

골격성 반대교합 환자의 악교정수술 전후 무성 마찰음 /s/, /ʃ/와 모음의 음향학적 특징 및 비음도의 변화

전북대학교 치과대학 구강악안면외과학교실 및 구강생체과학연구소
백은호, 김승룡, 신호근

ABSTRACT

Acoustic Characteristics of Fricative /s/, /ʃ/
and Vowelles with the Variation of Nasalance
pre and postoperation with Orthognathic
surgery in Skeletal Class III Malocclusions.

Dept. of Oral & Maxillofacial Surgery, School of Dentistry
Chonbuk National University & Institute of Oral Bio-Science

EunHo Baik, Seung Lyong Kim, HyoKeun Shin.

Abstract : Speech disorders in patients with skeletal class III malocclusion are predominantly occur frequently distortion on the fricatives. However, the acoustic characteristics of these distorted fricative sounds and the mechanisms of speech production have not yet been clarified.

The fricative /s/ and /ʃ/ pronounced by skeletal class III patients before and after orthognathic surgery were acoustically analyzed. Four skeletal class III patients and control groups participated in this study. Visi-Pitch II with Sona Match program and Vowel chart program were used for assessment of speech: Vowels and hypo/hypernasality assessment test words.

The results of this study were as follows:

- 1) The fricative intensities of /s/ and /ʃ/ were found around high frequency range 5.5kHz on /s/ and middle frequency range 3.5kHz on /ʃ/. The fricative frequency of /s/ and /ʃ/ of postoperation were 600Hz higher than control group. However, the fricative intensities showed the control group's value after operation.
- 2) Formant 2 of vowel /u/ was moved particularly to central position from posterior position of tongue.
- 3) The nasalance of test words was decreased after operation.

Key words : acoustic characteristics, fricative /s/, /ʃ/, vowels,
class III malocclusion

I. 서론

부정교합 환자가 구사하는 언어는 일반인들이 관심을 기울여 듣지 않으면 언어상 커다란 문제점은 발견하기는 어려우나, 환자 자신은 발음의 이상을 호소하는 경우가 많이 있다. 부정교합에 의한 발음장애 연구 중에서는 일반적으로 왜곡(distortion), 치환(substitution) 및 생략(omission) 중 왜곡된 무성 마찰음/s/ 및 /ʃ/와 양순 파열음 /p/ 등의 발음장애 등¹⁻⁴⁾이 보고되고 있으며, 특히 골격성 반대교합에 의한 발음장애는 대부분 왜곡 등에 의해서 발음의 명료도나 유창성이 떨어진다고 지적하고 있다.

부정교합과 발음장애는 밀접한 연관성이 있는 것으로 연구 보고되고 있지만⁵⁻¹⁰⁾ 장애 음성의 발현에 관한 상세한 메커니즘 및 음향학적인 특성을 명확히 밝힌 연구는 별로 없다. 선학들의 연구 결과에 의하면 부정교합 환자에 있어서 악교정수술 전후의 음성 비교 결과 발음이 개선된 경우¹¹⁻¹³⁾도 있고, 개선되지 않는^{14, 15)} 경우도 있다는 상반된 의견이 보고되어 있어서 현실적으로 명확한 견해를 밝히기는 어렵다. 또한 연구 발표된 대상 음성 및 실험 방법 등도 차이가 많아서 발음장애의 발현 메커니즘 등 장애의 정도를 객관적으로 평가하는 음향학적인 지표가 없다. 본 교실에서 악교정수술환자의 음향음성학적 특성에 관한 비교연구를 digital sound spectrograph 및 nasometer를 사용하여 분석, 발표한 바 있었고¹⁶⁾, Visi-Pitch 등을 사용하여 구강악안면 구조의 변화에서 오는 음향공명의 변화 및

음성의 변화를 비교 연구한 바 있다¹⁷⁾. 그렇지만 본 연구에서는 기존의 연구 방법을 중심으로 최근 치과용 음성언어 장애음을 평가하기 위해 개발된 음성 분석 컴퓨터 시스템 및 프로그램을 이용하여 악교정수술 전후 특징적으로 나타나는 무성 마찰음 /s/와 자음의 음향학적인 분류(IPA 방식)에 따라 조음 양상이 /s/와 비슷하나 조음점이 약간 다른 /ʃ/ 및 모음 /i, e, u, o, a, ɔ, ʊ/ 그리고 과비음/저비음 평가 문형을 평가 대상으로 설문 후 음향학적 특성을 규명하여 임상에 적용하고자 함이 본 연구의 목적 이다.

II. 연구재료 및 방법

무성 마찰음 /s/ 및 /ʃ/ 와 모음 그리고 과비음/저비음 평가 문형의 음향학적인 특성을 명확하게 규명하기 위해서는 악교정수술 전후 실음성과 정상인의 실음성을 비교 분석하고자 하였으며 본 연구의 피 실험인으로는 전북대학교 치과대학 구강악안면외과에서 악교정수술을 받은 환자4명(남자 2명, 여자 2명, 평균연령 21.7세)과 정상 성인 4명(남자 3명, 여자 3명, 평균연령 25.8세)로 하였다. 악교정수술환자의 음성 실험 시기는 수술 직전과 수술 후 2개월 2시기로 하였으며, 음성언어 표본으로는 악교정수술 전후 중요 음성 평가 목적에 따라서 무성 마찰음 /s-/ 및 /ʃ-/ 와 단순 모음 /i, e, u, o, a, ɔ, ʊ/을 약 5초 이상 지속적으로 발음하도록 하였으며, 단모음 /i/ 와 /mimi/, /tittit/ 그리고 비강음을 포함하지 않은 문장(no nasal passage)으로 하였다. 표 1은 음성언어 평가 문형 및 실험 장비이다.

표 1. 음성언어 평가 문형 및 실험 장비

평가 문형		실험 장비
무성마찰음	/s-/ , /ʃ-/	Visi-PitchII Sona Match
단순 모음	/i, e, u, o, a, ɔ, ʊ/	Visi-PitchII Vowel chart
저비음	/mimi/	
과비음	/i/	
	/tittit/	Nasometer II
	no nasal passage	

Visi-Pitch II는 Kay Elemetrics사 제품으로 종래의 음성신호를 아날로그 신호로 처리하던 Visi-Pitch I을 디지털 신호로 처리하도록 제작되면서 보철 치료 전후 음성 평가에 적합한 Sona Match 프로그램(그림 1) 및 Vowel Chart(그림 2) 프로그램을 내장하여 무성 마찰음 및 모음의 특성을 객관적으로 평가하도록 고안되어 있다. Sona Match는 피 실험인 남성, 여성 및 아동을 토글로 선택한 다음 무성 마찰음을 지속적으로 발음할 때 마찰음 피크가 형성되면서 마찰 주파수(Hz) 및 강도(dB)를 객관적으로 평가할 수 있다. 또한 Vowel Chart는 IPA 기준 모음에 의한 모음도에 피 실험인의 모음 발음에 따라 개별적인 모음도가 형성되어서 표준 모음과의 개구도 및 조음 장소를 비교할 수 있다.

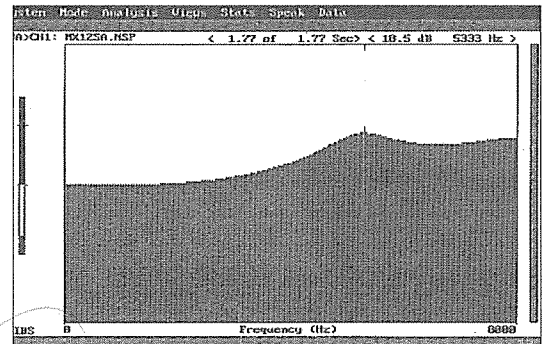


그림 1. Sona Match Program

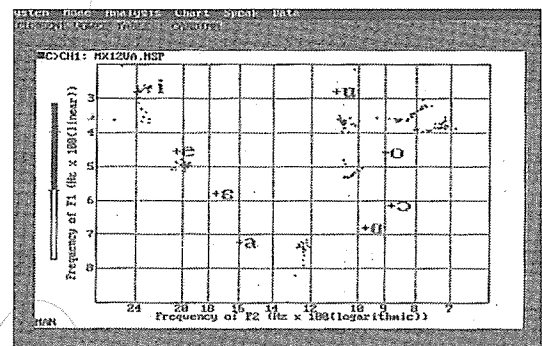


그림 2. Vowel Chart

Nasometer II 또한 Kay Elemetrics사 제품으로 종래의 Nasometer I를 개량하여 과비음/저비음의 정도를 객관적으로 평가하는 장비이다.

피 실험인의 음성 실험은 전북대학교 치과대학 구강악안면외과학교실 부설 언어치료실에서 실시하였으며 음성실험 시 환자는 가능한 편안한 자세로 하여 평소 말하는 습관대로 발음하도록 하였으며 음성기록 및 보

존을 위해서 콘텐서 마이크로폰을 사용하고 Sony Tape Recorder TC D-10에 동시에 녹음하여 장기간 보존하도록 하였다.

III. 연구 성적

1. 악교정수술 전후 무성 마찰음 /s/ 및 /ʃ/의 음향학적인 특성

표 2는 악교정수술 전후 및 대조군의 무성 마찰음 /s/ 및 /ʃ/의 마찰 주파수 및 마찰 강도를 나타낸 것이다.

표 2. 악교정수술 전후 및 대조군의 무성 마찰음 /s/ 및 /ʃ/의 음향학적인 특성

피실험인			/s/		/ʃ/	
수술	성명	성별	Hz	dB	Hz	dB
수술 전	CYW	M	5177	12.5	3509	20.5
	CHK	M	4865	6.0	3025	24.5
	HGY	F	6456	23.5	4413	28
	KSY	F	5942	17	3821	22
평균			5610	14.8	3692	23.8
수술 후	CYW	M	5318	18.5	3774	21.5
	CHK	M	6082	30	3789	21
	HGY	F	6908	26	4600	30.5
	KSY	F	6503	22	4320	28
평균			6203	24.1	4121	25.3
대조군	SUB2	M	5365	36	3945	30.5
	SUB3	M	5848	38	2386	22.5
	SUB1	F	5614	29	4522	28
	SUB2	F	5598	26.5	3181	17
평균			5606	32.4	3504	24.5

무성 마찰음 /s/ 의 마찰 주파수 평균은 악교정수술 전 5610Hz에서 악교정수술 후 6203Hz로 증가하였으며 마찰 강도 또한 수술 전 14.8dB에서 24.1dB로 증가하였다. 이러한 현상은 무성 마찰음 /ʃ/에서도 동일하게 나타나서 악교정수술 전 무성 마찰음 3692Hz에서 수술 후 4121Hz로 증가하였으며 마찰 강도 또한 23.8dB에서 25.3dB로 증가하였다.

악교정수술 전후 /s/ 및 /ʃ/ 의 마찰 주파수 및 마찰 강도를 대조군과 비교할 때 악교정수술 전 /s/ 및 /ʃ/ 의 마찰 주파수는 대조군의 마찰 주파수 값 /s/는 6203Hz 와 /ʃ/는 4121Hz에 근사하였으나, 악교정수술 후 /s/ 및 /ʃ/의 마찰 강도는 대조군의 마찰 강도 /s/는 32.4dB와 /ʃ/는 24.5dB 비교하여 근사한 값을 보였다.

악교정수술 후 평균 마찰주파수의 증가는 술후 악교정수술 환자의 조음 장소가 약간 앞쪽으로 이동하였고 대조군과 비교해서 협착지점도 약간 앞쪽에 형성된 것으로 평가된다. 그러나 환자의 구강구조 및 수술 방법에 따라 발음의 생성도 다양하게 나타날 것으로 예측되며, (그림 3)과 같이 술후 /s/의 마찰 주파수가 증가하여 대조군과 비슷한 현상은 악교정 술후 성공적인 발음 교정효과의 증례라 할 수 있다.

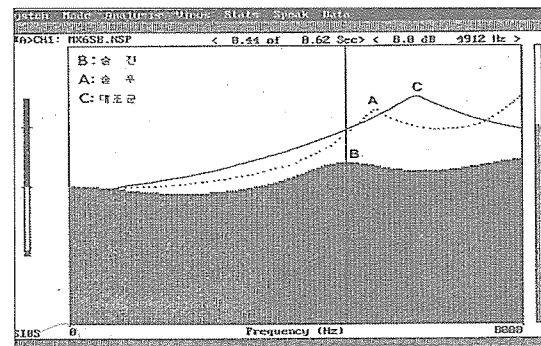


그림 3. 대조군 및 악교정수술 전후 /s/의 마찰 주파수 비교

2. 악교정수술 전후 모음의 음향학적인 특성

악교정수술 전후 단순 모음 /i, e, u, o, a, ɔ, ʊ/의 음향대를 모음도 상에서 기록한 것은 그림 4와 같다. 검정색 점들은 악교정수술 전 각 모음이 형성된 지점을 나타낸 것이고 타원형 실선은 술후 각 모음이 형성된 지점을 나타낸 것이다. 모음도 세로는 구개도와 연관된 F1값을 나타낸 것이고 모음도 가로는 조음 장소와 연관된 F2값을 나타낸 것이다^{18, 19)}. 음향학적인 방법에 의해서 악교정수술 전후 모음도상에 나타난 전체 모음의 형성 지점을 중심으로 모음의 개구도 및 조음 장소의 변화를 비교 비교한 결과 (그림 4)와 같이 대부분의 모음에서 대체로 큰 차이가 없었으나 후설 모음 /ʊ/의 경우에는 악교정 술후 F2가 상승하여¹⁷⁾ 조음 장소가 앞쪽으로 이동한 현상으로 평가되었다.

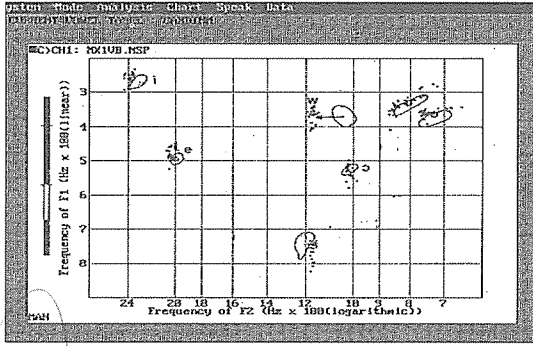


그림 4. 악교정수술 전후 모음도의 변화

3. 악교정수술 전후 비음도의 변화

표 4는 악교정수술 전후 비음도의 변화에 의해 저비음 및 과비음을 측정된 값이다.

표 4. 악교정수술 전후 저비음 및 과비음의 측정 값

수 술	성 명	성 별	비 음			
			저비음 /mimi/	/i/	과 비 음 /tittit/	nnp
술 전	CHK	M	41.5	15.1	4.4	5.4
	CHK	M	77.3	75.1	19.7	16.3
평 균			59.4	45.1	12.1	10.9
술 후	CYW	M	35.4	9.5	5.4	12.2
	CHK	M	71.4	72.2	18.5	12.2
평 균			53.4	40.9	12	9.6

비강음을 포함한 문형 /mimi/에서는 악교정수술 전 비음도 59.4%에서 수술 후 53.4%로 감소하였다. 또한 비강음을 포함하지 않은 문형인 모음 /i/ 및 자음 /tittit/와 문장단위 평가 문형에서도 각각 45.1%~40.9%, 12.1%~12% 및 10.9%~9.6%로 감소하여 악교정 술 후 비음도가 감소하였음이 평가되었다.

IV. 총괄 및 고찰

부정교합 환자가 구사하는 언어는 특별한 관심을 기울이지 않으면 정상인과 구별하기 어려운 것이 대부분이나 조금만 관심을 기울이면 부정교합 환자가 구사하는 언어는 유창성 및 명료도가 떨어지며 특히 입술 및 혀의 운동의 장애로 청각적으로 입술소리 및 혀소리에 문제가 있는 것을 알 수 있게 된다. 그러나 이러한 것

들은 청각적인 평가에 의한 주관적인 판단이 대부분이고 객관적인 방법에 의해서 구강기능의 변화에서 발생하는 미세한 음성변화를 밝히는 자료로서는 미비한 점이 많다. 그러나 최근 컴퓨터공학 및 의학 진단의 발달로 컴퓨터를 이용한 새로운 음성평가 기가재들이 개발되어 악구강변형에 따른 음성변화를 과학적이고 정밀하면서 보편적으로 사용할 수 있게 되었다.

부정교합 환자 및 보철 치료 환자 등에서 발견되는 음성언어 장애로는 왜곡, 치환 등 이외에 성문 파열음화, 설측음화, 인두 마찰음화 등이 연구 보고되어있지만 스펙트로그램 등 음향학적인 평가 방법만으로는 제한적이어서 인공 구개도 등의 생리학적인 보조 연구 방법을 통해서 좀 더 명확한 음성 평가를 할 수 있다.

그러나 최근 무성 마찰음/s/ 및 /ʃ/는 부정교합 환자 및 보철 치료 환자 등에서 특징적으로 발견되는 음성 언어 장애음이고, 음향학적인 평가 방법만으로 명확한 발음 현상을 평가할 수 있게 되었다. 특히 음향학적인 방법에 의한 무성 마찰음의 평가는 임상의 및 언어 치료사의 주관적인 평가에 의해서 논란이 되고있는 악교정술 전후 발음 교정 효과에 관한 상반적인 이론들을 불식시키고 악교정술 전후 발음 교정 효과를 객관적으로 평가하는 방법으로 간주되고 있다.

본 연구에서는 최근 시판되고 있는 음성분석 장비 Visi-Pitch II에 Sona Match 프로그램을 사용하여 악교정술 전후 무성 마찰음의 음향학적인 특성을 마찰 주파수 및 마찰 강도를 중심으로 측정하였다.

대조군 무성 마찰음 /s/와 /ʃ/의 음향학적인 특징은 대조군의 경우 마찰 주파수 /s/는 고주파수 약 5.5kHz대에서 형성되었고 /ʃ/의 경우에는 중저주파수 약 3.5kHz대에서 형성되었다. 악교정 술전의 경우 마찰 주파수 /s/는 약 5kHz~6.5kHz대에서 /ʃ/의 경우에는 3~4.5kHz대에서 형성되었다. 그러나 악교정술 후 마찰 주파수 /s/는 약 3~4.5kHz대에서 형성되었고 /ʃ/의 경우에는 4~4.5kHz대에서 형성되었다.

악교정수술 전후 /s/ 및 /ʃ/의 무성 마찰 강도의 변화는 술후 모두 증가하였으며 대조군과 비교하여 비슷한 수치를 보였다. 이러한 결과는 악교정술 전후 일반인의 /s/음 마찰 강도가 증가하는 현상²⁰⁾과 동일한 결과로 나타나서 부정교합에 의한 혀의 위치가 낮고 근육의 강도가 이완되어 음성 에너지가 감소되었던 것이 술후(25.3dB) 교정되어 음성 에너지가 증가함으로써

대조군과 비슷한 수치(24.5dB)로 회복된 것으로 평가되었다.

악교정수술로 변형된 구강 구조 형태에 따라 변화된 발음의 평가는 각 모음이 F1 및 F2 값이 교차하는 지점에 따라 형성되는 모음도를 중심으로 각 모음의 술 전후 모음 형성 지점의 변화를 중심으로 F1은 개구도의 변화를 F2는 조음 장소의 이동을 평가하였다. 그 결과 후설 모음 /u/에서 특징적으로 조음 장소가 후설에서 중성쪽으로 이동하는 음색을 보였다.

악교정술 후 비음도는 과비음 및 저비음 평가 문형 모두에서 약간 감소한 것을 보면 향후 이러한 실험을 기초로 하여 골격성 반대교합자의 발음장애의 정도를 정량적으로 평가하기 위해 물리적인 파라미터를 사용하여 임상에 응용함과 동시에 함께 발음장애의 충분한 개선을 위한 발음기능의 적극적인 훈련방법의 확립을 위해 발성시의 혀의 운동에 관해서도 검토할 필요가 있으리라 본다.

V. 결 론

1. 무성 마찰음 /s/는 고주파수 5.5kHz 부근에서 /j/는 중주파수 3.5kHz 부근에서 형성되는 대조군을 평가 기준으로 하고 악교정술 후 무성 마찰음 /s/ 및 /j/의 마찰 주파수와 비교할 때 모두 약 600Hz 높게 나타나서 술후 조음 협착 장소가 앞 부위로 이동하였다고 평가되었다.

2. 무성 마찰음 /s/ 및 /j/의 음성 강도는 악교정술 후 증가하여 대조군과 근사한 값을 보여 균형 잡힌 구강 구조 내 안정된 음성 에너지의 생성을 확인 할 수 있었다.

3. 술 전후 구강 구조의 변형에 따라 변화하는 모음의 음색을 F1 및 F2가 교차하는 지점에 따라 형성되는 모음도를 중심으로 평가할 때 후설 모음 /u/에서 특징적으로 나타났으며 술 후 조음 장소가 후설에서 중설로 이동하였다고 평가되었다.

4. 술 후 비음도는 모든 평가 문형에서 감소하였다

참고문헌

1. Frank S. A rationale for closer cooperation between the orthodontist and the speech and hearing therapist, *Am. J Orthod.* 1955;41:571-582.
2. Laine T. Association between articulatory disorders in speech and occlusal anomalies, *Eur J Orthod* 1987;9:151-159.
3. Vallino LD, et al. Perceptual Characteristics of Consonant errors associated with malocclusion, *J Oral Maxillofac Surg* 1933;8:195-202.
4. 田口恒夫 : 歯牙の異常.舌の異常と言語障礙, 齒界展望 1959;10:110-118,
5. Subtelny JD, et al. : Malocclusion, Speech and deglutition, *Am J Orthod* 1962;48: 685-697.
6. Guay AH, et al. A radiographic study of tongue Posture at rest and during the phonation of /s/ in ClassIII malocclusion, *Angle Orthod* 1978;48:10-22.
7. Subtelny JD, et al. Comparative study of normal and defective articulation of /s/ as related to malocclusion and deglutition, *J Speech Hearing Dis* 1964;29: 269-285.
8. Bowers J, et al. An acoustic speech study of patients who received orthognathic surgery, *Am J Orthod* 1985;88:373-379.
9. 伊藤秀美 他. 反對咬合者の調音の特徴-舌,下顎および音聲の同時觀測, 音聲學會研究, 1984;29:223-230.
10. 中野洋子. 下顎前突症患者における音聲の分析, 齒科學報 1985;85: 891-929,
11. Ruscello DM, et al. The effects of orthognathic surgery on speech production, *Am J Orthod* 1986;89: 237-241.
12. Glass L, et al. Speech and Lingual behavior before and mandibular osteotomy, *J Oral Surg* 1977;35:04-109.
13. Witzel MA, et al. Articulation before and after facial osteotomy, *J Maxillofac Surg* 1980;8: 195-202.
14. Goodstein DB, et al. The effect on speech of surgery for correction of mandibular prognathism, *Oral Surg* 1974;37:846-849.
15. Dlaton RM, et al. Effects of orthognathic surgery on Speech : a prospective study, *Am J Orthod* 1984;86: 291-298.
16. 양일수, 신호근. Digital sound spectrographic 및 Nasometer를 사용한 악교정수술 환자의 술전후 음향음성학적 특성에 관한 비교연구, 대한구강악안면외과학회지. 1994;20(4):443-459.
17. 최병하, 안태섭, 윤철희, 신호근. 악교정수술 환자의 수술전후 음향공명의 변화와 관한연구, 대한치과의사협회지. 1995;33(9):660-675.
18. Borden GJ, Harris KS, Raphael LJ, *Speech Science Primer, Physiology, Acoustics and Perception of Speech*, 3rd ed, Williams Wilkins, Baltimore, 1994.
19. Sunberg J. *The Science of Musical Sound* Academic Press, San Diego. 1991.
20. 山本隆昭, 他. 骨格性反對咬合者における無聲摩擦音/S/の音響的特徴と聴覺 印象 *Jpn J Jaw Deform* 1995;5(2):156-163.