

## Fonetogramkarakteristieken van jongens en meisjes (6-11j) met gezonde stemmen en met stemplooinoduli: normatieve gegevens

L. Heylen<sup>1,2</sup>, F.L. Wuyts<sup>1</sup>, F. Mertens<sup>2</sup>, M. De Bodt<sup>1</sup>, J. Pattyn<sup>3</sup> en P.H. Van de Heyning<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dienst N.K.O., Hoofd- en Halschirurgie, Revalidatiecentrum voor Communicatiestoornissen, Universitair Ziekenhuis U.I.A., Antwerpen, België, <sup>2</sup> Dienst Logopedie K.M.S.L., Turnhout en <sup>3</sup> Turnhout

In deze studie worden normatieve gegevens over de fonetogramkarakteristieken van 35 jongens en 39 meisjes (6-11j) met gezonde stemmen en van 57 jongens en 25 meisjes (6-11j) met stemplooinoduli gepresenteerd.

Voor de opname van de gegevens werd een automatisch fonetografiesysteem gebruikt. Het fonetogram wordt kwantitatief beschreven door middel van frequentie-, intensiteits-, en vormkarakteristieken.

Verschillen tussen de populatie met gezonde stemmen en de populatie met stemplooinoduli worden statistisch onderzocht. Onder de variabelen die afhangen van de frequentie worden significante verschillen tussen gezonde en pathologische kinderen vastgesteld op het vlak van de hoogste frequentie, het frequentiebereik, het aantal halftonen in het borst- en kopregister en het totaal aantal halftonen. De verschillen tussen de variabelen die gerelateerd zijn aan de intensiteit zijn de laagste intensiteit en het intensiteitsbereik. Voor jongens moet deze lijst nog aangevuld worden met de hoogste intensiteit.

Onder de vormkarakteristieken zijn zowel de hoogste als de laagste contouren significant verschillend tussen kinderen met gezonde stemmen en de kinderen met stemplooinoduli.

### Inleiding

Zes tot negen procent van de kinderen hebben stemstoornissen (Wilson, 1987) en daarvan is 85 tot 90 % veroorzaakt door stemmisbruik (Johnson & Child, 1988). Het gaat daarbij over stemplooinoduli en poliepen, oedemen, contactzweren of contactgranulomen. Deze moeten onderscheiden worden van sulcus glottidis, stemkyste, stembandverlamming en papillomatosis. Van al deze lesies zijn de stemplooinoduli de meest verspreide onder schoolgaande kinderen (Andrews, 1995). Ze verschijnen het

---

Correspondentieadres: L. Heylen, PhD, Dienst N.K.O., Hoofd- en Halschirurgie, Revalidatiecentrum voor Communicatiestoornissen, Universitair Ziekenhuis U.I.A., Wilrijkstraat 10, B 2650 Edegem, België. Tel. 0032 3 8213451. Fax 0032 3 8250536.

vaakst gelijktijdig tussen het voorste derde en de achterste twee derden op beide stemplooiën.

Om stemkarakteristieken te meten kan men de fonetografie gebruiken. Dit gebeurt door het registreren van de mogelijkheden van de larynx ten overstaan van de grondfrequentie en de geluidsintensiteit (Schutte & Seidner, 1983). Het frequentiebereik op de horizontale as van een fonetogram bevat de laagste en hoogste grondfrequenties waarop de stembanden kunnen vibreren. Op de verticale as noteert men de laagste en hoogste intensiteit van stemgeluid dat bij een bepaalde mondopening en klinkerproductie op een bepaalde afstand van de mond geregistreerd wordt.

Alhoewel stemplooinoduli erg vaak voorkomen, is er maar weinig geweten over de functionele prestaties van kinderen met stemplooinoduli. Normatieve gegevens zijn slechts bij uitzondering beschikbaar (Hufnagle, 1982; McAllister, Sederholm, Sundberg & Gramming, 1994; Pedersen, Moller, Munk, Bennet & Kitzing, 1984).

Bij pathologische gevallen kan het fonetogram in eerste instantie als visueel vergelijkingsmateriaal gebruikt worden, maar een diepgaander studie van de verschillende aspecten van het fonetogram, namelijk de frequentie- en intensiteitskarakteristieken, levert wel een betrouwbaarder vergelijking op. Daarenboven spitst onze studie zich toe op de vorm van het fonetogram door het kwantificeren van de hellingsgraad van de bovenste en onderste contouren in het borstregister. In de studie onderzoeken we de fonetogrammen van jongens en meisjes tussen 6 en 11 jaar met gezonde stemmen en met stemplooinoduli met het oog op een objectieve vergelijking van de functionele prestaties van beide populaties.

## **Methodiek en materiaal**

### *Methodiek*

Onze studie omvat de volgende stappen:

1. Opnames van fonetogrammen van 35 jongens en 39 meisjes (tussen 6 en 11 jaar) met gezonde stemplooiën en normale stemmen. De selectie van deze normale populatie was gebaseerd op indirecte laryngoscopie waarbij gebruik gemaakt werd van 70° en 90° endoscopen en stroboscopie, gecombineerd met perceptie-evaluatie getoet als  $G_o R_o B_o A_o S_o$  op de Hirano-schaal (Hirano, 1981).
2. Opnames van fonetogrammen van 57 jongens en 25 meisjes (tussen 6 en 11 jaar) met stemplooinoduli als enige pathologie. De diagnose werd gemaakt door middel van indirecte laryngoscopie waarbij gebruik gemaakt werd van rigide endoscopie en stroboscopie. Patiënten met meervoudige stemploopathologieën, zoals stemplooinoduli in combinatie met sulcus glottidis of in combinatie met gespleten verhemelte werden uitgesloten.
3. Beschrijving van fonetogrammen door middel van 13 frequentie-, intensiteits- en vormkarakteristieken (tabel 1 en figuur 1).
4. Vergelijking van de fonetogramkarakteristieken van beide kinderpulaties (punten 1 & 2) door middel van univariate statistiek.

### ***Fonetogramregistratie***

Fonetogramopnames werden uitgevoerd met behulp van het Phonomat automatisch fonetografiesysteem (Homoth Medizin-elektronik GmbH & CO KG, Stimmfeldmessung V3.0.) (Hacki, 1993).

De Phonomat registreert automatisch de frequentie en de intensiteit van een patiënt die de /a/ produceert. Dit wordt ook op de monitor gevisualiseerd. Deze visuele feedback vergemakkelijkt aanzienlijk het onderzoek voor patiënten zonder muzikale training. Ook de therapeut hoeft geen muzikale capaciteiten te hebben. De opnameprocedure verloopt volgens de aanbevelingen van de Union of European Phoniaticians (Schutte, Seidner, 1983).

De proefpersonen werden vóór de opname geïnformeerd over de te volgen procedure. Er werd hen gevraagd om uitsluitend de /a/ gedurende minstens 2 seconden te produceren vermijdt andere klinkers geen bijkomende informatie opleveren (Gramming, 1988). De afstand tussen mond en microfoon bedraagt 30 cm en het geluidsdrukniveau wordt gemeten in dB(A).

De proefpersonen moesten comfortabel inademen (Coleman, 1993) en werden voortdurend aangemoedigd en gemotiveerd door de onderzoeker. Na enkele opwarmingsoefeningen (Sundberg, 1987) werd de proefpersonen gevraagd een /a/ te produceren op hun habituele frequentie en intensiteit. De stemproductie moest fysiologisch aanvaardbaar zijn. Daarna werd een ruwe contour geregistreerd door het vaststellen van de hoogste en laagste frequenties en intensiteiten die de proefpersoon kan produceren. Dan werden voor elke halftoon de laagste en hoogste intensiteit vastgesteld om de bovenste en onderste contouren te vervolledigen met de tussenliggende halftonen.

### ***Fonetogramkarakteristieken***

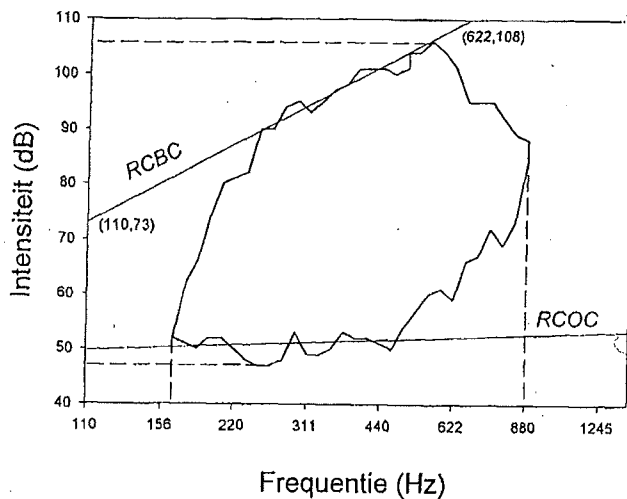
De frequentie-, intensiteits- en vormkarakteristieken staan samengevat in tabel 1 op de volgende pagina.

Het fonetogram bestaat uit 7 frequentiekarakteristieken: de habituele frequentie ( $F_0$ HAB), de hoogste ( $F_0$ H) en laagste frequentie ( $F_0$ L) uitgedrukt in Hz en ook het verschil ertussen ( $F_{0g} \text{ Tot} = F_0H - F_0L$ ) waarmee het totale toonbereik weergegeven wordt. Het aantal halftonen van kop- en borstregisters wordt vastgesteld (HTBR en HTKR) waarbij beide registers tijdens het opnemen van het fonetogram door de onderzoeker aangeduid worden op basis van auditieve perceptie. Daarenboven drukken we het totale toonbereik uit in halftonen (HTTot). Dan wordt het fonetogram opgesplitst in vier intensiteitskarakteristieken: de habituele intensiteit (IHAB), de laagste (IL) en hoogste (IH) intensiteiten, uitgedrukt in dB evenals het verschil tussen beide intensiteiten wat overeenstemt met het totale intensiteitsbereik ( $IRg \text{ Tot} = IH-IL$ ).

Ten slotte beschrijven we ook de vorm van het fonetogram door middel van de hellingsgraad van de contouren van de boven- en benedengrens. Daartoe tekent de onderzoeker manueel een tangens voor de waarden van het borstregister. Met de ( $f, I$ )-paren die uitgedrukt zijn in Hz en dB wordt de hellingsgraad in dB/halftoon berekend als volgt:  $\text{hellingsgraad} = (I_2 - I_1) / [(\log(f_2) - \log(f_1)) / 0.0251]$ . De factor 0.0251 komt voort uit de transformatie van frequentie naar halftonen. Voor de berekening van de helling verwijzen we naar de procedure beschreven in Journal of Speech, Language and Hea-

Tabel 1 Fonetogramkarakteristieken met parameters en definities

Karakteristieken	Parameters	Definities
Frequentie	$F_0HAB$	Habituele frequentie (Hz)
	$F_0L$	Laagste frequentie (Hz)
	$F_0H$	Hoogste frequentie (Hz)
	$F_0RgTot$	Frequentierange (Hz)
	HTBR	Aantal halftonen in het borstregister
	HTKR	Aantal halftonen in het kopregister
	HTTot	Totaal aantal halftonen
Intensiteit	IHAB	Habituele intensiteit (dB)
	IL	Laagste intensiteit (dB)
	IH	Hoogste intensiteit (dB)
	IRgTot	Intensiteitsrange (dB)
Vorm	RCBC	Richtingscoëfficiënt bovenste contour (dB per halve toon)
	RCOC	Richtingscoëfficiënt onderste contour (dB per halve toon)



Figuur 1 Richtingscoëfficiënt bovenste contour (RCBC) en Richtingscoëfficiënt onderste contour (RCOC)

ring Research (Heylen et al, 1998).

### Statistiek

We gebruikten de Kolmogorov-Smirnov test (SPSS V7.0 Statistical Software) om de normaliteit van de gegevensverdeling te testen voor iedere variabele en elke populatie afzonderlijk. De ongepaarde student-T test werd uitgevoerd om de populatie met ge-

zonde stemplooin te vergelijken met de populatie met stemplooinoduli. Voor alle tests werd een significantieniveau van  $p=0.05$  gekozen. Het 95% predictie-interval (PI) van een variabele werd berekend als het gemiddelde  $\pm 2s$  (standaarddeviatie), en duidt het interval aan dat 95% van alle waarden van de onderzochte populatie bevat. De 95% confidentie-interval (CI) van het gemiddelde wordt berekend als gemiddeld  $\pm 2se$  (standaard fout). Dit interval geeft, met 95% zekerheid, het bereik aan waarin het echte gemiddelde vervat ligt.

## Resultaten

De gegevens van zowel jongens als meisjes, gezond of met stemplooinoduli, zijn normaal gedistribueerd voor alle onderzochte variabelen. De tabellen 2 en 3 vertegenwoordigen de gemiddelden, de standaardfouten en de p-waarden van de verschillende fonetogramkarakteristieken van jongens en meisjes (6-11j) met gezonde stemmen en met stemplooinoduli. De p-waarde refereert naar de Student-T test statistieken voor een vergelijking tussen gezonde en pathologische status.

In het totaal duiden 10 van de 13 geselecteerde variabelen op significante verschillen tussen gezonde en pathologische jongens. Voor de meisjes gaat dit op voor 9 variabelen. Onder de variabelen in verband met de frequentie worden significante verschillen gevonden voor de hoogste frequentie, het frequentiebereik, het aantal halftonen in

Tabel 2 Fonetogramkarakteristieken van jongens met gezonde stemmen en jongens met stemplooinoduli

Parameters	Jongens gezonde stemmen n = 35; Mean $\pm$ se	Jongens stemplooinoduli n = 57; Mean $\pm$ se	P
F <sub>0</sub> HAB (Hz)	249 $\pm$ 4	250 $\pm$ 4	0.914
F <sub>0</sub> L (Hz)	188 $\pm$ 4	196 $\pm$ 4	0.236
F <sub>0</sub> H (Hz)	861 $\pm$ 35	541 $\pm$ 17	<0.001
F <sub>0</sub> RgTot (Hz)	673 $\pm$ 36	346 $\pm$ 18	<0.001
HTBR	19.0 $\pm$ 0.5	13.9 $\pm$ 0.5	<0.001
HTKR	9.0 $\pm$ 0.7	6.4 $\pm$ 0.5	0.003
HTTot	27.0 $\pm$ 0.9	18.3 $\pm$ 0.7	<0.001
IHAB (dB)	66.9 $\pm$ 0.7	67.5 $\pm$ 0.5	0.457
IL (dB)	48.3 $\pm$ 0.5	52.1 $\pm$ 0.5	<0.001
IH (dB)	100.4 $\pm$ 0.9	94.9 $\pm$ 0.8	<0.001
IRgTot (dB)	52.1 $\pm$ 0.9	42.8 $\pm$ 0.9	<0.001
RCBC (dB/ST)	1.19 $\pm$ 0.06	2.34 $\pm$ 0.14	<0.001
RCOC (dB/ST)	0.69 $\pm$ 0.04	1.00 $\pm$ 0.08	0.006

*Gemiddelden (mean) en standaardfouten (se) worden weergegeven. In de p-kolom wordt het significantieverschil tussen jongens met gezonde stemmen en jongens met stemplooinoduli weergegeven*

Tabel 3 Fonetogramkarakteristieken van meisjes met gezonde stemmen en meisjes met stemplooinoduli

Parameters	Meisjes	Meisjes	P
	gezonde stemmen n = 39; Mean $\pm$ se	stemplooinoduli n = 25; Mean $\pm$ se	
F <sub>0</sub> HAB (Hz)	256 $\pm$ 4	248 $\pm$ 8	0.298
F <sub>0</sub> L (Hz)	195 $\pm$ 4	197 $\pm$ 6	0.786
F <sub>0</sub> H (Hz)	901 $\pm$ 31	554 $\pm$ 27	<0.001
F <sub>0</sub> RgTot (Hz)	706 $\pm$ 32	357 $\pm$ 26	<0.001
HTBR	18.4 $\pm$ 0.4	15.2 $\pm$ 0.6	<0.001
HTKR	9.9 $\pm$ 0.7	5.9 $\pm$ 0.8	0.001
HTTot	27.3 $\pm$ 0.8	18.6 $\pm$ 0.9	<0.001
IHAB (dB)	65.3 $\pm$ 0.8	65.9 $\pm$ 0.7	0.603
IL (dB)	47.8 $\pm$ 0.4	51.9 $\pm$ 0.7	<0.001
IH (dB)	96.3 $\pm$ 0.8	94.9 $\pm$ 1.5	0.396
IRgTot (dB)	48.5 $\pm$ 0.9	43 $\pm$ 1.6	0.002
RCBC (dB/ST)	1.13 $\pm$ 0.07	1.96 $\pm$ 0.14	<0.001
RCOC (dB/ST)	0.54 $\pm$ 0.04	0.79 $\pm$ 0.08	0.003

*Gemiddelden (mean) en standaardfouten (se) worden weergegeven. In de p-kolom wordt het significantieverschil tussen meisjes met gezonde stemmen en meisjes met stemplooinoduli weergegeven*

het borst- en kopregister en het totale aantal halftonen. De variabelen op het vlak van intensiteit die op verschillende wijzen, zijn de laagste intensiteit en het intensiteitsbereik. Voor jongens moet deze lijst aangevuld worden met de hoogste intensiteit. Bij de vormkarakteristieken zijn zowel de hellingsgraad van de bovenste als de onderste contouren significant verschillend tussen beide populaties. Noteer dat in vele gevallen de significantieniveaus erg hoog zijn.

Terwijl de tabellen 2 en 3 gebruikt kunnen worden voor het onderzoek van groeps-gemiddelden, moeten de fonetogramkarakteristieken vergeleken worden met de 95% PI van de referentiepopulatie wanneer men de performantie van individuele personen beoordeelt. De 95% PI van de verschillende variabelen zijn in de tabellen 4 en 5 voor respectievelijk jongens en meisjes opgenomen.

## Discussie

Dit onderzoek verschaft informatie over de fonetogramkarakteristieken van jongens en meisjes (6-11j) met gezonde stemmen en met stemplooinoduli. Er zijn 10 discriminerende variabelen tussen gezonde stemmen en stemmen met stemplooinoduli waarvan 9 gemeenschappelijke voor jongens en meisjes en 1 bijkomende variabele voor jongens.

Kinderen met stemplooinoduli hebben blijkbaar problemen met verscheidene mechanismen die instaan voor de controle van frequentie, intensiteit en hun interactie.

Tabel 4 95% Predictie-interval van de fonetogramkarakteristieken bij jongens met gezonde stemmen en bij jongens met stemplooinoduli

Parameters	Jongens	Jongens
	gezonde stemmen n = 35; 95% PI	stemplooinoduli n = 57; 95% PI
F <sub>0</sub> HAB (Hz)	205-293	193-307
F <sub>0</sub> L (Hz)	139-238	137-254
F <sub>0</sub> H (Hz)	455-1267	291-792
F <sub>0</sub> RgTot (Hz)	256-1089	79-612
HTBR	12.8-25.1	7.1-20.8
HTKR	0.6-17.4	0.4-12.5
HTTot	17-36.9	8.4-28.2
IHAB (dB)	59.2-74.6	60.4-74.6
IL (dB)	42.6-54	44.6-59.5
IH (dB)	90.5-110.2	82.9-106.9
IRgTot (dB)	41.3-62.8	29.8-55.8
RCBC (dB/ST)	0.52-1.85	0.24-4.45
RCOC (dB/ST)	0.26-1.11	0-2.21

Tabel 5 95% Predictie-interval van de fonetogramkarakteristieken bij meisjes met gezonde stemmen en bij meisjes met stemplooinoduli

Parameters	Meisjes	Meisjes
	gezonde stemmen n = 39; 95% PI	stemplooinoduli n = 25; 95% PI
F <sub>0</sub> HAB (Hz)	209-304	169-326
F <sub>0</sub> L (Hz)	143-247	136-257
F <sub>0</sub> H (Hz)	518-1284	294-814
F <sub>0</sub> RgTot (Hz)	315-1098	100-615
HTBR	13.1-23.7	9.6-20.8
HTKR	1.7-18	0-12.8
HTTot	18-36.5	9.8-27.5
IHAB (dB)	55.9-74.6	58.8-72.9
IL (dB)	42.9-52.7	45.4-58.4
IH (dB)	86-106.6	80.2-109.6
IRgTot (dB)	37.7-59.3	27.2-58.8
RCBC (dB/ST)	0.31-1.94	0.63-3.29
RCOC (dB/ST)	0.07-1.02	0.01-1.56

Stemplooinoduli hebben een negatieve invloed op de hoogste frequentie omdat een grotere massa de hogere vibratiepatronen hindert (Hollien, Colton, 1969). Daarenboven beperken de stemplooinoduli de reductie van de stemplooi massa die nodig is voor een frequentietoename in het kopregister. Dit effect wordt bevestigd door onze eigen

resultaten waarin de gemiddelden van de hoogste toon  $F_0H$  significant lager zijn bij de groep met stemplooinoduli dan bij de normale groep.

Daarenboven komt het feit dat dit fenomeen gesterkt wordt door de afwezigheid van een significant verschil tussen de laagste frequentie ( $F_0L$ ) van beide populaties.

Wegens de verhoogde glottale weerstand (Sataloff, 1995) hebben stemplooien die aangetast zijn door noduli een grotere subglottale druk nodig om te kunnen vibreren. De rigiditeit van de stemplooien en het verlies van lucht bij patiënten met stemplooinoduli verstoren het mechanisme van de intensiteitskarakteristieken. Dit verklaart de verschillen die we vonden tussen de groep kinderen met gezonde stemmen en de groep kinderen met stemplooinoduli voor de variabelen IL en IRgTot.

Om onze gegevens te valideren, hebben we hen vergeleken met de gegevens uit de literatuur. Er bestaan heel wat studies over de habituele frequentie, maar uitsluitend voor gezonde stemmen. (Wilson, 1987). De vermelde waarden zijn 254 Hz en 260 Hz voor respectievelijk gezonde jongens en meisjes (Wilson, 1987) en 246 Hz voor gezonde jongens (Hufnagle, 1982). De 95% PI van de  $F_0HAB$  van onze corresponderende gegevens overlappen duidelijk de gegevens van Wilson en Hufnagle. Pedersen et al (1984) vermelden een waarde van 257 Hz voor meisjes met stemplooinoduli terwijl Hufnagle (1982) 301 Hz als  $F_0HAB$  opgeeft voor jongens met stemplooinoduli. Het eerste stemt overeen met onze gegevens, maar het laatste niet. Andere studies over fonetogramkarakteristieken van gezonde of pathologische stemmen zijn die van McAllister et al (1994), Böhme en Stuchlick (1995) en Kotby et al (1995). De HTRgTot waarden die McAllister et al (1994) geven zijn 25 voor gezonde jongens en 19 voor jongens met stemplooinoduli. Zij geven ook bijkomende IRgTot waarden van 21.4 halftonen voor pathologische jongens en 22.8 halftonen voor pathologische meisjes. Al die waarden zijn in overeenstemming met de gegevens die we vonden in de corresponderende proefgroepen. Het moet opgemerkt worden dat het intensiteitsniveau van de laatste publicatie (McAllister et al 1994) begint bij 60 dB terwijl dat bij onze studie 40 dB was. Dat verklaart het verschil van 20 dB tussen beide studies. Na een vergelijking van onze gegevens met die van Böhme en Stuchlick (1995) (tabel 6) vonden we verschillen voor  $F_0H$ , FoRgTot en voor de intensiteitskarakteristieken. Toch moet vermeld worden dat 95% predictie-intervallen voor de gegevens uit de literatuur niet konden berekend worden bij gebrek aan standaardfouten, wat een correcte vergelijking in het gedrang brengt.

## Besluit

Met het opsplitsen van het fonetogram in frequentie, intensiteit en vorm tonen we aan dat verscheidene fonetogramkarakteristieken significant verschillend zijn tussen kinderen met gezonde stemmen en kinderen met stemplooinoduli. Dit bevestigt de fysiologische fenomenen die verantwoordelijk zijn voor de aandoening. Daarenboven leveren we ook normatieve gegevens voor jongens en meisjes met gezonde stemmen en voor jongens en meisjes met stemplooinoduli.



Tabel 6 Gegevens uit de studie van Böhme en Stuchlick, weergegeven volgens de fonetogram-karakteristieken, gedefinieerd in deze studie

Study ref.	Böhme & Stuchlick (1995)	
	Gezonde stemmen	
	jongens	meisjes
F <sub>0</sub> HAB (Hz)		
F <sub>0</sub> L (Hz)	196	196
F <sub>0</sub> H (Hz)	1048	1048
F <sub>0</sub> RgTot (Hz)	852	852
HTBR		
HTKR		
HTTot	29	29
IHAB (dB)		
IL (dB)	53	50
IH (dB)	91	88
IRgTot (dB)	38	38
RCBC (dB/ST)		
RCOC (dB/ST)		

## Summary

This study presents normative data on the Phonetogram (Voice Range Profile) characteristics of 35 boys and 39 girls (6-11 y) with healthy voices and of 57 boys and 25 girls (6-11 y) with vocal fold nodules. An automatic voice field measuring system was used for the registration. The phonetogram is quantitatively described by means of its frequency and intensity characteristics, as well as its morphological aspects, referring to its shape.

Differences between the population with normal voices and with vocal fold nodules are investigated statistically. Among the frequency related variables, significant differences between healthy and pathologic children are found for highest frequency, frequency range, number of semitones in the chest and the head register and total number of semitones. The intensity related variables indicating differences are lowest intensity and intensity range. For boys this list is added with highest intensity. Among morphological variables, both slopes from upper and lower contours are significantly different between children with healthy voices and with vocal fold nodules.

## Literatuur

- Andrews, M.L. (1995). *Manual of Voice Treatment. Pediatrics Through Geriatrics*. San Diego: Singular Publishing Group, Inc.
- Böhme, G. & Stuchlick, G. (1995). Voice Profiles and Standard Voice Profile of Untrained Chil-

- dren. *Journal of Voice*, 304-7.
- Coleman, R.F. (1993). Sources of Variation in Phonetograms. *Journal of Voice*, 7, 1-14.
- Colton, R.H. (1994). Physiology of Phonation. In Benninger, M.S., Jacobson, B.H., Johnson, A.F., eds. *Vocal Arts Medicine. The Care and Prevention of Professional Voice Disorders*. New York: Georg Thieme Verlag, 30-60.
- Gramming, P. (1988). *The Phonetogram: an experimental and clinical study*. Malmö: Doctoral Dissertation.
- Hacki, T. (1993). *Automatisches Stimmfeldmesssystem mit integriertem Stimmbelastungstest*. Hamburg: Homoth.
- Heylen, L. (1997). *De klinische relevantie van het fonetogram*. Proefschrift voorgelegd tot het behalen van de graad Doctor in de Medische Wetenschappen aan de Universitaire Instelling Antwerpen.
- Heylen, L., Wuyts, F.L., Mertens, F., De Bodt, M., Pattyn, J., Croux, C. & Van de Heyning, P. (1998). Evaluation of the Vocal Performance of Children using a Voice Range Profile Index. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 41, 232-238.
- Hirano, M. (1981). *Clinical Examination of Voice*. New York: Springer Verlag.
- Hollien, H., Colton, R. (1969). Four Laminagraphic studies of vocal fold thickness. *Folia Phoniatica*, 21, 179-98.
- Hufnagle, J. (1982). Acoustic analysis of fundamental frequencies of voices of children with and without vocal nodules. *Perceptual and Motor Skills*, 55, 427-32.
- Johnson, T.S. & Child, D.R. (1988). Voice Disorders in the Child. In Lass, N.J., Mc Reynolds, L.V., Northern, J.L., Yoder, D.E., eds. *Handbook of Speech- Language Pathology and Audiology*, 787-808, Toronto: B.C. Decker Inc.
- Kotby, M.N., Abul-Ela, M.Y. & Orabi, A.A. (1995). Voice Range Profile as a Quantitative Measure of Vocal Function: Normative Data. In Kotby, M.N., ed. *Congress Proceedings of XXIII IALP Congress, Cairo August 1995*. Cairo: IALP.
- McAllister, A., Sederholm, E., Sundberg, J. & Gramming, P. (1994). Relations between voice range profiles and physiological and perceptual voice characteristics in ten-year-old children. *Journal of Voice*, 8, 230-9.
- Pedersen, M.F., Møller, S., Munk, E., Bennet, P. & Kitzing, P. (1984). Change of Voice in Puberty in choir girls. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, Suppl.412, 46-9.
- Sataloff, R.T. (1995). Rational Thought: The impact of Voice upon Voice Care. *Journal of Voice*, 215-34.
- Schutte, H.K., Seidner, W.(1983). Recommendation by the Union of European Phoniaticians (UEP): Standardizing Voice Area Measurement/Phonetography. *Folia Phoniatica*, 35, 286-8.
- Sundberg, J. (1987). *The science of the singing voice*. Dekalb Illinois: North Illinois University Press.
- Wilson, D.K. (1987). *Voice Problems of Children*. 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins.