

Methoden van onderzoek binnen de foniatrie. Enkele methodologische overwegingen

P.H. Dejonckere

Instituut voor Foniatrie, Universiteit Utrecht

In de geneeskunde van stem-, spraak-, taal- en slikstoornissen wordt een uitgebreide scala van onderzoeksmethoden gebruikt. Met de informatie die hierdoor geleverd wordt kunnen verschillende doelen beoogd worden:

(1) een bijdrage te leveren aan de *medisch etiologische diagnostiek*, m.a.w. aan het begrip van de reële aard en oorzaak van de aandoening. Dit geldt hoofdzakelijk voor de endoscopische technieken en de daarbij horende hulpmiddelen, zoals stroboscopie of high speed imaging, en specifieke, beeldvormende technieken.

Voorbeeld: EMG van een eenzijdige stemplooi-paring of paralyse toont aan of er sprake is van een perifere neurogene laesie danwel van een ankylose (Dejonckere, 1987)

(2) een bijdrage te leveren aan de *functionele diagnose*.

Voorbeeld: Electroglottografiequotiënten kunnen aanwijzingen geven voor een hyperkinetisch of hypokinetisch stemplooi-trillingspatroon (Hacki, 1989).

(3) het vastleggen, door middel van een *objectieve meting*, van een bepaald aspect van de (afwijkende) *morfologie*, ter documentatie en bijv. ter vergelijking van de toestand vóór en ná therapie.

Voorbeeld: Ventrodorsale sluitingsinsufficiëntie op een Röntgenfaryngogram bij het uitspreken van een /u/

(4) het vastleggen, door middel van een *objectieve meting*, van een bepaald aspect van de (afwijkende) *functie*, eveneens ter documentatie en bijv. ter vergelijking van de toestand vóór en ná therapie.

Voorbeeld: de orale transporttijd van de bolus in het slikvideofluoroscopisch onderzoek

(5) het evalueren van de *plasticiteit* van de stem-, spraak- of slikkwaliteit: daarmee wordt bedoeld de maat waarin de kwaliteit – c.q. een specifieke eigenschap – van de stemklank, van de articulatie of van het slikmechanisme (quasi-)ogenblikkelijk beïnvloed kan worden door een bepaalde instructie, een bepaalde (therapeutische) strategie, handelwijze of handgreep. De plasticiteit wordt geëvalueerd of gemeten door de spontane situatie te vergelijken met een gecontroleerde situatie (bijv. verandering van stemgevingscon-

ditie, therapeutische manipulatie, bepaalde instructie of oefening, gebruik van een bepaald hulpmiddel).

Voorbeeld: een nasalance-score (acoustische nasometrie) is een meting van de ernst van de velofaryngeale insufficiëntie tijdens de spraak (Haapanen, 1991). Een vergelijkende meting bij spontane spraak en hyperarticulatie of luider spreken kan wijzen op het funktionele aandeel in de hypernasaliteit.

- (6) een inzicht te verkrijgen in de wijze waarop bepaalde therapieën werken en effecten sorteren.

Voorbeeld: aërodynamische metingen bij velofaryngeale insufficiëntie voor en na logopedische reëducatie (Motta & Cesari, 1996) wijzen op de rol van bepaalde compensatiestrategieën.

- (7) het kwantificeren en registreren van de *maximale prestaties* die een patiënt op een bepaald specifiek gebied kan leveren, eventueel in verband met classificatie, geschiktheidstests of belastbaarheid.

Voorbeeld: het klassieke fonetogram

De bedoeling van dit overzicht is een kritische blik te werpen op een aantal methodologische problemen binnen de uitgebreide scala onderzoeksmethoden die in de foniatrie, in het bijzonder bij het onderzoek van de stem-, spraak- en slikafwijkingen, gebruikt wordt.

Als algemene regel gaat men ervan uit dat een onderzoeksmethode of -techniek valide (men meet werkelijk wat men bedoelt te meten), betrouwbaar (de meetresultaten zijn nauwkeurig en reproduceerbaar), klinisch relevant en klinisch bruikbaar dient te zijn. Verder moet het onderzoek zo weinig mogelijk invasief zijn en de fysiologische functie zo weinig mogelijk belemmeren (Bless, 1991a). Binnen de scala van mogelijkheden, beschikt men graag over zowel gevoelige als specifieke meetinstrumenten.

Op methodologisch vlak kan een onderscheid gemaakt worden tussen enkelvoudige metingen en complexe (visuele of auditieve) patronen.

Enkelvoudige metingen

Eén specifieke variabele wordt in een bepaalde conditie gemeten. *Voorbeelden* van enkelvoudige metingen zijn: F_0 (grondtoon), nasalance, voice onset time, orale transporttijd, electroglottografisch (quasi-)open quotiënt, maximale fonatietijd.

Bij het toepassen van enkelvoudige metingen in de klinische praktijk kunnen zich een aantal methodologische problemen voordoen; sommige daarvan zijn specifiek voor enkelvoudige metingen, andere zijn meer algemeen methodologisch van aard. Hieronder volgt een opsomming van deze problemen, elk vergezeld van een korte omschrijving en één of enkele voorbeelden.

Selectie van te analyseren materiaal

Per definitie hebben enkelvoudige metingen betrekking op slechts één parameter in één prestatie, d.w.z. stem-, spraak- of slikgedrag. Essentieel is zich te realiseren welke mogelijke interpretaties aan deze parameter kunnen worden verbonden.

Voorbeeld: een spontane, comfortabele /a/ is ontoereikend om de variaties in stemkwaliteit op middenlange en lange termijn weer te geven. Dit kan een gedeeltelijke verklaring zijn voor de redelijk lage correlatie tussen perceptieve globale kwaliteitsevaluatie (lopende spraak) en acoustische en aërodynamische metingen op een /a:/ (Giovanni et al., 1996). Klingholz (1990) komt eveneens tot de vaststelling dat het zinvoller is om signaal-ruis verhoudingen te berekenen op lopende spraak dan op aangehouden klinkers.

Selectie van de wijze waarop de meting wordt uitgevoerd en uitgedrukt

Een elektronische meetapparatuur kan vaak op verschillende manieren worden ingesteld om een biologische variabele te registreren, en deze regelingen kunnen de resultaten sterk beïnvloeden (doorlaatfilters, tijdsconstante, etc.). Eén van de criteria waaraan dit kan worden afgemeten is het perceptieve oordeel.

Voorbeeld: Bij de nasometer bleek het zinvol om de acoustische signalen die respectievelijk nasaal en oraal worden opgepikt (en waarvan de verhouding de nasalance score levert) te filteren (centrale doorlaatfrequentie 500 Hz, met een -3dB bandbreedte van 300 Hz), omdat daardoor blijkbaar een betere correlatie met de perceptieve indruk van nasaliteit bereikt wordt (Haapanen, 1991).

Normering

Voordat een meting klinisch kan worden toegepast, dienen eerst normwaarden bij normale proefpersonen te worden verzameld. Daarbij is het van groot belang dat niet alleen een gemiddelde waarde wordt bepaald, maar ook de normale variatie, en criteria op grond waarvan kan worden besloten of een meting bij een bepaalde patiënt afwijkend kan worden genoemd.

Voorbeeld: Het is bekend dat, bij normale proefpersonen, veel stemparameters spontane variaties in de orde van 25% vertonen van het ene moment tot het andere (Bless, 1991a). Voor jitter (in lopende spraak) loopt de variatie op tot 30–48% (Stone & Rainey, 1991). Soms zijn, door de grote interindividuele variaties, de normen nog breder (bijv. voor gemiddelde fonatieflow 80 – 220 cc/s) (Hirano, 1981; Bless, 1991b).

Aan dit bezwaar kan onder bepaalde omstandigheden gedeeltelijk worden tegemoet gekomen, door bijvoorbeeld de eigen baseline van de patiënt (resultierend uit een aantal vóórmetingen) te gebruiken om een therapeutisch effect aan te tonen (Bless, 1991a). Van geheel andere orde is de vraag welke normen gehanteerd moeten worden bij patiënten met hogere eisen (bijvoorbeeld een professionele zanger).

Herhaling van eenzelfde meting

De vraag van het aantal herhaalde metingen doet zich in het algemeen voor bij metingen van een aspect van het spontane, comfortabele (stem-, spreek-, slik-) gedrag (gemiddelde met standaard deviatie), en in het bijzonder bij het meten van maximale prestaties. Bij deze laatste situatie treden leer- en vermoeidheids-effecten op. Een zowel verbaal als visueel model (demonstratie door de onderzoeker) blijkt onmisbaar, en minstens 3 herhalingen zijn vereist (Neiman & Edeson, 1981). Normale proefpersonen halen bijv. systematisch hogere waarden van MPT ('maximum phonation time': maximale fonatietijd) wanneer zij eerst een demonstratie krijgen van de onderzoeker, en gemiddeld bereiken deze normale proefpersonen (na demonstratie) 91% van hun reële MPT na 3 pogingen. Bij kinderen echter zijn 3 pogingen onvoldoende: Lewis et al. (1982) hebben aangetoond dat, na drie pogingen, de maximale fonatietijd gemiddeld nog met 25% kan toenemen. In het onderzoek van Stone (1983) bereiken pas na 8 testen 50% van de proefpersonen (zowel volwassenen als kinderen) hun werkelijk maximale fonatietijd.

Interne validiteit

Alle relevante variabelen dienen te worden gecontroleerd: de MPT (weergave van luchtgebruik tijdens fonatie) wordt bijv. in aanzienlijke mate beïnvloed door de vitale capaciteit. Door de MPT te relateren aan de vitale capaciteit, m.n. door de berekening van het fonatiequotient (vitale capaciteit (cc) / maximale fonatietijd (s)) verhoogt de validiteit. De fonatieflow is, behalve van eventuele pathologische factoren, in zekere mate ook afhankelijk van toonhoogte en luidheid (Bless, 1991). Perturbatiemetingen (jitter en shimmer) zijn afhankelijk van luidheid (Orlikoff en Kahane, 1991). Wil men alle relevante variabelen controleren, dan kan een meetsituatie ontstaan die ver afwijkt van het spontane gedrag van de patiënt, wat meestal ook niet gewenst is. Dit leidt dan tot het begrip externe validiteit: in welke mate de effecten van onafhankelijke variabelen op afhankelijke variabelen in de onderzoekssituatie ook gelden voor de spontane situatie (Doehring, 1988).

Registreren en meten op lang termijn

Lange termijn onderzoeken (perioden tot 12 uren) werden mogelijk gemaakt door het ontwikkelen van microprocessor technieken en "stemaccumulatoren" waarmee bijv. globale spreektijd, F_0 -histogrammen en zelfs spectrale eigenschappen kunnen worden gemeten (Löfqvist, 1991; Buekers, 1995).

Algemeen kan nog vermeld worden dat enkelvoudige metingen, in het bijzonder wanneer die in reële tijd worden weergegeven, adequaat kunnen worden gebruikt als therapiehulpmiddelen (visuele biofeedback): een voorbeeld is de nasalance score op een aangehouden denasaal testfoneem.

Complexe visuele en auditieve patronen

Hier gaat het niet meer om een bepaalde waarde voor een bepaalde meetbare variabele van het proces, maar wel om een complex geheel dat - met een bepaalde methodiek - beoordeeld en geanalyseerd wordt. Dit complex geheel bestaat uit een auditief of visueel beeld van een aspect, een moment, een conditie van het fonatie-, articulatie- of slikproces, en eist soms het gebruik van specifieke apparatuur, die de weergave mogelijk maakt.

Voorbeelden: Stemplooi-trillingspatroon (videostroboscopie), visible speech (sonografie), nasaliteit, slikvideofluoroscopie, EMG patronen.

Bij het gebruik van complexe visuele en auditieve patronen kunnen zich een aantal methodologische problemen voordoen. Een eerste, algemeen probleem is de *subjectiviteit* van patroonherkenning en perceptieve beoordelingen. Consistentie en betrouwbaarheid van perceptieve oordelen en beschrijvingen blijken over het algemeen lager dan wenselijk. In 1971 gaven Sonninen en Damsté reeds terecht aan dat een taal rijk aan nuances in haar woordenschat in dit geval juist een obstakel kan zijn. Naast de moeilijkheid om tot een uniforme terminologie te komen, bestaan er weinig richtlijnen om de mate van de afwijking, de ernst zowel globaal als van een bepaald aspect weer te geven. Met name de ervaring speelt daarbij een belangrijke rol. Bijvoorbeeld, ervaring met perceptieve beoordeling door middel van de 5-parameters GRBAS-schaal (Grade - Roughness - Breathiness - Asthenicity - Strain) verhoogt significant de overeenstemming tussen twee verschillende beoordelaars (Dejonckere et al., 1996). Naast continue variabelen, zoals bijv. heesheid (hoorbare turbulente luchtstroming), kan in de stemkwaliteit de aanwezigheid van specifieke kenmerken herkend worden. Een voorbeeld daarvan is diplofonie, waarbij nog aangegeven kan worden of dit zelden of vaak voorkomt. Hetzelfde geldt voor hypernasaliteit en het voorkomen van afwijkende articulaties in de spraak.

In dit verband moet nog vermeld worden dat er geen optimaal criterium (Pearson's *r*, Cohen's Kappa, afwezigheid van significante verschillen bij variantieanalyse) bestaat voor de maat van overeenstemming of consistentie van perceptieve beoordelingen (Kreiman et al., 1993)

De keuze van het te beoordelen materiaal kan ook onderwerp van controverse zijn: lopende spraak wordt door Fex (1992) aanbevolen voor perceptieve stembeoordeling, doch uit het onderzoek van de Krom (1994) blijkt dat fragmenten lopende spraak niet consistentere of betrouwbaarder worden beoordeeld dan klinikerfragmenten. Het resultaat van een betrouwbaarheidsonderzoek op interpretatie van laryngoscopiebeelden van benigne stemplooi-afwijken bleek teleurstellend (Dijkers, 1994).

De betrouwbaarheid van bepaalde complexe patronen heeft men geprobeerd te verhogen door *averaging technieken*. Dit is bijv. het geval voor het acoustische stemspectrogram met de "long-term average spectral analysis" (LTAS) (Wendler et al., 1986). Echter de LTAS-configuratie wordt eveneens door luidheid beïnvloed, en het is dus noodzakelijk om deze variabele te controleren (Kitzing,

1986). Bij LTAS analyse is het eveneens van belang om articulatie-ruis in stemloze consonanten te onderscheiden van de ruis die ontstaat op niveau van de stembron (Hammarberg et al., 1980). Dit kan door fonetische selectie van de tekst, of door automatische verwijdering door het analyseprogramma van alle stemloze geluiden. Grote interindividuele variaties in LTAS-configuraties bemoeilijken het definiëren van normaliteitscriteria (Löfqvist & Mandersson, 1987). De variaties zijn mogelijk even groot als of groter dan de variaties in het /a/ spectrogram.

De *combinatie van signalen*, zoals rechtstreekse visualisatie van het EGG-sigitaal synchroon met het videostroboscopisch larynxbeeld (Karnell, 1989), of *visible speech* met het spraakgeluid, kan de interpretatie soms nauwkeuriger maken.

Twee recente (en belovende) ontwikkelingen zijn bewerkingen van data uit acoustische analyse met behulp van artificiële neurale netwerken, en toepassing binnen het gebied van stem en spraak, van nieuwe wiskundige theorieën over niet lineaire dynamica, chaos en fraktale geometrie (Leinonen et al., 1992; Titze et al., 1993).

Relatie tussen (gedifferentieerde) perceptieve en instrumentele observaties en metingen: Op zoek naar de gouden standaarden.

Volgens Hammarberg et al. (1980) zal het *klinisch goed getrainde oor* steeds het eerste en belangrijkste onderzoeks- en evaluatiemiddel zijn. De perceptieve beoordeling van de stemkwaliteit is ook voor menig auteur de standaard waarmee een bepaalde stemmeting getoetst wordt (Kreiman et al., 1993). Een belangrijk probleem hierbij is echter, zoals reeds genoemd, de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid. Kreiman et al. stellen een theoretisch raamwerk voor waarin verschillende bronnen van variabiliteit in perceptieve beoordeling in beschouwing worden genomen: de eigen achtergrond en ervaring van de beoordelaar (waarvoor ontwikkeling van interne standaarden), zijn alertheid en concentratie, de wijze waarop gescoord wordt (x punten schaal of visueel analoge schaal), de context, en het feit dat wat beoordeeld moet worden multidimensionaal is. De hypothese dat interne standaarden kunnen fluctueren, o.a. door contexteffecten, wordt bevestigd door het feit dat het aanbieden van modellen, anker-stimuli genoemd, de betrouwbaarheid significant doet toenemen (Gerrat et al., 1993). Er werd ook gesuggereerd om stemmen paarsgewijs aan te bieden voor vergelijkende beoordeling (Kreiman et al., 1992).

Toch is, volgens Rabinov et al. (1995), de hogere betrouwbaarheid van acoustische metingen geen goed argument om aan deze metingen systematisch de voorkeur te geven boven perceptieve evaluatie. Een complete perceptieve zowel als instrumentele evaluatie houdt ook in dat bepaalde specifieke condities onderzocht worden (Bless, 1991). Als voorbeeld kunnen genoemd worden: de Lombard-Tarneaud proef, de proef van Gutzmann (/i/ met en zonder manuele druk op de neusvleugels) in geval van nasaliteit, logopedische reëducatietechnieken (na-

saleren, accent). De inter- en intrabeoordelaarsvariantie dient bekend te zijn (Dejonckere et al., 1996). Op dit gebied is er nog, op internationaal niveau, gebrek aan uniformisatie en standaardisatie, hoewel de basisbegrippen eigenlijk weinig variëren. Effecten van training, en het beschikbaar zijn van standaarden kunnen in deze context van belang zijn.

Hoge correlaties tussen perceptieve oordelen en acoustische metingen kunnen niet aangetoond worden (Dejonckere et al., 1996). Imaizumi (1986) vindt dat de PPQ (Pitch Perturbation Quotient) redelijk adequaat de stemafwijking weergeeft die perceptief als "schorheid" ervaren wordt. Hetzelfde geldt voor de ANL (Additive Noise Level) en de perceptieve indruk van heesheid. Correlaties tussen panelbeoordelingen en clusters van acoustische metingen komen wat beter uit, en zijn wel van theoretisch belang.

Multidimensionale benadering

De stem op zich is *multidimensionaal*: er bestaat niet één meting of schaal die alle aspecten kan weergeven (Hirano, 1989). Dit geldt a fortiori voor spraak, en ook voor het slikmechanisme. De noodzaak van een *batterij van onderzoekstechnieken* is algemeen aanvaard.

Bij onderzoek naar verbanden tussen diverse aspecten van de multidimensionaliteit speelt de *fluctuatie van de stemkwaliteit* een rol. Wanneer verschillende onderzoeken zoals bijv. videostroboscopie, acoustische analyse, fysiologische metingen (electroglottografie), en aërodynamische metingen, bij een zelfde patiënt worden verricht, dan zijn – al is het op een zelfde dag – toch de onderzochte stemgevingen meestal verschillend, en bij fluctuerende stemmen betekent dit een evident methodologisch probleem.

Wel blijkt het mogelijk, met name in het raam van de stempathologie, om met behulp van *factoranalyse* hoofdtrends te beschrijven, die zowel anatomische en biomechanische als acoustische en perceptieve eigenschappen of kenmerken bevatten. Dit kan leiden tot een beter fysiopathologisch inzicht (Dejonckere, 1995).

Het doel is het ontwikkelen van een basisset van instrumentele metingen of tests.

Voor *stempathologie* zou in gestandaardiseerde stemgevingscondities een dergelijke basisset dienen te omvatten:

1. een gedifferentieerde perceptieve beoordeling, inclusief de evaluatie van de plasticiteit;
2. een videolaryngostroboscopisch onderzoek van de stemorganen;
3. een acoustische analyse met
 - een aperiodiciteitsmeting
 - een hoogfrequente ruis meting
 - een integrerende meting: bijv. signaal/ruis verhouding in formantzone, cepstrumpeikmeting.

De gestandaardiseerde stemgevingscondities, waarop deze metingen zouden moeten worden verricht, zouden moeten bestaan uit een aangehouden /a/ , en een korte, fonetisch geselecteerde, standaard tekst, die bijvoorbeeld alleen stemhebbende fonemen en geen fricatieven bevat..

Voor *nasaliteit* zou een dergelijke basisset dienen te omvatten:

1. een gedifferentieerde perceptieve beoordeling van de nasaliteit, inclusief de evaluatie van de plasticiteit;
2. een videoendoscopisch onderzoek van de velofarynx, met dynamische tests;
3. een batterij eenvoudige aerodynamische onderzoeken in standaard condities, en als aanvulling;
4. een acoustische nasometrie;
5. een acoustische analyse;
6. een beeldvormend onderzoek (met dynamische tests).

Voor *slikstoornissen* zou een dergelijke basisset dienen te omvatten:

1. een klinisch onderzoek van morfologie, motoriek en sensibiliteit op niveau van de betrokken organen;
2. een videoendoscopisch onderzoek, c.q. met slikproef (methyleenblauw);
3. c.q. een slikvideofluoroscopisch onderzoek, met differentiatie van hoeveelheid en consistentie van het aangeboden slikmateriaal, en het testen van effecten van therapeutische strategieën.

Conclusie

Het ontbreekt zeker niet aan onderzoeksmethoden binnen het vakgebied van stem-, spraak- en slikstoornissen. Echter wanneer bijvoorbeeld literatuuronderzoek ondernomen wordt, m.n. in het kader van een meta-analyse, naar de eventuele superioriteit van een bepaalde behandeling ten opzichte van een bepaalde andere behandeling, blijkt meteen dat ernstige beperkingen ontstaan door het gebrek aan uniformiteit en standaardisatie van valide en betrouwbare meet- en evaluatieprotokollen. Binnen internationale organisaties zijn commissies werkzaam op dit gebied, en proberen concrete aanbevelingen te formuleren. Ook aan de kant van de constructeurs van apparatuur worden nu lofwaardige pogingen gedaan. In een tijd waar kwaliteitsverhoging en effectiviteit van therapieën (van symptoom tot levenskwaliteit) zo centraal geplaatst worden, mag dit als een prioriteit beschouwd worden.

Literatuur

- Bless, D. M. (1991a). Assessment of laryngeal function. In C. N. Ford & D.M. Bless (Eds.), *Phonosurgery: Assessment and surgical management of voice disorders*. New York: Raven Press.
- Bless, D. M. (1991b). Measurement of vocal function. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 24, 1023-1033.
- Buekers, R., Bierens, E., Kingma, H., & Marres, E.H.M.A. (1995). Vocal load as measured by the voice accumulator. *Folia Phoniatica et Logopedica*, 47, 252-261.
- Dejonckere, P.H. (1987). *E.M.G. of the larynx*. Liège: Press Productions.
- Dejonckere, P.H. (1995). Principal components in voice pathology. *Voice*, 4, 96-105.
- Dejonckere, P. H., Wieneke, G.H., & Burgersdijk, F.J.A. (1991). Effects of loudness on acoustic parameters of voice quality. *Clinical Otolaryngology*, 16, 107.
- Dejonckere, P.H., Obbens, C., de Moor, G.M., & Wieneke, G.H. (1993). Perceptual evaluation of dysphonia: reliability and relevance. *Folia Phoniatica et Logopedica*, 45, 76-83.
- Dejonckere, P.H., Remacle, M., Fresnel-Elbaz, E., Woisard, V., Crevier-Buchman, L., & Millet, B. (1996). Differentiated perceptual evaluation of pathological voice quality: Reliability and correlations with acoustic measurements. *Revue de Laryngologie, Otologie, Rhinologie*, 117, 219-224.
- Dejonckere, P. H., & Lebacqz, J. (1996). Acoustic, perceptual, aerodynamic and anatomical correlations in voice pathology. *ORL*, 58, 326-332.
- Dijkers, F.G. (1994). *Benign lesions of the vocal folds*. Proefschrift Groningen. Faculteit der Geneeskunde.
- Doehring, G. D. (1988). *Research strategies in human communication disorders*. Austin, Texas: Pro-ed.
- Fex, S. (1992). Perceptual evaluation. *Journal of Voice*, 6, 155-158.
- Gerratt, B.R., Kreiman, J., Antonanzas-Barroso, N., & Berke, G.S. (1993). Comparing internal and external standards in voice quality judgments. *Journal of Speech and Hearing Research*, 36, 14-20.
- Giovanni, A., Robert, D., Estublier, N., Teston, B., Zanaret, M., & Cannoni, M. (1996). Objective evaluation of dysphonia: preliminary results of a device allowing simultaneous acoustic and aerodynamic measurements. *Folia Phoniatica et Logopedica*, 48, 175-185.
- Haapanen, M. L. (1991). A simple clinical method of evaluating perceived hypernasality. *Folia Phoniatica et Logopedica*, 43, 122-132.
- Hacki, T. (1989). Klassifizierung von Glottisdysfunktionen mit Hilfe der Elektroglossographie. *Folia Phoniatica*, 41, 43-48.
- Hammarberg, B., Fritzell, B., Gauffin, J., Sundberg, J., & Wedin, L. (1980). Perceptual and acoustic correlates of abnormal voice qualities. *Acta Otolaryngology*, 90, 441-451.
- Hirano, M. (1981). *Clinical examination of voice*. New York, Springer Verlag.
- Hirano, M. (1989). Objective evaluation of the human voice: clinical aspects. *Folia Phoniatica et Logopedica*, 41, 89-144.
- Hirano, M., Hibi, S., Teresawa, R., & Fujii, M. (1986). Relationship between aerodynamic, vibratory, acoustic and psychoacoustic correlates in dysphonia. *Journal of Phonetics*, 14, 445-456.
- Imaizumi, S. (1986). Clinical application of the acoustic measurement of pathological voice qualities. *Ann. Bull. RILP*, 20, 211-216.
- Karnell, M.P. (1989). Synchronized videostroboscopy and electroglottography. *Journal of Voice*, 3, 68-75.
- Kitzing, P. (1986). LTAS criteria pertinent to the measurement of voice quality. *Journal of Phonetics*, 14, 477-482.

- Klingholz, F. (1990). Acoustic recognition of voice disorders : A comparative study of running speech versus sustained vowels. *Journal of the Acoustical Society of America* 87, 2218-2224.
- Kreiman, J., Gerratt, B.R., Precoda, K., & Berke, G.S. (1992). Individual differences in voice quality perception. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 512-520.
- Kreiman, J., Gerratt, B.R., Kempster, G.B., Erman, A., & Berke, G.S. (1993). Perceptual evaluation of voice quality : Review, tutorial and a framework for future research. *Journal of Speech and Hearing Research*, 36, 21-40.
- Krom, C. de (1994). *Acoustic correlates of breathiness and roughness. Experiments on voice quality*. Doctoral dissertation Utrecht, Faculteit der Letteren.
- Leinonen, L., Kangas, J., Torkkola, K., & Juvas, A. (1992). Dysphonia detected by pattern recognition of spectral composition. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 287-295.
- Lewis, K., Casteel, R., & McMahon, J. (1982). Duration of sustained /a/ related to the number of trials. *Folia Phoniatica et Logopedica*, 34, 41-48.
- Löfqvist, A., & Mandersson, B. (1987). Long-time average spectrum of speech and voice analysis. *Folia Phoniatica* 39, 221-229.
- Löfqvist, A. (1991). Long-time studies of vocal behavior. *Working Papers in Logopedics and Phoniatrics*, 7, 69-83.
- Motta, S., & Cesari, U. (1996). Aerodynamic study of velopharyngeal insufficiency before and after logopedic treatment. *Folia Phoniatica et Logopedica*, 48, 11-21.
- Neiman, G. S., & Edeson, B. (1981). Procedural aspects of eliciting maximum phonation time. *Folia Phoniatica et Logopedica*, 33, 285-293.
- Orlikoff, R.F. & Kahane, J.C. (1991). Influence of mean sound pressure level on jitter and shimmer measures. *Journal of Voice*, 5, 113-119.
- Rabinov, C.R., Kreiman, J., Gerratt, B. R., & Bielašovicz, S. (1995). Comparing reliability of perceptual ratings of roughness and acoustic measure of jitter. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38, 26-32, 1995.
- Scholten, J.H.G., & van Weel, C. (1992) *Functional status assessment in family practice*. Lelystad : Meditekst.
- Sonninen, A., & Damsté, P. H. (1971). An international terminology in the field of logopedics and phoniatrics. *Folia Phoniatica et Logopedica*, 23, 1-32.
- Stone, R.E. (1983). Contraindications for subscribing to maximum phonation time and optimum fundamental frequency. In D.M. Bless & J.H. Abbs (Eds.), *Vocal fold physiology*. San Diego: College Hill Press.
- Stone, R.E., & Rainey, C.L. (1991). Intra- and intersubject variability in acoustic measures of normal voice. *Journal of Voice*, 5, 189-196.
- Titze, I.R., Baken, J., & Herzel, H. (1993). Evidence of chaos in vocal fold vibration. In I. R. Titze (Ed.), *Vocal fold physiology* (pp. 143-182). San Diego : Singular Publishers.
- Wendler, J., Rauhut, A., & Kruger, H. (1986). Classification of voice qualities. *Journal of Phonetics*, 14, 483-488.