

# 'N AKOESTIESE ONTLEDING VAN DIE GLOTTALE PULS VAN SEKERE STEMPATOLOGIESE VERSKYNSELS

EMILY GROENEWALD M.A. (LOG) (PRETORIA)

*Akoestiek Afdeling, Nasionale Fisiese Navorsingslaboratorium, W.N.N.R.,  
Pretoria*

## OPSOMMING

'n Uitgebreide akoestiese analise van die glottale golf-vorm van normale en patologiese stemme deur middel van 'n unieke opnametegniek en analiseproses is gedoen met die oog op 'n kritiese evaluering van die toepassingsmoontlikhede van die metode en inligting wat verkry kan word. By die ondersoek is 15 normale en 17 abnormale stemme betrek. Die abnormale groep sluit in toestande soos karsinoma, nodules, poliepe, papiloma, ventrikulêre fonasie en stemlipverlamings. 'n Fluktuasiefaktor of afwykingsfaktor vir elke parameter in 5 fonasiewyses van elke afwykende stem is bepaal. Elke abnormale stem is individueel met die normale groep vergelyk en dit blyk dat die afwykingsfaktore verband hou met die graad en omvang van die patologie. Aanduidings bestaan dat daar tipiese resultate vir spesifieke patologiese toestande mag wees en dit blyk dat die metode beslis potensieële waarde inhou vir die objektiewe evaluering en beskrywing van die stem, sowel as hulpmiddel in stemterapie.

## SUMMARY

This research is concerned with an acoustic analysis of the glottal-wave shape of both normal and pathological voices using a unique recording technique and analysis procedure, and includes a critical evaluation of the practical feasibility of the method and the possible application of the resulting information. Fifteen normal and seventeen abnormal voices were analysed during the investigation. Conditions such as carcinoma, nodules, vibration of the false vocal cords, polyps, papillomas and vocal cord paralysis occur in the abnormal group. A fluctuation factor or abnormality factor was determined for every parameter of five phonation modes, for all abnormal voices. Every pathological voice was compared with the normal group and it appears that the abnormality factor correlates with the degree and possibly to some extent with the nature of the pathology. It appears that this method is potentially valuable for the objective evaluation and description of voices, particularly in the field of voice therapy.

Die menslike stem, soos in die larinks opgewek, is die produk van 'n delikate interaksie tussen verskillende anatomiese en fisiologiese faktore.

Moore<sup>14</sup> wys daarop dat larinkspatologieë dikwels met die meganisme van fonasie inmeng en Smith<sup>15</sup> kom tot die gevolgtrekking dat verskillende patologieë lei tot verskillende veranderinge in die strukturele en fisiologiese faktore wat die stemkwaliteit bepaal. Aangesien die glottale drukkolfpatroon die direk-

te produk van die stemlipvibrasies is, kan daar verwag word dat veranderings in die fisiese toestand en werking van die stemorgaan in die golfpatroon gereflekteer sal word. Onlangse navorsing dui daarop dat die akoestiese analise van die stem moontlik die eerste akkurate informasie aangaande patologiese veranderinge in die larinks kan verskaf.<sup>23</sup>

Normale stemlipvibrasie produseer 'n reeks relatief eweredige drukgolwe wat as 'n musikale of gelykmatige klank gehoor word. Dié eweredige klankgolwe word slegs opgewek wanneer albei stemlippe eweredig teen dieselfde frekwensie vibreer en albei stemlippe 'n redelike mate van periodisiteit handhaaf.<sup>13</sup> Die stemlippe is egter twee aparte onafhanklike vibrators wat elk funksioneer op grond van die inherente fisiologiese eienskappe daarvan. Die stemlippe sou dus verskillend beweeg indien die fisiese eienskappe van die een stemlip verskil van die ander een. Indien die gekombineerde werking van die twee afsonderlike stemlippe 'n reeks drukveranderinge tot gevolg het wat na willekeur varieer in terme van tyd en/of amplitude, word die klank wat so geproduseer word as grof en skor waargeneem.<sup>13</sup> Verskeie ondersoeke wat in die verband gedoen is, bevestig die bewerings.<sup>1,4,25</sup>

Van die vroegste studies op die gebied van patologiese stemlipvibrasies vestig die aandag op die asinchronisme in die vibrasiepatroon wat by die gevalle aangevond word en die gereelde vinnige fluktuasies in die golfpatroon van afwykende stemme.<sup>22</sup> Verskeie studies is gedoen met betrekking tot die fluktuasies in amplitude en periode van die golfpatroon van normale en patologiese stemme. Daar is gevind dat die fluktuasies normaalweg voorkom maar by afwykende stemme groter is as by normale stemme.<sup>9, 10, 16, 17, 20</sup>

Die resultate van 'n verskeidenheid akoestiese analises van patologiese stemme toon dat fluktuasies in die golfpatroon lei tot die persepsie van abnormale stemkwaliteit en verskeie navorsers wys daarop dat die fluktuasies verband hou met die aard, omvang en posisie van die patologie.<sup>6, 11, 25</sup>

'n Literatuuroorsig in die verband bring egter bepaalde aspekte en moontlike tekortkominge onder die aandag. Dit is onder meer opvallend dat ondersoeke beperk is tot die grondtoonfrekwensie en pulsamplitude of slegs een van die parameters.<sup>5, 6, 18</sup> In die meeste gevalle word ook slegs fonasie by 'n normale toonhoogte en luidheid ondersoek. Uit die oorsig blyk ook dat baie min aandag tot op hede gegee is aan die moontlike waarde van analiseresultate as hulpmiddel by stemterapie. Navorsers beklemtoon egter die noodsaaklikheid van die ontwikkeling van verbeterde tegnieke en instrumentasie vir die tipe ondersoeke. Bogenoemde aspekte is by die studie in gedagte gehou.

## METODE

### DOEL

Die doel van die studie is drieledig van aard en kan as volg uiteengesit word:

1. 'n Akoestiese ontleding van die glottale golfvorm van normale en patologiese stemme deur middel van 'n unieke opnametegniese en analiseproses.

2. 'n Kritiese evaluering van die opnametegniek en analiseproses.
3. 'n Evaluering van die inligting wat verkry is, met die oog op moontlike toepassings.

**SELEKSIE VAN PROEFPERSONE**

In die ondersoek is gebruik gemaak van 'n eksperimentele groep met 'n verskeidenheid van stempatologieë en 'n kontrole groep van normale stemme. Die kontrole groep het bestaan uit 15 persone, 5 mans en 10 vroue, met 'n gemiddelde ouderdom van 30 jaar. Die proefgroep het bestaan uit 17 persone, 11 mans en 6 vroue, met 'n gemiddelde ouderdom van 39 jaar.

Die seleksie is gedoen op grond van stemkwaliteit, dit wil sê normale en afwykende stemkwaliteit en/of die fisiese toestand van die stem soos vasgestel met behulp van indirekte laringoskopie deur 'n ONK-arts.

Basiese inligting in verband met elke spreker in die eksperimentele groep word in die ondergaande tabel weergegee.

Proefpersoon Nr.	Diagnose op grond van indirekte laringoskopie	Geslag	Ouderdom
1	Akute laringitis	M	11
2	Akute laringitis	V	45
3	Bilaterale stemlipedeem	M	28
4	Bilaterale stemlipedeem	M	60
5	Funksionele disfonie/Unilaterale stemlipnodule(?)	M	49
6	Bilaterale stemlipnodules	V	35
7	Bilaterale stemlipnodules	V	35
8	Bilaterale stemlipnodules	V	17
9	Bilaterale stemlipverdikking	V	40
10	Bilaterale poliepagtige stemlipverdikking	M	55
11	Bilaterale papiloma en unilaterale poliep	M	12
12	Opgeklarde larinkskarsinoom	M	47
13	Unilaterale stemlipkarsinoom	M	37
14	Gevorderde larinkskarsinoom	M	43
15	Unilaterale stemlipverlamming (met 'n onderliggende verspreide tiroïedklierkarsinoom)	M	42
16	Unilaterale stemlipverlamming	V	40
17	Vals stemlipfonasie	M	65

**TABEL I:** Basiese inligting in verband met elke spreker in die eksperimentele groep.

## OPNAME-APPARAAT

'n Nie-weerkaatsende uniforme pyp soos voorgestel en beskryf deur Sondhi<sup>19</sup> is gebruik om die glottale drukgolf te isoleer van die resonatoriese beïnvloeding van die supraglottale ruimtes.

'n Muirhead probusmikrofoon, tipe H-112, is 30 cm vanaf die pypopening in die nie-weerkaatsende pyp geplaas en gekoppel aan 'n Brüel + Kjaer mikrofoonkragbron, tipe 2801. Die sein is versterk deur 'n W.N.N.R. -vervaardigde lynversterker, model L62 en op Scotch 175 magneetband opgeneem met behulp van 'n Brüel + Kjaer FM-bandmasjien, tipe 7003. Die uitgangsein van die bandmasjien is op 'n ossilloskoop (Tektronix 7623A) vertoon en vergelyk met die direkte sein vanaf die lynversterker waardeur die uitgangsein van die bandmasjien gekontroleer is ten opsigte van oorlaaidistorsie. Die uitgangsein van die lynversterker is ook verbind met 'n W.N.N.R. -vervaardigde ruisgenerator in kombinasie met 'n versterker, asook 'n stel AKG 260 oorfone. Die intensiteit van stemterugvoering deur die oorfone kon met behulp van die versterker verander word en met behulp van die ruisgenerator kon ruis tydens fonasie bygevoeg word, soos gebruik is vir opnames van fonasie met verhoogde luidheid.

## OPNAMEMATERIAAL EN PROSEDURE

Tydens die opnames is van die proefpersone verwag om in die pyp te foneer met die artikulators in 'n posisie soos vir [ə]. Soos voorgestel deur Sondhi<sup>19</sup>, is die neutrale vokaal gebruik omdat dit die mees uniforme toestand van die stemkanaal verseker.<sup>2, 15</sup>

Opnames van verskillende fonasiewyses is gemaak met die doel om meer inligting in verband met die stemlipbeweging onder verskillende omstandighede te verkry. Opnames van fonasie by vyf verskillende fonasiewyses is geanaliseer naamlik—

Toestand nommer	Beskrywing van fonasiewyse
1	Normaal, dit wil sê normale toonhoogte en normale luidheid
2	Hoog, dit wil sê verhoogde toonhoogte en normale luidheid
3	Laag, dit wil sê verlaagde toonhoogte en normale luidheid
4	Sag, dit wil sê normale toonhoogte en verminderde luidheid
5	Hard, dit wil sê normale toonhoogte en verhoogde luidheid.

Opnames van fonasiewyses 1 tot 3 is gemaak sonder versterkte stemterugvoering deur die oorfone en sonder ruis. Vir die opname van fonasiewyse 4 is die stemterugvoering deur die oorfone tot 'n konstante mate verhoog

om spontane luidheidsvermindering te bewerkstellig. Vir die opname van fonasiewyse 5 is die versterking konstant gehou soos vir fonasiewyse 4, terwyl ruis geleidelik opgedraai is en vir  $\pm 2$  sek by 75 dB (A) gehou is.

Die opnameprosedure is gevolg deur 'n uitgebreide analieseproses waardeur spesifieke eienskappe van die glottale pulsreeks gemeet en vergelyk is.

#### ANALISE-APPARAAT

Die Bruël + Kjaer FM-bandmasjien wat vir die opnames gebruik is, is gekoppel aan 'n W.N.N.R.-ontwerpte Digitale Eindelose Lus, model 2A. 'n Spesiale fasiliteit van hierdie instrument is dat dit baie maklik is om 'n kort gedeelte van 'n spraakmonster (byvoorbeeld een glottale puls) akkuraat en herhaalbaar te selekteer. Die geselekteerde gedeelte kan dan terselfdertyd op die ossilloskoop vertoon word en beluister word.

Die uitgangsein van die eindelose lus is vertoon op 'n Hewlett Packard ossilloskoop, model 1200 B, met behulp waarvan pulse geselekteer is. Die monsterters van die geselekteerde pulse is na 'n Hewlett Packard rekenaar, model 9820 A gevoer, waar die analiese gedoen is. Die verlangde inligting is uitgetik en die golfvorm en spektrum van elke geanaliseerde glottale puls is uitgeteken op 'n rekenaarbeheerde HP X-Y registreerder, model 9862 A.

#### ANALISEMETODE

'n Literatuuroorsig van vorige navorsing het aangetoon dat afwykings van normale reëlmatige pulsparemeters die mees belowende aanduiding is van 'n stempatologie. Die parameters wat by uitstek gebruik is vir die doel is die pulsamplitude en herhalingsfrekwensie.

Op grond daarvan is besluit om in die studie bogenoemde 2 parameters te ondersoek asook fluktuasies in die botoonpatrone. Uit die aard van die saak is die frekwensie van botone nie belangrik nie aangesien dit veelvoude van die grondtoonfrekwensie is. Die amplitudes van 'n bepaalde aantal botone is dus, benewens die herhalingsfrekwensie en pulsamplitude, deur die analieseproses bereken.

Die piek-tot-piek amplitude van elke puls is deur middel van 'n eenvoudige subroetine in die rekenaarprogram bepaal en uitgetik. Die herhalingsfrekwensie van die puls is met behulp van die rekenaar bereken deur 'n eenvoudige outokorrelasieproses, waardeur opeenvolgende pulse met mekaar gekorreleer is. Sodoende is die puls-tot-puls periode vasgestel en die onmiddellike frekwensiewaarde bereken en uitgetik. Die analieseproses waardeur volledige inligting in verband met die amplitudes van die botone verkry is, is die Fourieranalise. Dit is 'n wiskundige proses, met behulp waarvan die suiwertoonkomponente waaruit 'n saamgestelde golf (soos in dié geval die glottale golf) bestaan, bereken kan word.<sup>3</sup>

#### ANALISEPROSEDURE

Die analieseproses het daaruit bestaan dat 8 opeenvolgende pulse in die middelgedeelte van elk van die 5 fonasiewyses van elke normale en patologiese stem met behulp van bogenoemde analiese metode ontleed is. Die nodige inligting in verband met fluktuasies in die piek-tot-piek amplitude, puls-tot-

puls periode en die onderskeie botoon amplitudes van opeenvolgende pulse by elke normale en patologiese stem is sodoende verkry en gestoor vir statistiese verwerking.

## RESULTATE

Die statistiese verwerking van analiseresultate het ingesluit die berekening en normalisering van standaard afwykings, berekening van 'n gekombineerde standaard afwyking vir die normale groep en die berekening van 'n 95% betroubaarheidsvlak vir elke parameter van elke fonasiewyse. Op grond van bogenoemde verwerkings is 'n fluktuasiefaktor of afwykingsfaktor vir elke afwykende stem bepaal vir elke parameter van elke fonasiewyse. Elke patologiese stem is sodoende individueel met die normale groep vergelyk.

### 'N KWALITATIEWE BESPREKING VAN DIE RESULTATE

Die analiseresultate kan oorsigtelik as volg saamgevat word:

- (a) Fluktuasies in die periode, piek-tot-piek amplitude en botoon amplitudes van die patologiese stemme toon wyer verspreidings as die van die normale stemme en hou verband met die omvang van die patologiese toestand.
- (b) Alhoewel daar min of geen ooreenkoms tussen verskillende gevalle met dieselfde patologiese toestand in die beperkte eksperimentele groep gemerk kon word nie, toon die resultate in verskeie gevalle potensieël waarde as diagnostiese hulpmiddel:
  - (i) die analiseresultate het in 3 gevalle gedui op patologiese toestande wat nie met behulp van 'n aanvanklike indirekte laringoskopie opgemerk is nie (proefpersone 5, 8 en 15);
  - (ii) resultate kan moontlik dien as bevestiging van tentatiewe diagnoses soos in die geval van proefpersoon 17;
  - (iii) die moontlikheid bestaan dat die reëlmatigheid van die glottale pulsvorm 'n aanduiding van 'n verlammingstoestand kan wees soos by proefpersoon 16;
  - (iv) dit is moontlik dat 'n onreëlmatige aanwesigheid van afwykingsfaktore tipies kan wees van 'n laringitistoestand soos by proefpersone 1 en 2; en
  - (v) daar is sterk aanduidings dat tipiese fluktuasiepatrone hoofsaaklik verband hou met die basiese histologiese of strukturele aard, omvang en implikasies van 'n patologie, en nie soseer met die spesifieke patologie nie. Die bewering word gebaseer op resultate van proefpersone 4, 7, 10 en 11.
- (c) Resultate in die studie kan moeilik direk vergelyk word met vorige navorsingsresultate, omdat die opnamemethode, analisemethode en statistiese verwerking van die resultate verskil van die in ander studies. Daar bestaan egter wel algemene ooreenkomste, byvoorbeeld:
  - (i) die bevinding dat fluktuasies wel voorkom in normale stemme, stem ooreen met bewerings van Maeda et al.<sup>12</sup> en Zemlin;<sup>26</sup>

- (ii) die resultate van die studie toon aan dat fluktuasies meer algemeen is by patologiese stemme en bevestig bevindings van Lieberman,<sup>11</sup> Von Leden en Koike<sup>23</sup> en Iwata en Von Leden;<sup>5</sup>
  - (iii) die bevinding dat die fluktuasies verband hou met die omvang van die patologie stem ooreen met bevindings van Smith en Lieberman,<sup>18</sup> Lieberman,<sup>11</sup> Von Leden en Koike,<sup>23</sup> Iwata en Von Leden<sup>5</sup> en Koike en Markel;<sup>8</sup> en
  - (iv) die potensieel waardevolle rol van 'n golfvorm analise as hulpmiddel by diagnose en objektiewe evaluasie by terapie, word onderskryf deur navorsing van Wechsler.<sup>24</sup>
- (d) Die resultate van die studie dui op die waarde van die meting van botoon amplitudes soos gevind is by proefpersoon 1 en 13 en dui op die waarskynlike waarde van metings van addisionele hoër botone soos by proefpersone 7 en 8.
- (e) Resultate dui ook op die waarde van metings van verskillende fonasiewyses waardeur waardevolle inligting verkry kan word, soos gevind is by proefpersone 4, 7, 10 en 11.

## GEVOLGTREKKINGS

Daar kan, met verwysing na die doel van die navorsing 'n evaluasie gemaak word van die opnametegniek, analiseproses, asook toepassingsmoontlikhede van die metode, op grond van die resultate van die akoestiese analise van die golfpatroon.

### 'N EVALUASIE VAN DIE OPNAMETEGNIEK EN ANALISEMETODE

Tydens die opnameprosedures van die studie is gevind dat die praktiese gebruik van die nie-weerkaatsende pyp uiters gerieflik en ongekompliseerd is, vir die verkryging van 'n geïsoleerde glottale golfpatroon.

Die metode het besondere praktiese voordele, maar daar bestaan ook moontlike nadele.<sup>3</sup> Verdere navorsing op die gebied behoort egter van waarde te wees.

Die analiseproses is basies bevredigend deurdat dit 'n groot hoeveelheid inligting verskaf. Addisionele inligting in verband met amplitudes van botone blyk in sommige gevalle van groot waarde te wees.<sup>3</sup> Verdere ondersoeke in die verband kan ook moontlik waardevol wees.

### MOONTLIKE PRAKTIESE TOEPASSINGS VAN DIE RESULTATE EN METODE

Die resultate van die ondersoek bevestig bewerings dat puls-tot-puls fluktuasies in die glottale golfpatroon 'n objektiewe aanduiding kan wees van die fisiese toestand van die stemorgaan. Dit impliseer dat sodanige inligting van groot waarde kan wees in 'n terapeutiese sowel as diagnostiese situasie.

#### MOONTLIKE TOEPASSINGS IN 'N TERAPEUTIESE SITUASIE

Die bevinding dat die fluktuasies in die golfpatroon feitlik in alle gevalle verband hou met die afwyking in die vibrasiepatroon, dui op die moontlikheid om, op grond van die analiseresultate, 'n objektiewe evaluasie en numeriese aanduiding van die stemafwykings te maak. Die vordering al dan nie van 'n disfonie pasiënt kan moontlik sodoende objektief bepaal word. Sodanige bepaling kan 'n waardevolle aanduiding van sukses in terapie wees en kan dien as motivering vir die pasiënt. Dit kan ook moontlik 'n aanduiding wees van die wenslikheid al dan nie van die pasiënt se ontslag. Die resultate van proefpersoon 12 waar 'n larinkskarsinoom met behulp van bestraling opgeklar is, dui op die moontlikheid dat doeltreffendheid van bestralingsterapie deur middel van die metode bevestig kan word. Die moontlikheid ontstaan ook dat die doeltreffendheid van chirurgiese behandeling ook op die manier opgevolg kan word.

Die objektiewe evaluasie of numeriese aanduiding van stemafwykings kan moontlik as basis dien vir 'n meer bevredigende en wetenskaplike beskrywing van abnormale stemkwaliteit. Die gebrek aan wetenskaplike beskrywing van stemabnormaliteite, blyk duidelik uit die verwarrende en soms niksseggende subjektiewe beskrywings van stemkwaliteit op grond van subjektiewe ouditielike persepsie wat algemeen in die literatuur aangetref word.<sup>21</sup> Die resultate dui op 'n moontlike oplossing van die probleem, maar sal verdere ondersoek na 'n korrelasie tussen die ouditielike perseptuele- en analise inligting vereis.

#### MOONTLIKE TOEPASSINGS IN 'N DIAGNOSTIESE SITUASIE

Die analiseresultate dui op die potensiële waarde van sodanige inligting as diagnostiese hulpmiddel. Op grond van die bepaalde studie waarby slegs 17 proefpersone betrek is, met 'n verskeidenheid van 10 verskillende patologiese toestande waarvan sommige unilateraal en/of bilateraal voorkom, is dit nie moontlik om betroubare gevolgtrekkings met betrekking tot tipiese resultate vir 'n spesifieke toestand, te maak nie.

Daar is enkele aanduidings van moontlike tipiese resultate, en dit lei tot die gevolgtrekking dat verdere navorsing in die verband van groot waarde kan wees. Daar bestaan egter sterk aanduidings dat tipiese resultate verband hou met die struktureel-histologiese implikasies van 'n patologiese toestand en nie noodwendig met 'n spesifieke patologie nie. Die bewering word gebaseer op grond van die resultate van proefpersone 4, 7, 10 en 11. Dit impliseer dat 'n differensiaal-diagnose waarskynlik nie op grond van akoestiese analiseresultate gemaak sal kan word nie, maar dat die inligting waarskynlik wel as basis vir 'n siftingstoets gebruik sal kan word.

Die onteenseglike waarde van so 'n objektiewe en omvangryke akoestiese analise, blyk uit die feit dat in drie gevalle, waarby die probleem nie met behulp van aanvanklike indirekte laringoskopiese ondersoeke gediagnoseer kon word nie, 'n onderliggende patologie of oorsaak op grond van die analiseresultate vermoed en bevestig is. Die gevalle waarna verwys word is proefpersone 5, 8 en 15. In sulke gevalle waar die analiseresultate nie verband hou met die sigbare patologie nie, kan dit dui op die noodsaaklikheid van verdere laringale ondersoeke. Die moontlikheid van 'n funksionele afwyking waarby geen pato-



logiese toestand bestaan nie, moet egter steeds in gedagte gehou word en verdere ondersoek in die verband, byvoorbeeld 'n ondersoek na tipiese resultate by funksionele stemafwykings, kan van groot waarde wees.

Die metode van akoestiese analise wat in die studie beskryf is, is geskik vir praktiese gebruik in bogenoemde situasies. Die moontlikheid bestaan ook dat die proses grootliks geoutomatiseer kan word. Sodanige outomatisering sal meebring dat 'n akoestiese analise van stemme deur onopgeleide personeel uitgevoer kan word.

Dit is duidelik dat die metode verskeie dinamiese toepassingsmoontlikhede het en by uitstek geskik is as hulpmiddel in stemterapie. Resultate van die ondersoek dui egter ook op groot leemtes en veld vir verdere navorsing in verband met die fisiologiese veranderings en akoestiese implikasies in geval van stempatologieë.

#### BEDANKINGS

Die outeur wil graag Dr L. P. C. Jansen, Mnr L. Joffe en die personeel van die Akoestiek Afdeling van die N.F.N.L. bedank vir hul waardevolle hulp asook die W.N.N.R. vir die geleentheid om die navorsing te doen en vir die gebruik van die fasiliteite. Dank gaan ook aan Mev. L. Hill en die personeel van die Spraakterapie Departement van die Kalafong Hospitaal vir die hulp wat verleen is tydens die opnames.

#### VERWYSINGS

1. Coleman, R. F. (1971): Effect of Waveform Changes Upon Roughness Perception. *Folia Phoniatrica*, 23.
2. Flanagan, J. L. (1972): *Speech Analysis, Synthesis and Perception*. Springer-Verlag, New York.
3. Groenewald, E. (1977): 'n Akoestiese analise van die glottale puls van sekere stempatologiese verskynsels. Ongepubliseerde verhandeling, Universiteit van Pretoria.
4. Ishizaka, K. and Isshiki, N. (1976): Computer simulation of pathological vocal cord vibration. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 60, No. 5.
5. Iwata, S. and Von Leden, H. (1970): Pitch Perturbations in Normal and Pathologic Voices. *Folia Phoniatrica*, 22.
6. Koike, Y. (1967): Application of some acoustic measures for the evaluation of laryngeal disfunction. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 42, No. 5.
7. Koike, Y. (1969): Vowel Amplitude Modulations in Patients with Laryngeal Diseases. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 45, No. 4.
8. Koike, Y. and Markel, J. (1975): Application of inverse filtering for detecting Laryngeal Pathology. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 84.
9. Koshikawa, T. and Sugimoto, T. (1962): *The Information Rate of the Pitch Signal in Speech*. Proceedings of the Stockholm Speech Communication Seminar, STL-KTH.
10. Lieberman, P. (1961): Perturbations in Vocal Pitch. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 33.

11. Lieberman, P. (1963): Some Acoustic Measures of the Fundamental Periodicity of Normal and Pathologic Larynges. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 35, 3.
12. Maeda, S., Fujimura, O. and Sawashima, M. (1968): *Voice Aperiodicity in terms of Pulse Shape and Interval*. Report on the 6th International Congress on Acoustics, Tokyo.
13. Moore, G. Paul. (1971): *Organic Voice Disorders*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J.
14. Moore, P. (1968): Otolaryngology and Speech Pathology. *Laryngoscope*, 78.
15. Mrayati, M., Guerin, N. and Boë, L. J. (1976): A study of the Input Impedance of the vocal tract in the coupling of source and tract. *Acustica*, 35, No. 5.
16. Risberg, A. (1962): *Statistical Studies of Fundamental Frequency Range and Rate of Change*. Proceedings of the Stockholm Speech Communication Seminar. STL-KTH.
17. Siato, S., Kato, K. and Teranishi, N. (1958): Statistical Properties of the Fundamental Frequencies of Japanese Speech Voices. *J. Acoust. Soc. Japan*, 14.
18. Smith, W. R. and Lieberman, P. (1969): Computer Diagnosis of Laryngeal Lesion. *Computers Biomedical Research*. 2.
19. Sondhi, M. M. (1975): Measurement of the glottal wave. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 57, No. 1.
20. Sugimoto, T. and Hiki, S. (1962): *On the Extraction of the Pitch Signal Using the Body Wall Vibration at the Throat of the Talker*. Proceedings of the Stockholm Speech Communication Seminar, STL-KTH.
21. Takahashi, H. and Koike, Y. (1976): Some Perceptual Dimensions and Acoustical Correlates of Pathologic Voices. *Acta-Oto-Laryngol. Suppl.* 338.
22. Von Leden, H., Moore, P. and Timcke, P. (1960): Laryngeal Vibrations: Measurements of the Glottic Wave. Part III: The Pathologic Larynx. *Arch. Otolaryngol.*, 71.
23. Von Leden, H. and Koike, Y. (1970): Detection of Laryngeal Disease by Computer Technique. *Arch. Otolaryngol.*, 91.
24. Wechsler, Enid. (1976): Laryngographic study of voice disorders. *Speech and Hearing – work in progress*, University College, London.
25. Wendahl, R. W. (1963): Laryngeal Analog Synthesis of Harsh Voice Quality. *Folia Phoniatica*, 15, No. 4.
26. Zemlin, W. R. (1968): *Speech and Hearing Science – Anatomy and Physiology*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.

# **ACOUSTIMED + OTICON = THE BEST IN HEARING**

- **OTICON** Hearing Aids from the World's Largest Manufacturer of Hearing Aids
- **14-DAY** Trial Period **PLUS** Free Return Period After Purchase
- **REGULAR** Servicing Agreement which includes Performance Test on Artificial Ear and Written Report Including Performance Curves
- **FREE REPAIRS** Included in Servicing Agreement
- **SPECIAL ARRANGEMENTS** for Pensioners and Indigent Cases
- **AGENTS** Throughout the Transvaal

**Head Office**  
**ACOUSTIMED**  
**(PTY) LTD**

302 Sandown Centre  
Maud Street  
SANDOWN  
P.O. Box 782131  
SANDTON 2146  
TEL 784-0152

**Pretoria Office**  
**ACOUSTIMED**  
**(PTY) LTD**

515 Louis Pasteur Bldg  
Schoeman Street  
PRETORIA  
P.O. Box 4424  
PRETORIA 0001  
TEL 2-3202

**Also Represented by**  
**HEARING**  
**SERVICES**

315 Bosman Bldgs  
Cnr Eloff & Bree Sts  
JOHANNESBURG  
P.O. Box 9988  
JOHANNESBURG 2000  
TEL 37-2978