering. We bespreken deze als secundaire oorzaken via een gewijzigde functionaliteit of via emotie (zie tabel 4). Een gewijzigde functionaliteit kan het gevolg zijn van een perceptueel verlies. Hierbij denken we niet alleen aan de verhoging van de gehoordrempel die de stemintensiteit kan doen toenemen (Burzynski, 1987; Weatherley, Worall, & Hickson, 1997), maar ook aan een visusprobleem zodat men minder compenserende of aanvullende informatie krijgt vanuit het lipbeeld. Verder mag men ook effecten op de stem verwachten van langdurig gebruik van bepaalde medicatie, roken alcoholgebruik of bepaalde diëten (vooral in de zin van éénzijdige voeding waardoor voedingstekorten ontstaan) (Bromley, 1990; Eulderink, Heeren, Knook, & Ligthart, 1995; Kenney, 1988). Over gecombineerde effecten van deze (gewoonte)gedragingen op de stem is nog weinig gekend. In veel gevallen biedt de biologische leeftijd meer informatie over de veroudering dan de chronologische leeftijd. Wil men dit aspect in het stemonderzoek betrekken, dan stelt men in de literatuur voor de hartslag, de systolische en de diastolische bloeddruk en de vitale capaciteit te meten (Chodzko-Zajko & Ringel, 1987). Met die maatstaf kan men nauwkeuriger uitspraken doen omtrent de veroudering. Het verschil tussen actuele en potentiële fitheid (lenigheid, vaardigheid, uithouding en kracht) is meestal bij ouderen groter dan bij jongeren (Muir Gray, Bassey, & Young, 1985). Het aandeel van deze fitnessgap kan bij oudere stemmen dus ook groter zijn. Verder gebruikt de oudere persoon bepaalde functies soms minder of niet meer uit gewoonte (men zingt bijvoorbeeld niet meer), uit overtuiging (bijvoorbeeld "iemand van 80 jaar fietst niet meer") of uit noodzaak (geen trappen lopen omwille van gewrichtspijnen). Dit kan de stemgeving in al zijn aspecten beïnvloeden (ademhaling, fonatie, resonantie). Een ver doorgedreven vorm van onbruik leidt tot disuse atrophy (Ghoos et al., 1990). Tenslotte kan de stemklank beïnvloed zijn door emoties (Bromley, 1990; Cairns & Hansen, 1994; Hollien, 1980; Sundberg, 1987; Williams & Stevens, 1972). Deze emoties kunnen tijdelijk zijn naar aanleiding van het contact met de onderzoeker of de onderzoeksprocedure, of met meer chronische emoties verbonden met wijzigingen in het psychosociaal (Beverly, 1975; Busse, 1988; Krause, 1993; Rosen & Sataloff, 1997; Warners, 1991), cognitief (Bromley, 1990; Eulderink et al., 1995; Kausler, 1988) en communicatief leefpatroon van de persoon (Boone, Baylees, & Koopman, 1982; Woelfel, 1976).

Dit hele gamma specifieke aandachtspunten vereist dan ook dat de onderzoeker beschikt over specifieke kennis en aangepaste vaardigheden in verband met de oudere persoon. Hij/zij moet in staat zijn de signalen van de proefpersoon juist te interpreteren en het onderzoek zo te organiseren en te regisseren dat de stem tijdens de opname zo minimaal mogelijk afwijkt van de normale dagelijkse stem. Hoewel al deze aspecten uiteraard ook gelden voor stemonderzoek bij jongere leeftijdsgroepen, verdient

elk onderdeel van het stemonderzoek explicieter de aandacht bij ouderen gezien de snellere invloed ervan op de stem via gewijzigde emotie (zie hoger).

Samengevat dienen we over de volgende punten te waken:

- Indien enigszins mogelijk, moet men de technische aspecten standaardiseren (opnameapparatuur, mond-microfoonafstand, analyse- en verwerkingsmethode)
- De eisen die gesteld worden aan de deelnemers wat betreft gezicht, gehoor, communicatie, begrip, stemopdracht enz. moet binnen de normale mogelijkheden van de leeftijdsgroep zijn
- Sommige omstandigheden en/of situaties en de houding van de onderzoeker moeten aangepast worden aan de persoonlijke noden en behoeften van de oudere persoon.
- Bij de interpretatie moet de onderzoeker rekening houden met veel secundaire factoren met mogelijke stembeïnvloeding.

Om een objectief, wetenschappelijk totaalbeeld te krijgen van de oudere stem en om de leeftijdsgroep minder stiefmoederlijk te behandelen moeten we in de toekomst nog een aantal stappen zetten:

- We moeten onze collega's van het multidisciplinair team, alle zorgverstrekkers en ook het beleid overtuigen van dit soort onderzoekswerk
- We moeten prospectief cohort-sequentiële onderzoeken plannen om te kunnen spreken over veranderingen met de leeftijd in plaats van verschillen tussen leeftijden
- We moeten zoeken naar normwaarden specifiek voor oudere personen, zoals we ook doen voor kinderen en volwassenen
- Er is ook nood aan uitbreiding van dit onderzoek op grotere schaal en over meerdere onderzoekscentra
- Gebaseerd op deze onderzoeksresultaten moeten screeningsprogramma's ontwikkeld worden ter voorkoming van pathologie, tenminste bij ouderen met een verhoogd risico.

Met andere woorden: gezien de eigenheid van het onderzoek naar de ouder wordende stem is een evolutie noodzakelijk naar een zelfstandig onderzoeksdomein met een aangepaste methodologie (zie fig. 7)

Besluit

De oudere stem evolueert naar een convergentie van de fundamentele frequentie tussen mannen- en vrouwenstemmen. De stem wordt ook minder stabiel en is intra-individueel variabel. De normaliteitsgrenzen liggen verder uiteen door de toegenomen interindividuele variabiliteit. Deze bevindingen zijn niet alleen het gevolg van anatomische en fysiologische veranderingen maar ook van wijzigingen in communicatie, cognitie, belevingswereld, emotie en psychosociaal welbevinden. De specifieke situatie van de oudere persoon dwingt ons werk te maken van afzonderlijke normen voor de oudere stem. Hiertoe moeten de gebruikelijke onderzoeksmethoden op verscheidene punten aangepast worden in de richting van onafhankelijk onderzoek op basis

van een correcte methodologie. Pas dan kunnen we betrouwbare resultaten verwachten en krijgen we een realistische kijk op de oudere wordende stem.

Bijlage 1 : Bepaling van de types rust- en verzorgingstehuizen in Vlaanderen

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.

Summary

In a cross-sectional study on the senescent voice, 205 elderly voices, sustaining an [a], of men and women between 60 en 99 years old, equally divided in 4 age decades, were acoustically analyzed. The same was done for a comparison group of sixty 20-years old men and women. We found age differences concerning three domains of analysis: The fundamental frequency of men and women congruate one to another. Voices become less stable as refelected in an increase of relative jitter, shimmer and a decrease of the harmonics-to-noise ratio. And finally, the amplitude between the first and the second harmonic decreases. These differences can not fully be the result of anatomical and physiological ageing. Some secondary aspects, influence the voice by means of an altered functionality or emotions. Moreover, the investigation must be adapted at the specific needs of the elderly person. These factors must be taken under considerati-

on in the interpretation of the results. Only in this way, we can obtain a realistic and a correct view on the senescent voice.

Literatuur

- Awan, S. N., & Mueller, P. B. (1992). Speaking fundamental frequency characteristics of centenarian females. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 6, 249-254.
- Benjamin, B. J. (1981). Frequency variability in the aged voice. *J Gerontol*, 36, 722-726.
- Benjamin, B. J. (1982). Phonological performance in gerontological speech. *Journal of Psycholinguistic Research*, 11, 159-167.
- Beverly, E. V. (1975). The beginning of wisdom about aging. *Geriatrics*, (July), 117-128.
- Biever, D. M., & Bless, D. M. (1989). Vibratory Characteristics of the vocal folds in young adult and geriatric women. *J Voice*, 3, 120-131.
- Boone, D. R., Baylees, K. A., & Koopman, C. H. F. (1982). Communicative aspects of aging. *Otolaryngol Clin North Am*, 15, 313-327.
- Bromley, D. B. (1990). *Behavioural gerontology. Central issues in the psychology of ageing*. Chichester: John Wiley & sons.
- Burzynski, C. M. (1987). The voice. In G. V. Mueller HG (Ed.), *Communication disorders in aging: Assessment and Management* (pp. 214-237). Washington: Gallaudet Uni Press.
- Busse, E. W. (1988). Mental and emotional factors in physical health in late life. In L. D. Chernoff R (Ed.), *Health promotion and disease prevention in the elderly* (pp. 185-193). New York: Raven Press Ltd.
- Cairns, D. A., & Hansen, J. H. L. (1994). Nonlinear analysis and classification of speech under stressed conditions. *J Acoust Soc Am*, 96, 3392-3400.
- Chodzko-Zajko, W. J., & Ringel, R. L. (1987). Physiological fitness measures and sensory and motor performance in aging. *Experimental Gerontology*, 22, 317-328.
- De Pinto, O., & Hollien, H. S. (1982). Speaking fundamental frequency characteristics of Australian women: then and now. *J Phonetics*, 10, 367-375.
- Decoster, W., & Debruyne, F. (1996a). Kenmerken van de fundamentele frequentie van de oudere stem bij mannen en vrouwen tussen 60 en 99 jaar. *Tijdschrift voor Logopedie en Audiologie*, 26, 133-142.
- Decoster, W., & Debruyne, F. (1996b). Veranderingen in de objectieve akoestische parameters van de stem bij het ouder worden : Longitudinaal onderzoek. *Stem-, Spraak- en Taalpathologie*, 5, 105-115.
- Decoster, W., & Debruyne, F. (1997a). The ageing voice: changes in fundamental frequency, waveform stability and spectrum. *Acta Otorhinolaryngol Belg*, 51, 105-112.
- Decoster, W., & Debruyne, F. (1997b). Changes in spectral measures and voice-onset time with age: a cross-sectional and a longitudinal study. *Folia Phoniatr et Logop*, 49, 269-280.
- Decoster, W., & Debruyne, F. (1997c). De oudere stem: een heldere spiegel. Richtlijnen voor een geslaagd stemonderzoek. *Logopedie*, 10(4), 49-58.
- Endres, W., Bambach, W., & Flösser, G. (1971). Voice spectrograms as a function of age, voice disguise, and voice imitation. *J Acoust Soc Am*, 49, 1842-1848.
- Eulderink, F., Heeren, T. J., Knook, D. L., & Ligthart, G. j. (1995). *Inleiding in de gerontologie en geriatrie*. Bohn Stafleu Van Loghum.
- Ghoos, J., Godderis, J., Leirman, W., Marcoen, A., Pelemans, W., & Schotsmans, P. (1990). *Zinvol ouder worden. Een multidisciplinaire analyse*. Leuven: Uitgeverij Peeters.

- Hartelius, L., Buder, E. H., & Strand, E. A. (1997). Long-term phonatory instability in individuals with multiple sclerosis. *J Speech Hear Res*, 40, 1056-1072.
- Higgins, M. B., & Saxman, J. H. (1991). A comparison of selected phonatory behaviors of healthy aged and young adults. *J Speech Hear Res*, 34, 1000-1010.
- Hollien, H. (1980). Vocal indicators of physiological stress. Forensic psychology and psychiatry. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 347, 47-72.
- Hollien, H. (1987). Old Voices: What do we really know about them? *J Voice*, 1, 2-17.
- Honjo, I., & Isshiki, N. (1980). Laryngoscopic and voice characteristics of aged persons. *Arch Otolaryngol*, 106, 149-150.
- Horii, Y. (1980). Vocal shimmer in sustained phonation. *J Speech Hear Res*, 23, 202-209.
- Jensen, J. H. (1990). *Presbycusis and other age related aspects. 14th Danavox symposium.*
- Kapteyn, T. S., Clemens, A., Glazenburg, B. E., & Joustra, J. (1994). *Slechthorende en hoortoestel.* Leiden, Rijnsburg: Nederlandse vereniging voor KNO-heelkunde van het hoofd-halsgebied.
- Kausler, D. H. (1988). Cognition and aging. In Shadden BB (Ed.), *Communication behavior and aging. A sourcebook for clinicians* (pp. 79-106): Williams & Wilkins.
- Kay Elemetrics. Computerized Speech Lab (1991). *Operation manual (Version 3.X) [4300]. Pine Brook, USA: Kay Elemetrics Corp.*
- Kenney, R. A. (1988). Physiology of aging. In S. BB (Ed.), *Communication behavior and aging. A sourcebook for clinicians* (pp. 58-78). Baltimore: William & Wilkins.
- Krause, N. (1993). Neighbourhood deterioration and social isolation in later life. *Int J Aging and Human Development*, 36, 9-38.
- Linville, S. E., Skarin, B. D., & Fornatto, E. (1989). The interrelationship of measures related to vocal function, speech rate, and laryngeal appearance in elderly women. *J Speech Hear Res*, 32, 323-330.
- Liss, J. M., Weismer, G., & Rosenbek, J. C. (1990). Selected acoustic characteristics of speech production in very old males. *J Gerontol : Psychological Sciences*, 45, 35-45.
- Muir Gray, J. A., Bassey, E. J., & Young, A. (1985). The risk of inactivity. In M. Gray (Ed.), *Prevention of disease in the Elderly* (pp. 78-94): Churchill.
- Orlikoff, R. F. (1990). The relationship of age and cardiovascular health to certain acoustic characteristics of male voice. *J Speech Hear Res*, 33, 450-457.
- Poli, L., & Pich, A. (1993). Autopsy and multiple pathology in the elderly. *Gerontology*, 39, 55-63.
- Ptacek, P. H., Sander, E. K., Maloney, W. H., & Jackson, C. C. (1966). Phonatory and related changes with advanced age. *J Speech Hear Res*, 9, 353-360.
- Ramig, L. A. (1983). Effects of physiological aging on speaking and reading rates. *J Commun Disord*, 16, 217-226.
- Ringel, R. L., & Chodzko-Zajko, W. J. (1987). Vocal indices of biological age. *J Voice*, 1, 31-37.
- Rosen, D. C., & Sataloff, R. T. (1997). *Psychology of Voice Disorders.* San Diego, London: Singular Publishing Group, Inc.
- Russell, A., Penny, L., & Pemberton, C. (1995). Speaking fundamental frequency changes over time in women: a longitudinal study. *J Speech Hear Res*, 38, 101-109.
- Sapienza, C. M., & Dutka, J. (1996). Glottal airflow characteristics of women's voice production along an aging continuum. *J Speech Hear Res*, 39, 222-228.
- SAS Institute. (1996). *SAS STAT, software changes and enhancements through release 6.11, manual.*

- Silbergleit, A. K., & Dreyer, D. E. (1993). *Acoustic analysis of voice in patients with amyotrophic lateral sclerosis*. Anaheim, CA: Paper presented at the annual convention of the American Speech and Language-Hearing Association.
- Sundberg, J. (1987). *The science of the singing voice*. Illinois: Northern Illinois University Press Dekalb.
- Warners, I. (1991). Terug naar de oorsprong. Over de geboorte van de nieuwe oudere. *Denkbeeld, Tijdschrift voor psychogeriatric*, 3, 20-23.
- Weatherley, C. C., Worall, L. E., & Hickson, L. M. H. (1997). The effect of hearing impairment on the vocal characteristics of older people. *Folia Phoniatr et Logop*, 49, 53-62.
- Westfall, P. H., & Young, S. S. (1993). *Resampling-based multiple testing. Examples and methods for p-value adjustment*. New York, Chichester: John Wiley & Sons Inc.
- Wilcox, K. A., & Horii, Y. (1980). Age and changes in vocal jitter. *J Gerontol*, 35, 194-198.
- Williams, C. E., & Stevens, K. N. (1972). Emotions and speech: Some acoustical correlates. *J Acoust Soc Am*, 52, 1238-1250.
- Woelfel, J. (1976). Communication across age levels. In O. E. Oyer HJ (Ed.), *Aging and communication* (pp. 63-73). Baltimore: University Park Press.