

Het fonetogram als discriminerend instrument

R. Orr¹, F. de Jong¹ en B. Cranen²

¹*Afd. KNO-Heelkunde/Stem en Spraakstoornissen, Universitair Medisch Centrum St. Radboud, Nijmegen*

²*Afdeling Spraak en Taal, Katholieke Universiteit, Nijmegen*

In deze studie worden het gebruik van fonetografie bij de beoordeling van de toekomstige beroepsstem, alsook enkele parameters die voor dit doel uit het fonetogram zouden kunnen worden geëxtraheerd onderzocht. De data voor dit onderzoek zijn genomen uit fonetogrammen van stemmen van eerstejaars studenten van de lerarenopleiding. De onderzochte parameters zijn gerelateerd aan frequentie, intensiteit en de vorm van het fonetogram. De resultaten van deze studie suggereren dat het met een beperkte set van fonetogramparameters mogelijk is een onderscheid te maken tussen een controlegroep en een groep die op perceptieve gronden door logopedisten geselecteerd zijn als vatbaar voor stemafwijkingen, terwijl er in beide groepen geen subjectieve stemproblemen of stemplooiatwijkingen zijn. Parameters die gemeenschappelijk zijn voor beide geslachten en beide groepen van elkaar onderscheiden, zijn het melodische semitoon bereik, het maximale dynamische bereik en de helling van het steile deel van de bovenste contour. Na een onderverdeling naar geslacht lijken de laagste intensiteit voor de vrouw en de gemiddelde spreektoonhoogte voor de man parameters die indicatief zijn voor eventueel te verwachten stemproblemen. Suggesties voor verder onderzoek worden gedaan.

Inleiding

De beroepsstem

De stem is een van de belangrijkste instrumenten van een leraar. Daarom is het noodzakelijk dat een aspirant lesgevende beschikt over een goed functionerende stem. Een logopedist kan de stem van de student aan het begin van de opleiding onderzoeken en indien er een stemprobleem wordt vastgesteld of vermoed kan de student verwezen worden voor verder onderzoek en eventuele behandeling. Als een student zijn opleiding begint met een gezonde stem en later in zijn beroepsleven een zodanig stemprobleem ontwikkelt, dat de carrière moet worden onderbroken of zelfs moet worden beëindigd is dit niet alleen een persoonlijk drama, maar ook heeft dit in maatschappelijk

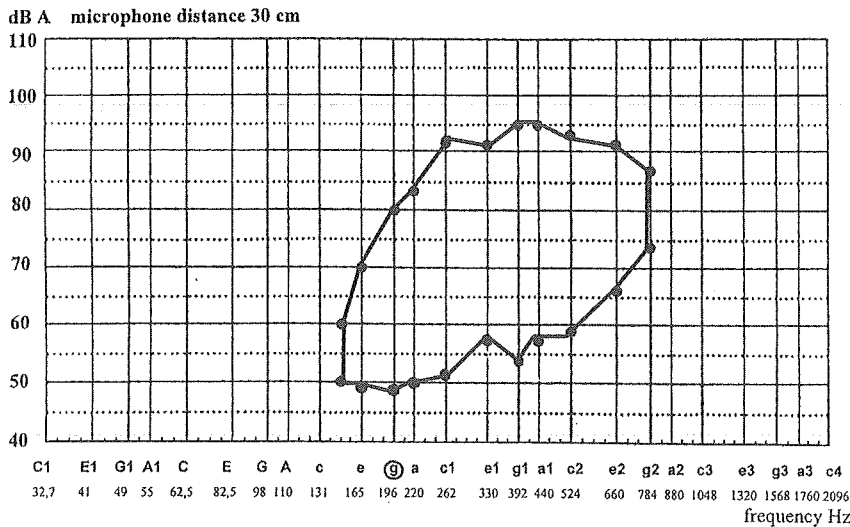
Correspondentieadres: R. Orr, Universitair Medisch Centrum St. Radboud, afdeling KNO-Heelkunde/Stem en Spraakstoornissen, Postbus 9101, 6500 HB Nijmegen.
E-mail: r.orr@kno.azn.nl

opzicht consequenties. Kan een logopedist bij de aanvang van de studie vaststellen of een stem ook bestand is tegen de belasting van het lesgeven? Is het mogelijk om aan personen, die mogelijk het risico lopen een beroepsdysfonie te ontwikkelen, adviezen te geven met betrekking tot preventieve trainingen? Met deze vragen hebben o.m. Buekers (1998) en de Jong (1999) zich recent bezig gehouden. Een beroepsdysfonie kan optreden bij personen met een normale stem en wordt vooral bepaald door externe factoren zoals stem(over)belasting, spreekomgeving en psyche-emotionele druk en daarom niet goed te voorzien. In principe kunnen maatregelen getroffen worden om de invloed van deze factoren weg te nemen of te verminderen, zij het in de praktijk vaak moeizaam. Ook andere auteurs hebben zich met het probleem van de beroepsdysfonie bezig gehouden. Sapir et al. (Sapir, Keidar & Mathers-Schmidt, 1993) wijzen erop dat niet alleen spreekbelasting een rol kan spelen, maar voeren aan dat ook onvoldoende akoestische eigenschappen van de ruimte waarin gesproken wordt, gebrek aan stemtraining, individuele stemkenmerken, en psychologische factoren zoals stress en angst de spreekbelasting indirect beïnvloeden. Gotaas en Starr (1993) geven een definitie voor stemvermoeidheid en schrijven die toe aan "langdurig stemgeven, met grote luidheid, op ongebruikelijke toonhoogten, met overmatige en onaangepaste spanning, met stemplooiafwijkingen, of een combinatie van deze factoren". Het is voor de hand liggend om te veronderstellen dat niet alle stemmen even gevoelig zullen zijn om een beroepsdysfonie te ontwikkelen. Een constitutioneel zwakke stem kan vaak wel bij het begin van de studie worden vastgesteld, en wordt bepaald door o.m. fysieke en psychologische eigenschappen van de persoon. Deze eigenschappen, zoals bouw van het stemapparaat, persoonlijkheidsstructuur en muzikaliteit, zijn niet gemakkelijk te beïnvloeden. Personen met een constitutioneel zwakke stem zullen een groter risico lopen om een beroepsdysfonie te ontwikkelen, omdat zwakke stemmen sneller overvraagd worden in een spreekberoep.

Klachten over een vermoeide stem zijn in deze tijd een erkend probleem. Titze (1994, p322) schrijft: "humans do not engage in activities that involve vibration and colliding body tissue at a rate of 20 to 1000 times per second. Phonation is the exception". De stemgeving is een integraal onderdeel van normale de menselijke spraak en er zijn beroepen, zoals lesgeven, die een stemprestatie vereisen, die het alledaags stemgebruik ver te boven gaat. Holbrook (1977) vermeldt dat leerkrachten van de basisschool die zes uur per dag voor de klas staan gemiddeld een totale fonatietijd van 77 minuten bereiken, waarvan 20 minuten boven 75dB (A), gemeten op 30 cm. afstand. In een studie naar de stembelasting in verschillende beroepen vonden Buekers et al (Buekers, Bierens, Kingma & Marres, 1995) dat de stembelasting tijdens lesgeven groter was dan bij andere beroepen.

Fonetografie

Een vraag waarop in dit artikel gericht wordt is of er objectieve methoden te vinden zijn op basis waarvan het concept "constitutioneel zwakke stem" enigszins in maat en getal kan worden uitgedrukt. De betooglijn in deze studie zal zijn dat dit mogelijk is door te letten op specifieke kenmerken van het fonetogram. In de klinische praktijk is het fonetogram één van de methoden om de stemeigenschappen vast te leggen. Een fo-



Figuur 1. Voorbeeld van een normaal fonetogram van een vrouwenstem (Afd. KNO-Heelkunde/Stem- en Spraakstoornissen, Universitair Medisch Centrum St. Radboud, Nijmegen). De SF0 ligt op g (omcirkeld).

netogram geeft het mogelijk bereik van de stem qua intensiteit en frequentie weer. Het is een grafische afbeelding van de frequentie-intensiteit combinaties die met een bepaalde stem gerealiseerd kunnen worden. Figuur 1 toont een voorbeeld van een fonetogram van een normale stem.

In de Angelsaksische literatuur wordt *fonetogram* ook aangeduid als *voice field* (Rauhut, Stürzbecker, Wagner & Seidner, 1979), *voice area* (Schutte & Seidner, 1983) en *voice profile* (Bloothoofd, 1982). In de foniatrische praktijk is de globale vorm het eerste kenmerk van het fonetogram dat opvalt en direct een totaalindruk geeft van de van de stem die onderzocht wordt. De globale vorm van het fonetogram, meestal een soort ellips waarvan de hoofdassen niet parallel aan de frequentie en intensiteitsassen lopen, geeft de clinicus direct informatie over de variaties in toonhoogte en luidheid die iemand kan realiseren. Deze informatie zit vervat in de vorm van de ellips zelf en de oppervlakte daarvan. Het fonetogram geeft een indruk van het totaal aan stemmogelijkheden. Bij spreekberoepen, zoals leraar, is vooral het gebied van de spreekstem (stemveld) van belang. Het gebruik van het fonetogram als middel om de stem te analyseren in de kliniek en in het wetenschappelijk onderzoek is uitgebreid door Heylen in zijn dissertatie beschreven (Heylen, 1997, pp 41-55). In dat werk wordt de informatie die vervat zit in het fonetogram beschreven in de vorm van drie typen parameters. De drie typen parameters beschrijven respectievelijk eigenschappen als intensiteit van het spraaksignaal die kan worden gerealiseerd onder verschillende omstandigheden, de toonhoogten die gehaald kunnen worden bij verschillende luidheden en de vorm (morfologie) van het fonetogram. Tabel 1 geeft een samenvatting van zowel de parameters die Heylen in zijn review van studies over fonetogrammen heeft beschreven,

Tabel 1. Samenvatting van de parameters bij de analyse van fonetogrammen.

intensiteit	frequentie	morfologie
habituële intensiteit	habituële spreektoonhoogte (sF ₀)	helling van de bovenste contour
dynamisch bereik	frequentiebereik	helling van de onderste contour
minimum intensiteit	minimum frequentie	oppervlakte
maximum intensiteit	maximum frequentie	

alsook van het werk van hemzelf (Heylen, 1997; Heylen et al., 1998).

De in tabel I genoemde intensiteits- en frequentieparameters zijn enkele karakteristieke punten uit het fonetogram, en zijn op grond van hun definitie op eenduidige wijze te bepalen. Bij automatische fonetogram registratie (Pabon & Plomp, 1988) kunnen deze parameters automatisch door de computer worden geëxtraheerd. Bij handmatige registratie kunnen ze eenduidig uit de grafiek worden bepaald. Uitzonderingen zijn de habituële intensiteit en toonhoogte. Deze parameters geven namelijk aan bij welke intensiteit en toonhoogte waarden een persoon gewoonlijk foneert en dus hoe dicht dat aan de rand van zijn kunnen is.

Over het afleiden van parameters die betrekking hebben op de vorm van het fonetogram en de mate van detail die daarbij nodig is om voldoende informatie over de kwaliteit van de stem te verschaffen is veel minder consensus. De vorm van een fonetogram kan op velerlei manieren worden beschreven, bijvoorbeeld met Fourier descriptors (Sulter, Wit, Schutte & Miller, 1994) of met een stilering in termen van rechte lijnen (Heylen, 1997). Voor wat betreft de beschrijving in termen van rechte lijnen, wijst Heylen (1997) er op dat de bepaling van de helling van delen van het fonetogram in de verschillende studies niet op een consequente wijze geschiedt: de helling wordt in de ene studie weergegeven als dB per semitoon, in de andere tegenovergesteld, namelijk als semitoon per dB. Beide weergaven zouden uniek in elkaar omrekenbaar zijn, ware het niet dat er ook geen consensus is over welk deel van de contour met een rechte benaderd moet worden. Hellingmaten zijn uitermate gevoelig voor de datapunten die in de berekening betrokken worden en in verschillende studies worden heel verschillende criteria gehanteerd voor het benodigde aantal en de selectie van de relevant geachte datapunten. Het is de overtuiging van de auteurs dat men zich bij de descriptie van de onder- en bovencontouren van een fonetogram moeten laten leiden door motieven die te maken hebben met aspecten die een duidelijke relatie hebben met stemfunctie enerzijds en eisen die er aan de stem gesteld worden in een sociale context, die voor de betreffende persoon normaal is, anderzijds. In deze studie pleiten wij ervoor om de selectie van de contourdelen die met rechte lijnen benaderd worden te relateren aan de habituële spreektoonhoogte.

Doel van de studie

Voorwerp van onderzoek in deze studie zijn de stemmen van leerlingen van de leraren-

opleiding, die subjectief geen stemklachten hebben en bij de start van de opleiding een stemonderzoek hebben ondergaan. Een onderdeel van dat stemonderzoek betreft een screening door een logopedist die een perceptief gebaseerd oordeel geeft over de geschiktheid van de stem voor een onderwijsberoep. Het doel van deze studie is om in een aanzet een objectieve methode te vinden om de stem zodanig te kwantificeren en te classificeren dat de objectieve stembeschrijving aansluit bij het oordeel van de logopedist. Aanname bij deze werkwijze is dat het oordeel van de logopedisten een valide vertrekpunt vormt om te zoeken naar objectieve parameters die kunnen aangeven in hoeverre een stem geschikt is om gebruikt te worden als instrument in een doceromgeving. Wij willen niet suggereren dat objectieve metingen hoe dan ook beter zijn dan perceptieve beoordelingen, of deze zouden moeten vervangen. Het is eerder de bedoeling om objectieve akoestische metingen te beschouwen als een aanvulling van de perceptuele evaluatie. In dit opzicht sluiten wij ons volledig aan bij de benadering betreffende objectieve metingen van spraak, zoals Hammarberg (1986) dit doet. Met behulp van kwantificatie en klassificatie van de stem zouden indicaties gegeven kunnen worden voor de noodzaak tot preventieve stemtraining. De hoop is dat uiteindelijk ook een score gegeven kan worden voor het risico van het ontwikkelen van een beroepsdysfonie wanneer zich in dat beroep regelmatig omstandigheden voordoen waarbij er buitensporige eisen aan de stem gesteld worden.

Methode

Personen

De criteria voor inclusie in het onderzoek zijn:

- 1 Er zijn weinig of geen subjectieve stemproblemen. Wanneer er bij de logopedist een verdenking op een stemprobleem bestond, was het van dien aard dat er geen reden was voor (preventieve) behandeling.
- 2 Geen stemplooiafwijkingen bij videolaryngostroboscopisch onderzoek
- 3 Geen algemene gezondheidsproblemen, die de stem zouden kunnen beïnvloeden.
- 4 Rokers werden alleen toegelaten, indien hoorbaar geen effect op de stem kon worden vastgesteld.
- 5 Geen psychologische problemen die een psychogene dysfonie kunnen veroorzaken.

De criteria voor de onderverdeling in de controle- en risicogroep zijn in tabel 2 opgenomen.

De controlegroep bestond uit 9 leerlingen van de lerarenopleiding, 2 mannen en 7 vrouwen. De stemmen van deze groep werden door de logopedisten van de opleiding als normaal beoordeeld. Deze groep was te klein om voldoende data op te leveren ter vergelijking met de risicogroep. Derhalve werd de controlegroep aangevuld met 16 uit de normale populatie geselecteerde personen, 11 vrouwen en 5 mannen, tot een totaal van 25 personen ($m=7$; $v=18$). Deze personen hadden gemiddeld een hogere leeftijd (vide infra) en hadden evenmin stemproblemen. Zij werden op een vergelijkbare manier beoordeeld door de logopedisten van de afdeling KNO-Heelkunde/Stem- en

Tabel 2. De criteria voor de indeling van de personen in een controle- en een risicogroep

controlegroep (22-44 jr., n=9+16)	risicogroep (17-26 jr., n=37)
geen subjectieve stemproblemen	geen subjectieve stemproblemen
geen stemplooiafwijkingen	geen stemplooiafwijkingen
geen perceptuele stemafwijkingen bij logopedisch onderzoek	wel perceptuele stemafwijkingen bij logopedisch onderzoek

Spraakstoornissen van het Universitair Medisch Centrum St. Radboud te Nijmegen. De totale groep werd vervolgens doorverwezen voor foniatisch onderzoek, waarbij een algemeen KNO-heelkundig en een videolaryngostroboscopisch onderzoek verricht werden. Stemplooiopathologie werd hierbij uitgesloten.

De risicogroep bestond uit 37 beginnende eerstejaars studenten van de lerarenopleiding, 8 mannen en 29 vrouwen. Niemand binnen de groep klaagde over een stemprobleem. Echter bij het onderzoek door logopedisten van de opleiding werd bij ieder lid van de risicogroep een hoorbare stemeigenschap vastgesteld, die wel is waar niet als disfunctioneel werd beschouwd, maar toch van die aard was om de persoon niet toe te laten tot de controlegroep. Deze beoordelingen werden later door de logopedisten van de afdeling KNO-Heelkunde/Stem- en Spraakstoornissen van het Universitair Medisch Centrum St. Radboud te Nijmegen gecontroleerd bevestigd. Vervolgens onderging de groep dezelfde procedure als de controlegroep. Alleen proefpersonen zonder stemplooiafwijkingen werden in de risicogroep opgenomen. De leeftijd van de controlegroep was 22-44 jaar, van de risicogroep 17-26 jaar.

Op de afdeling KNO-Heelkunde/Stem en Spraakstoornissen van het Universitair Medisch Centrum St. Radboud te Nijmegen melden zich meer vrouwen dan mannen met stemproblemen. In het algemeen is het daarnaast ook zo dat er meer vrouwen studeren aan de lerarenopleiding. Deze factoren maken matching voor geslacht niet goed mogelijk en verklaart het relatief groot aantal vrouwen in deze studie. In de analyse werden de gegevens van de mannen en de vrouwen gescheiden, waar dit relevant geacht werd.

Fonetogrammen

De fonetogrammen werden bij iedere proefpersoon door een logopedist op de klinker [a] gemaakt. De fonetogrammen werden handmatig geregistreerd volgens de UEP standaard (Schutte & Seidner, 1983), met een Bruel and Kjaer dB meter en een toongenerator. Zoals in de inleiding al is besproken, kunnen de van de fonetogrammen afgeleide parameters in drie typen worden ingedeeld: fonatiefrequentie, intensiteit en vorm (morfologie). Hieronder worden per type de parameters beschreven die in de analyse in deze studie gebruikt zijn.

Frequentiemetingen

In de frequentiedimensie werden de parameters melodisch bereik, gemiddelde spreektoonhoogte (SF_0) en maximale en minimale frequentie (max. en min. F_0) be-

paald. Het melodisch bereik werd in semitonen uitgedrukt, de overige frequentieparameters in Herz. Voor de variabelen van het melodisch bereik werd in de groepen geen onderverdeling naar geslacht gemaakt, omdat in het algemeen verwacht wordt dat het bereik in semitonen gelijk is voor mannen en vrouwen. Bij gebrek aan een goed gefundeerde methode om de habituele toonhoogte te bepalen hebben wij er in dit experiment voor gekozen om de waarde voor de SF_0 te berekenen als die frequentie die vijf semitonen boven de laagste geproduceerde frequentie ligt. De overige frequentiemetingen, zoals weergegeven in tabel 1, werden onderzocht mede ter vergelijking met eerder gepubliceerde data (Heylen, 1997; Heylen et al., 1996). Zij werden uit de fonetogrammen afgeleid en naar geslacht gerangschikt voor analyse.

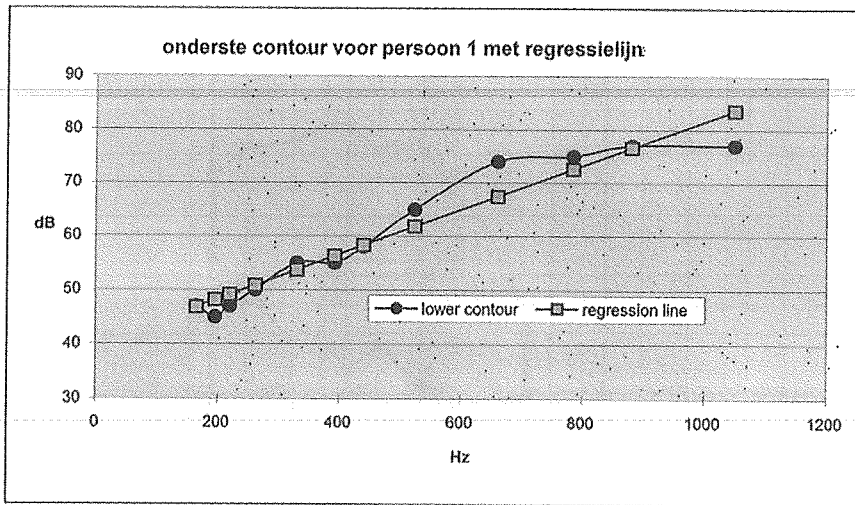
Intensiteitsmetingen

De intensiteitsmetingen bestonden uit: maximum- en minimumintensiteit, maximumintensiteit bij SF_0 , maximaal dynamisch bereik en dynamisch bereik bij de SF_0 . Bij de metingen van de intensiteitsbereiken werd geen onderverdeling naar geslacht gemaakt, omdat in het algemeen de intensiteitsbereiken gelijk zijn voor mannen en vrouwen (Buekers, 1998). Bij de andere intensiteitsmetingen werd wel een onderverdeling naar geslacht gemaakt. De andere intensiteitsmetingen, zoals weergegeven in tabel 1, werden onderzocht mede ter vergelijking met de resultaten van andere in de literatuur gerapporteerde analyses, zoals ook met frequentiemetingen gedaan is. Zij werden ook uit de fonetogrammen afgeleid en naar geslacht gerangschikt voor analyse.

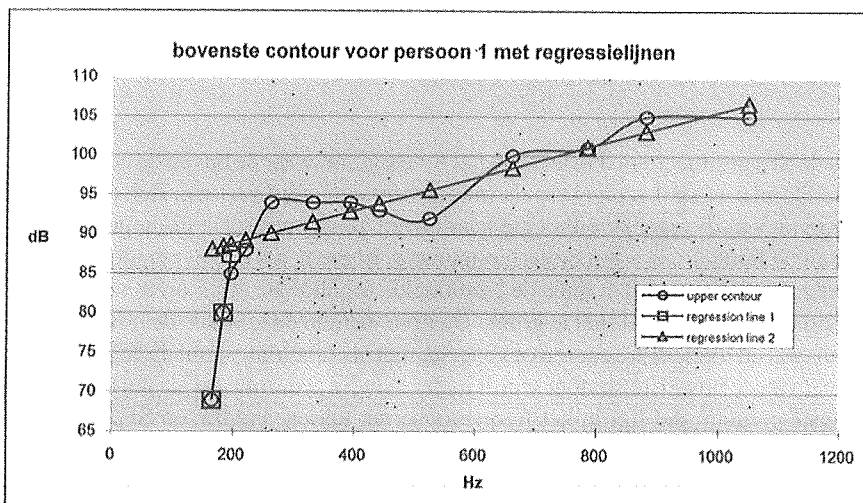
Morfologische metingen aan het fonetogram

Parametrisatie van de vorm van het fonetogram werd voornamelijk verricht om de belangrijkste vormaspecten van het fonetogram in numerieke vorm weer te kunnen geven. De bovenste contour (BC) werd opgedeeld in twee delen en benaderd met twee rechte lijnen: een regressie rechte door alle meetpunten tot aan de SF_0 en een regressie rechte door alle meetpunten met een frequentie boven de SF_0 . De onderste contour (OC) werd in zijn geheel door één regressie rechte benaderd. Alle hellingen werden met regressie analyse berekend. De helling van de onderste contour werd eerder al aangeduid als zijnde relevant voor de stem van vrouwelijke leerkrachten (Heylen, 1997). Visuele inspectie van de data leerde dat in de meeste gevallen een lineaire fit van de data een goede benadering levert (zie als demonstratie hiervan fig.2).

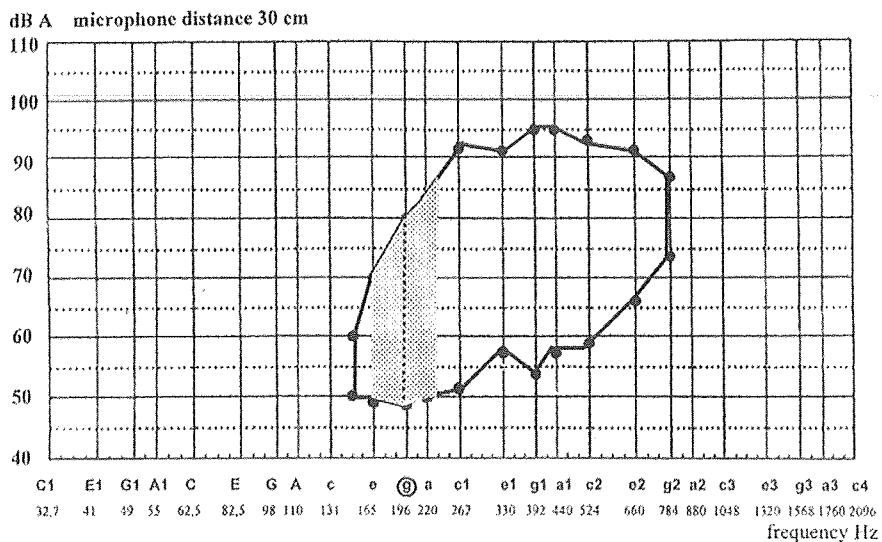
In de stemprofiel index voor kinderen (Heylen, 1997), is de helling van een deel van de bovenste contour bepaald. De selectie van het deel van de contour dat benaderd moest worden met een rechte lijn gebeurde subjectief door het gematigd hellend deel van de bovenste contour tot aan het begin van het falsetregister te zoeken, en daarna de helling in het fonetogram te tekenen. In deze studie was het niet mogelijk om retrospectief het begin van het falsetregister aan te geven omdat de registerovergangen niet waren aangegeven ten tijde van de registratie van de fonetogrammen. In deze studie wordt een alternatieve aanpak gehanteerd door de bovenste contour in twee trajecten te verdelen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de toonhoogten die voor normaal spreken nodig zijn ongeveer symmetrisch verdeeld zijn rond de SF_0 (zie fig. 4). In de prak-



Figuur 2. De grafiek toont een voorbeeld van de onderste contour van het fonetogram met de corresponderende regressielijn (persoon 1).



Figuur 3. De grafiek toont een voorbeeld van de bovenste contour van het fonetogram (persoon 1). Regressielijn 1 is berekend over het traject van het begin van de bovenste contour tot aan het 5-semitoon punt (SF0). Regressielijn 2 is berekend over het traject vanaf het 5-semitoon punt (SF0) tot het einde van de bovenste contour.



Figuur 4. Het fonetogram van een normale vrouwenstem (zie ook fig. 1). De SF₀ ligt op g (omcirkeld) en is met een gestippelde lijn in het fonetogram weergegeven. Daarnaast is arbitrair een bandbreedte aangegeven van drie semitonen beneden en boven de SF₀. Let op de relatie van deze bandbreedte tot het steile en gematigde deel van de bovenste contour. De stem waarbij dit fonetogram hoort kan bij de SF₀ maximaal 80 dB bereiken. Indien luider gefoneerd moet worden dan 80 dB, dan moet de toonhoogte omhoog.

tij is de SF₀ gesitueerd in dat deel van het fonetogram, waar de bovenste contour aanvankelijk relatief steil is en overgaat in een meer gematigd verloop. Een overmatige verlegging van de spreektoonhoogte naar boven als er zwaardere eisen gesteld worden aan de luidheid, is ergonomisch ongunstig. Immers, als de gevraagde intensiteit alleen gehaald kan worden door de gemiddelde toonhoogte sterk op te voeren is de kans op weefselschade al snel te groot. Daarom werd in deze studie de bovenste contour in twee afzonderlijke curven opgedeeld, met als scheidingspunt de SF₀. Het initiële deel van de bovenste contour wordt in deze studie gedefinieerd als dat deel van de bovenste contour, dat ligt in het frequentiebereik tussen F₀Min. en SF₀ (dit is dus F₀Min. + 5 semitonen). Het overige deel van de contour komt min of meer overeen met het frequentiebereik tussen de SF₀ en F₀Max.. De berekende regressielijnen voor beide delen van de bovenste contour kwamen over het algemeen goed overeen met de originele contour, zoals dat ook het geval was voor de onderste contour (zie figuur 3). In tabel 3 zijn de gemeten variabelen gerangschikt.

Statistiek

Bij de statistische analyse werden de risicogroep en de controlegroep per parameter vergeleken middels t-testen. Het doel van deze studie was om vast te stellen of er in beide groepen variabelen te vinden zijn die wezenlijk van elkaar verschillen. Omdat

Tabel 3. Beschrijving van de gemeten variabelen

Variabele	Omschrijving
<i>frequentie</i>	
melodisch bereik	frequentiebereik in semitonen
F ₀ -max. (man)	maximale fundamentele frequentie voor de mannen
F ₀ -min. (man)	minimale fundamentele frequentie voor de mannen
F ₀ -max. (vrouw)	maximale fundamentele frequentie voor de vrouwen
F ₀ -min. (vrouw)	minimale fundamentele frequentie voor de vrouwen
5 semitonen SF ₀ (man)	gemiddelde spreektoonhoogte voor de mannen, gemeten als 5 semitonen boven de F ₀ -min
5 semitonen SF ₀ (vrouw)	gemiddelde spreektoonhoogte voor de vrouwen, gemeten als 5 semitonen boven de F ₀ -min
<i>intensiteit</i>	
I-max (man)	maximale intensiteit voor de mannen
I-min (man)	minimale intensiteit voor de mannen
I-max (vrouw)	maximale intensiteit voor de vrouwen
I-min (vrouw)	minimale intensiteit voor de vrouwen
max. SF ₀ intensiteit (man)	maximale intensiteit bij de SF ₀ voor mannen
max. SF ₀ intensiteit (vrouw)	maximale intensiteit bij de SF ₀ voor vrouwen
max. dyn. bereik	intensiteit bereik van I-min tot I-max
dyn. SF ₀ bereik	intensiteit bereik van SF ₀ min tot SF ₀ max
<i>morfologie</i>	
steile BC helling	helling van het deel van de bovenste contour van F ₀ -min tot SF ₀
gematigde BC helling	helling van het deel van de bovenste contour van SF ₀ tot F ₀ max
helling OC	helling van de onderste contour

beide groepen afkomstig zijn uit een gezonde populatie, zou het verrassend zijn om vele significante verschillen tussen de groepen te vinden. Bij een $p < 0.05$ zou het resultaat significant genoemd kunnen worden. Echter de meritis van een p-waarde moet onder andere bezien worden in het licht van de steekproef, met name de grootte ervan. Gelet op de grootte van de populatie is het in deze studie waarschijnlijk beter om de term significantie niet te interpreteren als een absolute norm om de groepen te scheiden, en ook andere lage p-waarden in overweging te nemen. De waarden op een niveau van $p < 0.05$ zijn vet gedrukt.

Tabel 4. Samenvatting van de resultaten variabelen. De p-waarden zijn het resultaat van de t-test. De significante waarden ($p < 0.05$) zijn vet weergegeven

Variabele	Controlegroep		Risicogroep		p-waarde
	gemiddelde	standaard deviatie	gemiddelde	standaard deviatie	
<i>frequentie</i>					
melodisch bereik	31.00	4.3	26.65	5.24	0.02
F ₀ -max. (man)	668.57	149.51	586.29	138.5	0.15
F ₀ -min. (man)	92.7	16.9	106.43	14.67	0.06
F ₀ -max (vrouw)	798.19	160.13	764.54	183.8	0.25
F ₀ -min (vrouw)	153.9	25.84	157.73	26.56	0.31
5 semitonen SF ₀ (man)	122.2	21.27	154.46	33.01	0.03
5 semitonen SF ₀ (vrouw)	208.75	35.77	206.67	41.4	0.47
<i>intensiteit</i>					
I-max (man)	101.57	3.91	102	6.3	0.44
I-min (man)	42.43	2.64	45.43	2.15	0.07
I-max (vrouw)	98.76	5.29	97.85	5.83	0.29
I-min (vrouw)	44.76	4.15	47.42	4.04	0.02
max. SF ₀ intensiteit (man)	80.71	1.25	81.33	10.98	0.45
max. SF ₀ intensiteit (vrouw)	85	4.14	84.3	5.25	0.31
max. dyn. bereik	45.44	5.27	40.35	5.06	0.002
dyn. SF ₀ bereik	36.68	5.49	33.78	6.71	0.09
<i>morfologie</i>					
steile BC helling	0.547	0.363	0.403	0.185	0.03
gematigde BC helling	0.014	0.016	0.013	0.019	0.49
helling OC	0.054	0.015	0.053	0.016	0.37

Resultaten

Voor een overzicht van de resultaten van de gemeten variabelen en de p-waarden wordt verwezen naar tabel 4. Voor de interpretatie van de p-waarde: zie paragraaf 'statistisch' onder 'methode'.

1. Frequentieparameters

Het melodisch bereik is in de risicogroep kleiner dan in de controle groep. De F₀-min en de SF₀ liggen in de risicogroep bij de mannen hoger, niet bij de vrouwen.

2. *Intensiteitsparameters*

Het max. dyn. bereik is in de risicogroep kleiner dan in de controlegroep. De I-min ligt bij de mannen en vrouwen in de controlegroep lager. Voor de overige intensiteit parameters werd geen verschil tussen de groepen gevonden.

3. *Morfologische parameters*

Er wordt geen verschil tussen beide groepen gevonden met betrekking tot de gemiddelde BC helling en de helling OC. De helling van de steile BC is in de controlegroep steiler dan in de risicogroep.

Discussie en conclusies

Personen

De leeftijd van de controle groep was 22-44 jaar, van de risico groep 17-26 jaar. De grotere leeftijdsspanne van de controlegroep kan mogelijk de resultaten beïnvloeden. De mogelijkheid om stembelasting te weerstaan neemt af naarmate de leeftijd toeneemt (Buekers, 1998). Er is ook onderzoek, juist in deze leeftijdsgroep, dat meer subtiele effecten van de leeftijd op de stem beschrijft, zoals snelheid quotiënten in golfpatronen en a/c flow (Sulter & Wit, 1996). Omdat dit soort parameters direct gerelateerd zijn aan de intensiteit van het spraakgeluid, kan niet worden uitgesloten dat de leeftijdsopbouw van de twee groepen bepaalde effecten maskeert. Het was echter niet mogelijk om de groepen exact voor leeftijd te matchen binnen de beperkingen van de studie.

Data

In deze studie wordt een poging gedaan om fonetogramkenmerken te identificeren waarmee in beginsel een groep proefpersonen die een verhoogd risico loopt om in een spreekberoep stemklachten te ontwikkelen kan worden gescheiden van een groep die minder risico loopt. Omdat er geen objectieve maten zijn om deze risico's vast te stellen, is er van uitgegaan dat het perceptieve oordeel van een logopedist zinvol als een criterium kan worden gebruikt.

Of het oordeel van de logopedist valide is, valt buiten het kader van deze studie. Duidelijk is wel dat de logopedisten in staat waren verschillen tussen de twee groepen te horen en verschillen worden teruggevonden in bepaalde fonetogram kenmerken.

Hieronder wordt besproken waarom het niet onlogisch lijkt waarom de waargenomen verschillen inderdaad een risicofactor zouden kunnen vormen als de stemmen uit de "risicogroep" een spreekberoep ingaan.

Opgemerkt moet worden dat van alle parameters nog niet bekend is hoe zij direct aan een klinisch-pathofysiologische situatie gekoppeld kunnen worden, zoals de maximale intensiteit (vide infra). Vanuit klinisch perspectief heeft de SF₀ en het dynamisch bereik bij de SF₀ praktische waarde, omdat deze parameters direct verwijzen naar de spreekstem. Om dezelfde reden is het belangrijk hoe deze parameters in het fonetogram gesitueerd zijn. Op grond hiervan werd de bovenste contour gesplitst op de

SF_0 , om daarna de respectievelijke hellingen te bepalen. Verder is de helling van de onderste contour van belang, omdat deze een indruk geeft van de mate van stembeheersing. Deze redenering neemt echter niet weg dat de parameters die mogelijk niet direct aan pathofysiologie gekoppeld kunnen worden toch goed zouden kunnen discrimineren tussen de risico- en controlegroep.

Het moet opgemerkt worden dat voor de in deze studie toegepaste t-testen een tamelijk arbitrair significantie niveau van $p < 0.05$ wordt aangehouden. Gegeven het feit dat vele parameters met een t-test zijn geëvalueerd is deze grens waarschijnlijk aan de hoge kant. Immers bij zo'n groot aantal t-testen is de kans dat men bij toeval een significante waarde aantreft tamelijk groot. Daartegenover staat dat wanneer er de beschikking over grotere groepen zou zijn geweest, er mogelijk statistisch significante verschillen gevonden zouden zijn, die nu niet aan te tonen zijn.

Wanneer wij zowel mannen als vrouwen in beschouwing nemen is van de lijst van frequentievariabelen alleen het melodisch bereik (in semitonen) wezenlijk verschillend voor de risicogroep en de controlegroep. Het melodisch bereik is in de risicogroep kleiner dan in de controlegroep. Dit is niet helemaal onverwacht want ook door Heylen (1997) werd in zijn studie van vrouwelijke leraren het melodisch bereik als een discriminerende factor gevonden.

Omdat de gemiddelde spreektoonhoogte normaliter ca. 5 semitonen boven de minimaal haalbare toonhoogte ligt, moet de parameter (SF_0) gezien worden als een schatting van de gemiddelde spreektoonhoogte. De gemiddelde spreektoonhoogte is in de kliniek van praktisch belang. Immers, een habitueel te hoge gemiddelde spreektoonhoogte, zoals bij problemen met de (beroeps)stem vaak wordt gevonden, is ergonomisch ongunstig en vormt een grote belasting voor de stem. Daarom werd verwacht dat in deze studie de SF_0 in de risicogroep hoger zou liggen. Voor de mannen blijkt inderdaad de SF_0 en de minimale fonatiefrequentie (F_0 -min) verschillend te zijn bij risicogroep en controlegroep. Bij de vrouwen is er echter geen verschil in deze parameters. Dit is opmerkelijk, gelet op het feit dat deze parameter door Heylen (1997) wel gebruikt wordt voor de stemindex voor vrouwelijke leraren. Hierbij moet men echter wel bedenken dat het in de studie van Heylen ging om een groep die al stemplooinoduli ontwikkeld had.

Van de intensiteitsparameters blijkt het maximale dynamische bereik duidelijk te verschillen tussen beide groepen (zowel voor vrouwen als mannen). Het maximale dynamisch bereik is in de risicogroep kleiner dan in de controlegroep. Dit komt overeen met de bevindingen van Heylen (1997). Daarnaast lijkt ook de minimale intensiteit (I -min) verschillend, zij het dat dit effect duidelijker is voor de vrouwen dan voor de mannen. Het belang van I -min als parameter om mogelijke stemproblemen op het spoor te komen is in overeenstemming met bevindingen in andere studies (Heylen, 1997; Heylen et al., 1998; Helylen et al., 1996).

Verwacht werd dat het intensiteitsbereik bij SF_0 ook een redelijke kandidaat zou zijn om het verschil tussen risicogroep en controlegroep in kaart te brengen en dat de risicogroep in het spreekgebied een kleinere dynamiek zou vertonen dan de controlegroep. Hoewel de p-waarde een zekere tendens suggereert, komt deze verwachting toch niet helemaal uit.

Misschien tegen de verwachting in verschilt ook de maximale intensiteit (I_{\max}) niet tussen beide groepen, noch bij de mannen, noch bij de vrouwen. Het is echter al eerder vastgesteld dat de maximale intensiteit geen grote diagnostische waarde heeft. Fonetogrammen die representatief geacht werden voor een problematische stem blijken desondanks een grote maximale intensiteit te kunnen tonen (Buekers, 1998).

In deze studie is de SF_0 gebruikt als criterium om de bovenste contour op te delen. Van de vormparameters blijkt alleen de helling van het steile voorste deel van de bovenste contour (steile BC helling) verschillend voor beide groepen. Het gevolg hiervan is dat de controlegroep beter in staat zal zijn om zonder de gemiddelde toonhoogte wezenlijk te verhogen en met behoud van intonatiebewegingen luider te spreken. De risicogroep daarentegen zal al snel gedwongen zijn de toonhoogte op te voeren om de gewenste luidheid te halen onder bijvoorbeeld ongunstiger akoestische omstandigheden, met alle nadelige consequenties voor het stemapparaat.

Het is interessant dat de beide groepen in deze studie geen systematisch verschil laten zien in de gematigde BC helling, noch in de helling OC. Het werd verwacht dat analoog aan de bevindingen van Heylen (1997) de beide groepen ook wat betreft de OC helling zouden verschillen. Het feit dat de experimentele groep van Heylen bestond uit leerkrachten die stemplooinoduli hadden ontwikkeld, kan hier een verklaring voor vormen. Immers in deze studie bestond de risico groep uit personen met gezonde stemplooiën. Terwijl de vergelijking van de OC helling geen gevoelige parameter lijkt te zijn voor de groepen in de huidige studie liet videolaryngostroboscopisch onderzoek (Orr, R., de Jong, F.I.C.R.S., & Cranen, B. 1999) zien dat de productie van een zachte stem gepaard gaat met een significante toename in stemspleetoppervlak (luchtlekkage) ter hoogte van de stemplooiën. Dit suggereert te overwegen om aspecten die betrekking hebben op de productie van een zachte stem verder uit te werken, temeer omdat de parameter I_{\min} wel verschillend bleek te zijn voor beide groepen (zie hierboven).

Conclusies

De resultaten van deze studie wijzen in een eerste aanzet uit dat het met fonetogramparameters mogelijk zou moeten zijn om een onderscheid te maken tussen een controlegroep en een groep met perceptuele stemafwijkingen, terwijl in beide groepen er geen subjectieve stemproblemen of stemplooi afwijkingen zijn. Deze parameters zijn, indien geen geslachtsverdeling wordt gemaakt: het melodische semitoon bereik, het maximale dynamische bereik en de helling van het steile deel van de bovenste contour. Indien wel een geslachtsverdeling wordt gemaakt als dit relevant geacht werd, lijken de laagste intensiteit bij de vrouw en de SF_0 (man) een geschikte parameter. Mogelijk dat verder onderzoek met automatische fonetogram registratie nog meer parameters kan genereren, met name met betrekking tot het stemveld en kwaliteitskenmerken.

Summary

In this study, we examine the use of phonetography for assessment of the student teacher's voice. We also examine some of the parameters which can be extracted from

the phonetogram for this purpose. The data used for this study is taken from phonetograms of the voices of students in their first year of teacher training. The parameters under examination are related to frequency, intensity, and the shape of the phonetogram. The results of this study suggest that, with a limited set of parameters, it is possible to separate this group of voices into two groups, namely control and risk group, in accordance with the judgement of speech therapists. The speech therapists judge the risk group as being at risk of developing voice problems, although neither group, at the time of assessment, had irregularities of either voice or vocal folds. Parameters common to both male and female subjects, which appear to differentiate the groups, are melodic range, maximum dynamic range, and the slope of the steep part of the upper contour. When groups were separated for gender, the differentiating parameters were minimum intensity for the female subjects, and average speaking fundamental frequency for the male subjects. Suggestions are made for further study.

Referenties

- Bloothoof, G. (1982). A computer controlled device for voice-profile registration. In H. K. Schutte (Ed.), *Congress Proceedings & Abstracts of the IXth Congress of the Union of the European Phoniaticians*. 83-85. Centrale Reproductiedienst VU Amsterdam.
- Buekers, R. (1998). *Voice Performances in Relation to Demands & Capacity*. Proefschrift. Universiteit van Maastricht, 15-31.
- Buekers R., Bierens, E., Kingma, H. & Marres, E.H.M.A. (1995). Vocal Load as Measured By the Voice Accumulator. *Folia Phoniatica et Logopaedica* 47, 252-261.
- Gotaas, C., & Starr, C. D., (1993). Vocal Fatigue among Teachers. *Folia Phoniatica*, 45, 120-129.
- Hammarberg, B. (1986). *Perceptual & Acoustic analysis of Dysphonia*. PhD Thesis. Dept. of Logopedics & Phoniatics, Huddinge, University Hospital, Stockholm, Sweden.
- Heylen, L. (1997). *De Klinische Relevantie van het Fonetogram*. Proefschrift, Universiteit van Antwerpen.
- Heylen, L., Wuyts, F. L., Mertens, F., De Bodt, M., Pattyn, J., Croux, C., & Van De Heyning, P. H. (1988). Evaluation of the Vocal Performance of Children Using a Voice Range Profile Index. *Journal of Speech, Language & Hearing Research*, 41, 232-238.
- Heylen, L., Wuyts, F. L., Mertens, F., De Bodt, M., Pattyn, J., & Van De Heyning, P. H. (1996). Comparison of the Results of the Frequency & the Intensity Data of the BSGVD with Phonetogram Characteristics. *Acta Oto-rhino-laryngologica belgica*, 50, 353-360.
- Holbrook, A. (1977). Instrumental analysis & control of vocal behaviour. In M. Cooper, & M. H. Cooper (Eds.) *Approaches To Vocal Rehabilitation*. Thomas, 1977. Springfield IL. 65-75.
- de Jong, F. (1999) Predictive factors for occupational dysphonia. Introductielesing, *Proceedings of the Third Pan European Voice Congress, Utrecht*.
- Orr, R., de Jong, F.I.C.R.S., & Cranen, B. (1999). A comparison of perceptual and objective measures of voice quality in student teachers. Voordracht op het 3^{de} Pan European Voice Congress, Utrecht. *Aangeboden voor publicatie*
- Pabon, J. P. H., & Plomp, R. (1988). Automatic phonetogram recording supplemented with acoustical voice-quality parameters. *Journal of Speech and Hearing Research*, 31, 710-722.

- Rauhut, A., Stürzbecker, E., Wagner, H., & Seidner, W., 1979. Messung des Stimmfeldes. *Folia Phoniatr.* 31, pp119-124.
- Sapir, S., Keidar, A., & Mathers-Schmidt, B. (1993). Vocal Attrition in teachers: survey findings. *European Journal of Communication Disorders* 28, 177-1.
- Schutte H. K. (1986). Belastbaarheid van het Stemfonetogram. *Logopedie en Foniatrie*, 58, 140-143
- Schutte, H. & Seidner, W., (1983). Recommendations by the Union of European Phoniatrians (UEP): Standardising Voice Area Measurement/Phonetography. *Folia Phoniatica* 35:286-288.
- Sulter A. & Wit, H.P. (1996). Glottal volume velocity waveform characteristics in subjects with and without vocal training, related to gender, sound intensity, fundamental frequency, and age. *Journal of the Acoustic Society of America*, 100:5, 3360-3372.
- Sulter, A. Wit, H. Schutte, H.K. & Miller, D.G. (1994) A structured approach to voice range profile (phonetogram) analysis, *Journal of Speech and Hearing Research*, 37: 1076-1085.
- Titze, I. R., (1994). *Principles of Voice Production*. Prentice Hall, Engelwood Cliffs, N.J.