

구개인두성형술 후 공기역학적 구개기능 평가

The Aerodynamic Evaluation of Velopharyngeal Function after Uvulopalatopharyngoplasty

홍기환*^{***} · 임현실* · 최승철* · 김범규* · 이상헌* · 김현기**
 Ki Hwan Hong · Hyun Sil Lim · Seung Chul Choi · Byum Kyu Kim ·
 Sang Heon Lee · Hyun Gi Kim

ABSTRACT

Uvulopalatopharyngoplasty (UPPP) is one of the popular surgical procedure for snoring and sleep apnea syndrome. The main principle of this procedure is to reduce abundant velopharyngeal soft tissues resulting in a shortened soft palate, which may cause some alterations in speech sound. The purpose of this study is to evaluate the change of velopharyngeal function after UPPP in the view of aerodynamics.

Thirty three patients who received uvulopalatopharyngoplasty for correcting snoring and sleep apnea were included in this study. The airflow, airflow rate and air pressure during the production of oral and nasal consonants were measured before surgery and 4 week and 8 week after surgery.

The oral air flows and pressures for oral and nasal consonants were not changed after surgery. However, oral air pressure for nasal consonants were increased significantly after surgery. The nasal air flows for oral consonants were not changed after surgery, but for nasal consonants were decreased at 8 weeks after surgery. The nasal flow rate for oral and nasal consonants were increased at 8 weeks after surgery. The uvulopalatopharyngoplasty may result in affecting the aerodynamic air streams during speech production.

Keywords: Uvulopalatopharyngoplasty, Aerodynamic Study

1. 서론

구개인두는 구강과 인두의 경계가 되는 해부학적인 구조물로서 후두에서 발생한 후두원음을 구강음 및 비강음으로 구분하며 비강을 통해 나온 비강음은 구개인두에 이상이 없어도 비강내의 해부학적인 변화에 의해 영향을 받는다.[1] 최근 이비인후과 영역에서 많이 시행하고 있는 코골이 혹은 수면 무호흡증에 대한 수술적 처치는 구개인두에 해부학적인 변화로 발생

* 전북대학교 의과대학 이비인후과학교실

** 전북대학교 음성과학 연구소

시 구개인두 기능에 변화가 초래하여 음성의 변화를 예상할 수 있지만 이에 대한 많은 논란이 있는 상태이다. 그러므로 음성언어에 대한 구개기능의 중요성을 고려한다면 구개인두성형술 후의 음성언어의 변화에 대한 특별한 관심과 이해가 필요하다.

코골이 및 수면무호흡증에 대한 수술의 음성의 변화는 매우 다양하게 보고되고 있다. Powell[2]은 수술에 따른 음성의 변화는 매우 미비하다고 보고하였고 Monson 등[3]에 의하면 편도비대 및 과도한 인두조직으로 인해 수술 전 이미 음성 및 언어의 변화가 있으며 수술 이러한 해부학적인 변화로 음성언어가 오히려 호전되는 경우도 있을 수 있다고 하였고 Zohar[4]는 특히 /r/ 발음의 변화가 약 12%에서 나타난다고 보고하였다. Murry 등[5]은 구개인두성형술 후 발화기저주파수, 발화속도, 모음에 대한 음형대의 변화 등을 보고하였던 바 발화기저주파수의 변화는 매우 미비하였지만 독서율의 현저한 증가와 모음에 대한 제 2 음형대 주파수의 감소를 보고하였다.

그러나 불행히도 구개인두성형술 후 구개인두 기능변화에 대한 공기역학적인 보고는 매우 드물다. 본 연구에서는 구개인두 기능평가를 위해 발화시의 구강 및 비강의 공기 흐름에 대한 공기 역학적인 연구를 시행하여 유의한 결과를 얻었기에 문헌적 고찰과 함께 보고하는 바이다.

2. 연구 대상 및 연구 방법

2.1 연구 대상

본 연구는 본 교실에서 코골이 및 수면무호흡증으로 구개인두성형술을 받은 환자를 대상으로 하였으며 이 중 수술 전, 수술 후 4 주 및 8 주 쯤까지 추적관찰 및 음성언어의 분석이 가능하였던 환자를 연구대상으로 하였다. 모든 대상환자는 구강 및 인두의 비정상적 소견을 제외하고는 비강 혹은 기관-후두에 특이한 소견이 없으며 과거력 상 음성언어에 지장을 주는 신경학적 질환이 없는 환자를 대상으로 하였다. 성별 분포는 남자 16 명, 여자 17 명 등 총 33 명이었고 연령은 24 세부터 57 세 사이로 평균 41 세였다. 구개인두성형술은 전신마취 하에 먼저 편도를 제거하고 연구개 근육은 보존하면서 구개 함몰부위(palatal dimple point) 바로 아래에서 절개한 후 구개수(uvula)와 연구개 하연의 일부분을 제거하고 연구개의 후벽, 즉 비인강의 전벽을 앞으로 돌려 연구개의 전벽 절개선에 봉합하고 후구개궁(posterior tonsillar pillar)을 따라서 과도한 조직을 제거한 다음 후구개궁을 전구개궁 (anterior tonsillar pillar)과 봉합하였다.

2.2 연구 방법

발화를 위한 음성표본은 구강자음에 대해서는 양순자음을 이용하여 /비비/, /피피/ 및 /뽀뽀/를, 비강자음에 대해서는 양순비강자음 /미/를 평상시의 편안한 상태로 발성케 하였다. 발화시 구강 및 비강 유출기량, 호기류 및 공기 압력의 측정은 Macintosh 기종의 4-channel의 Macquiere (model 408, SCICON R&D, USA)를 사용하였다. Macquiere는 네 개의 채널로 구성된 Macintosh 기종으로(그림 1) 채널 1은 구강 안에서 흘러나오는 호기 유량을 측정할

때 사용하는 산소 호흡용 마스크에 설치되어 있는 소형 마이크를 통하여 오디오 신호를 기록하며 채널 2는 시간경과에 따른 호기 유량의 변화를 나타낸 것이다. 채널 3은 산호 호흡용 마스크 안에 설치된 가느다란 실리콘 튜브로 전달되는 호기 내 압력을 나타내며 채널 4는 산호 호흡용 마스크 안에 코를 덮는 소형 마스크를 통하여 발음 중 비강 호기 유량만을 나타낸 것이다. 오디오 신호는 마이크 사용 시 100 배까지 단계적으로 축소 및 확대가 가능하고 DC 채널로 입력된 신호는 0에서 10 배까지 조절이 가능하도록 구성되어있다. 본 연구에서는 gain control을 채널 별로 채널 1은 6, 채널 2는 5, 채널 3은 7 그리고 채널 4는 6으로 각각 조절한 다음 데이터를 저장하였다. 각 채널은 0-9까지 gain control이 가능하며 본 연구에서는 환자에 따라 5-7 사이로 조절하여 입력하였다. Macquiere에 의한 양순 구강자음 및 비강자음 발화시 호기류의 분석 항목은 다음과 같다.

- 1) 구강 호기류(oral airflow; af, m/sec); 발성 중 구강 내 최대 호기유량
- 2) 구강 호기 내압(oral air pressure;ap, cmH₂O); 발성 시 구강 내 호기의 압력
- 3) 비강 호기류(nasal airflow;naf, ml/sec); 발성 중 비강 내 최대 호기유량
- 4) 비호기율(nasal flow rate in overall airflow, %); 총 호기류량에 포함된 비강 호기류의 비율을 %로 나타낸 비호기율

통계분석은 술 전, 술 후 4주 및 8 주째 평가하였고 평균 및 편차를 통계 프로그램 microsoft excel 97을 사용하여 통계 처리하였다. 유의성 검정은 paired t-test로 술전과 술후 4 주 및 8 주 값을 비교하여 p-value 0.05 이하를 통계적으로 유의한 것으로 하였다.

3. 결 과

- 1) 양순 구강자음 발화시의 구강호기류는(도표 1, 그림 2) 술전 기식음에서 79.85로 가장 많았고 다음 연음이었으며 경음에서 59.57로 가장 적었다. 술후 4 주 및 8 주째에도 기식음에서 각각 90.85 및 92.28로 가장 많았고 다음 연음에서 각각 75.77 및 82.14였고 경음에서 각각 41.85 및 52.85로 가장 적었으나 술전과 비교하여 유의한 차이는 없었다. 양순 비강자음 발화시의 구강호기류는 술전 38.28로서 술후 4주 및 8 주째 각각 39.14 및 36.85로서 유의한 차이가 없었다.
- 2) 양순 구강자음 발화시의 구강압력은(도표 2, 그림 3) 술전 기식음 및 경음에서 각각 74.14 및 71.28로 비슷하게 높았으나 연음에서는 59.0으로 가장 낮았다. 술후 4 주째에는 기식음 및 경음에서 각각 77.14 및 79.42로 비슷하게 높았으나 연음에서는 50.28로 낮았다. 술후 8 주째에는 기식음 및 경음에서 각각 73.28 및 77.0으로 비슷하게 높았으나 연음에서는 64.0으로 가장 낮았다. 술전 및 술후의 비교에서 양순 구강자음 발화시의 구강압력은 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나 양순 비강자음 발화시의 구강압력은 술전 30.85에서 술후 4 주째 48.0으로 유의하게 증가하였으며 술후 8 주째에도 40.14로 술전에 비해 유의하게 증가하였다.

- 3) 양순 구강자음 발화시의 비강호기류는(도표 3, 그림 4) 술전 기식음 및 경음에서 각각 9.28 및 8.14로 기식음에서 가장 높았고 연음에서 6.57로 가장 낮았다. 술후 4 주째에는 기식음, 경음 및 연음에서 각각 9.28, 11.28 및 9.42로 비슷하였다. 술후 8 주째에는 기식음, 경음 및 연음에서 각각 11.85, 9.42 및 12.42로 통계적으로 차이가 없었으나 연음에서 술후 8 주째 술전에 비해 높아진 것을 알 수 있었다. 양순 비강자음 발화시의 비강호기류는 술전 29.71에서 술후 4 주째 32로 약간 증가하였으나 통계적으로 유의하지 못하였으나 술후 8 주째에는 20.42로 술전에 비해 유의하게 감소하였다.
- 4) 양순 구강자음 발화시의 비강호기류율은(도표 4, 그림 5) 술전 기식음 및 경음에서 각각 12.46 및 11.6으로 기식음에서 가장 높았고 연음에서 7.95로 가장 낮았다. 술후 4 주째에는 기식음, 경음 및 연음에서 각각 9.1, 19.81 및 11.97로 경음, 연음 및 기식음 순이었다. 술후 8 주째에는 기식음, 경음 및 연음에서 각각 10.42, 15.36 및 12.85로 역시 경음, 연음 및 기식음 순이었으며 연음에서 술후 8 주째 술 전에 비해 통계적으로 유의하게 높아진 것을 알 수 있었다. 양순 비강자음 발화시의 비강호기류율은 술전 35.34에서 술후 4 주째 41.09로 약간 증가하였으나 통계적으로 유의하지 못하였으나 술후 8 주째에는 44.36으로 술전에 비해 유의하게 증가하였다.

Table 1. Value of oral airflow during the production of word medial labial consonants in /CVCV/

| | | /pi/ | /p ^h i/ | /p'i/ | /mi/ |
|-------------|---------|--------|--------------------|--------|-------|
| Preop | mean | 78.14 | 79.85 | 59.57 | 38.28 |
| | S/D | 27.69 | 47.63 | 31.73 | 17.17 |
| Postop 4wks | mean | 75.57 | 90.85 | 41.85 | 39.14 |
| | S/D | 36.669 | 40.391 | 15.794 | 6.743 |
| | P-value | 0.432 | 0.231 | 0.095 | 0.454 |
| Postop 8wks | mean | 82.14 | 92.28 | 52.85 | 36.85 |
| | S/D | 30.002 | 43.226 | 37.186 | 8.993 |
| | P-value | 0.405 | 0.229 | 0.37 | 0.394 |

S/D: standard deviation, (*P<0.05)

Table 2. Value of oral air pressure during the production of word initial labial consonants in /CVCV/.

| | | /pi/ | /p ^h i/ | /p'i/ | /mi/ |
|-------------|---------|-------|--------------------|-------|---------------|
| Preop | mean | 59.0 | 74.14 | 71.28 | 30.85 |
| | S/D | 22.59 | 15.33 | 25.87 | 30.85 |
| Postop 4wks | mean | 50.28 | 77.14 | 79.42 | 48.0 |
| | S/D | 8.26 | 18.02 | 34.67 | 23.47 |
| | P-value | 0.167 | 0.314 | 0.174 | 0.027* |
| Postop 8wks | mean | 64.32 | 77.51 | 73.28 | 40.14 |
| | S/D | 26.13 | 20.63 | 32.45 | 16.17 |
| | P-value | 0.311 | 0.315 | 0.402 | 0.067 |

S/D: standard deviation, (*P<0.05)

Table 3. Value of nasal airflow during the production of word medial labial consonants in /CVCV/.

| | | /pi/ | /p ⁿ i/ | /p'i/ | /mi/ |
|-------------|---------|--------------|--------------------|-------|---------------|
| Preop | mean | 6.57 | 9.28 | 8.14 | 29.71 |
| | S/D | 3.82 | 6.77 | 6.86 | 14.13 |
| Postop 4wks | mean | 9.42 | 9.28 | 11.28 | 32.0 |
| | S/D | 7.13 | 6.75 | 10.98 | 21.98 |
| | P-value | 0.185 | 0.50 | 0.196 | 0.391 |
| Postop 8wks | mean | 12.42 | 11.85 | 9.42 | 20.42 |
| | S/D | 9.37 | 9.03 | 9.07 | 8.24 |
| | P-value | 0.066 | 0.157 | 0.355 | 0.039* |

S/D: standard deviation, (*P<0.05)

Table 4. Value of nasal flow rate during the production of word medial labial consonants in /CVCV/.

| | | /pi/ | /p ⁿ i/ | /p'i/ | /mi/ |
|-------------|---------|---------------|--------------------|-------|---------------|
| Preop | mean | 7.95 | 12.46 | 11.6 | 35.34 |
| | S/D | 5.06 | 8.23 | 7.42 | 11.75 |
| Postop 4wks | mean | 11.97 | 9.14 | 19.81 | 41.09 |
| | S/D | 7.88 | 5.44 | 15.11 | 13.37 |
| | Pvalue | 0.132 | 0.106 | 0.102 | 0.101 |
| Postop 8wks | mean | 12.85 | 10.42 | 15.36 | 44.36 |
| | S/D | 5.57 | 4.99 | 10.92 | 13.10 |
| | P-value | 0.045* | 0.253 | 0.217 | 0.006* |

S/D: standard deviation, (*P<0.05)

4. 고 안

이제까지 구개인두성형술후의 음향학적 분석은 대부분 구강음에 대한 분석으로 주로 기저 주파수, 비음도, 기본모음의 음형대특성 등을 중심으로 이루어져 왔다. 또한 술후 비음화 현상은 스펙트럼의 특성을 규명하는 음향학적인 방법과 비강 및 구강 내 호기류나 구강 호기내 압을 측정하는 공기 역학적 방법이 있는데,[6][7] 공기역학적인 방법은 발생시 비강에 흘러들어 가는 호기류량이 적어 잘 적용되지 못하고 있는 실정으로 최근까지 비음 측정기를 이용하여 음향학적인 방법으로 비음화를 연구해오고 있는 실정이다.

정상발화시 범인두문이 개방되면 구인두강 내 호기는 코를 통해 흘러 나가므로 비인강 폐쇄 기능이 정상인 경우 비강에 유출된 호기 유량은 범인두 문의 개방 크기와 관련되어 있다. 그러므로 비강 호기류량은 구개인두 기능을 평가하는 공기역학적 지표로서 구개인두 수술 후 비강 호기류량의 양상이 달라질 수 있기 때문에 과비음 및 저비음의 진단에 활용되고 있으며 특히 비강 호기류량의 정도는 구개인두 폐쇄 기능의 언어 생리적 특성을 규명해 준다.[8][9] 생리학적으로 구강음 생성시 구개인두 문은 완전히 폐쇄되는 경우도 있지만 개인에 따라서

0.03 cm³ 이하로 개방된 경우도 있으며 비강음 생성시는 0.5-1.0 cm³ 정도 개방되며 호흡 시에는 1.0 cm³ 이상 개방된다고 한다.[9] 공명 장애의 객관적인 평가 방법 중 공기 역학적인 방법은 호기류를 발생하는 음원에서 음성 에너지를 관찰하여 음성 생성 이론의 근거를 제시하는 중요한 평가방법이다.

Macquiere는 지금까지의 공기 역학 검사 장비들이 비음화 현상을 명확히 밝혀주는 비강 호기 유량을 관찰할 수 없는 단점을 보완한 장비로서 발생시 구강 및 비강의 호기 유량을 분리하여 검출할 수 있다. 또한 검사 방법이 비침습적이고 경제적인 부담도 적어서 비교적 쉽게 사용할 수 있다. Macquiere는 공기 흐름의 정도를 시간의 흐름에 따라 변화하는 호기류량을 전기 신호로 변화하여 측정한다. 호기류의 측정은 산소 호흡용 마스크를 구강 및 비강 호기류를 분리하여 측정하는 분리 마스크(split mask)를 사용해야 총 호기류 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 있다. 그러나 지금까지의 연구에서는 대부분 구강 호기류 또는 구강내 호기압 만으로 비인강 폐쇄 기능을 평가하고 구강 및 비강에 흘러 들어간 호기량의 비율을 측정하지 않아서 발화시 객관적인 비음화 지수와 관련한 구개인두의 기능을 규명하지 않아서 비음화의 정확한 평가가 어려웠다. 따라서 본 연구에서는 1 개의 오디오 채널을 사용한 음향학적인 현상과 3 개의 DC 채널로 구강 및 비강 호기 유량과 구강 호기 내압을 독립적으로 측정할 수 있는 공기 역학 측정기 Macquiere를 사용하여 과비음 및 저비음 시 구강 및 저비음 시 구강 및 비강 호기 유량과 동시에 구강 호기 내압을 독립적으로 관찰하는 4 채널 시스템을 사용하여 술전-후 환자의 공기 역학적인 파라미터를 분석하였다.

본 연구에서 나타난 결과는 양순 구강자음 발화시의 구강호기류는 술전 기식음에서 가장 많았고 다음 연음이었으며 경음에서 가장 적었다. 술후에도 기식음에서 가장 많았고 다음 연음 및 경음 순이었고 술전과 비교하여 유의한 차이는 없었다. 양순 비강자음 발화시의 구강 호기류도 술전 및 술후 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 앞에서도 언급했듯이 구개인두 성형술이 성대에 직접적인 영향을 주는 술식이 아니므로 파열음 발화시 성문을 통한 호기류에는 영향을 미치지 않기 때문인 것으로 해석된다. 양순 구강자음 발화시의 구강압력은 기식음 및 경음에서 높았으며 연음에서는 가장 낮았다. 술후에도 기식음 및 경음에서 비슷하게 높았으나 연음에서는 낮았고 술전 및 술후의 비교에서는 유의한 차이를 나타내지 못하였다. 구강 폐쇄음에 대한 호기류는 자음 파열시의 두 성대 사이의 성문의 열림 정도에 의해 결정되는데 즉, 성문의 열림이 클수록 공기호기류는 증가하게 된다. Kagaya[10] 및 Hong 등[11]에 의하면 기식음에서 성대의 열림 정도가 가장 크며, 경음에서는 성대가 거의 닫힌 상태를 보인다고 보고하였으며 이러한 성문 열림은 후두내근 특히 성대근과 후윤상피열근의 활동양상에 의해 기인하게 되는데, Hong 등[12]에 의하면 기식음 생성시 후윤상피열근의 현저한 활동 증가와 함께 연이은 성대근의 급격한 활동도 증가가 보인다고 보고하였다. 간접적인 방법에 의한 성문하압력은 기식음과 경음사이에서는 유의한 차이가 발견되지는 않았지만 연음에 비해 유의하게 높았는데 경음과 기식음에서 높은 성문하 압력을 보인다고 보고하였으며 한국어 파열음 3 종류에 대한 공기역학적 결과를 종합하여 보면 기식음이 경음과 연음보다는 더 활동적인 조음현상으로 특징지어진다고 말할 수 있는데 왜냐하면 성문하압력과 공기호기유

이 경음과 연음에 비해서 크고 파열시 성대의 열림과 후두의 상하운동이 더욱 현저하기 때문이다.[13]

구강폐쇄음 발화시 비강호기류를 측정된 보고는 이제까지 없었다. 본 연구에서 나타난 양순 구강자음 발화시의 비강호기류는 술전 기식음 및 경음에서 높았고 연음에서 가장 낮았다. 그러나 술후 기식음, 경음 및 연음에서 통계적으로 차이가 없었으나 연음에서 술후 8 주째 술 전에 비해 높아진 것을 알 수 있었다. 양순 비강자음 발화시의 비강 호기류는 술전에 비해 술 후 약간 증가하였으나 통계적으로 유의하지 못하였다. 이는 구강호기류의 설명과 같이 음의 파열시 대부분의 음은 구강을 통해 나오지만 일부는 비강을 통해 나오므로 파열음의 종류에 따라 정상적인 비강호기류도 달라질 수 있다. 즉 비강호기류도 자음 파열시의 두 성대 사이의 성문의 열림 정도에 의해 결정되는데 즉, 성문의 열림이 클수록 비강을 통한 호기류는 증가하게 된다.

5. 결 론

구개인두성형술후 구개인두 기능평가를 위해 발화시의 구강 및 비강의 공기흐름에 대한 공기역학적인 연구를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 구강자음 및 비강자음 발화시의 구강호기류는 술전 기식음, 연음 및 경음 순이었으며 술 후에도 같은 순서였으나 술전에 비해 유의한 차이가 없었다. 구강자음 발화시의 구강압력은 술전과 술후 모두에서 기식음, 경음 및 연음 순이었고 술전 및 술후의 비교에서 유의한 차이를 나타내지 못하였다. 양순 비강자음 발화시의 구강압력은 술전에 비해 술후 유의하게 증가하였다.
- 2) 구강자음 발화시의 비강호기류는 술전 기식음, 경음 및 연음 순이었고 술후 통계적인 차이는 없었으나 연음에서 술후 8 주째 술전에 비해 높아진 것을 알 수 있었다. 비강자음 발화시의 비강호기류는 술후 4 주째 약간 증가하였으나 통계적으로 유의하지 못하였으나 술후 8 주째 술전에 비해 유의하게 감소하였다. 구강자음 발화시의 비강호기류율은 기식음 및 경음에서 높았고 연음에서 가장 낮았다. 술후에도 같은 순이었으며 연음에서 술후 8 주째 유의하게 높았다. 비강자음의 비강호기류율은 술후 4 주째 약간 증가하였으나 술후 8 주째 유의하게 증가하였다.

참 고 문 헌

- [1] Fant, G. 1970. *Acoustic Theory of Speech Production*. The Hague: Mouton.
- [2] Powell, N. B. 1990. "Speech Changes Following Uvulopalatopharyngoplasty: Complication or Acceptable Results?" *Chest*, 97, 5-6.
- [3] Monson, P & A. Fox. 1987. "Preliminary Observation of Speech Disorder in Obstructive and Mixed Sleep Apnea." *Chest*, 92, 670-5.

- [4] Zonhar, Y., Y. Finkelstien & Y. Talmi. 1988. *Surgical Concepts in Uvulopalato-Pharyngoplasty. Complications and Sequelae*. In Chourard CH (ed.) *Chronic rhonchopathy*. John Libbey Eurotext, 363-7.
- [5] Murry, T. & R. Bone. 1989. "Acoustic Characteristics of Speech Following Uvulopalatopharyngoplasty." *Laryngoscope*, 99, 1217-9.
- [6] Paker, A. J., A. R. Maw & F. Szallis. 1989. "An Objective Method of Assessing Nasality :A Possible Aid in the Selection of Assessing Nasality: A Possible Aid in the Selection of Patients for Adenoidectomy." *Clin Otolaryngol*, 14, 161-6.
- [7] Williams, R. G., R. Eccles, H. Hutchings. 1990. "The Relationship between Nasalance and Nasal Resistance to Airflow." *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 110, 443-9.
- [8] Andreasson, M. L., B. E. Smith & T. W. Guyette. 1992. "Pressure-flow Measurements for Selected Oral and Nasal Sound Segments Produced by Normal Adults." *Cleft palate Craniofac J.*, 29, 1-9.
- [9] Williams, R. G., R. Eccles & H. Hutchings. 1990. "The Relationship between Nasalance and Nasal Resistance to Airflow." *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 110, 443-9.
- [10] Kagaya, R. 1974. "A Fiberscopic and Acoustic Study of the Korean Stops, Affricates and Fricatives." *J. Phonetics*, 2, 161-80.
- [11] Hong, K. H., D. S. Chon, Y. J. Kim, K. Y. Jung. 1992. "Laryngeal Adjustments for Korean Stops." *Korean J. Otolaryngol Head Neck Surg.* 35, 770-82.
- [12] Hong, K. H., D. S. Chon, M. J. Kim, K. Y. Jung, Y. K. Kim. 1991. "Laryngeal Adjustment for the Korean Stops, Affricates and Fricatives." *Korean J. Otolaryngol Head Neck Surg.* 34, 1008-17.
- [13] Dart, S. N. 1987. "An Aerodynamic Study of Korean Stop Consonants: Measurements and Modeling." *J. Acoust Soc Am*, 81, 138-47.

접수일자: 2002. 4. 18.

게재결정: 2002. 5. 25.

▲ 홍기환

전북 전주시 금암동 산 2-20 (우: 560-182)
전북대학교 의과대학 이비인후과학교실
Tel: +82-63-250-1990 Fax: +82-63-250-1986
E-mail: khhong@moak.chonbuk.ac.kr

▲ 임현실

전북 전주시 금암동 산 2-20 (우: 560-182)
전북대학교 의과대학 이비인후과학교실

▲ 최승철

전북 전주시 금암동 산 2-20 (우: 560-182)
전북대학교 의과대학 이비인후과학교실

▲ 김범규

전북 전주시 금암동 산 2-20 (우: 560-182)
전북대학교 의과대학 이비인후과학교실

▲ 이상현

전북 전주시 금암동 산 2-20 (우: 560-182)
전북대학교 의과대학 이비인후과학교실

▲ 김현기

전북 전주시 금암동 산 2-20 (우: 560-182)
전북대학교 의과대학 음성과학 연구소

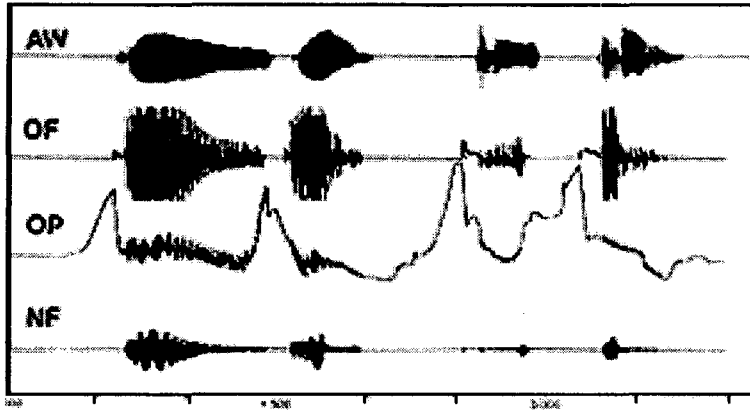


Fig 1. Aerodynamic records on Macquiger. AW; acoustic waveforms, OF; oral airflow, OP; Oral pressure, NF; nasal airflow

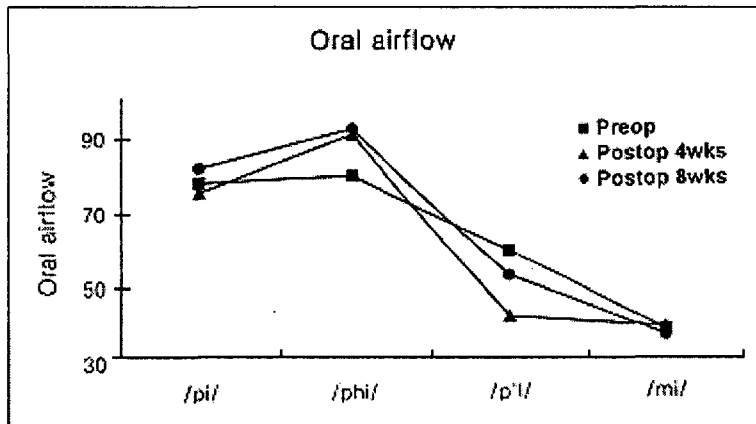


Fig 2. Oral airflow during the production of labial consonants

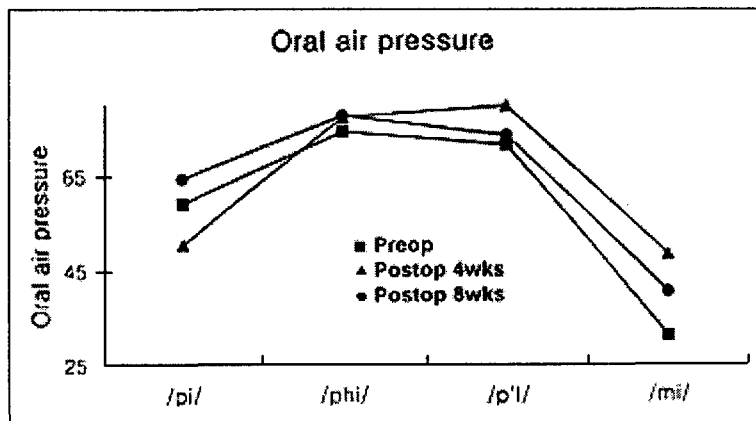


Fig 3. Oral air pressure during the production of labial consonants

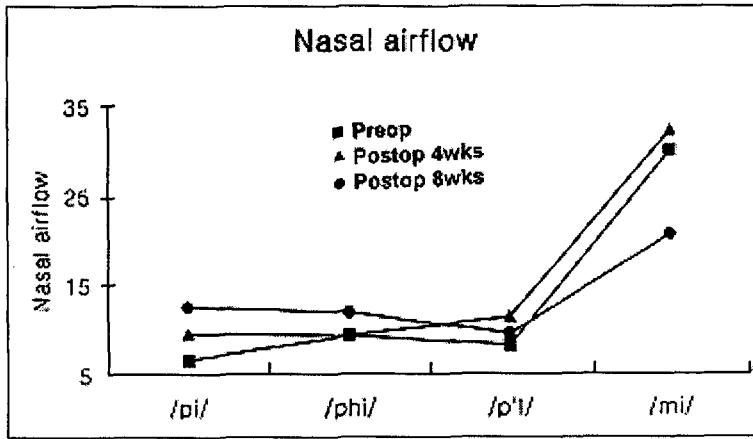


Fig 4. Nasal airflow during the production of labial consonants

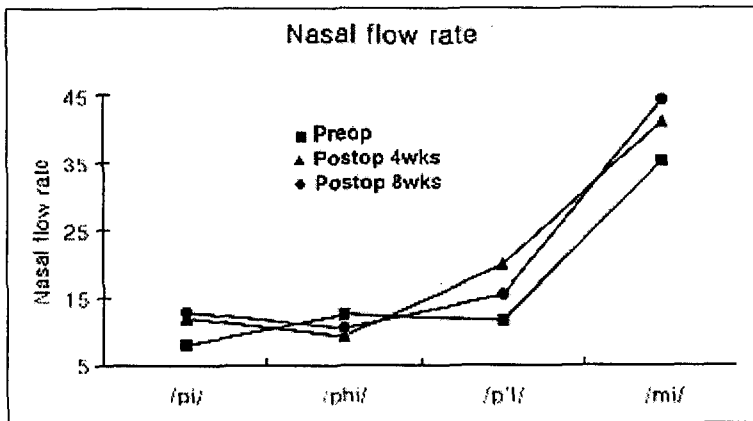


Fig 5. Nasal flow rate during the production of labial consonants