

구개열 언어의 비음화에 관한 공기역학 및 음향학적 연구

An Aerodynamic and Acoustic Study of Nasalization in Cleft Palate Speakers.

이 중 한 · 신 효 근*

(Jong-han, Lee · Hyo-Keun, Shin)

ABSTRACT

Cleft palate patients have general speech problems with resonance disorders and articulation disorders. The aim of this study is to find the aerodynamic and acoustic characteristics of the nasalization in cleft palate speakers. Thirteen control groups and three cleft palate patients pre- and post operation were selected for these studies. The test words are composed by polysyllabic words: consonants between high vowel /i/ analysis. The cleft palate patients repeated test words pre- and post-operation from one, three and six month periods. The subjects repeated test words on Macquiere and on Nasometer Model 6200-3. The aerodynamic and acoustic results of nasalization show as follows: (1) The nasal rate in overall airflow of aspirated consonant for cleft palate patients shows higher levels than that of the control group. It had decreased since one month after operation. (2) The overall airflow of cleft palate patients is higher than in the control group, however oral air pressure is lower than control group. (3) The nasal airflow and the nasal rate in overall airflow of cleft palate patients has higher than the control group, however its decreased after operation. (4) The nasalance scores of cleft palate patients were 40% higher than that of the control group. The scores did not decrease after operation. The nasalance score of lateral and fricative sounds did not decrease after operation.

Keywords: cleft palate speakers, aerodynamics, nasalization, hypernasality

1. 서론

구개열 언어는 과비음이 대표적인 특징이나 특정 발음이 치환 또는 왜곡되어 경음화 및 설측음화 되어 나타나는 경우도 있다. 구개열 환자 중에서 나타나는 이러한 언어 장애는 구개열 수술 후에도 언어교정이 되지 않아 가정 및 사회 생활 속에서 겪는 의사소통

* 전북대학교 치과대학 구강악안면외과학교실

장애로 언어적·심리적 고통을 호소하는 경우가 있다. 그러나 구개열 언어 장애는 구개열 환자의 조음기관 및 조음 생성 시 조음 기능의 정확한 진단과 평가에 의한 언어치료 및 발음 보조장치 등을 사용하면 정상적인 발음을 구사할 수 있으므로 입상의 및 언어병리사들은 구개열 환자 언어의 특성을 명확히 이해해서 입상에 적용해야 한다.

구개열 환자의 공명장애로 나타나는 비음화 현상(nasalization)은 조음 근육 및 조음 운동으로 비인강 폐쇄문을 개방시켜 음성 에너지를 비강 안으로 유출시켜 나타나는 현상으로 비강 및 구강 호기 유량은 비인강 폐쇄 기능을 평가하는 중요한 파라미터이다. 이러한 까닭에 입상에서는 근전도(EMG)¹⁾, X-선 촬영²⁾, MRI³⁾, 내시경 검사⁴⁾, Electromagnetic articulometry⁵⁾, Velotracer⁶⁾, Photodetection⁷⁾ 등 최첨단 장비를 사용하여 비인강 폐쇄문 개구도(Velopharyngeal port aperture)를 검진하고 있으나 이러한 장비들은 환자들에게 침해적이고 거부감을 주며 경우에 따라서는 위험성도 따른다. 그러나 공기 역학 및 음향학적인 검진 방법은 비침해적이고 환자에게 불쾌감을 주지 않으면서 안전하고 또한 휴대가 가능한 소형 장비가 대부분이기 때문에 최근 세계적으로 입상에 적용하고있는 추세이다. 특히, 많은 피실험인의 확보가 가능하고 전세계 모든 언어권을 대상으로 광범위하게 사용할 수 있는 장점은 국내와 같이 구개열 언어 연구의 후발 국가들에게 국제간 학술 정보교환을 통한 구개열 언어 연구의 선진화에 참여하는 좋은 기회로 삼을 수 있다.

공기역학 및 음향학적인 정보는 비인강 폐쇄 운동 및 비결합부(nasal coupling)에 관한 유의한 정보를 제공하며 최근 모든 신호체계가 아날로그 신호 체계에서 디지털 신호체제로 변환되면서 공기역학적인 평가 장비인 Aerophone II 및 Macquiere 등과 음향학적인 평가 장비인 Computerized Speech Lab(IBM 기종), 音聲錄聞見(NEC 기종) 및 Mac Speech Lab (Macintosh 기종) 등이 상용화되어 입상에 사용되고 있다. 그러나 비음화의 음향학적인 특성은 비결합부에 의한 비음 에너지가 작아서 판독의 어려움이 있으므로 일반적으로 공기역학적인 결과를 중심으로 하고 음향학적인 현상을 보조적인 수단으로 활용하는 것이 타당하다.

발화 시 비인강 폐쇄 문이 개방되면 코를 통해 공기가 흘러 나가 비강 공명을 일으켜 비음을 생산한다. 비강을 통해 흘러나가는 공기의 양은 비인강 폐쇄문의 개방 시 크기에 따라 커지므로 비강 유출량은 비인강 폐쇄 기능을 평가하는 중요한 평가 자료로 생리학적인 요인들을 암시해준다⁸⁻¹⁰⁾. 그러한 까닭에 비인강 폐쇄 부전 환자 언어는 정상인들과 비교하여 독특한 비강 유출 양상을 보이므로 과다한 비강 공명(과비음), 과소한 비강 공명(저비음)¹¹⁻¹²⁾의 진단 및 평가에 사용되고 있다.

본 연구는 구개열 언어에서 발견되는 비음화, 즉 과비음 및 저비음의 공기역학 및 음향학적인 특성을 최첨단 진단 장비와 국제적으로 통용되는 평가 문형을 개발하여 임상적으로는 구개열 환자의 구강 구조 및 기능을 이해하여 환자에게 적절한 치료 방법을 제공하고 또 한편으로는 본 연구 결과가 ASHA(American Speech and Hearing Association)¹³⁾ 및 IALP(Internation Association of Lopedics and Phonetics)¹⁴⁾를 중심으로 1990년대 초부터 시작하고 있는 구개열 언어 평가의 국제 표준화 및 국제간 학술 정보 및 자료 교환을 목적으로 하였다.

2. 연구 방법

2.1 피실험인

본 연구에 참여한 피실험인(표 1)은 본 대학 구강악안면외과 교실에서 palatography 수술을 받고 정기적인 언어 검사를 받는 20대 성인 구개열 환자 3인과 정상 성인 남녀 13명을 실험 대상으로 하였다.

표 1. 피 실험인

| | 대조군 | 구개열 |
|---|-----|-----|
| 수 | 13 | 3 |

구개열 환자의 언어 문형은 비음화를 중심으로 과비음 및 저비음 현상을 공기 역학적 검사와 음향학 검사(비음도 검사)로 나누어 각각 평가하였다. 표 2는 비음화 평가 문형이다.

표 2. 평가 문형

| | 과 비 음 | 저 비 음 |
|---------|--|--------------|
| 공기역학 평가 | 연음: /pi-pi-/ 기식음: /phi-phi/ 경음: /p'i-p'i/ | 비강음: /mi-mi/ |
| 비강성 평가 | 폐쇄음: /tittit/, /t ^h itt ^h it/, /t'itt'it/ 파찰음: /cicit/, /c ^h itc ^h it/, /c'itc'it/ 마찰음: /sisi/, /s'is'i/ 설측음: /litlit/ 후두음: /hithit/ | |

2.2 관찰방법

1) Macquiere를 사용한 발음 시 호기류의 분석

발음 시 구강 및 비강 유출 기량과 공기 압력의 측정은 Macintosh기종의 4채널의 Macquiere(Mode 1408, SCICON R & D, U.S.A)을 사용하였다. 그림 1은 공기 역학 측정 결과를 나타낸 그래프이다. 채널 1은 오디오 신호를 기록한 파형을 나타낸 것이다. 채널 2는 X축 시간이 진행되는 동안 호기 유량의 변화를 나타낸 것이다. 채널 3은 산소 호흡용 마스크 안에 가느다란 실리콘 튜브를 삽입한 다음 입안에 넣어서 시간의 흐름에 따라 변화하는 호기 내 압력을 나타낸 것이다. 채널 4는 비강 호기 유량만을 나타낸 것이다. 오디오 채널은 AC로 연결되어 있고 나머지 채널들은 DC로 연결되어 있으면서 데이터 입력 시 완충 역할을 하도록 구성되어 있다. 오디오 신호는 마이크 사용 시 100배까지 단계적으로 축소 및 확대가 가능하고 DC 채널로 입력된 신호는 0에서 10배까지 조절이 가능하도록 구성되어 있다. 본 연구에서는 gain control을 채널별로 각각 채널 1은 6, 채널 2는 5, 채널 3은 7 그리고 채널 4는 6으로 조절한 다음 데이터를 저장하였다.

발음 시 호기류의 분석 항목은 다음과 같다.

- ① 구강 호기 유량(oral airflow; af, ml/s 단위): 발성 중 구강 내 최대 호기 유량
- ② 비강 호기 유량(nasal airflow; nf, ml/s 단위): 발성 중 비강 내 최대 호기 유량
- ③ 총 호기 유량(overall airflow; oaf, ml/s 단위): 발성 중 구강 호기 유량 과 비강 호기 유량을 합한 최대 총 호기 유량
- ④ 비음화 지수(nasal rate in overall airflow; nr): 총 호기 유량에 포함된 비강 호기 유량의 비율을 %로 나타낸 비음화 지수.
- ⑤ 구강 호기 압력(air pressure; ap, cmH₂O): 발성 시 구강 내 호기의 압력

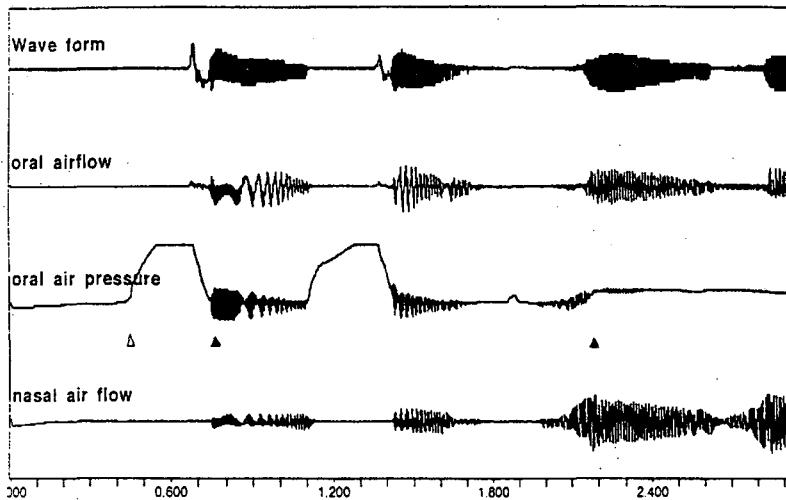


그림 1. Macquiere에 의해 나타난 공기 역학 측정 결과.
위로부터 음파, 구강 공기 유량, 구강 공기 내압 및 비강 공기유량.

2) 비음 측정기에 의한 비음도 검사

비음 측정기는 발음 시 구강 및 비강으로 흘러나오는 공기 유량을 음향 에너지로 변환하여 비강도를 측정하는 장비이다. 본 연구에서는 Kay사의 최신 기종인 비음측정기(모델 6200-3, Kay Elemetrics, U.S.A.)을 사용하였다. 본 연구에서는 비음도 35 %를 기준으로¹⁵⁾ 그 이상을 과비음으로 평가하고 그 이하는 저비음으로 평가하였다.

3) 통계처리

Macquiere 및 비음 측정기를 사용한 호기 유량 및 공기 압력과 비음도의 평가는 피 실험인의 수술 전·후, 술 후 1개월, 3개월, 6개월을 평가 시기로 하고 평가문형을 입력한 다음 평균 및 편차를 통계프로그램 Microsoft Excel 97을 사용하여 통계 처리하였다. 유의성 검정은 t-test로 대조군 및 술전과 술전·후 값을 비교하였다

3. 연구 결과

3.1 대조군의 공기 역학 분석

(1) 호기 유량: 발음 시 범인두 문이 폐쇄되었으나 성문 개방 정도(glottal aperture)가 세가지 다른 형태를 가지고 있는 구강 연음/p/, 기식음/p^h/ 및 경음/p'/과 범인두 문이 개방되는 비강음/m/의 초성 및 중성에서 구강 호기 유량을 측정된 결과는 표 3-A와 표 3-B와 같다. 초성에서 구강 호기 유량은 성문 개구도가 가장 큰 기식음에서 78.1 ml였고 그 다음은 성문 개구도가 중간인 연음에서 57.3 ml였으며 성문 개구도가 가장 작은 경음에서는 37.2 ml였다. 비음/m/의 경우 초성 구강 호기 유량(af)은 58.5 ml, 비강 호기 유량(nf)은 14.2 ml 그리고 총 호기 유량(oaf)은 72.6 ml였다. 총 호기 유량에 포함된 비강 호기 유량의 비율(nr)을 나타내는 비음화 지수는 19.2 %였다. 중성에서 총 호기 유량의 크기는 기식음에서 102.1 ml로 가장 컸고 연음에서 52.0 ml, 경음에서는 29.1 ml 순이었다. 비음 /m/의 구강 호기 유량은 48.2 ml, 비강 호기 유량 21.9 ml 그리고 총 호기 유량은 70.1 ml였으며 비음화 지수는 31.4 %였다.

표 3. 대조군의 과비음(A) 및 저비음(B) 평가 시 공기 유량의 값

(A)

(단위: ml)

| | | 초성 | | | 중성 | | |
|--------|----|--------|------------------------------------|----------|--------|------------------------------------|----------|
| | | /pipi/ | /p ^h ip ^h i/ | /p'ip'i/ | /pipi/ | /p ^h ip ^h i/ | /p'ip'i/ |
| 대조군 | 평균 | 57.3 | 78.1 | 37.2 | 52.0 | 102.1 | 29.1 |
| (n=13) | 편차 | 42.0 | 52.5 | 31.0 | 35.6 | 44.1 | 30.2 |
| 술전 | 평균 | 96.0 | 59.7 | 20.0 | 77.7 | 64.7 | 43.0 |
| (n=3) | 편차 | 58.0 | 55.8 | 21.7 | 48.0 | 60.1 | 29.1 |

(B)

(단위: ml)

| | | 초성 | | | | 중성 | | | |
|--------|----|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | | af | naf | oaf | nr(%) | af | naf | oaf | nr(%) |
| 대조군 | 평균 | 58.5 | 14.2 | 72.6 | 19.2 | 48.2 | 21.9 | 70.1 | 31.4 |
| (n=13) | 편차 | 45.7 | 9.1 | 51.2 | 17.6 | 39.6 | 24.8 | 55.5 | 44.6 |
| 술전 | 평균 | 91.7 | 57.0 | 148.7 | 38.2 | 82.7 | 39.3* | 122.0 | 36 |
| (n=3) | 편차 | 32.1 | 21.7 | 53.8 | 8.7 | 44.3 | 7.4 | 51.6 | 19 |

(* p<0.05)

(2) 구강 호기 내압: 발음 시 범인두 문이 폐쇄되는 성문 개방 정도에 따라 다르게 발음되는 과비음 평가 문형(/pipi/, /p^hip^hi/, p'ip'i/)의 구강 및 비강 호기 내압을 분석한 값은 표 4와 같다. 성문 개방의 정도가 가장 큰 기식음의 경우 구강 호기 내압은 초성에서 90.9 cmH₂O 중성에서 98.1 cmH₂O였으며 성문 개방 정도가 중간인 연음에서 구강 호기 내압은 초성에서 74.7 cmH₂O 중성에서 73.3 cmH₂O였고 성문 개구도의 개방이 없는 경음의 구강 호기 내압은 초성에서 82.8 cmH₂O 중성에서 99.4 cmH₂O였다. 발음 시 범인두 문이 개방되어있는 비강음 /m/의 비강 호기 내압은 초성에서 31.8 cmH₂O였고 중성에서 31.9

cmH₂O였다.

표 4. 대조군의 과비음 및 저비음 평가 시 구강 압력 및 비강 압력의 값 (단위: cmH₂O)

| | | 초성 | | | | 중성 | | | |
|--------|----|--------|------------------------------------|----------|--------|--------|------------------------------------|----------|--------|
| | | /pipi/ | /p ^h ip ^h i/ | /p'ip'i/ | /mimi/ | /pipi/ | /p ^h ip ^h i/ | /p'ip'i/ | /mimi/ |
| 대조군 | 평균 | 74.7 | 90.9 | 82.8 | 31.8 | 73.3 | 98.1 | 99.4 | 31.9 |
| (n=13) | 편차 | 26.3 | 22.1 | 21.5 | 23.4 | 28.8 | 24.3 | 25.3 | 26.9 |
| 술전 | 평균 | 40.0* | 73.0 | 49.0 | 28.0 | 58.5 | 76.5 | 61.0 | 30.3 |
| (n=3) | 편차 | 9.9 | 7.1 | 36.8 | 22.6 | 29.0 | 36.1 | 39.6 | 30.3 |

(* p<0.05)

3.2 대조군과 술전 환자의 비교

(1) 호기 유량:대조군 및 술전환자의 과비음 및 저비음 평가 문형(/mimi/)의 초성 및 중성 호기 유량의 비교에서 저비음 중성에서 비강 호기량이 5 % 위험율에 통계적인 유의성을 보였다.

그림 2는 대조군 및 술전 환자의 저비음 평가 문형 호기 유량을 항목별로 비교한 것이다. 술전 환자의 구강 호기 유량, 비강 호기 유량 및 총 호기 유량 모두 술전 환자가 대조군보다 높게 나타났다.

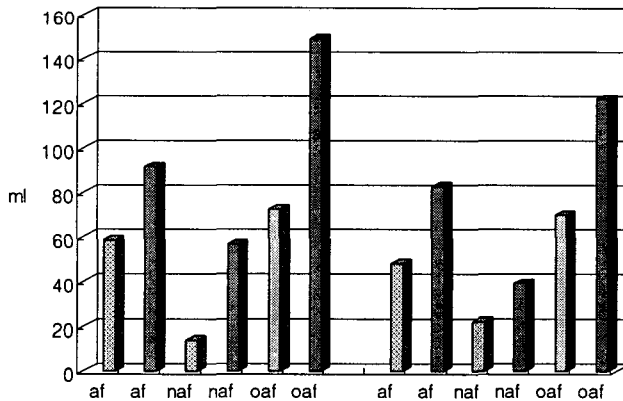


그림 2. 대조군 및 술전 환자의 저비음 평가 문형 시 공기 역학 측정 항목별 비교. 흰색 점이 있는 막대 그래프는 대조군을 회색 막대 그래프는 구개열을 나타냄.

(2) 구강 호기 내압 및 비강 호기 내압: 과비음 평가 문형 중 초성 연음 /pipi/의 경우 2 % 위험율에서 통계적인 유의성이 있었다. 그림 3은 대조군 및 술전 환자의 과비음 및 저비음 평가 문형의 초성 및 중성에서 구강 및 비강 내압(內壓)을 비교한 것이다. 술전 환자의 구강 내압은 초성 및 중성에서 모두 큰 차이로 낮았으나 저비음 평가 문형에서는 큰 차이가 없었다.

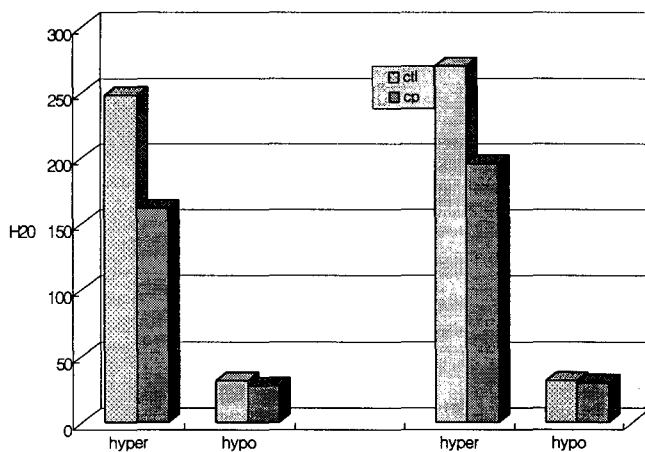


그림 3. 대조군 및 술전 환자의 과비음 및 저비음 평가 문형의 초성 및 중성에서 구강 및 비강 내압의 비교. 왼쪽은 초성을 오른쪽은 중성을 나타냄.

3.3 수술 전후 비교와 슬후 추이

(1) 호기 유량: 술전 및 슬후 경과에 따라 범인두 문은 폐쇄되어 있으나 성문은 개방된 /p/와 /p^h/ 그리고 성문이 폐쇄된 /p'/의 초성 및 중성에서 구강 호기 유량, 비강 호기 유량, 총 호기 유량 및 비음화 지수를 비교 분석한 결과는 표 5-A와 같다. 표 5-B는 범인두문이 개방된 /m/의 초성 및 중성에서 구강 호기 유량, 비강 호기유량, 총 호기 유량 및 비음화 지수를 비교 분석한 결과이다. 과비음 평가 문형 및 저비음 평가 문형에서 중성에서 기식음 /p^h/의 비음화 지수 슬전과 슬후 1달 및 슬후 6달 비교에서 각각 2 % 위험율과 5 % 위험율에서 통계적인 유의성을 보인 것 이외에는 통계적인 유의성이 없었다. 특히 비음화 지수는 그림 4에서와 같이 슬후 경과에 따라 초성 및 중성에서 과비음 및 저비음 평가 문형 모두 비음화 지수가 감소하여 전체적으로 과비음 정도가 줄어드는 것으로 평가되었다.

(2) 구강 및 비강 호기 내압: 슬후 경과에 따라 구강 공기 내압 및 비강 호기 내압의 변화는 모든 평가 항목에서 통계적인 유의성은 없었으며 중성의 과비음 평가 문형에서 슬후 구강 호기 내 압력이 약간 증가하였다.

3.4 비음 측정기에 의한 검사 결과

과비음 및 저비음의 음향학적인 평가는 비음 측정기를 사용하여 분석하였다. 표 6은 대조군의 이음절 평가 문형별 비음도를 나타낸 것이다. 대조군의 비음도는 약 10-17 % 이내로 나타났다.

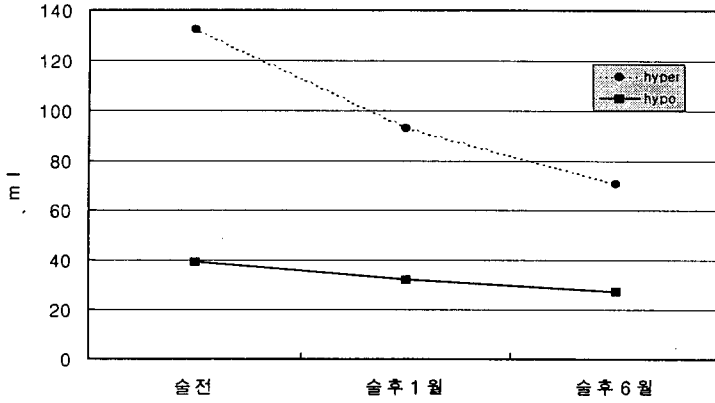


그림4. 술전 및 술 후 경과에 따라 중성에서 과비음 및 저비음 평가 문형에서 비음화 지수의 변화.

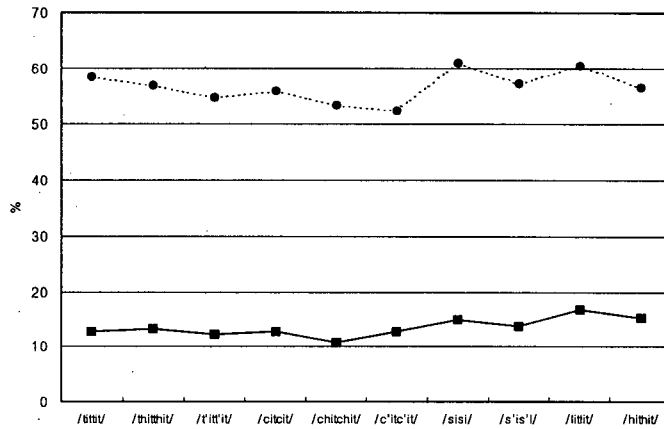


그림 5. 대조군 및 술전 환자의 과비음 이음절 평가 문형별 비음도의 비교

그림 5는 대조군 및 술전 환자의 과비음 이음절 평가 문형별 비음도를 비교한 것이다. 대조군과 술전 환자의 비음도는 약 40 % 정도의 큰 차이가 있었으며 특히 마찰음 /s/에서 비음도 차이가 가장 크게 나타났다.

술전 및 수술 1개월과 6개월 경과 후 이음절 과비음 평가 문형의 비음도를 측정된 결과 폐쇄음에서는 과비음이 약간씩 줄어드는 경향을 보였으나 설측음 및 파찰음에서는 개선되지 않는 양상을 보였다.

표 5. 수술 전 및 전 후 추이에 따라 과비음 평가 문형(A) 및 저비음 평가 문형(B) 시 공기역학 평가 항목 별 평균값

(A)

| | | /tittit/ | /thitthit/ | /t'it'it/ | /citcit/ | /chitchit/ | /c'itc'it/ | /sisi/ | /s'is'i/ | /litlit/ | /hitthit/ |
|----------|----|----------|------------|-----------|----------|------------|------------|--------|----------|----------|-----------|
| 대조군 | 평균 | 12.8 | 13.2 | 12.3 | 12.7 | 10.8 | 12.7 | 14.9 | 13.7 | 16.7 | 15.2 |
| | 편차 | 6.1 | 9.1 | 7.6 | 8.8 | 6.3 | 7.8 | 8.1 | 9.4 | 8.5 | 6.7 |
| 수술 전 | 평균 | 58.4 | 57.0 | 54.8 | 55.9 | 53.4 | 52.4 | 61.0 | 57.3 | 60.5 | 56.6 |
| | 편차 | 6.9 | 7.3 | 12.7 | 7.6 | 10.2 | 12.6 | 9.8 | 13.7 | 11.6 | 14.1 |
| 수술 후 1개월 | 평균 | 54.7 | 51.3 | 53.7 | 55.9 | 55.6 | 55.5 | 62.3 | 62.0 | 71.4 | 54.6 |
| | 편차 | 9.4 | 9.3 | 9.8 | 11.5 | 6.5 | 6.2 | 12.1 | 7.9 | 15.7 | 7.1 |
| 수술 후 6개월 | 평균 | 51.4 | 52.6 | 53.7 | 53.0 | 59.7 | 51.9 | 57.7 | 52.4 | 66.9 | 54.6 |
| | 편차 | 12.9 | 11.2 | 15.6 | 12.8 | 7.3 | 22.3 | 9.0 | 24.1 | 6.1 | 13.7 |

(B)

| | | /pipi/ | | | | /phiphi/ | | | | /p'ip'i/ | | | |
|----------|----|--------|------|-------|-------|----------|------|-------|-------|----------|------|------|-------|
| | | af | nf | oaf | nr(%) | af | nf | oaf | nr(%) | af | nf | oaf | nr(%) |
| 초성 | 평균 | 96.0 | 71.7 | 167.7 | 40.2 | 59.7 | 37.0 | 96.7 | 29.0 | 20.0 | 6.3 | 26.3 | 18.0 |
| 수술 전 | 편차 | 58.0 | 56.5 | 114.5 | 8.3 | 55.8 | 48.2 | 104.0 | 14.0 | 21.7 | 8.5 | 30.2 | 15.5 |
| 수술 후 1개월 | 평균 | 98.3 | 49.3 | 147.7 | 32.6 | 47.7 | 16.3 | 64.0 | 25.0 | 25.7 | 13.0 | 38.7 | 42.0 |
| 개월 | 편차 | 55.0 | 29.7 | 84.7 | 11.7 | 28.6 | 10.5 | 39.1 | 8.9 | 21.0 | 5.6 | 26.6 | 19.0 |
| 수술 후 6개월 | 평균 | 94.7 | 36.7 | 131.3 | 28.4 | 50.0 | 7.3 | 57.3 | 19.0 | 39.0 | 11.0 | 50.0 | 34.0 |
| 개월 | 편차 | 52.1 | 19.9 | 71.9 | 10.9 | 45.4 | 3.2 | 48.6 | 9.8 | 33.2 | 6.1 | 39.3 | 19.5 |
| 중성 | 평균 | 77.7 | 62.7 | 140.3 | 38.0 | 64.7 | 56.3 | 121.0 | 49.0 | 43.0 | 13.3 | 56.3 | 25.0 |
| 수술 전 | 편차 | 48.0 | 60.4 | 108.3 | 13.0 | 60.1 | 54.2 | 114.3 | 11.0 | 29.1 | 9.7 | 38.9 | 7.0 |
| 수술 후 1개월 | 평균 | 95.0 | 52.7 | 147.7 | 34.0 | 71.7 | 23.3 | 95.0 | 26.0 | 40.0 | 17.0 | 57.0 | 34.0 |
| 개월 | 편차 | 46.5 | 40.3 | 86.8 | 12.0 | 38.9 | 9.0 | 47.8 | 17.0 | 25.2 | 7.0 | 32.2 | 11.0 |
| 수술 후 6개월 | 평균 | 93.7 | 43.0 | 136.7 | 32.0 | 78.3 | 14.7 | 93.0 | 19.0 | 57.3 | 13.0 | 70.3 | 26.0 |
| 개월 | 편차 | 43.0 | 18.7 | 61.7 | 11.0 | 42.7 | 11.6 | 54.3 | 16.0 | 41.5 | 6.9 | 48.4 | 10.0 |

표 6. 대조군 및 구개열 수술 전 및 수술 후 추이에서 비음도의 평균 변화값

| | | 초 성 | | | | 중 성 | | | |
|----------|----|------|------|-------|--------|------|------|-------|--------|
| | | af | nf | oaf | nr(%) | af | nf | oaf | nr(%) |
| 수술 전 | 평균 | 91.7 | 57.0 | 148.7 | 38.2 | 82.7 | 39.3 | 122.0 | 36.0 |
| | 편차 | 32.1 | 21.7 | 53.8 | 8.7 | 44.3 | 7.4 | 51.6 | 19.0 |
| 수술 후 1개월 | 평균 | 85.3 | 31.3 | 116.7 | 22.3 | 92.3 | 32.0 | 124.3 | 26.0 |
| | 편차 | 47.8 | 32.5 | 80.3 | 13.4 | 34.5 | 14.5 | 49.0 | 13.0 |
| 수술 후 6개월 | 평균 | 68.7 | 18.0 | 86.7 | 19.5 | 86.7 | 27.3 | 114.0 | 23.0 |
| | 편차 | 29.4 | 10.4 | 39.8 | 11.7 | 7.1 | 16.2 | 23.2 | 12.0 |

4. 총괄 및 고찰

구개열 언어의 대표적인 특징은 공명 장애에서 오는 비음화 현상이다. 음성은 구강 구조 내 여러 형태를 가지고 호기 유량 및 호기 내 압력을 변화시켜 생성한다. 특히 비음화 현상은 발음 시 범인두 문이 개방되어 음원에서 흘러나온 호기 유량이 과도하게 비강으로 흘러 들어가 공명하면 과비음으로 청취되고 그와 반대로 비강 통로에 장애가 있거나 비인두 지협(nasopharyngeal isthmus)가 폐쇄되어 호기 유량이 과소하게 비강에 흘러 들어가 공명하면 저비음으로 청취된다¹⁶⁻¹⁷⁾.

비음화 현상은 비강 및 구강 내 호기 유량이나 구강 호기 내압¹⁸⁻¹⁹⁾을 측정하는 공기 역학적 방법과 비강 및 구강 내 공기 진동 및 스펙트럼의 특성을 규명하는 음향학적인 방법으로 연구한다. 그러나 후자는 비결합부에 의해 비강에 흘러 들어가는 비강 내 호기 유량이 적어서 명확한 음향학적인 특성을 규명하기 어려워서 비음화의 음향학적인 연구는 기피하는 경우가 많고 Fletcher²⁰⁾가 개발한 Tonar I 및 II나 최근 Kay사에서 개발하여 상품화한 비음 측정기도 음향학적인 방법으로 비음화를 관찰하는 장비에 속하나 그 원리는 공기 역학적인 원리에 의한 것이어서 일반적으로 비음화의 연구는 공기 역학적인 방법을 따르고 있다²¹⁻²³⁾.

발화 중 범인두 문이 개방되면 구강 내 호기는 코를 통해 흘러 나가므로 비인강 폐쇄 기능이 정상인 경우 비강에 유출된 호기 유량은 범인두 문의 개방 크기와 관련되어 있다. 그러한 까닭에 비강 호기 유량은 비인강 폐쇄 기능을 평가하는 공기 역학 지시체로서 구개열 환자는 물론 뇌신경 장애 환자들의 비인강 폐쇄 기능이 약화된 환자들은 정상인들과 비교하여 비강 호기 유량의 패턴이 다르기 때문에 과비음 및 저비음의 진단에 활용되고 있으며 특히, 비강 호기 유량의 정도는 범인두 폐쇄 기능과 더불어 구개열 환자의 언어적·생리적 특성을 규명해 준다²⁴⁻²⁵⁾. 생리학적으로 구강음 생성 시 범인두 문은 완전히 폐쇄되어 있지만 개인에 따라서 0.03 cm^2 이하로 개방된 경우도 있다²⁶⁾. 비강음 생성 시 범인두 문은 $0.5\text{-}1.0 \text{ cm}^2$ 정도 개방되어 있고 호흡 시에는 1.0 cm^2 이상 개방되어 있다²⁷⁻²⁹⁾. 구강 및 비강 공기 내압과 범인두 문의 크기와의 관계는 구개열 환자의 경우 범인두 문의 크기가 0.1 cm^2 이하에서 압력이 상대적으로 높게 나타났으며²⁹⁾ 범인두 문 크기 0.4 cm^2 까지는 호기량을 조절할 수 있다고 보고되었다. 또한 구강 내 호기 압력은 비강 내 호기 압력보다 약 4배 높게 나타났다³⁰⁾.

최근 비음화 현상을 연구하기 위한 호기 유량의 관찰은 시간의 흐름에 따라 변화하는 호기 유량을 전기 신호로 변환하여 측정한다. 호기 유량의 측정은 산소 호흡용 마스크를 구강 및 비강 유량을 분리하여 측정하는 분리 마스크(split mask)를 사용해야 총 호기 유량 중에서 구강 및 비강에 유출된 호기 양을 각각 측정할 수 있다. 또한 구강 및 비강 호기 내압은 가느다란 튜브를 구강 또는 비강에 삽입하여 압력을 변환하는 장치로 사용하여 측정하고 있다³¹⁾. 그러나 선학들의 구개열 언어 비음화 현상에 관한 공기 역학적 연구들 대부분은 구강 호기 유량 또는 구강 내 호기압 만으로 비인강 폐쇄 기능을 평가하고 비지협에 의해 구강 및 비강에 흘러 들어간 호기량의 비율을 측정하지 않아서 발화 시 객관적인 비음화 지수와 관련한 범인두 문의 기능을 규명하지 않아서 비음화의 정확한 평가

가 어려웠다. 따라서 본 연구에서는 1개의 오디오 채널을 사용한 음향학적인 현상과 3개의 DC 채널로 구강 및 비강 호기 유량과 구강 호기 내압을 독립적으로 채록할 수 있는 공기 역학 측정기 Macquiere를 사용하여 과비음 및 저비음 시 구강 및 비강 호기 유량과 동시에 구강 호기 내압을 독립적으로 관찰하는 4채널 시스템을 사용하여 대조군 및 술전 후 환자의 공기 역학적인 파라미터를 분석한 다음 총 호기 유량 중에 포함된 비강 호기 유량의 비율을 비음 지수로 분석하여 과비음/저비음의 정도를 분석하였다. 또한 과비음/저비음의 청각 판정의 객관화를 위해서 비음 측정기를 사용하여 비음도를 평가하여 임상에서 구개열 환자의 비인강 폐쇄 기능의 종합적인 이해를 돕도록 하였다.

4.1 과비음

구개열 환자 언어에서 발견되는 과비음은 연구개 팔약근의 개방에 의한 음성 공명 장에 현상으로 정의된다³²⁾. 대조군의 구강은 발화 시 범인두 문이 폐쇄되어 비강에 호기 유량이 유출되지 않으나 구개열 환자는 비인강 폐쇄부전으로 구강을 발화 시 비강으로 호기 유량이 누수되어 과비음 현상이 청취된다. 따라서 과비음의 평가는 비인강 폐쇄 부전과 연관하여 비강 누수 정도로 평가하고 있다. 그러나 일부 학자 중에는 비강 공명과 비인강 폐쇄 부전과는 관련이 없다고 보고하고¹¹⁾ 있으나 대부분 공기역학적인 결과들은 비인강 폐쇄문의 개방과 연관되어 있으며 구강을 발화 시 비인강 폐쇄문이 0.2 cm^2 이상이면 과비음으로 청취된다고 보고하고 있다³³⁾.

본 연구에서 과비음의 평가는 발음 시 범인두 문이 폐쇄되어 있으나 성문 개방 정도가 각기 다른 구강 양순음을 고모음/i/ 앞과 사이에 위치한 문형으로 총 호기유량 및 구강 내 압력을 분석하였다. 총 호기 유량은 대조군의 경우 성문 개방 정도(또는 성문 개구도)가 가장 큰 기식음의 경우 가장 크게 나타났으나 구개열 환자는 연음이 기식음으로 치환되어 가장 크게 나타났으며 이러한 결과는 구개열 언어의 음향학적인 결과와 일치하고 있다³⁴⁾. 그러므로 구개열 언어의 공기 역학적 평가 문형에서 기식음은 호기 유량의 변화 폭이 너무 크기 때문에 평가 문형으로 적절하지 않다는 주장이 설득력이 있어 보인다³⁵⁾. 구개열 과비음 평가 문형에서 구강 총 호기 유량은 대조군보다 컸으며 상관적으로 구강 호기 내압은 낮게 나타났다. 구개열의 구강 호기 내압이 대조군과 비교하여 낮게 나타난 현상은 호흡력의 증가로 구강 호기 유량 및 비강 호기 유량의 증가에 의한 상대적 저압 현상과 일치하고 있으며, 발화 중의 호기 내압의 크기는 비강 공기 저항, 호기력, 비인강 측벽 및 후벽과 관련한 목젖의 위치와 상대 저항 등을 종합적으로 측정하여 평가하여야 한다³⁶⁾.

술후 추이에 따라 총 호기 유량은 소폭으로 감소하면서 구강 호기 내압은 상승하는 추세를 보였다. 총 호기 유량 중 비강 호기 유량의 비율을 측정하는 비음화 지수의 술후 변화에서는 성문 개방이 커서 호기 유출량이 가장 많은 기식음의 비음화 지수는 통계적인 유의성이 있었다.

구개열 환자 이음절어 과비음 평가 문형의 음향학적인 평가에서 구개열 환자의 비음도는 대조군보다 약 40 % 이상 높게 나타났으며 술 후 경과에 따라 비음도의 변화도 소폭으로 감소하여 성인 구개열 언어의 치료 효과가 어려운 것으로 평가되었다. 또한 이러한 평가 결과는 비인강 폐쇄 기능의 평가를 종래의 구강 및 비강 호기 유량, 구강 호기 내

압 및 비강 누수 정도에 의한 평가와 더불어 과비음 발화 시 비인강 폐쇄 개방 시간을 측정한 연구 결과²⁷⁾를 참고하면 비인강 폐쇄 기능의 생리학적인 시스템을 더욱 이해할 것으로 사료된다.

4.2 저비음

구개열 언어는 비인강 폐쇄 부전에 의한 과비음 이외에도 비강 구조의 변형 등에 의해서 비강 통로가 좁혀져 비강 공명 형태가 불완전한 저비음 현상이 발견된다³³⁻³⁴⁾. 저비음 환자들은 선천적으로 구강 안면 구개열 환자에게서 많이 발견되며 이들 환자들은 비저(nasal floor)의 변형에 의해서 비강 변형이 일어나 비강 호기 통로의 크기가 줄어들면서 저비음 현상이 나타난다³⁵⁻³⁹⁾. 비강의 생리학적인 폐쇄는 음향 공명의 변화를 일으켜 저비음으로 청취된다고 가정하고 있으나 비강의 크기와 저비음과는 상관적인 관계는 없지만⁴⁰⁾, 범인두 문의 크기와 호기 유량과의 상관관계가 0.4 cm^2 이하에서 최적이라 할 때 저비음은 가장 심한 범인두 장애 환자의 경우 0.2 cm^2 이하에서 발견된다는 보고가 있다²⁶⁾. 이러한 결과를 중심으로 저비음의 평가는 발화지 범인두 문이 개방되어 있는 비강 양순음을 평가 문형으로 분석한 결과 대조군과 술전 환자의 비강 호기 유량 비교에서 통계적인 유의성이 있었다. 구개열 술전 및 술후 추이에서 비강 호기 유량 및 비음화 지수가 줄어들어 저비음 현상을 관찰할 수 있었으나 통계적인 유의성은 없었다.

비음도를 이용한 비강 공명의 평가는 피 실험인의 비강 음향학적인 에너지의 상관적인 양의 의해서 비강음의 발화 시 비음도의 수치가 낮음으로써 저비음을 평가한다. Dalston⁴¹⁾의 연구에 의하면 비강 단면적인 0.30 cm^2 이하에서 비음도는 50 % 이내로 나타나며 비음도 49 % 이상은 비강 호기 통로가 이상이 없는 것이라 하였으며 비음도 74 %에서 비강 호기 통로의 공기 역학적 평가를 가장 잘 반영한다고 하였다. 또한 비강 단면적의 넓이가 대조 군보다 50 % 이내인 환자의 62 % 정도는 비음도가 높게 나타나서 음향학적으로 비강 협착이 범인두문의 협착과 일치하지 않는다고 지적하였다. 단지 협착이 비강의 전방 협착 장소에서 형성되면 비강 공명이 소멸되고 후방 협착 장소에서 형성되면 비강 공명을 예측하고 인두판(Pharyngeal flap)은 비음도에 영향을 주어 비강음 생성 시 비강 내 음향 에너지가 소멸하면서 저비음 현상을 나타낸다고 하였다. 이러한 연구 결과를 중심으로 볼 때 본 연구에서 구개열 환자의 저비음 평가 문형 시술 후 경과에도 불구하고 비음도가 50-70 % 사이에서 큰 차이가 없이 나타난 현상은 구개열 환자의 공기 역학적 평가에 적절한 연구 대상으로 선정되었으나 비강 통로 장애가 있는 성인의 환자의 62 % 정도는 비강 통로의 면적은 작으나 최대 비강 폐쇄 장소가 정확히 밝혀지지 않기 때문에 저비음의 평가가 어려운 결과로 밝혀졌다.

5. 결론

구개열 언어의 공기 역학적인 평가 방법으로 Macquiere를 사용한 관찰 방법에 의해서 대조군 및 구개열 환자와 구개열 술후 추이에 따라서 비강 및 구강 호기 유량 및 호기 내 압력을 비교하고 음향학적인 평가 방법으로 비음 측정기를 사용한 비음도의 측정에서 구

개열 언어의 비음화 특성은 다음과 같았다.

(1) 구개열 환자는 발음 시 범인두 문이 폐쇄되어있으나 성문 개구도가 큰 기식음의 경우 호기 유량이 커서 비음화 지수가 높았으며 대조군 과 술전 그리고 술전 및 술후 경과 비교에서도 1% ~ 5% 이내 위험율에서 통계적인 유의성이 있었다.

(2) 과비음 평가 문형에서 구개열 환자의 총 호기 유량은 대조군보다 컸으나 구강 호기 내압은 상대적으로 낮았다.

(3) 저비음 평가에서 구개열 환자의 비강 호기 유량 및 비음화 지수는 대조군보다 높았으며 술후 감소하였다. 특히 대조군 및 술전 환자의 비교에서 중성 비강 음의 경우 비강 호기 유량은 5% 위험율에서 통계적인 유의성이 있었다.

(4) 성인 구개열의 비음도는 대조군과 40% 정도 높게 나타났으며 술후 경과 후에도 과비음 감소 폭은 아주 작았고 설측음 및 마찰음의 경우에는 과비음의 개선 효과가 없었다.

참 고 문 헌

1. Bell-Berti, F. 1976. "An electromyographic study of velopharyngeal function in speech." *Journal of Speech and Hearing Research* 19, 225-240.
2. Subtelny, J. D. 1956. *Radiographic study of nasalized vowels produced by cleft palate speakers*, unpublished doctoral dissertation, Northwestern University, Evanston, IL.
3. Whale, D. H. 1990. "Intrinsic velar height in supprime vowels." *JASA* 88(S1), S 54.
4. Sawashima, M. 1977. "Fiberoptic observation of the larynx and other speech organs." in M. Sawashama & F. S. Cooper (Eds.), *Dynamic Aspects of Speech Production*, 31-46. Tokyo, Japan, University of Tokyo, Japan.
5. Katz, W., Machetary, J., Orth, U., and Chonle, P. A. 1990. "Kinematic analysis of anticipatory coarticulation in the speech of anterior aphasic subjects using electromagnetic articulography." *Brain and Language* 38, 555-575.
6. Horiguchi, S. and Bell-Berti, F. 1987. "The Velotrace: A device for monitoring velar position." *Cleft Palate Journal* 24, 104-111.
7. Dalston, R. M. 1982. "Photodetection assessment of velopharyngeal activity." *Cleft Palate Journal* 19, 1-18.
8. Benguerel, A. P. 1974. "Nasal airflow patterns and velar coarticulation in French." in *Speech Communications Seminar Proceedings Vol. 2*, 105-112, Stockholm.
9. Cohen, A. C. 1990. *Phonetic and Phonological Rules of Nasalization*, Unpublished doctoral dissertation, University of California, Los Angeles.
10. Huffman, M. 1990. *Implementation of Nasal: Timing and Articulatory Landmarks*, Unpublished doctoral dissertation, University of California, Los Angeles.
11. Warren, D. W. 1964. "Velopharyngeal orifice size and upper pharyngeal pressure-flow patterns in cleft palate speech: A preliminary study." *Plastic and Reconstructive Surgery* 34, 15-26.
12. Dalston, R. M., Warren, D. W., and Dalston, E. T. 1991. "Use of nasometry as a diagnostic tool for identifying patients with velopharyngeal impairment." *Cleft Palate-Craniofacial Journal* 28, 184-189.

13. Acoustic Assessment of the Velopharyngeal System, 1990. *ASHA Special Interest Divisions Vol. 6(1)*.
14. Hirschberg, J and Van Denmark, D. R. 1997. "A Proposal for Standardization of Speech and Hearing Evaluation to Assess Velopharyngeal Function." *Folia Phoniatr, Logop 49(3-4)*, 158-167.
15. 권태호, 신호근. 1994. "구개열환자에 있어서 과비음에 관한 음성 언어 의학적 연구." *대한구강악안면외과학지 20(3)*, 319-333.
16. Warren, D. V. 1976. "Aerodynamic of speech production," in N. J. Cass (Ed.), *Contemporary Issues in Experimental Phonetics*, 105-137, New York, Academic Press.
17. Kuen, D. P. and Dalston, R. M. 1989. "Cleft Palate and Studies related to velopharyngeal function." in H. Winitz (Ed.), *Human Communication and its disorders*, 1-106, Norwood, NJ: Ablex.
18. Machida, J., and Nagagi, I. 1970. "Airflow and pressure in syllable production by cleft palate individuals." *Cleft Palate Journal 7*, 222-238.
19. Smith, B. Z. and Weinberg, B. 1983. "Velopharyngeal orifice prediction during aerodynamic stimulation of fricative consonants." *Cleft Palate J*, 20, 1-6.
20. Lubker, J. I. 1970. "Nasal airflow characteristic during cleft palate speakers." *J. Speech Hear Res 13*, 326-338.
21. 松矢篤三. 1968. 口蓋裂 患者の異常 音聲の發聲機序に關する基礎的研究, *阪大齒學誌 13*, 45-57.
22. Subtelny, J. P, Worth, J. H., and Sakuda, M. 1968. "Intraoral pressure and rate of flow during speech." *J. Speech Hearing Res 9*:498-518.
23. 本厓巖. 1967. "口蓋裂音聲における鼻咽腔閉鎖不全意義." *耳鼻臨床 60*, 865-888.
24. Waren, D. W. 1985. "Regulation/control of speech aerodynamic in cleft palate." *American Speech Hearing Association Abstracts 27*, 111.
25. Warren, D. W., Dalston, R. M., and Myo, R. 1993. "Hypernasality in the presence of "adequate" velopharyngeal function." *Cleft Palate Journal 30*, 150-154.
26. Waren, D. W., Dalston R. M., Trier, W. C. Holder, M. B. 1985. "Pressure-flow technique for quantifying temporal patterns of palatopharyngeal class." *Cleft Palate Journal 22*, 11-19.
27. Warren, D. W., Dubois, A. B. 1964. "A Pressure-flow technique for measuring velopharyngeal orifice area during continuous speech." *Cleft Palate Journal 6*, 134-140.
28. Keuh, D. P. 1976. "A Cineradiographic investigation of velar movement variables in two normals." *Cleft Palate Journal 13*, 88-103.
29. Lubker, J. F. 1968. "An electromyographic-cinefluorographic investigation of velar function during normal speech production." *Cleft Palate Journal 5*, 1-18.
30. Warren, D. W., Hinton, V. A., Pillsbury, H. C., and Hairfield, W. M. 1987. "Effects of site of the nasal airway on airflow rate." *Archives of Otolaryngology 113*, 405-408.
31. 윤철희, 신호근. 1996. "구개열 환자에 있어서 성문 파열음에 관한 연구." *대한구강악안면외과학지 22*, 696-709.
32. Krakow, R. A. and Huffman, M. K. 1993. "Instruments and techniques for investigating nasalization and velopharyngeal function in the laboratory: An introduction." in *Phonetics and Phonology*, ed. by M. K. Huffman, R. A. Krakow, Academic press, INC, San Diego.

33. Aduss, H. and Pruzansky, S. 1967. "The nasal cavity in complete unilateral cleft lip and palate." *Archives of Otolaryngology* 85, 75-84.
34. Dretner, B. 1960. "The nasal airway and hearing in patients with cleft palate." *Acta otolaryngology* 77, 131-142.
35. Foster, T. D. 1962. "Maxillary deformation in repaired cleft palate of the lip and palate." *British Journal of Plastic Surgery* 15, 182-190.
36. Aduss, H. and Pruzansky, S. 1967. "The nasal cavity in complete unilateral cleft lip and palate." *Archives of Ortholaryngology* 85, 75-84.
37. Warren, D. V., Dalston, R. M., and Mayo, R. 1993. "Aerodynamics of Nasalisation." in *Phonetics and Phonology*, ed by M. K. Huffman, R. A. Kakwn, Academic press, INC, San Diego.
38. Dretner, B. 1960. "The nasal airway and hearing in patients with cleft palate." *Acta Ortholaryngologica* 57, 131-142.
39. Foster, T. D. 1962. "Maxillary deformities in repaired clefts of the lip and palate." *British Journal of Plastic Surgery* 15, 182-190.
40. Warren, D. W., Dunay, L. F., and Fischer, N. D. 1969. "Nasal pathway resistance in normal and cleft lip and palate subjects." *Cleft Palate Journal* 6, 134-140.
41. Hairfield, W. M. and Warren, D. W. 1989. "The dimension of the cleft palate nasal airway in adults: A comparison with normal." *Cleft Palate Journal* 26, 9-13.
42. Dalston, R. M., Warren, D. W., and Dalston, E. T. 1991. "The identification of nasal obstruction using clinical judgement of hypernasality and nasometric assessment of speech acoustics." *American Journal of Orthodontics* 100, 59-65.

접수일자 : '99. 2. 15.

게재결정 : '99. 3. 16.

▲ 이종한

전북 전부시 덕진구 금암동 634-18
 전북대학교 치과대학 구강악안면외과(우: 560-180)
 Fax: (0652) 250-2089

▲ 신효근

전북 전부시 덕진구 금암동 634-18
 전북대학교 치과대학 구강악안면외과(우: 560-180)
 Tel: (0652) 250-2014, 250-2112
 Fax: (0652) 250-2089
 e-mail: hkshin@moak.chonbuk.ac.kr