

애성환자에서 음향지표인 RAP, PPQ 및 APQ의 유용성

삼성의료원 강북삼성병원 이비인후과
안철민 · 이종혁 · 강현국 · 이용배

= Abstract =

Significance of Acoustic Parameter -RAP, PPQ, APQ- in Hoarseness

Cheol Min Ahn, M.D., Jong Hyouk Lee, M.D.,
Gug Hyun Kang, M.D., Yong Bae Lee, M.D.

Department of Otorhinolaryngology, Samsung Medical Center, Kangbuk Samsung Hospital, Seoul, Korea

Change of voice, especially hoarseness show irregular vibration of vocal cord. So, computerized acoustic analysis has presented many acoustic parameters for objective evaluation of voice. We objectively investigated the vocal vibration of normal persons and hoarseness patients in Korea.

The RAP(relative average perturbation), PPQ(pitch period perturbation quotient) and APQ(amplitude perturbation quotient) of normal persons were compared with that of hoarseness patients with multidimensional voice program for the possibility of distinguishing the pathologic vocal vibration from normal.

Authors agree that RAP, PPQ and APQ showed interesting differences between the normal and the hoarseness patients by the multivariate statistical analysis.

In conclusion, relative average perturbation, pitch period perturbation and amplitude perturbation quotient might be meaningful screening parameters distinguishing hoarseness patients from normal.

KEY WORDS : Acoustic parameter · Voice Analysis · RAP · PPQ · APQ.

서 론

후두에 발생하는 대부분의 질환은 음성의 변화를 초래한다. 이러한 음성장애는 성대진동 양상의 이상에 의하여 발생되므로, 이를 객관적으로 나타내기 위하여 평가방법에 대한 많은 연구가 시행되어지고 있으며, 최근에는 비교적 저렴한 가격과 사용이 간편한 컴퓨터 음성분석기가 널리 보급되어, 이를 이용한 음성파형 분석이 보다 용이하게 이루어지고 있다.

정상인의 음성에서는 갑작스러운 음성의 떨림(Pi-

ch perturbation)이 미세하게 있기는 하나, 대개 규칙적인 성대의 진동을 보이며, 병변이 있는 사람들에서는 주기마다 진폭과 시간이 다른 성대진동이 관찰된다. 이 경우 환자는 음성의 변화 특히 애성을 호소하게 되고¹⁰⁾, 이러한 후두병변 환자의 음성에서 pitch perturbation을 관찰하는 것은 매우 흥미로운 일이며, 이를 하나의 진단 수단으로 이용하기 위해 보다 객관적인 측정방법에 대한 연구가 진행되었다.

1961년과 1963년에 Liberman은 pitch perturbation factor가 병적 음성 진단에 도움이 될 수 있으며¹⁰⁾¹¹⁾, 1966년 Wendahl은 amplitude perturbation인 Shim-

mer와 frequency perturbation인 Jitter가 음성의 roughness와 관계가 있다고 보고하였으며¹⁵⁾, 정상음성에서 보이는 음성의 떨림에 대한 영향을 최소화하기 위하여 1973년, 1977년에 Koike가 RAP, APQ, PPQ를 소개하였다⁷⁾⁸⁾.

이에 저자들은 본원 이비인후과를 방문한 정상인과 성대병변이 있는 환자에서 RAP, PPQ 및 APQ를 측정하여 비교분석함으로써 음성과형에서 pitch perturbation를 나타내는 음향지표로서의 유용성을 보고자 본 연구를 시행하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상

정상군은 15세에서 50세까지 과거력 및 현재 병력상 호흡기, 후두, 조음기관 및 청각기관에 이상이 없는 무작위 추출된 정상 성인을 대상으로 남자10명, 여자10명을 선택하였다.

병변이 있는 대상으로는 1994년 7월부터 1995년 2월까지 애성을 주소로 내원하여 본원에서 진단 받은 성대결절 남자 5명, 여자 13명, 성대 폴립 남자 12명, 여자 5명, 성대마비 남자 4명, 여자 4명, sulcus vocalis 남자 13명, 여자 4명으로 하였다(Table 1). 진단은 본원에서 만든 병력지, 간접 후두경, 경비 섬유광 후두경 검사(transnasal fiberoptic laryngoscopy) 및 스트로보스코피를 이용한 이학적 검사로 하였다.

2. 방 법

(1) 음성표본

음성표본은 한가지 모음을 지속적으로 내게 하는 방법과 주어진 문장을 읽게 하여 연속된 음절을 얻는 방법이 있으며 지속적인 음을 내게 하는 방법은 억양, 액센트 및 각국의 언어에 대하여 영향을 받지 않고 훈련없이 편안하게 낼 수 있다는 장점이 있다.

저자들의 경우는 각 사람들을 마이크에서 10cm 떨어져서 5초씩 가장 편안한 목소리로 발성시킨 음

성에서 perturbation의 차이를 가장 잘 나타내준다고 보고된⁹⁾ ‘/a/’의 모음을 세번 내게 하여 그중 안정된 발성을 나타낸 것을 선택하여 분석하였다.

(2) 실험장비

본 실험은 kay사의 CSL system을 사용하였다. hardware는 CSL model 4300B와 Kay사에서 제공된 486DX 33MHz computer를 사용하였으며, 분석에 사용된 software는 multidimensional voice program Model 4305 이었고, 마이크는 SHURE사 model SM 48 unidirectional dynamic microphone을 사용하였다.

(3) RAP, PPQ, APQ의 분석

입력된 음성은 20KHz의 sampling rate으로 기록되며 Kay사에서 제공된 software에 의하여 자동으로 계산되어 진다. RAP는 세 주기별로, PPQ는 다섯 주기별로 시간의 불규칙성을 나타내며, 각각은 pitch perturbation의 상대적 값이고, APQ는 11주기마다의 강도의 불규칙성을 나타내며 11주기에서 peak간의 amplitude perturbation의 상대적 값을 나타낸다. 이들의 수치를 각각 산출하여 통계 처리하였다.

결 과

1) 평균값

정상인의 평균값으로 RAP는 남자 0.45%, 여자 0.5% PPQ가 남자 0.45%, 여자 0.49%, APQ가 남자 1.79%, 여자 1.66% 이었으며, 성대결절, 성대폴립, 성대마비, sulcus vocalis 각 질환별 남자, 여자 평균값은 모두 증가된 소견을 보였다. 그 중에서도 성대마비 환자에서 RAP, PPQ, APQ치가 현저히 증가된 소견을 보였다.

2) 정상군과 각 질환군의 같은 성별간의 유의성

정상군과 대조군인 성대결절, 성대폴립, 성대마비, sulcus vocalis 환자의 같은 성별끼리 변수간의 유의성을 알아보려고 regression test를 이용하여 통계처리한 결과 남자에서는 RAP는 성대폴립군, PPQ는

Table 1. Diagnoses represented in the voice sample

	Control (normal)	Vocal Nodule	Vocal Polyp	Vocal cord Palsy	Sulcus Vocalis	Total
Male	10	5	12	4	13	44
Female	10	13	5	4	4	36
Total	20	18	17	8	17	80

성대결절군, 성대폴립군, APQ는 성대폴립군에서 유의한 차이를 보였으며(Table 2), 여자에서 RAP는 성대결절군, 성대폴립군, PPQ는 성대결절군, 성대폴립군, APQ는 성대결절군, 성대폴립군, Sulcus Vocalis군에서 유의한 차이를 보였다(Table 3).

3) 성별간의 유의성

정상군, 성대결절군, 성대폴립군, 성대마비군 및 sulcus vocalis군으로 분류하여, 남자와 여자간 성별의 유의성을 알아보기 위하여 실시한 student T-test 결과 모든 군에서 성별간에는 유의성이 없는 것으로 나타났다.

4) 정상군과 각 질환군의 유의성

성별간에는 유의성이 없는 것으로 나타나 남녀 합친 성대결절군, 성대폴립군, 성대마비군 및 sulcus vocalis군과 정상군 전체를 각각 regression test로 통계 처리한 결과 성대결절군은 RAP, PPQ, APQ에서, 성

대폴립군은 RAP, PPQ에서, sulcus vocalis군은 PPQ, APQ에서 유의성이 있었다(Table 4).

5) 정상군과 애성 환자군의 유의성

정상군 전체와 애성을 가진 환자를 모두 합친군 간의 유의성을 보기 위하여 실시한 통계 처리 결과 RAP($P<0.05$), PPQ($P<0.01$), APQ($P<0.05$) 모두에서 유의한 차이를 볼 수 있었다.

고 찰

음성의 변화를 초래하는 성대병변은 일차적으로 귀로 듣고 판단하는 지각적 방법과 직접 성대를 관찰하는 방법으로써 평가할 수 있다. 그러나, 지각적 방법은 오랜 기간 교육을 받은 경험있는 전문가가 필요하고, 성대를 직접 관찰하는 방법은 정상 발성에 장애를 주고 환자를 불편하게 하므로 임상적으로 제

Table 2. Significance levels for normal male control group & pathologic groups acoustic measure(sustained vowel /a/)

	Vocal nodule	Vocal polyp	Vocal cord palsy	sulcus vocalis
RAP	N.S.	N.S.	$P<0.05$	N.S.
PPQ	$P<0.05$	$P<0.05$	N.S.	N.S.
APQ	N.S.	$P<0.05$	N.S.	N.S.

N.S.; not significant difference
RAP; relative average perturbation
PPQ; pitch period perturbation quotient
APQ; amplitude perturbation quotient

Table 3. Significance levels for normal female control group & pathologic groups acoustic measure(sustained vowel /a/)

	Vocal nodule	Vocal polyp	Vocal cord palsy	sulcus vocalis
RAP	$P<0.05$	$P<0.05$	N.S.	N.S.
PPQ	$P<0.05$	$P<0.01$	N.S.	N.S.
APQ	$P<0.01$	$P<0.05$	N.S.	$P<0.05$

N.S.; not significant difference
RAP; relative average perturbation
PPQ; pitch period perturbation quotient
APQ; amplitude perturbation quotient

Table 4. Significance levels for normal control group & pathologic groups acoustic measure(sustained vowel /a/)

Normal	Vocal nodule	Vocal polyp	Vocal cord palsy	sulcus vocalis
RAP	$P<0.05$	$P<0.01$	N.S.	N.S.
PPQ	$P<0.01$	$P<0.05$	N.S.	$P<0.01$
APQ	$P<0.05$	N.S.	N.S.	$P<0.05$

N.S.; not significant difference
RAP; relative average perturbation
PPQ; pitch period perturbation quotient
APQ; amplitude perturbation quotient

한이 따른다.

최근 컴퓨터 공학의 발달로 값싸고 성능 좋은 개인 컴퓨터가 대중화되면서, 음성과의 분석을 위한 소프트웨어의 개발로 인하여 실험 음성학의 진보된 연구에 전기가 마련되었다. 컴퓨터를 이용한 음성파형을 분석할 수 있는 시스템에는 대표적으로 IBM사에서 개발된 CSL(Computerized Speech Lab) system, Apple사에서 개발된 MSL(Mac Speech Lab) II system 등이 있으며 이들은 병변이 있는 성대의 진동을 분석하는데 사용되는 것으로서 다양한 음향지표를 제공하고 있다¹⁾.

이러한 컴퓨터를 이용한 음성분석은 비침습적인 방법이며, 결과를 수량적으로 나타내주고, 특별한 장비가 필요치 않으며, 비교적 저렴한 가격에 쉽게 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있다²⁾⁴⁾.

Lieberman에 의하면 Pitch perturbation이란 발성 시의 성대진동에 대한 불규칙성을 말하며, 정상적으로 사람은 누구나 고유의 음질을 나타내는 매우 적은 정도의 pitch의 변화가 있다고 하였고⁹⁾, 이러한 정상인에서 나타나는 변화를 Shultz-Coulon 등은 신경근의 발성조절 시스템의 주기성에 의한 것이라고 보고하였다¹²⁾. 그러나, 성대에 종괴 효과가 있거나, 성대 점막이나 구성의 변화, 근육 기능 및 신경의 변화 등은 성대의 비주기성, 즉, perturbation을 증가시키게 된다⁵⁾¹³⁾¹⁴⁾. Pitch perturbation 현상을 나타내는 객관적인 방법으로 Jitter와 Shimmer 등이 있고, 각각에 대하여 절대적 값과 상대적인 값이 있다.

RAP와 PPQ는 Absolute Jitter의 상대적 값으로, 정상인에서 나타나는 pitch의 시간에 따른 "smooth change"를 배제하고 음성의 떨림(pitch perturbation)에 대하여 기본 주파수의 영향을 줄이기 위해 고안된 것이고⁶⁾, Shimmer의 상대적 값인 APQ도 마찬가지로 본 연구에서는 정상인과 대표적 후두질환을 비교하였다.

Hirano 등의 보고에 의하면 PPQ와 APQ는 후두암이나 폴립 환자보다 성대마비 환자에서 수치가 커지며, 치료의 결과를 관찰할 수 있고, 애성의 정도 및 성대 진동의 규칙성과 연관이 있다고 하였다⁵⁾. Fex 등은 음성 치료 전과 치료후의 결과를 수치적으로 나타내는데 음향지표로써 PPQ와 APQ를 사용하였다³⁾.

RAP는 Koike에 의하면 정상인에서 0.46%라고 보

고하였고⁷⁾, 저자의 경우는 남자 0.45%, 여자 0.5%로 비슷한 수치를 보였으며 Boyanov 등에 의하면 PPQ는 남자 0.3%, 여자 0.2%, APQ는 남자 1.6%, 여자 0.8%라고 보고하였으나⁴⁾, 저자의 경우 PPQ는 남자 0.45%, 여자 0.49%, APQ는 남자 1.79%, 여자 1.66%로 비교적 높은 수치를 나타내었고, 성별간에는 통계적으로 차이를 보이지 않았다.

저자의 경우는 성대에 질환이 있었던 각 군에서 정상인에 비하여 RAP, PPQ 및 APQ 모두 높은 평균값을 나타내었고, 대부분 통계적으로 의의가 있었으나 Hirano 등이 보고한 바와 같이 감별진단에는 유용성이 떨어지는 것으로 나타났다⁶⁾. 그리고, 성대마비군에서 RAP, PPQ 및 APQ 모두에서 통계적으로 의의가 없는 것으로 나왔으나, 이는 성대마비 환자의 수가 적고, 대부분 유병기간이 5년 이상되어 어느 정도 적응된 음성을 나타내었기 때문으로 예상되고, 유병기간에 따른 성대마비 환자의 음성 변화에 대하여 연구가 필요할 것으로 사료된다.

또한 RAP, PPQ 및 APQ가 screening parameter로 적합한가를 알아보기 위하여 정상인과 애성이 있었던 모든 환자군을 통계 처리한 결과 RAP, PPQ 및 APQ 모두에서 의의가 있는 것으로 나타났다.

따라서 RAP, PPQ 및 APQ는 다른 대부분의 음향지표에서 처럼 감별진단에는 유용성이 떨어지나, 믿을 수 있는 보충적 진단 음향지표와 screening parameter로 사용되어질 수 있고, 후두질환의 수술적 치료 전후의 음성의 객관적 자료뿐 아니라, 음성치료후 음성변화에 대한 추적관찰에도 임상적으로 많은 도움을 얻으리라 생각된다.

결 론

정상인 20명, 성대결절 18명, 성대폴립 17명, 성대마비 8명, sulcus vocalis 17명을 대상으로 컴퓨터를 이용한 음성분석을 하여 RAP, PPQ 및 APQ의 유용성을 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 후두질환 환자에서 정상인군에 비하여 평균값이 모두 증가되었다.

2) 남자와 여자의 성별간에는 차이가 없었다.

3) RAP, PPQ 및 APQ의 값을 가지고는 후두질환을 감별진단 할 수는 없었다.

4) 애성을 가진 환자에서 RAP, PPQ 및 APQ의 값은

통계적으로 유의한 증가를 보였다.

References

- 1) 홍기환 · 정길양 · 김미정 등 : 성대마비환자 음성의 음향지표에 대한 연구. *한이인지* 35 : 334-344, 1992
- 2) Anders G, Askenfelt, Britta Hammarberg : *Speech waveform perturbation analysis : A perceptual-acoustical comparison of seven measures. J Speech Hearing Res.* 20 : 50-64, 1986
- 3) Bibi Fex, S ren Fex, Osamu Shiromoto, et al : *Acoustic analysis of functional dysphonia : Before and after voice therapy(Accent method). Journal of voice* 8 : 163-167, 1994
- 4) Boyan Boyanov, Dosju Doskov, Todor Ivanov, et al : *PC Based system for analysis of the voice of Patients with Laryngeal Disease. Ear, Nose and throat J.* 70(11) 767-772, 1991
- 5) Gary R, Lablance, Michael D, et al : *Comparison of electroglottographic and acoustic analysis of pitch perturbation : Otolaryngol Head Neck Surg.* 107 : 617-621, 1992
- 6) Hirano M, Hidi S, Yoshida T, et al : *Acoustic analysis of pathological voice some results of clinical application. Acta otolaryngol(Stockh)* 105 : 432-438, 1988
- 7) Koike, Y : *Application of some acoustic mearsures for the evaluation of laryngeal dysfunction. Studia phonologica,* 7 : 17-23, 1973
- 8) Koike Y, Takahashi, H Cal cattera : *Acoustic measures for detecting laryngeal pathology. Acta Otolaryngol.* 84 : 105-117, 1977
- 9) Lehman jj, Bless DM, Brandenburg JH : *An objective assessment : Of voice production after radiation therapy for stagel squamous cell carinoma of the glottis. Otolaryngol Head Neck surg.* 98 : 121-129, 1988
- 10) Liberman P : *Perturbation in vocal pitch. J Acoust Soc Am.* 33 : 597-603, 1961
- 11) Liberman P : *Some Acoustic Measurement of the Fundamental Periodicity of Normal and Pathologic Larynges. J Acoust Soc of Am.* 35 : 344-353, 1963
- 12) Schultz-Coulon H-J, Battmer R-D., & Fedders B : *Zur quantitativen Bewertung der Tonh henschwankungen im Rahmen der stimmfunktionspr fung. Folia phoniatica.* 31 : 56-69, 1979
- 13) S Iwata, H von Leden : *Pitch perturbation in normal and pathologic voices : Folia phoniatic.* 22 : 413-424, 1970
- 14) S Iwata : *Periodicities of pitch perturbation in normal and pathologic larynges : Laryngoscope* 82 : 87-95, 1972
- 15) Wendahl R W : *Laryngeal analog synthesis of jitter and shimmer auditory parameters of harshness. Folia phoniatica,* 18 : 98-108, 1966