

진동 센서를 이용한 객관적 비강공명 측정 장치의 개발 및 그 임상적 이용*

음성언어의학연구소, 연세대학교 의과대학 이비인후과학교실
최흥식 · 박용재 · 김광문

= Abstract =

Development of Objective Nasometer Using a Vibratory Sensor and its Clinical Application

Hong-Shik Choi, M.D., Yong-Jae Park, BA, Kwang-Moon Kim, M.D.

Institute of Logopedics and Phoniatrics, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Authors devised an objective test for nasal resonatory disorders using a vibratory sensor(Piezoelectric receiver) which is relatively cheap. The vibratory sensor was covered with duralumin to eliminate contamination of acoustic sound except a small hole which is attached on ala nasi during the test.

Electrical signals from the vibratory sensor and the microphone while the subject is phonating vowel /a/ and nasal consonant /ng/ and phonating 8 syllable sentence /papa/ passage and /mama/ passage were digitized with a 12 bit A/D converter. For the evaluation of the hypernasality, the ratio of /ng/ to /a/ and /mama/ passage to /papa/ passage were used instead of individual values to reduce the observational error. For the evaluation of the hyponasality, the cul-de-sac resonance was induced by obstructing the nasal aperture of the ipsilateral side with the finger.

In the normal control group, the ratio of /ng/ to /a/ and /mama/ passage to /papa/ passage was larger than 8. In the hypernasality with nasal emission group, the ratio was decreased markedly($p < 0.01$).

When the nasal aperture was obstructed with the finger, the vibratory signals of /a/ and /ng/ were increased markedly in the control group and hypernasality group($p < 0.01$). However, in the hyponasality group(severe), the increment was minimal.

So this system can be used to detect the nasal resonatory disorders objectively and differentiate the hypernasality from hyponasality easily.

서 론

선천성구개열(cleft palate)이나 미주신경(vagus ne-

ve)마비로 인한 연구개인두 부전증(velopharyngeal incompetence) 환자의 경우에는 심한 연구개 기능저하로 말미암아 연하 시에 음식물이 코로 역류되고, 발성 시에 지나치게 비강공명을 나타내게 되는데 이를

*본 논문은 제99차 미국 이비인후과학회에서 발표되었음.

본 논문은 1994년도 김명선 기념재단 연구비의 수혜로 이루어졌음.

의학적인 용어로 개방성 비음(hypernasality or rhinopalalia aperta) 이라고 한다⁷⁾¹²⁾. 반대로, 만성부비동염이나 알레르기비염으로 인해 발생하는 비용(nasal polyp)이나, 역유두종(inverted papilloma), 비강암(carcinoma in nasal cavity)등의 종양으로 인한 비강의 폐색, 또한, 아데노이드 비후, 비인강 혈관섬유종(angiofibroma) 등으로 인한 비인강의 막힘 등에 의해 정상적으로 생겨야 하는 비강공명이 현저하게 감소되는 경우는 폐쇄성 비음(hyponasality or rhinopalalia clausa)이라고 한다¹³⁾.

비강 공명의 이상으로 인한 음성 장애의 경우 이비인후과 수련을 받은 전문의 일지라도 목소리만 듣고는 흔히 개방성 비음에 의한 음성 장애와 폐쇄성 비음에 의한 음성 장애를 감별하지 못하는 경우가 많다. 대개는 '정상인에 비하여 비음(鼻音)이 많이 난다'라고 표현하는 정도가 고작이다. 따라서, 이의 감별을 위해서는 이학적 검사를 통하여 연구개의 모양을 살피고 발성 시의 연구개의 움직임을 관찰해야 하며, 비강내에 이상이 있는지 검사해 보아야 한다⁵⁾. 언어 병리사의 경우에는 문장이나 단어를 읽게하여 자음 발음의 이상 유무를 검사할 것이다.

한편, 비강 공명 장애로 인한 음성 장애를 수술적인 방법 또는 언어치료 등으로 치료한 경우, 치료 전의 목소리 보다 치료 후에 좋아졌다는 것을 나타낼 수 있는 객관적인 방법들이 필요했었다. 과거부터 사용되어 오던 반객관적(semi-objective)인 방법들로는 거울흐림검사(Mirror clouding test), 비익 진동검사(Nasal vibration test), 비폐쇄 전후 일호흡 숫자 세기 검사(Nares occlusion test of exhalatory efficiency)등이 사용되어 왔다⁵⁾.

거울흐림검사(Mirror clouding test)⁵⁾는 입술 위에 쇠로 만든 찬 거울을 대고 '비자음(鼻子音)'이 없는 문장과 '비자음'이 많이 들어있는 문장을 읽게 하여 '비자음'이 없는 문장에서 비정상적으로 거울의 흐림이 많이 생기면 공기의 비강 방출(nasal emission)이 많은 개방성 비음이며, 정상인에서 '비자음'이 많이 들어 있는 문장을 읽을때 생기는 거울의 흐림과 비교하여 현저하게 거울의 흐림이 없다면 이 경우는 비강 내의 막힘에 의한 폐쇄성 비음이라고 진단할 수 있는 방법이며, 흐림의 양을 가지고 어느정도 정량적으로 이상 정도를 평가할 수는 있으나, 객관적으로

측정할 수 없는 단점이 있다.

비익 진동검사(Nasal vibration test)⁵⁾는 검사자의 손가락을 환자의 콧날개(비익, ala nasi)에 대고 위의 거울흐림검사 때와 같은 어음 재료를 가지고 문장을 읽게 하거나 단어나 음절을 발음하게 하여 콧날개의 진동을 검사자가 느껴서 진단하는 방법이다. 해석 방법은 거울흐림검사와 유사하며, 측정치를 객관화할 수 없는 것 또한 비슷한 단점이다.

비폐쇄 전후 일호흡 숫자 세기 검사(Nares occlusion test of exhalatory efficiency)⁵⁾는 숨을 깊이 들이마신 상태에서 숫자를 세게 하는 검사방법으로 일회의 공기 흡입을 이용한 발성으로 숫자를 몇 까지 쉬지않고 셀 수 있는 가를 검사하는 것이다. 코를 막지 않고 검사한 후에 양쪽 코를 손으로 꼭 막고 동일 방법으로 실시하여 숫자의 차이를 비교하여 공기의 비강 방출여부를 다소 정량적으로 측정하고자 하는 방법이다. 그러나 이 방법도 이상적인 방법은 아니다.

최근 들어서 보다 객관화 될 수 있는 검사 방법들이 개발되기 시작하였다. 1964년 Warren 및 Dubois²³⁾는 공기의 압력을 잴 수 있는 sensor와 공기의 흐름을 잴 수 있는 sensor를 이용하여 발성 중 비강내와 구강내의 압력과 공기의 흐름을 측정하여 간접적으로 연구개 인두 구멍(velopharyngeal orifice)의 면적을 계산할 수 있는 방법을 발표하였다. 1970년에 Fletcher는 비강과 구강 각각을 통해 나오는 소리의 크기를 측정하여 그 비율을 산정하여 nasalance를 계산하는 방법을 제시하였다¹⁰⁾. 이 방법은 언어병리학자가 들어서 측정하는 비강 공명의 이상과 상당히 연관성이 높은 방법이며⁸⁾, 현재 Nasometer라는 이름으로 제품화가 되어 사용되고 있다.

저자들은 이번 연구에서 과거부터 사용되어 오고 있던 비익 진동검사(Nasal vibration test)를 보다 객관화시키고 정량화시켜 이용하고자, 작고 예민한 진동 sensor인 Piezoelectric receiver for telephone(PKD20 EW-01R)을 이용한 객관적인 비강공명 측정장치를 개발하여 정량적으로 비강공명 측정을 시도하고자 하였다. 또한, 개발된 장치를 사용하여 10명의 정상인과 연구개파열로 인한 개방성 비음을 가지고 있는 선천성 구개열 환자 10명, 비강내에 폴립이 차 있는 폐쇄성 비음 환자 10명에 대한 일련의 검사를 시행하여, 본 측정 장치의 효율성을 알아보고자 하였다.

연구 재료 및 방법

1. 비강공명 측정장치의 개발

작고 예민한 진동 센서(vibratory sensor) piezoelectric receiver for telephone(model number PKD20EW-01R)을 구입하였으며, 구강을 통하여 나오는 소리의 영향을 최소화하기 위하여 다음과 같은 특수한 고안을 하였다. 센서를 duralumin으로 덮었으며, 센서의 진동 감지 부위에 길이 3cm, 폭 0.5cm의 쇠로 된 대롱을 연결하여 대롱의 끝 부분 만이 검사 대상자의 콧날 개에 단게 하여 공기를 통한 소리 압력의 변화가 진동 센서로 유입되는 것을 차단하였다. 한편, 진동센서 뭉치는 이비인후과에서 흔히 반사경의 사용 시에 쓰는

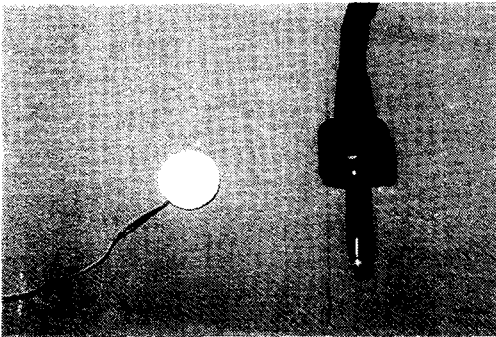


Fig. 1. Nasal vibratory sensor : A piezoelectric receiver for telephone(PKD20EW-01R), left, and a modification by coating with duralumin and a small hollow tube tip.

머리 밴드(head band)에 부착시켰다(Fig. 1).

의용공학과에서 preamplifier, power supply, filter part 와 isolation part의 제작을 마친 후에 조립 제작하였으며, 데이터의 컴퓨터 입력은 12 bit A/D board인 DT 2821을 이용하였고, 분석 프로그램은 CSpeech(ver 3.1)을 이용하였다(Fig. 2, 3). CSpeech의 3개의 채널을 이용하였으며, 첫째 채널은 마이크로 부터 오는 음성 신호(acoustic waveform), 둘째 채널은 진동 센서로 부터 전해 오는 진동 신호, 셋째 채널은 진동 신호의 측정을 용이하게 하기 위하여 진동 신호의 envelope만을 표시할 수 있도록 고안하였다.

2. 개발된 기계를 이용한 비강공명의 측정

알콜 솜으로 비익(ala nasi)을 깨끗이 닦고, 센서를 가볍게 부착시킨다. 이때 음성 신호의 동시 측정을 위해 마이크는 입 앞 15cm에 위치시킨다. 어음 제

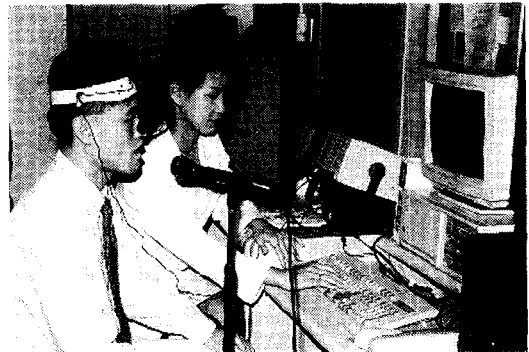


Fig. 2. Application of the nasal sensor on the ala nasi.

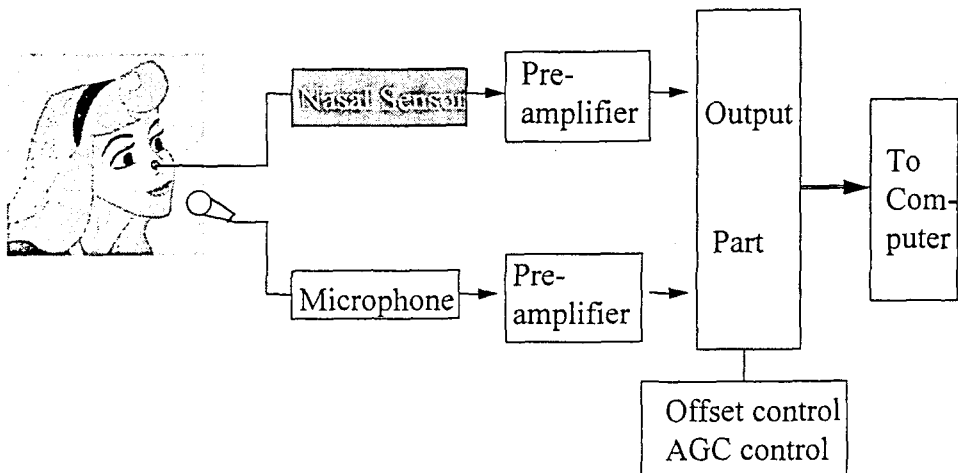


Fig. 3. Block diagram of the system.

Table 1. Calculation and analysis of the nasal vibration

가) Measurement for hypernasality

1) vowel /a/, and nasal consonant /ng/ ;

$$\text{ratio of } \frac{/ng/}{/a/}$$

2) /mama/ passage(8 syllable phrase which contains 8 nasal consonants), and /papa/ passage(8 syllable phrase which contains no nasal consonant) ;

$$\text{ratio of } \frac{/mama/passage}{/papa/ passage}$$

나) Measurement for hyponasality

1) vowel /a/, and vowel /a/ with occlusion ;

$$\text{ratio of } \frac{occ/a/}{/a/}$$

2) nasal consonant /ng/, and nasal consonant /ng/ with occlusion ;

$$\text{ratio of } \frac{occ/ng/}{/ng/}$$

료로는 모음 /아/와 비자음(鼻子音) /ng/ 부분인 /양/의 받침 부분을 사용하였으며, 비자음이 전혀 들어 있지 않은 8음절로 구성된 문장인 ‘아빠 문장’ (“아빠 아빠 학교 갔다”)와 비자음으로 주로 구성되어 있는 8음절 문장인 ‘엄마 문장’ (“엄마 엄마 매미 맴맴”)을 사용하였다.

개방성 비음의 객관적인 측정을 위해서 /아/나 /양/ 발음 시의 진동 크기의 절대치를 직접 측정하는 대신에, 구강을 주로 공명장으로 사용하는 /아/ 발음 시의 비익의 진동 크기에 대한 비강을 주로 공명장으로 사용하는 /양/ 즉 비자음 /ng/ 발음 시의 비익의 진동 크기의 비율로 계산하였다(Table 1-가). 그 이유는 /아/나 /양/ 발음 시의 진동 센서의 진동의 크기는 센서와 콧날개 부분의 접촉 상태에 따라서 오차가 크게 발생할 가능성이 많기 때문이다.

같은 이유로 문장을 읽을 때의 개방성 비음의 정도 측정도 ‘아빠 문장’과 ‘엄마 문장’ 각각의 진동의 크기 측정 대신에 ‘아빠 문장’에서의 진동의 크기에 대한 ‘엄마 문장’ 진동의 크기 비율로 계산하였다. 문장에서의 진동의 크기는 채널 3에서 측정되는 envelope와 base line과 사이의 면적을 컴퓨터 프로그램인 ImagePro II 를 사용하여 측정하였다.

비강의 폐쇄 정도를 객관적으로 알기 위해서는 모음 /아/ 발성 시의 비익 진동의 크기에 대한 콧구멍을 손가락으로 막아서 ‘Cul-de sac resonance’을 유발시켰을 때 /아/ 발성 시의 비익 진동의 크기를 비율로 표시하였으며(Table 1-나, Fig. 4), 비강을 공명장



Fig. 4. Measurement of the nasal vibration :

가) without occlusion

나) with occlusion by a finger in order to induce ‘Cul-de-sac resonance’.

으로 사용하는 비자음인 /양/의 발음 시에도 콧구멍을 막지 않은 상태에 대한 콧구멍을 막을 경우의 진동 크기를 측정하였다(Table 1-나, Fig. 4).

3. 임상 응용

1) 정상인 10명(남자 5명, 여자 5명 : 평균 나이 32세)과 개방성 비음이 현저한 선천성 구개열환자 또는 연구개 기능부전 환자 10명(남자 6명, 여자 4명 : 평균 나이 34세), 비강내에 폴립이 많이 있는 만성 부비동염 환자 10명(남자 5명, 여자 5명 : 평균 나이 33세) 등 세 임상군에 대하여 각각 위의 (2)에 기술한 방법으로 비강 공명의 정도를 측정하였다. 모음 /아/에 대한 비자음 /ng/ 발음 시의 진동의 크기를 계산하여 측정하였으며, /아빠 문장/에 대한 /엄마 문장/ 읽을

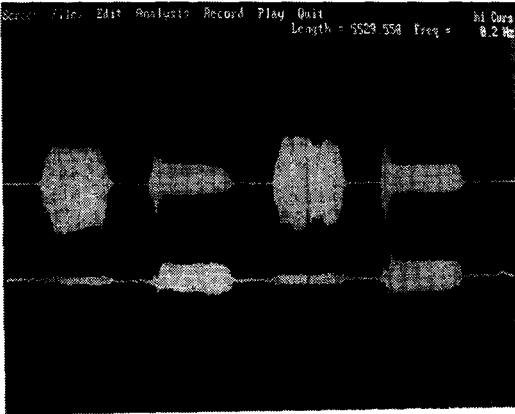


Fig. 5. A case of normal nasal resonance :
 - phonation of /a/, /ng/, /a/, /ng/
 - Ch 1 : acoustic waveform from microphone
 Ch 2 : vibration from nasal sensor
 Ch 3 : envelope of Ch2

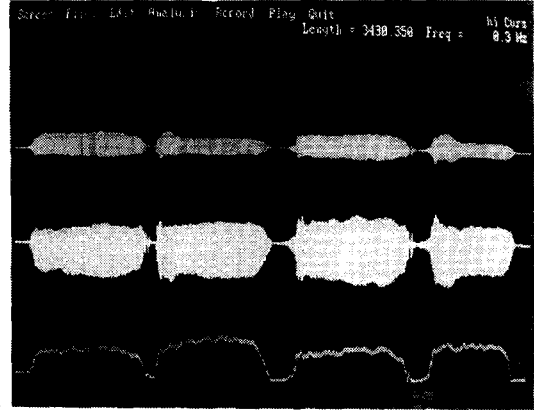


Fig. 7. A case of hypernasality(cleft palate) :
 - phonation of /a/, /ng/, /a/, /ng/
 - Ch 1 : acoustic waveform from microphone
 Ch 2 : vibration from nasal sensor
 Ch 3 : envelope of Ch2.

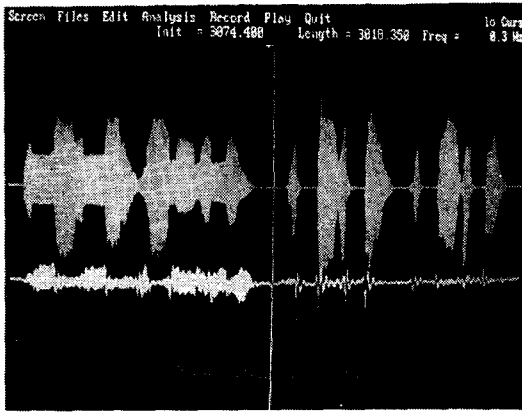


Fig. 6. A case of normal nasal resonance :
 - phonation of /mama/ passage, /papa/ passage
 - Ch 1 : acoustic waveform from microphone
 Ch 2 : vibration from nasal sensor
 Ch 3 : envelope of Ch2.

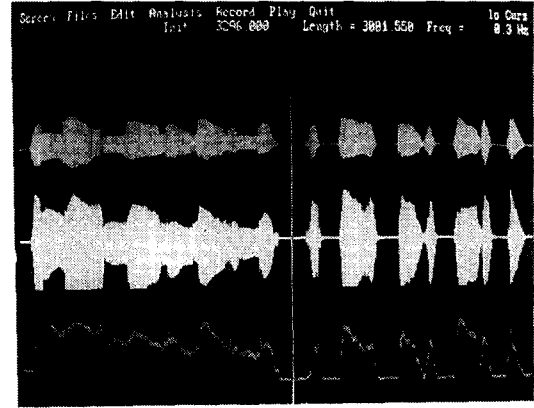


Fig. 8. A case of hypernasality(cleft palate) :
 - phonation of /mama/ passage, /papa/ passage
 - Ch 1 : acoustic waveform from microphone
 Ch 2 : vibration from nasal sensor
 Ch 3 : envelope of Ch2.

때의 진동의 크기를 계산하여 측정하였다(Fig. 5, 6, 7, 8).

유발 'Cul-de sac resonance'의 비강 진동 증폭의 여부를 보기 위하여 임상 세군에 대하여 모음 /아/에 대한 편측 콧구멍의 인위적 폐쇄(/a/ with occlusion) 시의 진동 크기의 비율을 계산하였으며(Fig. 9), 비자음 /양/에 대하여서도 동일하게 'Cul-de sac resonance'을 유발시켜 그 비율을 계산하였다(Fig. 9).

2) 데이터의 분석 및 통계처리

위의 방법 (2)에서 설명된대로 세 임상군에 대하여 각각 측정된 데이터는 각 군 끼리 paired T-test를 실시하였으며, 통계적인 유의 수준은 0.05로 하였다.

결 과

정상군에서 모음 /아/에 대한 비자음 /ng/의 비의

진동의 비율은 평균 8.2 였으며, ‘아빠 문장’에 대한 ‘엄마 문장’의 진동 비율은 10.0이었다. 개방성 비음군(cleft palate group)에서는 평균 수치가 2.5와 2.2 였으며, 폐쇄성 비음군(nasal polyposis)에서는 각각

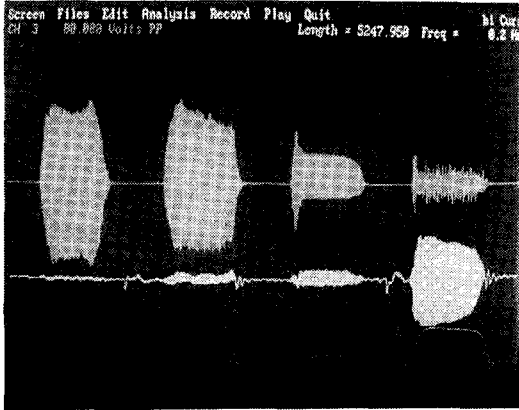


Fig. 9. Induced ‘Cul-de sac’ resonance by occluding one nostril by a finger in a normal nasal resonance :

- phonation of /a/, /a/ with occlusion, /ng/, /ng/ with occlusion
- Ch 1 : acoustic waveform from microphone
- Ch 2 : vibration from nasal sensor
- Ch 3 : envelope of Ch2.

6.7과 7.0이었다(Fig. 10). 정상군과 비교할 때 개방성 비음군은 통계학적으로 유의한 차이($p < 0.01$)를 보였으며, 폐쇄성 비음군은 정상군에 비하여 비율이 작았으나 통계적인 유의성은 없었다($p > 0.05$). 개방성 비음군과 폐쇄성 비음군을 비교한 경우에는 개방성 비음군이 통계적으로 유의하게 작았다($p < 0.05$, Fig. 10).

비강의 폐쇄 정도를 객관적으로 알기 위해 모음 /a/ 발성 시의 비익 진동의 크기에 대한 콧구멍을 손가락으로 막아서 ‘Cul-de sac resonance’을 유발시켰을 때 /a/ 발성 시의 비익 진동의 크기를 비율로 표시한 검사에서는 정상군이 평균 2.6, 개방성 비음군이 평균 2.8로 콧구멍을 손가락으로 막았을 때 진동의 크기가 증가하였으나, 폐쇄성 비음군에서는 진동 크기의 증가가 1.2로 미미하였다. 이는 이미 비강 안이 많이 막혀 있으므로 추가로 콧구멍을 막아도 ‘Cul-de sac resonance’에 의하여 비강의 진동이 별로 증가되지 않았다는 것을 의미한다. 한편, 정상군과 폐쇄성 비음군 간($p < 0.05$)과 개방성 비음군과 폐쇄성 비음군 간($p < 0.05$)에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 한편, 비강을 주 공명강으로 사용하는 비자음 /ng/의 발성시에는 ‘Cul-de sac resonance’을 유발시켰을 때, 정상군에서는 3.0, 개방성 비음군에서는 3.2로 모음

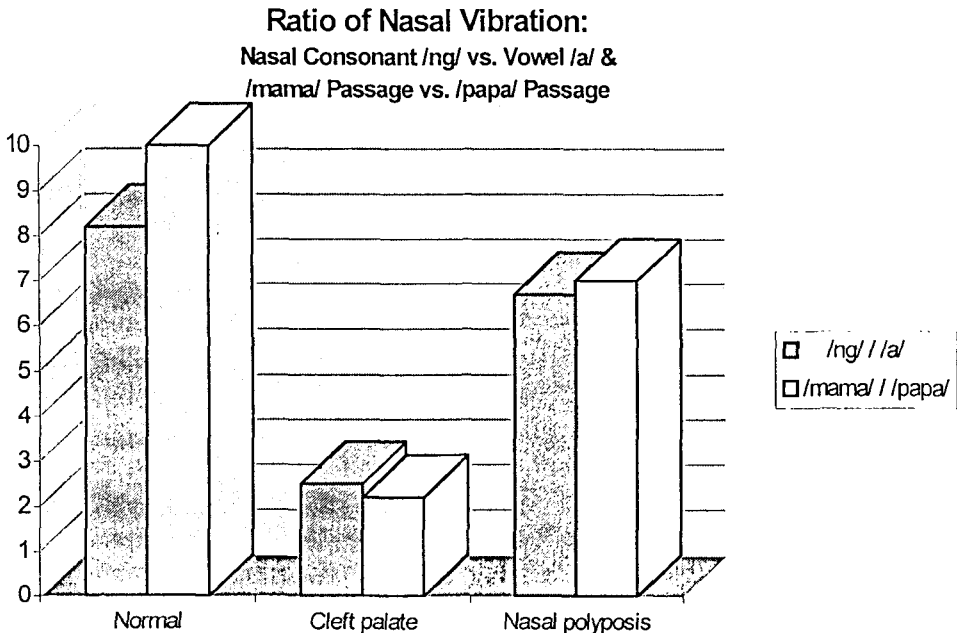


Fig. 10. Comparison of ratio of $\frac{/ng/}{/a/}$ and ratio of $\frac{/mama/ \text{ passage}}{/papa/ \text{ passage}}$ among normal control, hypernasality, and hyponasality.

Ratio of Nasal Vibration during Phonation /a/ with Occlusion vs. /a/

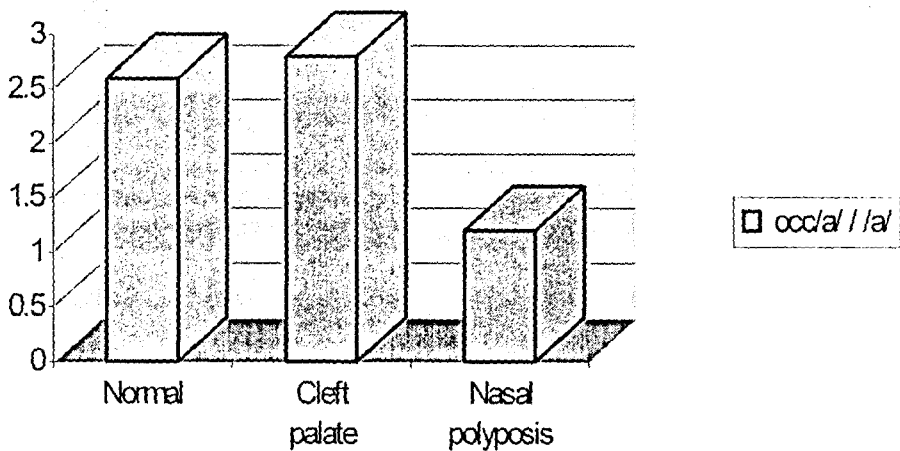


Fig. 11. Comparison of ratio of $\frac{\text{occ/a/ with occlusion}}{\text{/a/}}$ among normal control, hypernasality, and hyponasality.

Ratio of Nasal Vibration during Phonation /ng/ with Occlusion vs. /ng/

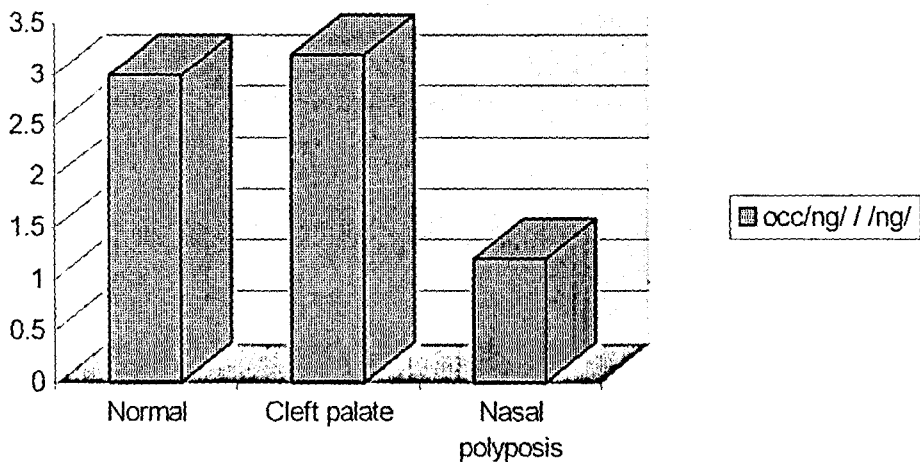


Fig. 12. Comparison of ratio of $\frac{\text{occ/ng/ with occlusion}}{\text{/ng/}}$ among normal control, hypernasality, and hyponasality.

/아/에 비하여 좀더 증가되었으며, 폐쇄성 비음군에서는 1.2로 진동 크기의 증가가 미미하였다. 통계 처리에서도 위의 모음 /아/에서와 같은 양상이었다.

고 찰

비강 공명 장애는 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

첫째, 개방성 비음(hypernasality)과 함께 지나친 공기의 비강 방출(nasal emission)이 있는 경우고, 두번째는 폐쇄성 비음(hyponasality)의 경우이다. 개방성 비음을 유발하는 질환으로는 기질적(organic) 질환으로 대표적인 것이 선천성 구개열과 막양 구개열, 외상성 구개열 등이 있으며, 연구개와 구개인두에 분포되는 신경이 마비된 경우가 있다. 그 외에 정신

과적인 문제로 인하여 2차적으로 연구개의 움직임이 둔화되는 원인이 있을 수 있다. 폐쇄성 비음의 원인으로서는 만성 부비동염이나 알레르기비염 등의 염증으로 점막이 부은 경우, 심한 비강내 폴립, 비강내 종양, 인두편도의 비후, 비인강 종양 등의 원인이 대부분이다⁵⁾.

개방성 비음은 대부분이 연구개의 형태적 이상이나 기능적 이상과 직접적인 관련이 있다. 연구개는 구개긴장근(tensor veli palatini muscle), 구개범장근(levator veli palatini muscle), 구개인두근(palatopharyngeus muscle), 구개설근(palatoglossus muscle)과 구개수근(uvular muscle)의 5개의 근육으로 이루어져 있으며, 정상적인 비(鼻)호흡 시에는 연구개를 이루는 근육들이 수축하지 않으므로 구개인두협부(velopharyngeal isthmus)가 넓게 열려 있어서 공기가 비강에서 비인강과 구인강, 하인강을 거쳐서 후두로 자연스럽게 왕래할 수 있게 한다. 그러나, 연하(swallowing)의 제 2기(2nd stage)인 인두 단계(pharyngeal phase)에는 연구개를 이루는 근육들이 수축하여 구개인두협부(velopharyngeal isthmus)를 막아서 음식물이나 침이 비인강으로 역류되는 것을 막을 수 있다. 한편, 모든 모음의 발생 시와 비(鼻)자음을 제외한 자음의 발생 시에는 연구개 근육의 수축으로 구개인두협부(velopharyngeal isthmus)를 막아줌으로써 날숨이 비강으로 빠지면서 지나친 비강공명(hypernasality)을 일으키는 것을 막아준다. 또한, 비자음(鼻子音)인 “ㄴ”, “ㄹ”, “ㅇ”을 발생할 때에는 반대로 날숨이 모두 비강으로 빠지면서 비강공명을 나타내게 되는 것이다⁶⁾¹¹⁾²¹⁾.

연구개의 기능 장애로 인한 음성, 언어의 장애에는 다음과 같은 것들이 있을 수 있다. 모음과 유성 자음의 발생시의 비정상적 개방성 비음의 발생, 압력 자음(power consonant) 발음 시의 공기 비강 방출, 압력 자음의 발음이 어렵고 소리의 크기가 아주 작으며, 정상적인 조음 위치에서 벗어난 위치에서 자음의 조음을 하는 오조음(compensatory articulation), 소아의 경우 조음과 언어 발달의 미진, 흔히 동반되는 청각 장애로 인한 조음 이상 등의 음성, 언어 장애가 발생할 수 있다⁵⁾.

연구개의 움직임에 대한 검사 방법으로는 유연한 광섬유 비인두내시경(flexible fiberoptic nasopharyngoscope)을 사용하는 것이 매우 효과적이며, 내시

경에 작은 카메라를 달아서 기록을 남기는 것(video-endoscopic examination)이 수술이나 언어치료의 객관적인 평가를 위해서도 많은 도움이 된다. 내시경을 비강을 통하여 비인강으로 접근시켜서 모음 발생시의 아래쪽의 연구개의 움직임을 관찰하고, 인두 후벽의 움직임 뿐만 아니라 인두 측벽의 움직임을 잘 관찰하여 기록으로 남겨놓는 것이 중요하다. 그 이외의 방법으로는 방사선을 이용하는 videofluoroscopic studies 와 근전도검사(EMG) 등이 널리 이용되어오고 있다⁶⁾¹¹⁾¹⁷⁾²¹⁾.

비강공명에 대한 검사 방법으로는 녹음된 음성을 sound spectrograph로 분석하는 성문분석이 널리 이용되어 오고 있다. 정상적인 비자음이 발생될 경우, 제1 포르만트(F1, 1st formant)는 250Hz 부근에 생기는데, 이는 정상적인 모음의 그것보다 훨씬 낮은 주파수대에 위치되는 것이다. 또한, 제2 포르만트(F2, 2nd formant)는 2500Hz 주위에 생겨서 모음의 그것보다 훨씬 높은 주파수대에 분포되는 특징을 가지고 있다¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁹⁾¹⁴⁾¹⁸⁾¹⁹⁾. 따라서, hypernasality의 경우에는 모음 발생 시에 비강공명이 수반되어 정상적인 모음의 포르만트 주파수가 크게 변질되는 것을 발견할 수 있게 된다. 또, hyponasality의 경우에는 비자음 발생 시에 resonance frequency인 F1, F2 formant의 강도가 현저하게 감소되는 것 등을 성문분석으로 발견할 수 있다. 그러나, sound spectrographic analysis에 의한 음성분석 만으로는 구강공명과 비강공명을 완전하게 구분할 수 없는 단점이 있다.

과거에는 개방성 비음이나 폐쇄성 비음의 준 객관적인 방법으로 서론에서 열거한 바와 같이 거울호흡 검사(Mirror clouding test), 비폐쇄 전후 일호흡 숫자 세기 검사(Nares occlusion test of exhalatory efficiency), 비익 진동검사(Nasal vibration test)등을 사용하여 왔으나, 이 검사들은 비강공명 장애의 정도를 객관적으로 표시하는데는 한계점이 있었다⁵⁾.

1964년 Warren과 Dubois²³⁾는 공기역학적 방법을 이용한 방법인 압력-유량기법(pressure/flow technique)을 발표하였다. 이 방법은 압력을 측정하는 센서와 공기 흐름량을 측정하는 센서를 이용하여 비강과 구강의 압력과 공기 흐름의 양을 비교하여 연구개 인두구멍의 면적을 계산할 수 있는 방법이다. 이 장치에는 압력변환기, 호흡속도묘사기, 기록기 그리고 계산장치가 필요하므로 경비가 많이 드는 단점이 있

다.

최근에는 보다 더 객관적으로 과비성(hypernasality)을 측정하고자 하는 방법들이 시도되었다. 구강과 비강의 음향적 비율을 구하는 Tonar를 이용하였을 때 과비성을 관찰자의 감각적인 판단과 비교하여 보니 0.8의 상관 관계를 보이는 객관적인 검사 방법으로 보고되었다.⁸⁾¹⁰⁾

이 방법을 보다 개선한 비강측정기(nasometer, Kay Elemetrics Corp.)는 비성 문제를 갖고 있는 환자들을 진단하는 목적으로 고안된 컴퓨터를 이용한 음향적 기구이다. 비강측정기는 코와 입에 마이크로폰을 설치하고, 거기서 탐지되는 구강-비강의 음향적 에너지의 비율을 측정하는 것인데, 이를 비성(nasalance)이라고 한다. 현재에는 여러 기관에서 가장 보편적으로 사용하는 방법이다.²⁴⁾

본 실험에서 사용한 객관적인 비강 진동검사는 과거에 사용해 오던 손을 이용하는 비강 진동검사를 발전시킨 것이다. 이 장치는 진동센서의 값이 비교적 싸고, 콘트롤 부분만 제작하면 기존의 개인용 컴퓨터와 다용도의 음성 분석 프로그램인 CSpeech를 이용할 수 있으므로 경제적인 부담이 적다는 장점이 있다. 또한, 발성 시 비익 진동의 절대값을 사용하는 대신에 모음에서의 진동에 대한 비(鼻)자음 진동의 비율로 측정하였으므로 측정 상의 오차를 줄일 수 있었으며, 정상과 개방성 비음군의 감별이 용이하였다. 한편, 측정하는 쪽 코의 구멍을 손가락으로 막아서 'Cul-de sac resonance'을 유발시킴에 따라 정상이나 개방성 비음군에서는 비강의 진동이 증가되는데 비하여 이미 비강이 막혀 있는 폐쇄성 비음군에서는 비강의 진동이 미미하여 쉽게 감별이 되었다.

앞으로 만성부비동염 수술 전,후의 측정 및 선천성 구개열이나 연구개 마비로 인한 연구개 기능부전 환자의 수술 전,후의 비익 진동을 이 기계를 이용하여 측정하여 보고, 다른 측정 방법들과 비교하여 본다면, 이 방법을 효율성을 좀더 알 수 있게 될 것이다.

결 론

전화기에 들어가는 소형의 진동 센서를 이용하여 객관적인 비강 진동 측정 장치를 개발하였으며, 이 장치를 이용하여 정상과 개방성 비음군, 폐쇄성 비음군을 용이하게 감별할 수 있었다. 앞으로 객관적인

비강 공명장애의 측정 방법의 하나로 사용될 수 있을 것이다.

References

- 1) 김희남·김기령 : 한국어 어음에 관한 음성언어의 학적 연구. 연세시대 논문집 12 : 166-184, 1979
- 2) 문영일 : Sonagraph에 의한 정상음성분석. 대한이비인후과학회지 16 : 25-32, 1973
- 3) 성명훈·오승하·강명구 등 : 비강 공명이 한국어 모음에 미치는 음향학적 영향. 대한음성언어의학회지 4 : 24-32, 1991
- 4) 최홍식·김광문·박성수 : 정상인과 simulated nasal obstruction에서의 비강공명에 대한 연구. 대한이비인후과 학회 초록집, 1994
- 5) Aronson AE : *Clinical Voice Disorders. 2nd Ed. New York, Thieme Inc, 1985*
- 6) Bell-Berti, F : *An electromyographic study of velopharyngeal function in speech. J Speech Hear Res, 19 : 225-240, 1976*
- 7) Bzoch, KR : *Communicative disorders related to Cleft lip and Palate. Boston, Little Brown Co., 1979*
- 8) Dalston RM, Warren DW : *Comparison of Tonar II, pressure-flow and listener judgment of hypernasality in the assessment of velopharyngeal function. Cleft Palate J 23 : 108-115, 1986*
- 9) Dickson DR : *An acoustic study of nasality. J Speech Hearing Res, 5 : 103-111, 1962*
- 10) Fletcher SG : *Theory and instrumentation for quantitative measurement of nasality. Cleft Palate J 7 : 601-609, 1970*
- 11) Fritzell, B : *The velopharyngeal muscles in speech : An EMG and cineradiographic study. Acta Otolaryngolog. <Suppl> (Stockh), 250 : 1, 1969*
- 12) Gibb AG : *Hypernasality(rhinolalia aperta) following tonsil and adenoid removal. J Laryngol Otol, 72 : 443, 1958*
- 13) Green, MCL : *Speech of children before and after removal of adenoids. J Speech Hear Disord, 22 : 361, 1957*
- 14) Hattori S, Yamamoto K, Fujimura O : *Nasalization of Vowels in relation to nasals. J Acoust Soc Am 30 : 267-274, 1958*
- 15) Horii Y : *An accelometric approach to nasality measurement : A preliminary report. Cleft Palate J 17 : 254-261, 1980*
- 16) Isshiki N, Honjow I, Morimoto M : *Effects of velopharyngeal*

- ryngeal incompetence upon speech. *Cleft Palate J* 5 : 297-310, 1968
- 17) Lubker JF and Curtis JF : *Electromyographic-cinerfluorographic investigation of velar function during normal speech production. J Acous Soc Am*, 40 : 1272, 1966
 - 18) Murry T, Bone RC : *Acoustic characteristics of speech following uvulopalatopharyngoplasty. Laryngoscope* 99 : 1217-1219, 1989
 - 19) Schwartz MF : *The acoutics of normal and nasal vowel production. Cleft Palate J* 5 : 125-140, 1968
 - 20) Skolnick ML, McCall GN, Barnes M : *The sphincteric mechanism of velopharyngeal closure. Cleft Palate J*, 10 : 286-305, 1973
 - 21) Skolnick, ML : *Videopharyngography in patients with nasal speech, with emphasis on lateral pharyngeal motion in velopharyngeal closure. Radiology*, 93 : 747-755, 1969
 - 22) Smith S : *Vocalization and added nasal resonance. Folia Phoniatr*, 3 : 165, 1951
 - 23) Warren DW, Dubois AB : *A pressure-flow technique for measuring velopharyngeal orifice area during continuous speech. Cleft Palate J* 1 : 52, 1964
 - 24) Williams RG, Eccles R, Hutchings H : *The relationship between nasalance and nasal resistance to airflow. Acta Otolaryngol(Stockh)* 110 : 443-449, 1990