

## Veranderingen in het fonetogram onder invloed van stembelasting: Een bruikbare stembelastingstest?

C.G.M. Blaauw<sup>1</sup> en C. Alvarado-van Os<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Afdeling Stem- en Spraakstoornissen, Katholieke Universiteit Nijmegen*

<sup>2</sup>*Streekziekenhuis Koningin Beatrix, Winterswijk*

De validiteit van een stembelastingstest wordt geëvalueerd, waarbij veranderingen in de stemomvang worden gemeten door middel van een fonetogram onder invloed van gestandaardiseerde stembelasting bij 40 proefpersonen. De stemomvang werd geobjectiveerd aan de hand van drie uit het fonetogram afgeleide parameters, namelijk:

1. De gemiddelde maximale intensiteit in het "spreekgebied" (het "spreekgebied" is een gedefinieerd frequentie gebied waarbinnen de grondtoon ligt).
2. De gemiddelde dynamiek in het "spreekgebied".
3. De gemiddelde dynamiek van de totale melodische omvang.

Deze drie parameters werden zowel voor als na een gestandaardiseerde stembelastingstest berekend uit het fonetogram en met elkaar vergeleken. De gestandaardiseerde stembelasting bestond uit het voorlezen van een tekst gedurende 30 minuten met een stemsterkte van 75-85 dB bij een mond-microfoonafstand van 30 cm. Als van een groep proefpersonen de waarden van de parameters voor en na de stembelastingstest significant van elkaar verschilden beschouwden we de stemmen van deze proefpersonen als minder belastbaar. De 40 proefpersonen waren verdeeld in vier groepen van 10 personen: 10 proefpersonen met stemklachten en een grote stem, 10 proefpersonen met stemklachten en een kleine stem, 10 proefpersonen zonder stemklachten en een grote stem, 10 proefpersonen zonder stemklachten en een kleine stem. De groepen bevatten een gelijk aantal mannen en vrouwen. Deze proefpersonen uit de vier groepen werden bovendien gecategoriseerd volgens de volgende criteria: met een goede (maximaal posterieur cartilagineus open), voldoende (een opening van maximaal 30 % van de membraanuze glottislengte) en slechte glottissluiting (opening van meer dan 30 % van de membraanuze glottislengte). De resultaten tonen een statistisch significante afname van de maximale intensiteit

en dynamiek na stembelasting die bijna gelijk is in alle groepen en categorieën. Ofschoon alle groepen en categorieën een duidelijk, doch identiek effect van de stembelasting op het fonetogram vertonen, is de stembelastingstest niet selectief genoeg om de verschillende groepen en categorieën te onderscheiden.

## Inleiding

In de foniatische praktijk neemt de groep van stempatiënten uit stemafhankelijke beroepen een grote plaats in. Deze patiënten komen veelal met klachten van snelle stemvermoeidheid na langdurig luid spreken. Deze klachten kunnen niet altijd verklaard worden na foniatisch onderzoek waarbij de stem- en spraakfunctie beoordeeld wordt en een laryngoscopisch onderzoek plaats vindt. Als er geen larynxpathologie aanwezig is, wordt dikwijls gesuggereerd dat sprake is van een beperkte stembelastbaarheid. Hiermee wordt verondersteld dat de stem een langdurige en/of luide stemprestatie slecht aankan. Het begrip stembelastbaarheid is echter in de praktijk, noch in de literatuur duidelijk gedefinieerd in fysiologische en akoestische termen.

Van een aantal factoren is bekend dat ze een belasting vormen voor de stem, zoals de duur van het spreken, de stemsterkte waarmee gesproken wordt en externe omstandigheden zoals droge lucht en akoestiek van de ruimte. Door deze factoren worden verschillende spiergroepen vermoeid die betrokken zijn bij het stemgeven, zowel de ademhalingsspieren als de inwendige en uitwendige larynxspieren. De opgetreden spiervermoeidheid leidt tot krachtafname en minder goede fijnregeling en coördinatie tussen spiergroepen. Hierdoor zou de stemsterkte afnemen, de toonhoogte stijgen, de stem zou eerder overslaan en zou zelfs hees of schor kunnen gaan klinken. Bovendien kan bij persisterende overbelasting ook hyperaemie en oedeem van de stembandmucosa ontstaan waardoor de stembandbewegingen onregelmatig gaan verlopen. In welke mate en na welke stembelasting bovengenoemde verschijnselen een verminderde stembelastbaarheid vertonen is nog onduidelijk. Toch komt vanuit de foniatische praktijk vooral door de groep stempatiënten uit stemafhankelijke beroepen steeds meer behoefte aan een praktisch meetinstrument dat de individuele stembelastbaarheid kan objectiveren.

In onderstaande studie gaan we ervan uit dat de stemvermoeidheid die optreedt na belasting van de stem terug te vinden is in verminderde individuele stemprestaties. Deze stemprestaties kunnen objectief gemeten worden met behulp van het fonetogram, waarmee een grafische voorstelling van de dynamische (betreffende de intensiteit) en melodische (betreffende de frequentie) omvang van de stem wordt verkregen. In het fonetogram kan dus ook de stemvermoeidheid, die optreedt na stembelasting weerspiegeld zijn. Aan de hand van een studie met 40 proefpersonen willen we nagaan wat het effect van stembelasting is op de dynamische stemomvang bepaald uit het fonetogram. Mogelijk zou met deze bepaling de individuele stembelastbaarheid ingeschat kunnen worden. De

stembelasting in dit experiment bestaat uit het lezen van een tekst met hoge stemsterkte, gedurende 30 minuten, onder gestandaardiseerde omstandigheden.

Het eerste doel van de studie is om na te gaan of deze stembelastingstest een verschil in belastbaarheid kan aantonen tussen stempatiënten en niet-stempatiënten. Stempatiënten hebben vaak last van verminderde stemprestaties na stembelasting. Er is behoefte aan systematische vergelijking van het effect van stembelasting op de stemomvang van zowel stempatiënten als niet-stempatiënten.

Een tweede doel is om met behulp van deze test de stembelastbaarheid te onderzoeken van proefpersonen met een grote en een kleine stemomvang. Mensen met een beperkte stemomvang moeten een grotere inspanning leveren om een hoog luidheidsniveau te bereiken dan mensen met een grote stemomvang. Mensen met een kleine stem zullen hun stem dan ook vaker en langduriger maximaal moeten inspannen om de gewenste stemsterkte te krijgen dan mensen met een grote stem. We verwachten dus dat een kleine stem meer vermoeid zal raken en mogelijk minder belastbaar zal zijn dan een grote stem.

Een derde doel is het verschil in stembelastbaarheid te onderzoeken tussen proefpersonen met een goede, een voldoende en een slechte glottissluiting. Schutte (1986) veronderstelde op grond van 15 jaar ervaring met fonetografie dat een onvolledige glottissluiting van invloed is op de stemmogelijkheden, hetgeen ook in het fonetogram weerspiegeld wordt. Een onvolledige glottissluiting zou zowel een klein als een dyscongruent fonetogram kunnen geven. Een dyscongruent fonetogram wordt omschreven als steil oplopend en met krappe dynamische mogelijkheden bij verschillende toonhoogten. In een dyscongruent fonetogram kan een luide stem alleen geproduceerd worden in de hoge tonen. Een onvolledige glottissluiting zou dus een zwakke, minder belastbare spreekstem geven. Deze interessante observaties zijn echter nog niet systematisch onderzocht in grotere groepen. Het is daarom van belang om het effect van gestandaardiseerde stembelasting op het fonetogram te onderzoeken in een groter aantal proefpersonen met verschillende mate van glottissluiting.

## **Methode**

### ***1. proefpersonen***

De proefpersonen bestonden uit 20 stempatiënten en 20 niet-stempatiënten. De stempatiënten zijn allen bekend op de afdeling Stem- en Spraakstoornissen van het Academisch Ziekenhuis te Nijmegen vanwege stemklachten na langdurig of intensief stemgebruik, echter zonder larynxpathologie. Bij de niet-stempatiënten bestaan geen stemklachten, noch bij de grote stemmen, noch bij de kleine stemmen. De leeftijd van de proefpersonen varieerde van 16 tot 60 jaar. Beide groepen zijn weer opgesplitst in 10 proefpersonen met een grote stem en 10 proefpersonen met een kleine stem met een gelijke verdeling in mannen en vrouwen.

De indeling in grote en kleine stemmen gebeurde op basis van het fonetogram volgens onderstaande criteria (zie ook figuur 3):

Grote stem: a. De maximale stemsterkte heeft een intensiteit van 100 dB of hoger. b. De dynamiek in het middengebied van het fonetogram is 40 dB of groter. c. De melodische omvang is 2,5 octaaf of meer.

Kleine stem: a. De maximale stemsterkte heeft een intensiteit van 90 dB of lager. b. De dynamiek in het middengebied van het fonetogram is 40 dB of kleiner. c. De melodische omvang is 2,5 octaaf of minder. d. Het dyscongruente fonetogram (Schutte, 1986).

## 2. procedure

Allereerst werd een fonetogram van elke proefpersoon gemaakt. Vervolgens werd gedurende 30 minuten de stem belast volgens een gestandaardiseerde procedure. Onmiddellijk hierna werd weer een fonetogram gemaakt. De larynx werd bij alle proefpersonen met behulp van videolaryngostroboscopia onderzocht.

### *Fonetogram*

Het maken van een fonetogram gebeurde als volgt: De proefpersoon stond in een geluidsarme ruimte achter een microfoon met een afstand van 30 cm tot de mond. Deze microfoon was verbonden met een sound level meter (Brüel & Kjaer 2225). Op een keyboard (Yamaha PSR-28) werd een toon aangegeven die de proefpersoon moest nazingen op "la". De proefpersoon moest de toon eerst zo zacht mogelijk en vervolgens zo luid mogelijk nazingen. Op de sound level meter werd de intensiteit gemeten in dB(A). De uitkomst van deze meting werd genoteerd in het fonetogram bij de desbetreffende toonhoogte. Begonnen werd op een toonhoogte die voor iedereen gemakkelijk na te zingen was. Bij mannelijke proefpersonen was dat op een toonhoogte van c (c-klein) en bij vrouwen op c1 (c-ééngestreept). Vanaf deze begintoon werd in stappen omhoog gegaan totdat de hoogst mogelijke toon bereikt was. Daarna werd vanaf de begintoon stapsgewijs omlaag gegaan, zodat uiteindelijk de laagst mogelijke toon bereikt was.

### *Stembelastingsproef*

Na het maken van het eerste fonetogram volgde de stembelastingsproef. Deze bestond uit een spreekopdracht van een half uur. In dit half uur moesten de proefpersonen staande een verhaal voorlezen met een gewenste stemsterkte die ligt tussen de 75 en 85 dB bij een mond-microfoonafstand van 30 cm. Om deze stemsterkte te stimuleren werd binauraal cocktailruis toegediend, met een intensiteit tussen de 75 en 80 dB, via een koptelefoon. De cocktailruis bestond uit een frequentiemix van alle klinkers in combinatie met de stemhebbende consonanten m, n en ng, uitgesproken door mannen- en vrouwenstemmen. De proefleider controleerde of de gewenste stemsterkte van de proefpersoon tussen de 75 en 85 dB bleef liggen. Zo niet, dan werd met een handgebaar aangegeven dat de proefpersoon harder of zachter moest gaan spreken. De proefpersoon moest een ge-

middeld leestempo aanhouden, mocht geen pauze nemen of water drinken vanaf het afnemen van het eerste fonetogram tot en met het meten van het tweede fonetogram.

### *Indeling naar glottissluiting*

Bij alle proefpersonen werd met behulp van videolaryngostroboscopie met de rigide laryngoscoop de mate van glottissluiting bepaald. De proefpersonen werden op basis hiervan ingedeeld in drie categorieën, onafhankelijk van de bestaande groepsindeling, volgens de volgende criteria:

Categorie 1: Goede glottissluiting. Tot deze categorie werden degenen gerekend met een volledige cartilagineuze en membraneuze sluiting, evenals degenen met membraneus volledige sluiting, doch uitsluitend cartilagineus een opening. Bij het merendeel (94.5%) van de vrouwen uit de normale populatie wordt een incomplete glottissluiting bij fonatie geobserveerd (Sodersten, 1990). Bij mannen zonder stemklachten wordt echter bij het merendeel (62.5 %) een complete sluiting gezien (Sodersten, 1990). Het is niet bekend hoe uitgebreid de incomplete sluiting kan zijn voor deze gepaard gaat met (een vergrote kans op) stemklachten. Rammage et al (1992) vonden dat normale vrouwelijke proefpersonen zonder stemklachten een posterieur incomplete glottissluiting hadden, die zich niet verder uitbreidde dan in het cartilagineuze gedeelte. Dit lijkt in overeenstemming met de bevindingen uit een recente computer simulatie studie van twee typen insufficiënte glottissluiting. Hierbij blijkt de posterieure glottis opening die niet doorloopt in het membraneuze gedeelte geen of nauwelijks negatieve invloed uit te oefenen op de akoestische prestaties. Dit in tegenstelling tot de insufficiënte sluiting die (tenminste ten dele) in het membraneuze deel verloopt en duidelijk akoestische verschillen toont met zowel de uitsluitend cartilagineus insufficiënte sluiting als de complete sluiting (Cranen, 1995). Op grond van bovenstaande gegevens werd besloten om de incomplete sluiting die zich beperkt tot het cartilagineuze gedeelte, in te delen bij de categorie met een goede glottissluiting. categorie 2: Onvoldoende sluiting (membraneus open tot 30 % van de membraneuze glottislengte), categorie 3: slechte sluiting (membraneus open voor 30 % of meer van de membraneuze glottislengte).

### **3. data-analyse**

Uit het fonetogram werden vervolgens zowel voor als na de stembelastingstest drie parameters berekend.

- a. De gemiddelde maximale intensiteit in het "spreekgebied". Met het "spreekgebied" wordt het frequentie gebied bedoeld waarbinnen de gemiddelde grondtoon ligt. Dit "spreekgebied" werd als volgt bepaald: De F0 ligt een kwint boven de laagste toon in het fonetogram. Het gebied dat ligt tussen een kwart boven en een kwart onder de F0 beschouwen we als het "spreekgebied" (Wendler en Seidner, 1987).
- b. De gemiddelde dynamiek (verschil tussen maximaal en minimaal gefoneerde intensiteit) in het "spreekgebied".

- c. De gemiddelde dynamiek van de totale melodische omvang (van laagste tot en met hoogste gefoneerde frequentie).

Van iedere proefpersoon werden zo drie waarden vóór en drie waarden ná de stembelastingsproef verkregen. Voor iedere berekende parameter werd een variantie-analyse uitgevoerd met behulp van het statistische programma SPSS. Als van een groep proefpersonen de waarden van de parameters vóór en ná de test statistisch significant van elkaar verschilden werden de stemmen van deze groep proefpersonen als minder belastbaar beschouwd.

Om het effect van de glottissluiting op de belastbaarheid van de stem te bepalen werd opnieuw een variantie-analyse uitgevoerd op de waarden van de drie stemomvangsparameters, maar nu bij een indeling van de proefpersonen in drie groepen gebaseerd op de mate van glottissluiting.

## Resultaten

De resultaten van de variantie-analyse van de data worden gepresenteerd in de tabellen 1 en 2.

Alle gemeten stemomvangsparameters tonen een statistisch significant verschil tussen de waarde voor en na de stembelastingstest voor alle proefpersonen (factor D = stembelastingstest,  $p < 0.001$ ). Gemiddeld is de gemeten maximale intensiteit en dynamiek in alle groepen kleiner geworden na de stembelastingstest. Hierbij treedt geen onderscheid op tussen de verschillende groepen proefpersonen: vrouwen, mannen, grote stemmen, kleine stemmen, stempatiënten en niet-stempatiënten (eerste en tweede onderzoeksdoel). In figuur 1 worden de

Tabel 1. Resultaten van de variantie analyse (F-ratio) voor de variabelen: I. Gemiddelde maximale intensiteit in het spreekgebied, II. Gemiddelde dynamiek in het spreekgebied. III. Gemiddelde dynamiek van de totale stemomvang.

	I	II	III
patiënt (A)	0.02	2.26	6.05*
stemgrootte (B)	16.61***	48.32***	65.76***
geslacht(C)	3.88	2.16	2.03
stembel.(D)	25.46***	60.22***	18.02***
A x D	0.05	1.89	0.01
B x D	0.07	2.24	1.67
C x D	1.26	0.00	0.01
A x B x D	0.66	1.10	0.36
A x C x D	2.70	6.48*	2.61
B x C x D	3.30	3.48	4.40

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Tabel 2. Resultaten van de variantie analyse (F-ratio) voor de variabelen: I. Gemiddelde maximale intensiteit in het spreekgebied, II. Gemiddelde dynamiek in het spreekgebied, III. Gemiddelde dynamiek van de totale stemomvang; waarbij de proefpersonen in drie groepen verdeeld zijn naar mate van glottissluiting.

	I	II	III
groep (A)	0.05	3.36*	4.64*
stembel.(B)	22.85***	43.93**	14.88***
A x B	1.13	0.11	1.28

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

resultaten per parameter en per groep voor en na stembelasting weergegeven in staafdiagrammen.

Dat de factor stemgrootte (factor B = stemgrootte,  $p < 0.001$ ) een significant verschil opleverde tussen de groepen met grote en kleine stemomvang is een weerspiegeling van de criteria die gehanteerd zijn bij de indeling van proefpersonen in deze groepen. Bij de parameter "gemiddelde dynamiek van de totale stemomvang" is er een significant verschil tussen stempatiënten en niet-stempatiënten (factor A = stempatiënten,  $p < 0.05$ .) De gemiddelde dynamiek van de totale stemomvang (melodisch bereik) is bij stempatiënten kleiner dan bij niet-stempatiënten, zoals ook geïllustreerd wordt door figuur 1.

Bij de parameter "gemiddelde dynamiek in het 'spreekgebied'" is het interactie-effect tussen patiënt, geslacht en stembelastingstest significant (factor AxCxD = patiënt x geslacht x stembelastingstest,  $p < 0.05$ ). Om de aard van dit effect nader te onderzoeken zou aanvullende statistische analyse nodig zijn. Daar de meansquare (de variantie gedeeld door het aantal vrijheidsgraden) van AxCxD zeer klein is ten opzichte van D (= stembelastingstest) is dit echter niet zinvol.

Het effect van de stembelasting op de categorieën met verschillende mate van glottissluiting, het derde onderzoeksdoel, is in overeenstemming met de eerder genoemde resultaten (zie tabel 2). De Within-subject vergelijkingen tonen dat de gemeten parameters voor en na de belastingstest significant verschillen (factor B = stembelastingstest,  $p < 0.001$  en  $p < 0.01$ ). Opnieuw is de gemeten maximale intensiteit en dynamiek na de belastingstest kleiner in alle categorieën met verschillende mate van glottissluiting (zie ook de staafdiagrammen in figuur 2). Hierbij is de mate van glottissluiting niet van invloed op het effect van de belastingstest, want het interactie-effect 'groep x stembelasting' (factor AxB) is niet significant.

De inter-subject vergelijkingen van de parameters "gemiddelde dynamiek in het 'spreekgebied'" en "gemiddelde dynamiek van de totale stemomvang" tonen een statistisch significant verschil tussen de categorieën met verschillende glottissluiting ( $p < 0.05$ ). Hierbij blijkt uit figuur 2 dat bij beide parameters de categorie met voldoende glottissluiting (maximaal 30% membraneuze glottis open)

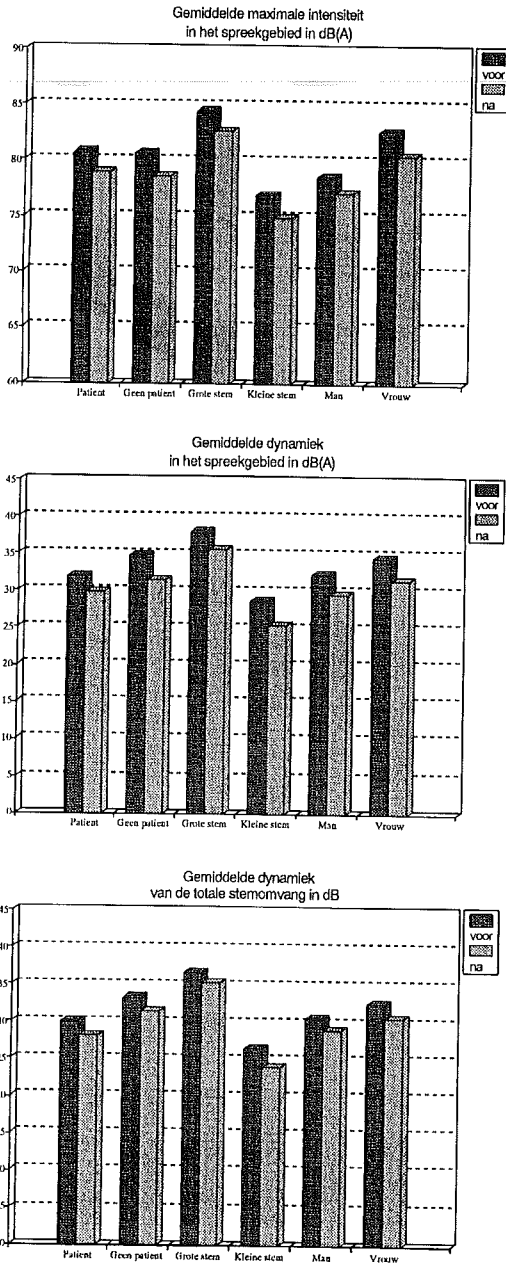


Fig. 1. Gemiddelde waarde per proefpersoongroep van de parameters 'Gemiddelde maximale intensiteit in het spreekgebied', 'Gemiddelde dynamiek in het spreekgebied' en 'Gemiddelde dynamiek van de totale stemomvang' in dB(A) gemeten vóór en na stembelasting.



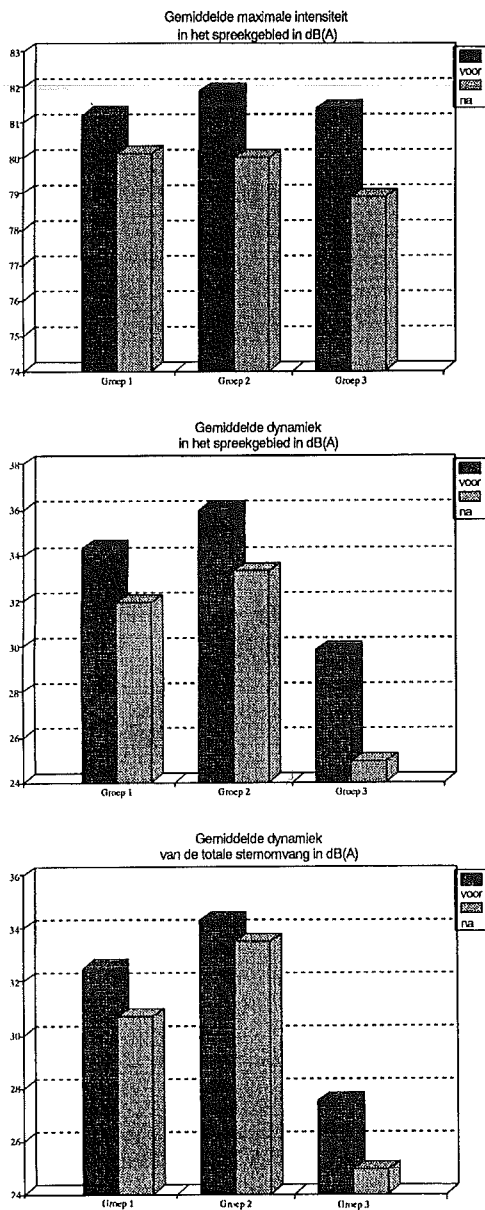


Fig. 2. Gemiddelde waarde per proefpersoongroep van de parameters 'Gemiddelde maximale intensiteit in het spreekgebied', 'Gemiddelde dynamiek in het spreekgebied' en 'Gemiddelde dynamiek van de totale stemomvang' in dB(A) gemeten vóór en na stembelasting. De proefpersonen zijn ingedeeld in drie groepen naar mate van glottissluiting. (Groep1: goede glottissluiting, Groep2: voldoende glottissluiting, Groep3: slechte glottissluiting)

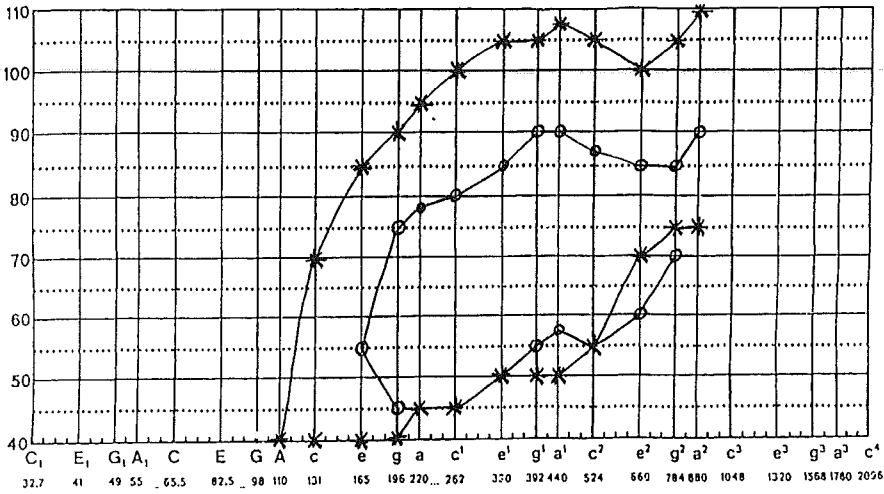


Fig. 3. Een voorbeeld van een grote stem en een voorbeeld van een kleine stem weergegeven in een fonetogram, waarbij \* =grote stem en o =kleine stem Verticaal staat de geluidsdruk = intensiteit weergegeven in dB(A) en horizontaal staat de frequentie weergegeven in Hz.

zowel voor als na de stembelastingstest het grootste dynamisch bereik heeft, gevolgd door de categorie met goede glottissluiting. Zoals verwacht heeft de categorie met slechte glottissluiting slechts een beperkt dynamisch bereik.

**Conclusies en discussie**

Er werd verwacht dat de extra kracht, vereist om de stemsterkte te verhogen tijdens langdurig lezen in een lawaaiconditie zou resulteren in stemvermoeidheid. Het effect van deze stembelasting zou mogelijk resulteren in een verandering in het fonetogram. Een stem werd als minder belastbaar beschouwd wanneer het fonetogram gemaakt vóór de spreekopdracht significant verschilde van het fonetogram na de spreekopdracht. In dit experiment werd inderdaad een effect van stembelasting gezien in het fonetogram. Gemiddeld werden alle stemomvangsparameters kleiner na stembelasting. Bij alle proefpersonen gebeurde dat ongeveer in gelijke mate.

Het feit dat proefpersonen uit verschillende groepen en categorieën zo'n consistent effect van stembelasting laten zien duidt mogelijk op een algemeen fysiologisch mechanisme wat hieraan ten grondslag ligt. Mogelijk betreft het hier een vermoeidheidseffect van de extrinsieke en intrinsieke larynxspieren, eventueel in combinatie met de ademhalingsspieren. Daarnaast kan een lichte hyperaemie en oedeem van de mucosa een verdere verlaging van de stemsterkte veroorzaakt

hebben. Daarnaast kunnen proefpersonen compensatoire mechanismen, zoals een andere larynxinstelling, hebben ingeschakeld bij de afname van het tweede fonetogram om de normale stemsterkte te handhaven. Een voorbeeld van een andere larynxinstelling met extra spanning in de laryngeale spieren is de zogenaamde 'pressed phonation'. Pressed phonation is een vorm van stemgeven die gepaard gaat met een lagere amplitude van de glottale flow, wat resulteert in een lagere stemsterkte ( Gauffin & Sundberg, 1993).

Hoewel een duidelijk effect van stembelasting op het fonetogram werd aangetoond in alle groepen, is het opmerkelijk dat geen differentiatie gemaakt kon worden tussen de onderzochte groepen en categorieën. Er werd géén verschil in stembelastbaarheid aangetoond tussen:

1. Proefpersonen met en zonder stemklachten.
2. Proefpersonen met een grote en een kleine stemomvang.
3. Proefpersonen met een goede, voldoende en slechte glottissluiting.

Groepen stemgebruikers die zich in de dagelijkse praktijk onderscheiden door een verschillende stembelastbaarheid, blijken bij de gebruikte stembelastingstest een uniforme, verminderde stemomvang in het fonetogram te vertonen na stembelasting. Dit geeft aanleiding tot een aantal discussiepunten.

Allereerst kan gevraagd worden of de geteste stembelasting wel vergelijkbaar is met de werkelijke stembelasting, zodat mogelijke verschillen in de groepen aan het licht konden komen. De geteste stembelasting kan en hoeft uiteraard geen identieke nabootsing van de werkelijke spreek situatie van elke proefpersoon te geven, doch deze dient wel een effect op de stem te geven dat overeen komt met de situatie na gebruikelijke stembelasting. Mogelijk was de stembelastingstest dus niet belastend genoeg. In de beroepssituatie, bijvoorbeeld in het onderwijs, is de tijdsduur per dag waarin luid gesproken moet worden immers veel langer dan dertig minuten. Anderzijds hoeft zelden onafgebroken gedurende een half uur met een intensiteit van 75-85 dB gesproken te worden. In een stembelastingstest bestaan ook andere condities dan in de werkelijke spreek situatie, zoals bij voorbeeld wat betreft luchtvochtigheid, stoffigheid, het nemen van slik- en drinkpauzes, en de interactie van psychische stress op de stem.

Langere spreektaken en/of een grotere stemsterkte zouden misschien in de groepen met klachten van snelle stemvermoeidheid geleid hebben tot effecten in het fonetogram die deze vermoeidheid duidelijker weerspiegelen. Echter, -nog afgezien van de praktische (on)mogelijkheden- zou zo'n verzwaarde stembelastingstest uit ethisch oogpunt mogelijk niet meer acceptabel zijn daar deze per definitie langdurige of blijvende stemklachten kan veroorzaken.

Het ontwerpen van een stembelastingstest wordt bemoeilijkt doordat niet bekend is welk pathofysiologisch mechanisme aan verminderde stembelastbaarheid ten grondslag ligt. Van verschillende factoren zoals spierversmoeidheid en -uitputting, mucosale hyperaemie en oedeem, mucosale vochtigheid en warmte van de weefsels is het relatieve belang in het ontstaan van stemklachten niet bekend. Evenmin is bekend of het effect van kortdurende zware stembelasting

geextrapoleerd kan worden naar langdurige lichtere stembelasting zoals vaak bij de interpretatie van stembelastingstesten gebeurt. Aangezien nog niet bekend is welke factoren verantwoordelijk zijn voor verlaagde stembelastbaarheid, kan een stembelastingstest (nog) niet specifiek op het vermoeien van deze factoren afgestemd zijn.

Een ander gevolg van het onbekend zijn van de patho-fysiologische mechanismen van verminderde stembelastbaarheid is dat mogelijk de meest relevante afhankelijke variabelen bij de stembelastingstest niet gemeten worden. In deze studie is het fonetogram mogelijk een onvoldoende sensitief en selectief instrument om de gevolgen van stembelasting te detecteren. Het fonetogram geeft immers niets aan over de kwaliteit van de stemgeving. Identieke intensiteitswaarden kunnen verkregen worden bij verschillende manieren van fonatie en stemkwaliteit. Iemand kan bijvoorbeeld na de stembelastingstest nog wel dezelfde maximale stemsterkte geven als voor de stembelasting, maar dit kan gepaard gaan met een heel gespannen of hese fonatie. Dit kan niet direct afgelezen worden uit het gehanteerde fonetogram.

Andere technieken zouden ingeschakeld kunnen worden om stembandreacities na stembelasting te meten. Misschien zou het toevoegen van een of meerdere van de volgende bepalingen een beter inzicht kunnen geven in de stembelastbaarheid: a. Bepaling van akoestische parameters uit het spectrum zoals jitter, shimmer (Scherer, 1987). b. Metingen van de aerodynamiek, bijvoorbeeld subglottische druk en air-flowmetingen (Kittel & Moser, 1985). c. In verband met de doordringendheid van de stem kan gekeken worden naar de aanwezigheid van de 3000 Hz-formant (Brunner & Frank, 1987; Pahn e.a, 1986). d. Toonhoogtebepaling tijdens de spreektaak (Kitzing, 1981). e. Electroglottografische metingen. f. Bepaling van roodheid en eventueel oedeem van de stemplooi mucosa met laryngoscopie. g. Nauwkeurige anamnese van de symptomen van de proefpersoon tijdens en na de stembelastingstest. h. De proefleider zou systematisch het verloop van kleine slik-, geeuw- en ademhalingspauzes, kuchen en schrapen van de proefpersoon tijdens de stembelasting kunnen bijhouden.

Voorts heeft het fonetogram net als elk meetinstrument een zekere onnauwkeurigheid die een toename van de variantie van de data geeft (Coleman, 1993). Hierdoor kunnen eventueel aanwezige verschillen tussen de groepen versluierd zijn. Deze onnauwkeurigheden worden vooral veroorzaakt door afstandswisselingen tussen proefpersoon en microfoon, akoestische effecten van de ruimte, afleesfouten bij de bepaling van de SPL-waarden of modificatie van de articulatie. Dit laatste beïnvloedt de formantfrequenties; een verandering van de eerste formantfrequentie beïnvloedt normaliter de intensiteitswaarde.

Tenslotte is het van belang dat de gepresenteerde resultaten een gemiddelde daling tonen van de dynamische stemomvang in het fonetogram van ongeveer 3 dB na de stembelasting. In de literatuur wordt een individuele korte termijn variabiliteit van het fonetogram genoemd van ongeveer 2-3 dB(A) (Gramming e.a., 1988). De grootte van het effect van stembelasting valt dus bijna binnen deze korte termijn variabiliteit. Dat beperkt de praktische bruikbaarheid van het ge-

meten groepseffect bij de bepaling van en vergelijking met individuele stembelastbaarheid.

Concluderend kan met behulp van de gebruikte stembelastingstest geen differentiatie in stembelastbaarheid tussen verschillende groepen stemgebruikers gemaakt worden. Het lijkt daarom niet verantwoord om met behulp van deze test definitieve uitspraken te doen ten aanzien van iemands geschiktheid voor een stembelastend beroep. Vanuit het inzicht in pathofysiologische mechanismen van verminderde stembelastbaarheid zal de invloed van andere vormen van experimentele stembelasting onderzocht kunnen worden op de stemfunctie. Hier zal ook het ontwikkelen van verfijnde meetinstrumenten van de stem- en larynxfunctie deel van uit maken.

### Dankwoord

Wij danken Dr. H.F.M. Peters (psycholoog/spraakpatholoog, Academisch Ziekenhuis Nijmegen) voor de aanwijzingen ten aanzien van de rapportage van de resultaten. Prof. Dr. L.W.J. Boves (vakgroep Fonetiek, Katholieke Universiteit Nijmegen) danken we voor het meedenken ten aanzien van de betekenis van de resultaten van dit onderzoek. Tevens danken we Dhr. P. Kooyman (logopedist, Academisch Ziekenhuis Nijmegen) voor de hulp bij het recruteren van de stempatienten en het afleiden van de stemomvangsparameters uit het fonetogram.

### Summary

The validity of a vocal endurance test was evaluated by measuring changes in the phonetogram as a result of standardized vocal stress in 40 subjects. The voice range was objectively assessed by measuring three parameters from the phonetogram: maximum intensity of the "speech frequencies" (a defined bandwidth around the fundamental frequency); intensity range of the "speech frequencies"; and intensity range of the frequencies of the total voice range. These three parameters were compared before and after voice fatigue was induced by reading aloud at 75-85 dB (at a mouth to microphone distance of 30 cm) for 30 minutes. Voices were considered to have a lower endurance if the average voice range parameters in a group differed statistically before and after the vocal stress. The 40 subjects were divided in four groups of 10 subjects: those with voice complaints and a wide voice range, those with voice complaints and a narrow voice range, those without voice complaints and a wide voice range, and those without voice complaints and a narrow voice range. Each group had an equal number of men and women. All 40 subjects were also categorized in terms of the degree of glottic closure: either complete, or less than complete but with a maximum opening of 30% of the membranous glottic length, or with an opening greater than 30%. The results show a statistically significant decrease of the average voice range after vocal stress that is almost the same for all groups and categories. Although this vocal endurance test measures a clear effect of vocal stress, it does not selectively distinguish between the different groups and categories.

**Literatuur**

- Brunner, W. & Frank, F. (1978). Der Einfluss einer mehrstündigen stimmlichen Belastung auf der Sangstimme der Wiener Sängerknaben. *Folia phoniatica*, 30, 22-27.
- Coleman, R.P. (1993). Sources of variation in phonetograms. *Journal of Voice*, 7, 1-14.
- Cranen, B., Schroeter, J. (1995). Modelling a leaky glottis. Te verschijnen in: *Journal of Phonetics*, 23.
- Gauffin, J., & Sundberg, J. (1989). Spectral correlates of glottal voice source waveform characteristics. *Journal of Speech and Hearing Research* 32, 556-565.
- Gramming, P., Sundberg, J., & Akerlund, L. (1988). Variability of Phonetograms. Uit: Gramming, P. (1988) *The Phonetogram; an experimental and clinical study*, Malmö.
- Kittel, G., & Moser, M. (1985). Vergleichende Untersuchungen bei Stimmeignungsprüfungen. *Folia phoniatica*, 37, 75-80.
- Kitzing, P. (1981). Veränderungen der Sprechstimmlage bei Dysphoniepatienten in Zusammenhang mit Stimmbelastung. *HNO-praxis*, 6, 215.
- Pahn, J., Dettman, R. & Pahn, E. (1986). Technique for measuring the vocal penetrating capacity of the spoken voice. *Acta Otolaryngology* (Stockholm) 102, 146-151.
- Rammage, L., Peppard R.C., Bless, D.M. (1992). Aerodynamic, laryngoscopic, and perceptual-acoustic characteristics in dysphonic females with posterior glottal chinks: a retrospective study. *Journal of Voice*, 6, 64-78.
- Scherer, R.C., Titze, I.R., Raphael, B.N., Wood, R.P., Ramig, L.A., Blager, F.B. (1987). Vocal fatigue in a trained and an untrained voice user. In Baer Th., Sasaki C., Harris K.S. (Ed.) *Laryngeal Function in Phonation and Respiration*, (pp. 533-566). Boston: Little Brown Company (Inc) Boston.
- Schutte, H.K. (1986). Belastbaarheid van de stem en het fonetogram. *Logopedie en Foniatrie* 58, 140-143.
- Sherman, D., & Jensen, P.J. (1962). Harshness and oral-reading time. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 27, 172-177.
- Sodersten M., Lindestad P. (1990). Glottal closure and perceived breathiness during phonation in normally speaking subjects. *Journal of Speech and Hearing Research*, 33, 601-611.
- Wendler, J., & Seidner, W. (1987). *Lehrbuch der Phoniatrie*, Leipzig: VEB George Thieme.