

비질환 환자에서 비강수술 후 비음도 변화

고신대학교 의과대학 이비인후과학교실,¹ 고신대학교 보건대학원²

이재훈¹ · 김주연¹ · 이강대¹ · 김승태¹ · 노용현¹ · 김경아² · 서운숙²

= Abstract =

Nasalance Changes in Nasal Disease Patients after Nasal Cavity Operation

Jae Hoon Lee, MD¹, Joo Yeon Kim, MD, PhD¹, Kang Dae Lee, MD, PhD¹, Seung Tae Kim, MD¹,
Yong Hyeon No, MD¹, Kyung A Kim, PhD² and Yun Suk Seo²

¹Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Kosin University College of Medicine; and

²Kosin Medical College Graduate School, Busan, Korea

Background and Objectives : This study was designed to examine the effect of nasal cavity surgery on voice in terms of nasalance by using subjective test, Visual analogue scale (VAS) and Nasometer and compare the pre op and post op results among patients with nasal cavity disease. **Materials and Method** : From April 2009 to November 2009, data of thirty one patients who underwent nasal cavity surgery were prospectively evaluated. 24 males and 7 females with age range between 12 years to 80 years old (average 34 years old) were chosen. VAS was questioned to patients group before, after 1 week, after 1 month, and after 3 months from the surgery. Nasometer, was also conducted. **Results** : After the surgery symptoms like nasal obstruction, mouth breath, snoring, and sleep apnea were all improved. Improvements for nasal obstruction and mouth breath were observed statistically in post operative day (POD) 1 month and POD 3 months. Also snoring was improved statistically in POD 1 month. Objective nasalance test showed increases in a single and double vowel for POD 3 months. Only /je/ sound statistically-significant increased in all post operative periods. Nasalance increase were observed in other test results. **Conclusion** : All the symptoms are improved after nasal cavity surgery. Also there are some nasalance changes during whole period of study and return to the pre operative state in POD 3 months. Therefore, patients must be warned and understood about nasalance changes, and surgeons need to aware of various facts, which can affect voice changes before the surgery.

KEY WORDS : Nasalance changes · Nasal cavity operation.

서 론

최근에는 구강 내 구조인 성대, 혀, 입술과 같은 기관과 음성과의 관계 이외에도 비강이 음성에 관여하는 정도에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 구강 내 구조들은 대부분 동적인 구조로 발성에 관여하는데 반해, 주성도(main vocal tract)에 부수적으로 연결된 공명관인 비강은 정적인 구조로 비공명을 통하여 간접적으로 음성의 특징을 형성하

는데 관여한다.¹⁻³⁾

비강내 수술은 비폐색, 두통 등과 같은 임상증상의 개선과 함께 음성의 변화를 호소하는 경우가 종종 있으며 실제로 만성 부비동염 환자들의 경우 동반된 비중격 만곡증, 비용, 부비동 개구부의 폐쇄로 인한 비폐색의 결과로 코막힘 소리를 호소하는 경우가 많고, 반대로 해부학적 병변 제거시 오히려 코막힘 소리가 심해지는 등의 음성 변화를 호소하는 경우도 있다.

이에 본 연구에서 저자들은 비강내 질환이 있는 환자를 대상으로 시각상사척도(Visual Analogue Scale, 이하 VAS)를 이용하여 비강 수술 후 느끼는 주관적인 임상증상을 술 전과 비교 분석하였다. 또한 비음도 검사(Nasometer)를 이용하여 비음도(Nasalance)를 측정함으로써 술 후 발생하는 비음변화를 규명하고자 하였다.

논문접수일 : 2010년 7월 13일
심사완료일 : 2010년 10월 11일
책임저자 : 김주연, 602-702 부산광역시 서구 압남동 34번지
고신대학교 의과대학 이비인후과학교실
전화 : (051) 990-6248 · 전송 : (051) 245-8539
E-mail : oooo95@hanmail.net

대상 및 방법

1. 대상의 선택

2009년 4월부터 2009년 11월까지 비강 수술을 시행 받은 환자 31명을 대상으로 전향적으로 연구하였다. 남자는 24명, 여자는 7명으로 연령은 12세에서 80세까지 평균 34세이였으며, 이중 부비동 내시경 수술을 받은 환자는 12명, 비중격 교정술과 부비동 내시경 수술을 동시에 받은 환자는 16명, 비중격 교정술을 받은 환자는 3명이였다. 대상 환자는 비강내 질환 외에 음성에 영향을 줄만한 후두질환이나 구개질환이 없는 환자를 대상으로 하였다(Table 1).

2. 연구방법

1) 주관적 임상 증상 측정

주관적 임상 증상 측정을 위해 VAS를 이용하여 비강질환에 동반될 수 있는 증상인 비폐색, 구호흡, 코골이, 수면 무호흡 등을 수술 전, 수술 후 1주일, 수술 후 1개월, 수술 후 3개월 외래에 방문한 환자에게 설문조사 형태로 질의하여 조사하였다. 증상 점수는 각 증상 정도순으로 0에서 10까지 부과하였으며, 총점은 40점으로 하였다.

2) 비음도 측정

비음도 검사는 Nasometer II™, model 6400(KAY Elemetrics Corp, Lincoln Park, NJ, USA)를 사용하였다. Nasalance를 측정하기 위한 표본으로 흥 등⁴⁾이 고안한 한

Table 1. Type of surgery, Age and Sex distribution (N=31)

| Type of surgery | Age | Male | Female | Total |
|------------------|-------|------|--------|-------|
| Septoplasty | ≤20 | 2 | 0 | 2 |
| | 21-30 | 0 | 0 | 0 |
| | 31-40 | 0 | 0 | 0 |
| | 41-50 | 0 | 0 | 0 |
| | 51-60 | 1 | 0 | 1 |
| Septoplasty +ESS | 61-70 | 0 | 0 | 0 |
| | ≤20 | 3 | 1 | 4 |
| | 21-30 | 4 | 2 | 6 |
| | 31-40 | 4 | 1 | 5 |
| | 41-50 | 0 | 0 | 0 |
| ESS | 51-60 | 0 | 0 | 0 |
| | 61-70 | 1 | 0 | 1 |
| | ≤20 | 2 | 1 | 3 |
| | 21-30 | 0 | 0 | 0 |
| | 31-40 | 1 | 0 | 1 |
| Total | 41-50 | 1 | 0 | 1 |
| | 51-60 | 3 | 0 | 3 |
| | 61-70 | 2 | 2 | 4 |
| | Total | 24 | 7 | 31 |

ESS : endoscopic sinus surgery

국인 표준 음성표본을 이용하였다. 기본 모음의 비음형태(Nasal formant)를 측정을 위하여 단모음과 이중모음은 약 3초 이상 편안하게 발성하도록 하였으며, 양순음, 치경음, 연구개음, 파찰음과 비강자음은 10회 이상 반복 발음하여 안정된 스펙트럼을 보이는 부위를 선택해 선택된 구간의 음향대의 비음도를 측정하였다. 또한 비강자음 비율이 각각 0%, 11.7%, 34.7%인 토끼문장(rabbit passage), 아기문장(baby passage), 엄마문장(mamma passage)으로 구성된 문장을 읽게 하여 각각의 비음도를 측정하였다(Table 2). 수술 전, 수술 후 1주째, 1개월째, 3개월째 측정하여 점수를 분석하였다.

비음도 검사를 이용한 측정방법은 두 개의 마이크로폰으로 이루어진 nasometer headpiece를 환자의 입에 놓고 측정한다. 이는 윗입술에 놓여지는 납으로 된 판에 의해서 격리되어진다. 구강음은 하부 마이크로폰에 의해서, 비강음은 상부 마이크로폰에 의해서 각각 음성에너지지를 구분하여 캘리브레이션(Calibration)하였다.

3. 통계적 검증

통계 분석은 SPSS version 17.0 for Windows(SPSS, Chicago, IL, USA) program을 이용하여 각 군의 평균과 표준편차를 산출하고 술 전과 술 후 군 간의 차이 유무를 paired t-test로 분석하고 유의수준은 p<0.05로 하였다.

결 과

1. 비강 수술 후 임상 증상의 변화

비강내 수술 후 주관적인 시각상사척도에서는 비폐색, 구

Table 2. Standard Korean nasal sentences used in nasometric test

| 조음의 형식 | 평가문형 |
|-----------------------------|---|
| 모음 | 단모음 : /a/, /i/, /e/, /o/, /u/ 이중모음 : /ja/, /je/, /wi/ |
| 파열음(양순음) | /papi/, /phaphi/, /p'ap'i/ |
| 파열음(치경음) | /tati/, /thatthi/, /t'at'i/ |
| 파열음(연구개음) | /kapi/, /khaphi/, /k'ap'i/ |
| 파찰음 | /cica/, /chichi/, /c'ic'a/ |
| 마찰음 | /sasi/, /s'as'i/, /ʃaʃi/ |
| 비강자음 | /mami/, /nani/, /aŋ in/ |
| Rabbit passage (NCR : 0%) | 거북이와 토끼의 달리기 이야기죠. 토끼가 자기하고 달리기 시험하자고 크게 소리치자, 거북이가 그러자고 했어요. |
| Baby passage (NCR : 11.7%) | 아기가 엄마 품에 잠들어 있을까요. 우리아기 예쁜 아기 새근새근 잠자요. |
| Mamma passage (NCR : 34.7%) | 엄마는 항상 레몬 쥬스를 만들어 이모랑 누나랑 나누어 줍니다. 우리 엄마 좋은 엄마. |

NCR : nasal consonant ratio

호흡, 코골이, 수면 무호흡의 모든 임상 증상은 호전을 보였으나, 통계학적으로는 비폐색과 구호흡은 술 후 1개월 및 3개월에, 그리고 코골이 증상은 술 후 1개월에 유의하였다 (Table 3).

2. 수술 후 비음도 변화

객관적인 비음도 검사에서 단모음과 이중모음이 술 후 모두 술 전에 비해 증가하였다. /je/음은 술 후 1주(25.75±17.81), 술 후 1개월(24.16±14.23), 술 후 3개월(23.24±15.50)에서 모두 통계적으로 유의하였으나, /u/ 와 /wi/음도 술 후 1주 값(17.54±10.68, 35.96±18.67)이 유의하였으며, /a/,/e/는 술 후 1개월(24.56±17.14, 31.88±17.54) /i/,/o/는 술 후 1주(38.39±18.92, 13.93±9.27)와 술 후 1개월(40.44±18.27, 15.84±13.73)이 유의함을 보였다.

파열음, 파찰음, 마찰음, 비강자음 역시 술 후 비음도가 증가하였고, 통계학적으로는 /tati/에서 술 후 1주(22.32±11.81), 1개월(21.92±10.62) 및 3개월(23.06±11.79)째 모두 유의하였다.

3가지 종류의 장문검사에서도 술 후 비음도가 증가하였다. 아기 문장에서는 술 후 모두 통계학적으로 유의하였으나, 토끼문장은 술 후 3개월(18.35±11.08)에서 엄마문장은 술 후 1주(57.29±8.66)와 술 후 1개월(60.08±7.69)에서 유의하였다. 또한 아기, 엄마 문장에서 술 후 1개월 까지 증가하던 비음도가 술 후 3개월 째 술 전 수준으로 감소하는 양상을 보였다(Fig. 1)(Table 4).

고 찰

음성은 성대의 진동에 의하여 음이 발생한 후 성도(vocal tract)를 통하여 진행하면서 공명되고 조음되어 나오게 되는데, 성도란 성문의 윗부분으로 성문 상부, 인강, 구강과 비강을 말하는 것으로 성문에서 입 또는 코에 이르는 통로를 의미하며, 구강으로 나오는 음을 구강음이라고 하고, 비강음은 목젖이 아래로 내려와 숨결의 일부 혹은 전부가 비강을 통하여 나오는 음을 말한다.

비강을 통해 나오는 음을 정의할 때 발생시에 비음이 차지하는 정도를 객관적인 계산을 하여 정량적으로 나타내는

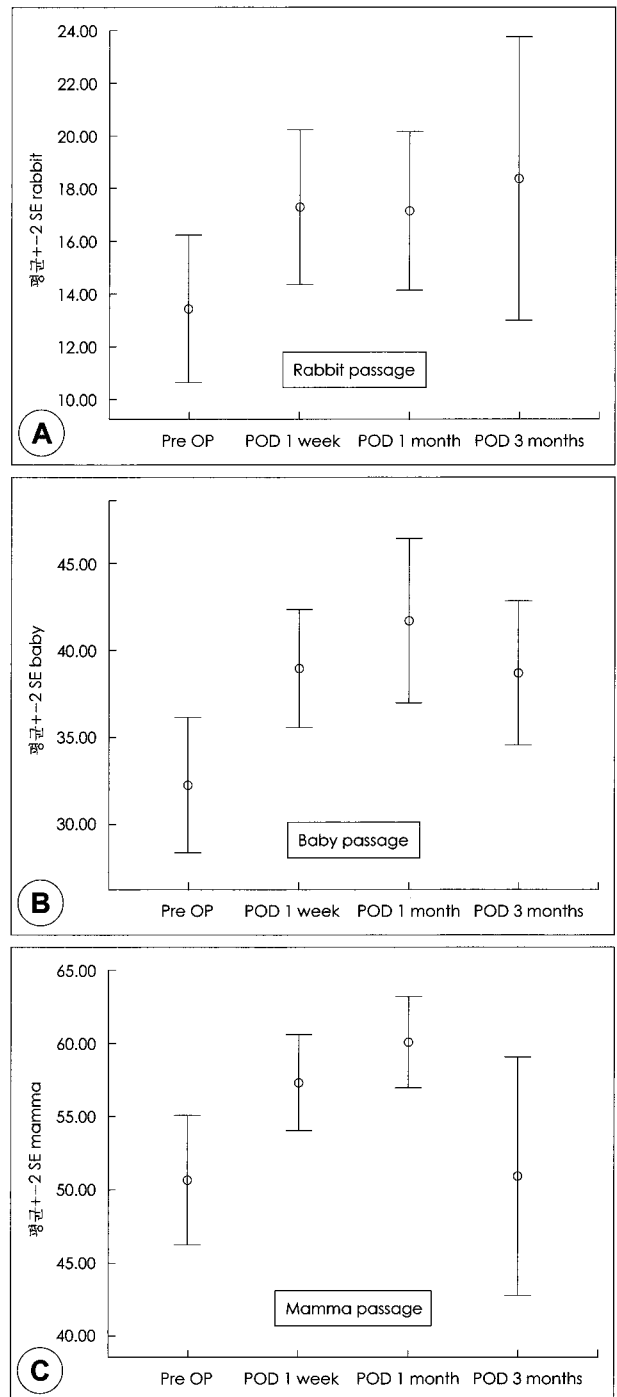


Fig. 1. Nasalance score(mean±2SD) change of Rabbit, Baby, Mamma sentence. Pre OP : pre operative day, POD : post operative day, S.D. : standard deviation.

Table 3. Visual analogue scale results

| | Pre OP | POD 1 week | POD 1 month | POD 3 months |
|-------------------|-----------|------------|-------------|--------------|
| Nasal obstruction | 5.06±2.10 | 3.68±2.29 | 1.76±1.61* | 1.56±1.71* |
| Mouth breathing | 3.61±1.91 | 3.81±2.01 | 0.88±1.27* | 0.88±1.20* |
| Snoring | 2.82±2.27 | 2.37±1.88 | 1.28±1.37* | 1.19±1.87 |
| Sleep apnea | 1.27±2.09 | 1.17±1.49 | 0.32±0.69 | 0.63±0.89 |

*p<0.05 : compared with pre op, Pre OP : pre operative day, POD : post operative day

용어는 비음도이다. 즉 비음도는 발성된 음성의 구강음과 비강음의 음성 에너지 합에 대한 비강음의 음성 에너지의 비율을 백분율로 표시한 값이다.⁴⁾ 예를 들어 음성이 전부 구강을 통해 나오면 비음도는 0%이며 전부 비강을 통해 나오면 비음도는 100%로 측정된다.

비강음에는 비모음과 비자음이 있는데, 비모음은 생리학적으로 구강음과는 달리 목젖은 낮아지지만 목젖이 후설에 닿을 때까지 완전히 내려가지는 않아서 숨결이 비강과 동시에 구강으로 통과되어 나오는 음이며, 비자음은 목젖을 아래로 내리고 비강의 통로를 열어 놓은 상태에서 입술 혹은 혀에 의한 조음작용에 의해 일시적으로 구강의 통로가 없어

져 음이 비강을 통해 나오면서 공명되어 나오는 음을 말한다.⁶⁾ 해부학적인 측면에서 구개, 인강과 비강 등에 이상이 있는 경우 비강음에 변화가 나타나는데 상기도 감염에 의한 비강점막의 충혈이나 다발성 비염 등으로 인한 비폐색 환자에서는 저비강음을 호소한다고 알려져 있다.^{7,8)} 따라서 비부 비동강이 음성공명에 관여하므로 비강수술 후 부비동 자연 공의 확장으로 인하여 고유비강과 부비동이 포함된 전체 비도(nasal tract)를 통한 공명 용적이 증가하여 수술 전후 비음의 변화를 초래한다.¹¹⁾

비강 측정기는 상악의 변형 및 외상, 구개의 해부학적 결함, 구개의 신경학적인 운동장애, 편도에 의한 발성장애 및

Table 4. Nasometric test results by using standard Korean nasal sentences

| | Pre OP | POD 1 week | POD 1 month | POD 3 months |
|---|-------------|---------------|----------------|-----------------|
| a) Nasalance : simple-vowel / diphthong | | | | |
| /a/ | 17.54±11.81 | 19.07±12.80 | 24.56±17.14* | 23.29±11.06 |
| /e/ | 19.86±11.80 | 22.71±15.72 | 31.88±17.54* | 22.24±17.03 |
| /i/ | 28.14±14.24 | 38.39±18.92* | 40.44±18.27* | 38.29±14.54 |
| /o/ | 8.50± 4.96 | 13.93± 9.27* | 15.84±13.73* | 11.76±11.86 |
| /u/ | 11.90±6.76 | 17.54±10.68* | 18.32±15.10 | 17.94±13.95 |
| /ja/ | 14.43±11.06 | 18.50±12.80 | 19.88±15.90 | 18.29±10.08 |
| /je/ | 16.90±10.49 | 25.75±17.81* | 24.16±14.23* | 23.24±15.50* |
| /wi/ | 24.64±12.38 | 35.96±18.67* | 30.52±14.32 | 29.00±13.62 |
| b) Nasalance : syllable-repetition | | | | |
| /papi/ | 18.50±11.31 | 21.93±13.61 | 21.08±11.99 | 22.71±11.43 |
| /p ^h ap ^h i/ | 16.93± 9.29 | 20.18±12.47 | 18.24± 8.16 | 22.06±10.53 |
| /p'ap'i/ | 16.79± 7.49 | 20.39±10.56 | 18.04± 8.91 | 23.18±12.98 |
| /tati/ | 15.71± 7.17 | 22.32±11.81* | 21.92±10.62* | 23.06±11.79* |
| /t ^h at ^h i/ | 17.04± 8.83 | 22.75±13.54 | 19.36± 8.82 | 22.82±10.15 |
| /t'at'i/ | 17.07± 7.41 | 23.32±11.78* | 18.92± 7.53 | 22.00± 9.57 |
| /kapi/ | 17.43± 6.91 | 22.61±11.75 | 22.24± 9.47 | 24.76±13.30* |
| /k ^h ap ^h i/ | 17.25± 8.33 | 20.75±11.06 | 19.44± 8.17 | 23.94±10.17 |
| /k'ap'i/ | 17.75± 7.66 | 22.36±10.67 | 18.96± 9.14 | 24.12±12.60 |
| /cica/ | 18.57± 8.23 | 24.57±11.20* | 26.52±15.74* | 24.53±10.88 |
| /c ^h ic ^h i/ | 16.36± 8.26 | 18.11± 8.21 | 19.20± 9.83 | 19.71±10.49 |
| /c'ic'a/ | 17.64± 8.39 | 17.46± 7.42 | 20.96± 9.44 | 23.76±10.98* |
| /sasi/ | 18.14± 8.56 | 20.36±10.30 | 20.92± 9.61 | 24.41±11.25 |
| /s'as'i/ | 17.82± 8.05 | 20.43±10.35 | 19.36± 8.73 | 23.24± 9.30 |
| /ʃafi/ | 18.14±10.11 | 20.32± 9.61 | 19.24± 7.02 | 24.41± 9.41 |
| /mami/ | 53.14±18.00 | 62.11±14.50* | 62.84±14.38* | 62.88± 8.30 |
| /nani/ | 57.68±16.18 | 64.68±13.08* | 66.48±10.67 | 67.47±11.28* |
| /an in/ | 73.43±12.64 | 79.32±10.19 | 80.32± 8.08 | 79.76± 7.12* |
| c) Nasal sentence | | | | |
| Rabbit passage (NCR : 0%) | 13.43± 7.42 | 17.29± 7.73 | 17.17± 7.36 | 18.35±11.08* |
| Baby passage (NCR : 11.7%) | 32.26±10.01 | 39.00±8.92* | 41.75±11.62* | 38.71± 8.53* |
| Mamma passage (NCR : 34.7%) | 50.68±11.70 | 57.29±8.66* | 60.08± 7.69* | 50.94±16.81 |

*p<0.05 : compared with pre op, NCR : nasal consonant, Pre OP : pre operative day, POD : post operative day

Table 5. The degree of hypernasality according to the nasalance ratio is classified as follows

| Degree of hypernasality | Nasalance ratio |
|-------------------------|--------------------------|
| No nasality | Nasal passage (0-20%) |
| Mild nasality | Nasal passage (20-25%) |
| High nasality | Nasal passage (35-50%) |
| Severe nasality | Nasal passage (over 50%) |

비강의 해부학적인 변화에 의한 음성의 변화, 그 중에서 비강음의 변화를 측정하려는 기구이다.¹⁰⁾ 비강측정기로 측정된 Nasalance Score는 수술 전 후의 비강폐쇄 상태와 이의 회복여부를 간접적으로 판명하는데 지표로 이용될 수 있다.

시각상사척도에서 임상 증상은 비강 수술 후 1개월에서 3개월까지 감소하였다.

비강 수술 후 시각상사척도를 이용하여 추정된 주관적인 임상증상 변화는 비음도 검사를 이용해 수술 전 후의 비강 폐쇄 상태와 회복 여부를 객관적으로도 살펴 볼 수 있었다.

비음도는 비강 수술 직후 1주에서 3개월의 기간 동안 증가한 것으로 나타났다. 이는 유 등¹⁰⁾이 비중격 및 하비갑개 절제술 후 3가지 문장에서 모두 비음도가 증가함을 보임과 일치하였고, 홍 등¹⁾이 비용종 환자의 부비동 수술 후 비음도 증가를 보고하여 비강 질환과 수술 방법과 무관하게 수술 후 비음도 증가를 확인할 수 있었다. 동 등⁵⁾은 부비동 내시경 수술 후 비음도가 증가하고 비음도 변화는 토끼문장처럼 비강자음이 적은 비음 문장일수록 증가의 정도가 심했다고 기술했다. 비강 수술 후 3개월 내에 보이는 과대비성은 고유비강과 부비동을 포함하는 비도의 의미 있는 공명용적 증가와 공명강 구조의 변화, 술 후 점막의 섬유화로 인한 음의 흡수도 변화 등에 기인할 것으로 예상되며 비강과 부비동은 모두 비음 형성에 관여함을 의미한다.^{2,5)} 본 연구에서는 토끼문장의 비음도가 술 후 3개월 까지 유의하게 증가한 것으로 나타났으나, 이는 비강자음 비율이 0%인 문장의 경우 20% 미만의 비음도는 크게 의미가 없을 것으로 생각된다. 그러나 야기문장과 엄마문장에서 술 후 1개월 까지 비음도가 증가하였으나 술 후 3개월 거의 술 전 수준으로 회복하는 양상은 수술시 환자에게 비음변화에 대해 바르게 설명할 수 있는 결과가 될 수 있었다. 3개월 후 비음의 회복은 수술부위의 점막이 회복되고 술 후 증가된 공간이 보상되어 비음의 변화가 생기는 것으로 생각된다. Chen 등³⁾이 부비동 수술 후 /e/의 비음도는 증가되고, /i/모음의 비음도는 감소되는 등 조음의 위치에 따라 비음도의 변화양상이 서로 다르다는 보고와는 다른 결과였다. 동 등⁵⁾ 만성 부비동 환자가 비강 수술 후 비음도가 통계적으로 유의하게 증가하

는 것으로 나타난 것은 저자들의 연구와 비슷한 결과이다.

비록 수술 직후에서 술 후 3개월 사이에는 정도의 차이는 있고 일반적으로는 심각한 정도는 아니나 비음의 변화가 있을 수 있음을 술 전 충분히 인식시켜야 하고 음색의 변화를 주는 요인을 향후 지속하여 비강 수술을 술 전에 충분히 고려하고 시행하여야 한다. 또한 남녀 성별에 따라 비음도의 정상 값이 다르므로(Table 5)¹¹⁾ 성별을 따로 분석하고 증례 수 및 기간을 늘이는 실험이 필요하리라 생각된다.

결론

본 연구에서는 환자 본인들이 주관적으로 느끼는 비증상 등이 술 후 1주부터 완화가 되었으나, 비강 수술 후 비강측정기에서 측정된 비음도는 비강의 해부학적인 변화로 인해 술 전에 비해 대부분 통계적으로 유의하게 변화가 있는 것으로 나타났다.

환자들이 수술 후 외래 방문 시 검사상의 시간적 불편감이 있어 지속적인 경과 관찰의 어려움이 있었고, 이후 연구에서는 성별을 분리하고 증례수를 늘리고 검사 소실을 최소화하며 좀 더 장기간의 관찰이 필요할 것으로 생각한다.

중심 단어 : 비음도 변화·비강 수술.

REFERENCES

- Hong KH, Kwon SH, Jung SS. *The assessment of nasality with nasometer and sound spectrography in patients with nasal polyposis. Otolaryngol Head Neck Surg* 1997;117:343-8.
- Kim CS, Kong SK, Lee HS, Cho KS, Wang SG, Roh HW. *Analysis of changes in nasal formant, spectra and resonant volume in Rhinosinus after Endoscopic Sinus Surgery. Korean J Otolaryngol* 2000;43:1208-15.
- Chen MY, Metson R. *Effects of sinus surgery on speech. Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1997;123:845-52.
- Hong KH, Kim YJ, Jeong KY, Kim YK. *An effect of tonsillectomy on formant and nasality. Korean J Otolaryngol* 1994;37:543-52.
- Dhong HJ, Kim SI, Kwon JK, Yun YS, Kang SM, Chu KC. *Effects of Endoscopic Sinus Surgery on Nasality. Korean J Otolaryngol* 1999;42:871-5.
- Curtis JF. *An acoustics of nasalized speech. Cleft palate J* 1970;7:380-96.
- Fletcher SG. *"Nasalance" vs. Listener Judgements of Nasality. Cleft palate J* 1976;13:31-44.
- Fletcher SG. *Theory and instrumentation for quantitative measurement of nasality. Cleft palate J* 1970;7:601-9.
- Masuda S. *Role of the maxillary sinus as a resonant cavity. Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 1992;95(1):71-80.
- Yoo YS, Woo HY, Yun JB, Choi JH, Cho KR. *Postoperative Change in Hypertrophic Rhinitis (Study Using Nasometer, CLS and Acoustic Rhinometer). J Korean Logo Phon* 2001;12(1):34-38.
- Kwon TH, Shin HK. *An Acoustic Assessment of Hypernasality for Cleft Palate Patients. J of The Korean Association of Oral and Maxillofacial surgeons* 1994;20(3):319-33.