

III급 부정교합 환자의 한국어 모음 발음에 관한 음향학적 분석

김영호¹ · 유현지² · 김휘영³ · 홍종락⁴

¹성균관대의대 삼성서울병원 치과진료부 교정과, ²연세대학교 대학원 언어병리학 협동과정
³성균관대의대 삼성서울병원 치과진료부, ⁴성균관대의대 삼성서울병원 치과진료부 구강악안면외과

Abstract (J. Kor. Oral Maxillofac. Surg. 2009;35:221-228)

AN ACOUSTIC ANALYSIS ON THE PRONUNCIATION OF KOREAN VOWELS IN PATIENT WITH CLASS III MALOCCLUSION

Young Ho Kim¹, Hyunji Yoo², Whi Young Kim³, Jongrak Hong⁴

¹Department of Orthodontics, The Institute of Oral Health Science, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine

²Graduate Program in Speech and Language Pathology, Yonsei University

³The Institute of Oral Health Science, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine

⁴Department of Oral & Maxillofacial Surgery, The Institute of Oral Health Science, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine

The purpose of the study was to investigate the characteristics of the pronunciation of Korean vowels in patients with class III malocclusion. 11 adult male patients with class III malocclusion(mean ages 22.3 years) and four adult males with normal occlusion(mean ages 26.5 years) were selected for the analysis of eight Korean monophthongs / ㅏ, ㅓ, ㅗ, ㅛ, ㅜ, ㅠ, ㅡ, ㅣ/. The values and relationships of F1, F2 and F3 were derived from the stable section of target vowel in each sentence, and the analysis using formant plots and vowel triangles' distance and area was conducted to find the features of two groups' vowel distributions. Consequently, it was identified that the pronunciation of males patients with class III malocclusion showed high values of F1 in the low vowels, high values of F2 in the back vowels, and remarkably low position of / ㅏ/. The vowel triangle suggested that the triangle areas of male patients with class III malocclusion were shown wider vertically and narrower horizontally than those of males with normal occlusion. These characteristics could reflect the structural features of class III malocclusion such as the prognathic mandible, low tongue position, and advancement of back position of the tongue.

Key words: class III malocclusion, Korean vowel, formant

(원고접수일 2009.6.29. / 1차수정일 2009.7.3. / 2차수정일 2009.7.15. / 게재확정일 2009.7.22.)

I. 서 론

한국어 모음에 관한 음향학적 연구는 음성학, 음성 공학을 비롯한 여러 분야에서 다양한 목적으로 진행되어 왔다.^{1,5)} 그러나 소리를 만들어 내는 주요 조음 기관인 치아와 턱의 구조적 차이를 고려한 국내의 연구는 미미한 실정이며, 드물게 치의학 분야에서 부정교합 아동을 대상으로 한 발음 연구들이 보고되었다.^{6,9)} 그러나 현재까지의 부정교합 환자에 관한 연구는 그 대상이 아동에 한정되어 있었기 때

문에, 그들의 발음 장애가 성인에까지 이어지는지에 관한 확인이 불가능하였고, 대상 아동들의 언어 발달상의 차이를 통제할 수 없었다.

부정교합 환자의 치료는 외형적인 개선과 함께 기능적인 면의 개선을 목표로 한다. 그러나 이 기능적인 개선 측면에서 발음의 개선은 교정 전문의가 흔히 간과하기 쉬운 부분이다. 부정교합은 심각한 수준의 의사소통 장애를 초래하지는 않지만, 청각적 인상에서 일반인과 상이하여 부정교합 환자가 교정치료를 결정하는 동기가 되기도 한다. 그러나 부정교합 환자들이 호소하고 있는 발음 장애의 유형이나 원인에 대한 연구가 없어, 실제로 발음의 개선을 염두에 둔 교정치료는 진행되기 어려운 실정이다.

말소리의 생성은 기류를 만들어 내는 발동 단계, 기류를 조정하는 발성 단계, 특정한 음가의 소리를 만들어 내는 조음 단계를 거친다. 조음의 단계에서는 입술, 치아, 혀, 경구개, 연구개 등의 조음 기관들이 관련되는데, 이들 구조에

홍종락

서울시 강남구 일원동 50번지

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 구강악안면외과

Jongrak Hong

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Institute of Oral Health Science,

Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine

#50, Irwon-Dong, Gangnam-Gu, Seoul 135-710, Korea.

Tel: 82-2-3410-2420 Fax: 82-2-3410-0038

e-mail: hongjr@skku.edu

결함이 생김으로써 조음 장애가 나타날 수 있다. 부정교합은 구개파열(cleft palate), 설유착증(ankyloglossia) 등과 함께 조음 장애의 대표적인 기질적 원인으로 여겨진다.

부정교합 환자의 발음을 살펴보는 것은 언어학적 측면에서도 의미가 있다. 대부분의 한국어 모음 발음 연구가 성별과 연령, 지역적 변인을 통제하고 있지만, 부정교합의 형태를 변인으로 살핀 경우는 찾아볼 수 없었다. Lee 등¹⁰⁾에 따르면 한국인의 부정교합 비율은 정상교합이 7.6%, I급 부정교합 53.8%, II급 1류 부정교합 16.7%, II급 2류 부정교합 3.6%, III급 부정교합이 19.0%로 정상교합자의 비율이 매우 낮다. 이는 기존의 연구에서 부정교합 환자가 화자로서 포함될 확률이 높다는 것을 의미한다.

부정교합 환자의 발음 양상과 그 원인에 관한 연구는 다양한 방면에서 필요함에도 불구하고 아직 부족한 실정이며, 부정교합 환자의 발음 장애 진단과 평가 및 치료의 방향과 목표 설정을 위한 기초 연구로서 부정교합 환자의 발음 특징을 밝히는 것이 필수적이다.

본 논문에서는 이러한 기초 연구의 일환으로 III급 부정교합 환자들의 모음 발음 특성을 알아보고자 III급 부정교합 환자들을 대상으로 하여 한국어 8개 단모음을 중심으로 정상교합자의 발음과 대조 연구를 진행하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

연구 대상은 삼성서울병원 치과 교정과에 내원한 III급 부정교합을 보인 15세에서 29세까지의 남성 환자 11명(22.3 ± 4.6세)을 대상으로 하였다. 이들은 서울 토박이에 준하는 화자(speaker)로, 초·중·고등학교를 서울에서 나온 표준어 사용 화자였다. 또한, 음성에 영향을 줄 특이한 병력이나 발음 검사를 진행하기에 무리가 있는 청·지각상의 문제는 없었다. 대조군 화자로는 삼성서울병원 직원 중 정상교합으로 판명된 20대 남성 4인(26.5 ± 1.9세)을 선정하였으며 대조군 화자 역시 음성에 영향을 줄 특이한 병력이나 발음 검사를 진행하기에 무리가 있는 청·지각상의 문제는 없었다(Table 1).

정상교합자의 조건은 대한치과교정학회 부정교합백서 발간위원회에서 제시한 다음의 기준이 적용되었다.¹¹⁾

1. I급 구치와 견치 관계를 가지고 있을 것.
2. 전 치아가 구강 내에 존재할 것.
3. 교정 치료 및 보철 치료를 받은 적이 없을 것.
4. 치아 간 간격이 1mm 이하일 것.
5. 충생이 3mm 이하일 것.
6. 수평피개나 수직피개가 2mm에서 4mm 사이일 것.
7. 정중선 변위가 1mm 이하일 것.

Table 1. Speakers Information

Class III Malocclusion				Normal Occlusion	
Name	Age	Overjet (mm)	Overbite (mm)	Name	Age
CSY	20	-6.5	-7.0	KKU	28
JHJ	29	0.0	0.0	LJW	24
JJH	20	-4.0	-1.0	SHW	28
JSH	29	-1.0	0.0	SYW	26
JYH	18	-5.0	-5.0		
KJS	15	-5.5	2.0		
KJY	22	-2.0	4.5		
LHI	22	1.0	-1.0		
LJH	21	0.0	0.0		
SCK	28	1.0	-7.0		
YHK	21	-2.0	1.0		

2. 연구방법

1) 녹음

/ㅣ, ㅑ, ㅕ, ㅓ, ㅗ, ㅛ, ㅜ, ㅠ, ㅡ/ 8개 한국어 단모음을 검사 대상으로 하였다. 화자들은 스크린에 무작위 순으로 10회 반복하여 제시되는 모음을 보고, “나는 __라고 했다.” 문장 틀에 넣어 발음하였다. 화자들에게는 평소 발음하듯 편안하게 읽도록 요구하였고, 2.5초마다 자동으로 단어가 제시되었기 때문에 피험자들의 발화 속도가 모두 비슷한 수준으로 조절되었다. 수집된 자료의 수는 III급 부정교합 남성 880개(11명 × 8모음 × 10반복), 정상교합 남성 320개(4명 × 8모음 × 10반복)로 총 1200개였다.

녹음은 Marantz PMD 670(동경, 일본)에 AKG Acoustics C420(비엔나, 오스트리아) 마이크를 이용하여 실시하였고, 헤드셋 마이크와 입 사이의 길이는 10cm를 유지하였다. 녹음 장소는 방음시설이 되어 있는 삼성서울병원 내의 녹음실과 서울대학교 인문대학 언어학과 녹음실이었다. 표본 추출률(Sampling rate) 32,000Hz, 양자화(Quantization) 16bit로 녹음 한 후, 모음 분석을 위해서 11,205Hz로 다운샘플링(Downsampling) 하였다.

2) 분석

i) 포먼트 추출

포먼트 추출은 Praat(ver. 5.0.35, 암스테르담, 네덜란드)를 이용하였다. 각 문장 내 해당 모음의 안정 구간에서 F1, F2, F3를 추출하였고(Fig. 1), 이 때 분석창의 길이는 0.025 sec로 설정하였다. 무성화 된 모음을 발음한 한 번의 경우를 제외한 모든 자료에서 포먼트를 추출하였고, 각각의 값을 검토하였다.

ii) 포먼트 비율

발음의 분석에 있어서 각 포먼트 단독 값에서 보다 F1,

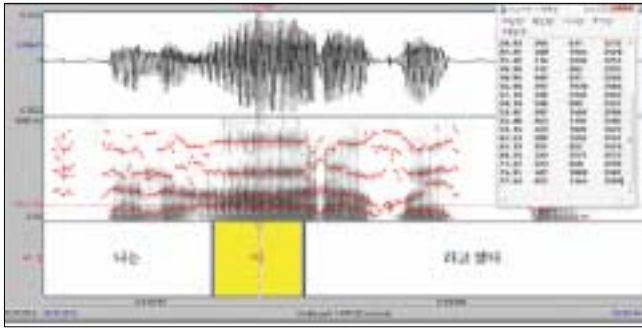


Fig. 1. Formant frequency extraction during the steady state segment of vowel

F2, F3간의 비율에서 더 유의한 차이를 도출할 수 있다는 보고^{6,8)}에 따라 F2/F1와 F3/F1 포먼트 주파수 비율을 분석 대상에 포함하였다.

iii) 포먼트 도표

개구도를 나타내는 F1과 전후방성을 보여 주는 F2를 각각 세로축과 가로축으로 하여 III급 부정교합 환자와 정상교합자의 모음 발음에서 추출된 객관적인 포먼트 값을 좌표 평면상에 나타낸 포먼트 도표를 제작하였다. 포먼트 도표 작성에는 PlotFormant Version 1.0과 Phonetica Version 1.0을 이용하였다.

iv) 모음 삼각도 거리와 면적

III급 부정교합 환자와 정상교합자의 모음 발음 양상을 보다 가시적인 형태로 비교하기 위해 /ㅣ, ㅏ, ㅑ/의 세 모음을 잇는 모음 삼각도를 제작하였다. 이를 토대로 두 그룹의

세 모음 간 거리를 구하고, 각각의 모음 삼각도의 면적을 계산하였다.

3) 통계분석

III급 부정교합 환자와 정상교합자의 발음 비교를 위해 SPSS 12.0을 이용하여 independent t-test를 실시하였다.

III. 연구결과

1. 포먼트 값

F1

III급 부정교합 환자와 정상교합자의 F1 값은 모음 /ㅏ/와 /ㅑ/에서 유의한 차이를 보였다. III급 부정교합 환자의 /ㅏ/의 F1 값은 정상교합자보다 84.57Hz 더 높게 나타났다. /ㅑ/모음의 경우 III급 부정교합 환자가 정상교합자보다 20.68Hz 낮게 나타났다. /ㅓ/모음의 경우 반대로 6.7Hz 높게 나타났다(Table 2).

F2

F2 값은 /ㅣ, ㅓ, ㅕ, ㅗ, ㅛ/에서 유의하게 달랐다. 이 때, /ㅣ/모음을 제외한 나머지 모음에서 전설모음과 후설모음들이 각각 다른 양상을 보였다. 전설모음은 III급 부정교합 환자가 정상교합자보다 작은 값을 보였고, 후설모음은 더 큰 값으로 나타났다. III급 부정교합 환자의 /ㅣ/와 /ㅓ/모음은 정상교합자보다 각각 62.86Hz와 70.30Hz 낮은 값을 보였다. /ㅕ, ㅗ, ㅛ/모음에서는 정상교합자보다 각각 58.86Hz, 63.35Hz, 55.11Hz 높은 값으로 나타났다(Table 3).

Table 2. Independent t-test for F1

	Malocclusion	Mean	SD	t	p-value
ㅣ	Class III	258.15	34.344	-2.61	0.79
	Normal	259.45	23.806		
ㅓ	Class III	499.96	66.685	1.84	0.67
	Normal	477.88	59.624		
ㅕ	Class III	508.10	68.218	-0.93	0.35
	Normal	519.25	55.272		
ㅗ	Class III	787.85	56.811	9.60	0.00**
	Normal	703.28	43.928		
ㅛ	Class III	498.34	60.317	-0.37	0.71
	Normal	502.38	55.428		
ㅜ	Class III	316.10	53.158	0.74	0.46
	Normal	309.40	33.998		
ㅠ	Class III	269.57	38.341	-3.00	0.03*
	Normal	290.25	34.097		
ㅡ	Class III	330.94	51.910	-0.21	0.83
	Normal	332.50	35.227		

** p < 0.001, * p < 0.05

Table 3. Independent t-test for F2

	Malocclusion	Mean	SD	t	p-value
ㅣ	Class III	2261.14	158.516	1.89	0.06
	Normal	2226.07	67.669		
ㅓ	Class III	1924.25	115.033	-9.33	0.04*
	Normal	1987.10	118.844		
ㅕ	Class III	1901.13	110.348	-3.49	0.01*
	Normal	1971.43	106.008		
ㅗ	Class III	1287.15	96.949	-0.37	0.71
	Normal	1293.68	89.246		
ㅛ	Class III	893.91	94.731	4.00	0.00**
	Normal	835.05	73.475		
ㅜ	Class III	648.67	73.009	5.85	0.00**
	Normal	585.33	52.397		
ㅠ	Class III	711.91	91.323	3.04	0.03*
	Normal	656.80	114.644		
ㅡ	Class III	1384.16	242.656	0.90	0.36
	Normal	1350.45	183.487		

** p < 0.001, * p < 0.05

Table 4. Independent t-test for F3

	Malocclusion	Mean	SD	t	p-value
	Class III	3186.12	193.003	-0.7	0.00**
	Normal	3289.03	131.711		
ㄱ	Class III	2650.16	149.175	-1.34	0.18
	Normal	2687.78	159.632		
ㄴ	Class III	2643.41	134.857	-2.08	0.04*
	Normal	2714.33	199.726		
ㄷ	Class III	2589.65	224.336	-1.01	0.31
	Normal	2632.38	240.568		
ㄹ	Class III	2489.09	252.212	-3.86	0.00**
	Normal	2669.43	256.931		
ㄴ	Class III	2361.72	186.101	-0.76	0.45
	Normal	2387.88	191.088		
ㄷ	Class III	2309.53	139.29	-0.01	0.99
	Normal	2309.85	150.158		
ㅡ	Class III	2389.87	199.909	3.32	0.01**
	Normal	2315.95	72.893		

*** p < 0.001, * p < 0.05

Table 6. Independent t-test for F3/F1

	Malocclusion	Mean	SD	t	p-value
	Class III	12.57718	1.973617	-0.748	0.456
	Normal	12.78955	1.343588		
ㄱ	Class III	5.39513	0.787101	-2.299	0.024*
	Normal	5.69753	0.683282		
ㄴ	Class III	5.30089	0.807873	0.268	0.789
	Normal	5.26984	0.547295		
ㄷ	Class III	3.30769	0.404794	-6.019	0.000**
	Normal	3.75576	0.398591		
ㄹ	Class III	5.0546	0.701784	-2.106	0.040**
	Normal	5.39315	0.924701		
ㄴ	Class III	7.72095	1.733745	-0.293	0.77
	Normal	7.78224	0.814456		
ㄷ	Class III	8.63906	1.55777	2.183	0.031*
	Normal	8.05882	1.033861		
ㅡ	Class III	7.3395	0.935937	1.793	0.075
	Normal	7.04233	0.781795		

*** p < 0.001, * p < 0.05

F3

III급 부정교합 환자의 F3 값은 / |, ㄱ, ㄴ, ㅡ/에서 정상교합자와 유의한 차이를 보였다. III급 부정교합 환자의 F3는 /ㅡ/를 제외한 모든 모음에서 정상교합자보다 낮은 값으로 나타났다(Table 4).

2. 포먼트 비율

F2/F1

III급 부정교합 환자의 F2/F1 값은 / ㄱ, ㄷ, ㄹ, ㄴ, ㄷ/에서

Table 5. Independent t-test for F2/F1

	Malocclusion	Mean	SD	t	p-value
	Class III	8.88278	1.116096	1.084	0.28
	Normal	8.66573	0.989886		
ㄱ	Class III	3.93082	0.659487	-2.666	0.009**
	Normal	4.22299	0.567537		
ㄴ	Class III	3.82616	0.67667	-0.124	0.902
	Normal	3.83798	0.446684		
ㄷ	Class III	1.64231	0.172487	-6.951	0.000**
	Normal	1.84409	0.15127		
ㄹ	Class III	1.81536	0.268596	3.882	0.000**
	Normal	1.67354	0.164776		
ㄴ	Class III	2.11615	0.458592	4.382	0.000**
	Normal	1.90086	0.141669		
ㄷ	Class III	2.68741	0.466018	4.971	0.000**
	Normal	2.27493	0.397532		
ㅡ	Class III	4.25111	0.826749	1.208	0.229
	Normal	4.08189	0.524183		

*** p < 0.001, * p < 0.05

유의하게 달랐다. 특히 전설모음의 경우 정상교합자의 F2/F1 비율이 더 높았고, 후설모음에서는 III급 부정교합 환자가 더 높은 값으로 나타났다(Table 5).

F3/F1

III급 부정교합 환자의 F3/F1 비율은 / ㄱ, ㄷ, ㄹ, ㄴ/에서 유의하게 달랐다. 이 중 /ㄷ/를 제외한 모음들은 모두 정상교합자가 더 큰 값을 보였다. III급 부정교합 환자의 F3 값이 대부분의 모음에서 정상교합자보다 낮았기 때문에, /ㄷ/를 제외한 나머지 모음에서의 F3/F1 비율이 낮은 값을 보인다. /ㄷ/의 경우에는 III급 부정교합 환자의 F1 값이 비교적 낮았기 때문에 F3/F1은 높은 비율로 나타났다(Table 6).

3. 포먼트 도표

III급 부정교합 환자와 정상교합자의 포먼트 값 평균을 이용한 F2-F1 도표는 Fig. 2와 같다. 상대적으로 III급 부정교합 환자의 포먼트 도표는 세로로 늘어진 역삼각형의 형태를 하고 있다. III급 부정교합 환자의 / ㅏ/모음은 눈에 띄게 낮은 자리에 위치한다. III급 부정교합 환자가 정상교합자와 F1 값에서 유의하게 다른 값을 보인 /ㄷ/의 경우는 정상교합자에 비해 높은 위치에 자리하고 있다. 또 다른 고모음인 전설 고모음 /ㅣ/의 경우에는 두 그룹이 각각 258.15Hz와 259.45Hz로 비슷한 F1 값으로 나타났다. 반면, /ㄷ/의 경우 III급 부정교합 환자가 269.57Hz, 정상교합자가 290.25Hz로 III급 부정교합 환자가 정상교합자보다 유의하게 낮은 값을 보인다. F2 값의 경우 III급 부정교합 남성의 전설모음들은 뒤쪽으로, 후설모음들은 앞쪽으로 위치하고 있다. 특히, 후설모음들이 유의한 차이를 보이는데, /ㄱ, ㄴ,

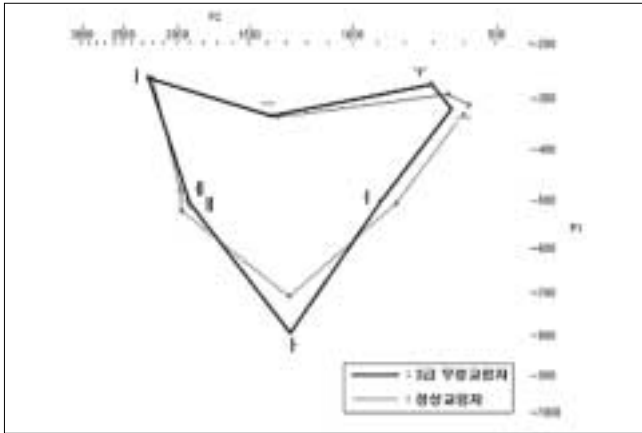


Fig. 2. Mean formant discrepancy between class III malocclusion group & normal occlusion group

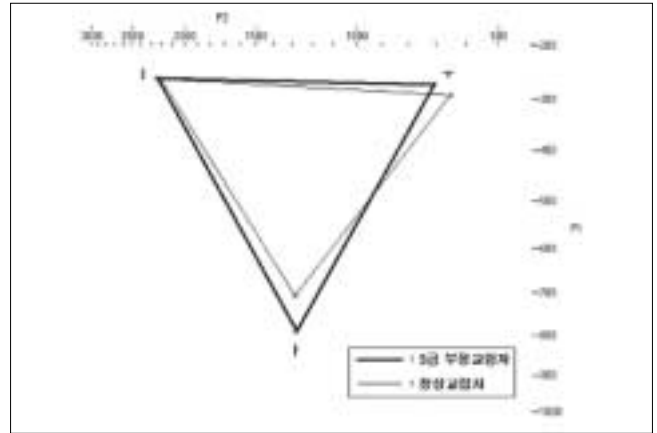


Fig. 3. Formant discrepancy between class III malocclusion group & normal occlusion group in basic vowel

ㅏ가 정상교합 남성보다 큰 F2 값을 가져 상대적으로 전방에 위치하고 있다.

4. 모음 삼각도 거리와 면적

III급 부정교합 환자와 정상교합자의 /ㅣ, ㅏ, ㅑ/ 세 모음의 포먼트 값을 이용한 모음 삼각도는 Fig. 3과 같다. 모음 /ㅣ/와 /ㅏ/, /ㅏ/와 /ㅑ/ 사이의 거리는 III급 부정교합 남성이 정상교합 남성에 비해 각각 1.074, 1.02배 길었다. 모음 /ㅑ/와 /ㅣ/ 사이의 거리는 정상교합 남성의 0.987배였다. III급 부정교합 환자와 정상교합자의 모음 /ㅣ/는 비슷한 위치에 자리하고 있다.

두 그룹의 세 모음 간 거리를 통해 각각의 모음 삼각도의 면적을 구하였다. III급 부정교합 환자의 모음 삼각도 면적은 404,752 Hz²로 333,885 Hz²인 정상교합자에 비해 1.2배 큰 공간을 사용하는 것으로 나타났다.

IV. 고찰

1. 포먼트 값

전통적인 모음 분석은 연구자의 청각적 인상에 의존하여 소수의 훈련된 전문가들에 의해서만 가능하고, 주관성을 배제할 수 없는 한계가 있었다. 20세기 초 Miller, Stumpf, Paget 등이 Helmholtz의 공명이론과 포먼트 구조의 역할을 인식하면서 모음 분석에서의 음향적 지표로 포먼트 사용을 시도하게 되었다. 조음의 매개변수들과 성도의 음향적 결과인 포먼트 사이의 상관 관계는 F1과 입의 개방정도, F2와 구강의 길이가 관련되어 있는 것으로 알려져 있다. 혀가 낮은 위치에 있게 되면 설근이 인두강으로 후퇴하면서 인두강의 면적을 감소시키는데, 이 때 턱은 저위에 위치하고 개구도는 커지게 된다. 이 때 F1의 값은 높다. 혀의 높은 지점은 전설모음에서 후설모음으로 갈수록 뒤쪽에 위치한다.

다. 동시에 구강의 길이는 길어지게 되고 이 때 F2값은 더욱 낮아지게 된다. 구강의 길이는 입술의 원순성과도 관련이 있는데, 입술을 둥글게 하면 구강 앞부분의 길이를 연장하여 전강의 길이가 길어지게 되므로 F2값이 낮아진다. 따라서 F2는 원순성과 후설성이 높을수록 낮은 값을 보인다. 1940년대에 분석 방법이 정립되고 음향 장비가 보충되면서 제1포먼트(F1)와 제2포먼트(F2)를 이용한 도표가 청각에 의한 모음도와 유사함이 밝혀지고 이를 통한 본격적인 연구가 진행되었다. 포먼트 주파수는 서로 다른 두 그룹의 발음 차이를 확인하기 위한 연구에서 매우 유용하다. F1 값을 모음의 개구도와 연관시켜 보면, III급 부정교합 환자의 /ㅏ/ 발음은 정상교합자보다 더 큰 개구도를 보이면서 낮은 위치에서 생성됨을 확인할 수 있다(Table 2). 이는 III급 부정교합 환자의 특징인 상대적으로 큰 하악 구조와 이로 인한 낮은 위치의 혀를 반영한 결과로 보인다. 이는 III급 부정교합 아동을 대상으로 한 이전의 연구결과와^{7,8)} 일치한다. 이들은 III급 부정교합 아동이 정상교합 아동에 비해 모든 모음의 F1 값이 크게 나타난 것으로 보고하고 있는데, 특히 /ㅏ/ 모음이 유의하게 큰 값을 나타낸다는 점을 강조하고 있다. III급 부정교합 환자는 중고모음 /ㅏ/는 높고, 고모음인 /ㅑ/는 상대적으로 낮은 값을 보여 두 모음 간의 수직적인 거리가 정상교합자에 비해 길게 나타났다. 이는 III급 부정교합 환자가 정상교합자보다 /ㅏ/와 /ㅑ/를 F1 값으로 구분하는 것에서 더 용이함을 의미한다.

F2 값의 차이는 III급 부정교합 환자의 발음이 정상교합자에 비해 전설모음은 후방에서, 후설모음은 전방에서 이루어짐을 나타낸다(Table 3). III급 부정교합 환자와 정상교합자 간 F2 평균 값의 차이는 /ㅣ/와 /ㅡ/를 제외한 모든 모음들에서 40~70Hz 정도로 일정한 간격을 보인다. 특히 후설모음에서의 평균값 차가 크게 나타나는데, F2 값이 전설보다 후설에서 낮은 수치임을 감안하면 전설모음에서의 동일한 평균차보다 의미 있는 결과이다. 이는 III급 부정교합 환자 발음이 전설모음의 후방화보다 후설모음의 전방

화에서 더 뚜렷한 차이를 보인다는 것을 의미한다.

III급 부정교합 환자의 F3는 /—/를 제외한 모든 모음에서 정상교합자보다 낮은 값으로 나타났는데(Table 4), 이는 Jeong⁸⁾의 보고에서 모든 모음의 F3가 정상교합 아동보다 낮은 값을 보이고 있다는 결과와 일치한다.

2. 포먼트 비율

본 연구의 F2/F1 비율의 결과(Table 5)는 III급 부정교합 환자의 후설모음이 F2 값에 비해 F1 값에서 낮다는 것을 의미한다. 이러한 차이는 III급 부정교합 환자의 F2 값이 후설 모음에서 큰 값을 보이고 있는 반면, F1 값은 /ɹ/를 제외한 나머지 후설모음에서 낮은 값을 보이기 때문이다. /r/ 모음에서는 III급 부정교합 환자의 F2/F1 비율이 정상교합자에 비해 낮은 값으로 나타나는데, 이는 상대적으로 큰 /r/의 F1 값에 의한 결과로 보인다. 본 연구의 결과가 후설모음들과 중설모음 /r/ 사이에 상이한 결과를 보이는 반면, Jeong⁸⁾은 모든 음에서 F2/F1 값이 대조군에 비해 낮게 나타났다고 보고하였는데, 이는 F1 값이 III급 부정교합 아동에서 모두 높은 값을 보였고, /l/를 제외한 모든 모음의 F2 값은 낮은 값으로 나타났기 때문이다. Park⁷⁾의 결과 또한 7개 모음 전체에서 유의하게 높은 F1 값을 보였고, F2/F1 비율은 모든 모음에서 정상교합 아동보다 낮은 값으로 나타났다. 이들 연구와의 F2/F1 비율 차이는 본 연구의 F2 값이 전설모음에서는 낮고, 후설모음에서는 높은 값을 보여 선행 연구와 차이가 있기 때문으로 해석된다.

F3/F1 비율에 관한 본 연구의 결과(Table 6)에서는 모음에 따라 F1 값이 높은 경우가 있었음에도 불구하고 F3/F1 비율에서는 공통적으로 낮은 값을 보였다. 이는 모음의 높낮이와 상관없이 모든 모음의 F3가 상대적으로 낮은 값을 가지며, 전강의 길이와 관련지어 볼 때, III급 부정교합 환자의 전강이 정상교합자보다 길게 유지된다고 할 수 있다.

3. 포먼트 도표

III급 부정교합 환자와 정상교합자의 평균 포먼트 도표(Fig. 2)에서 III급 부정교합 환자의 /r/모음의 F1 값은 유의하게 높은 값을 보였고, 포먼트 도표 상에서는 낮은 위치에 나타났다. 이러한 결과는 III급 부정교합 환자의 저모음 /r/가 정상교합자에 비해 상대적으로 큰 개구도를 가진다는 것을 의미한다. III급 부정교합 환자의 /r/모음의 F1 값은 유의하게 낮은 값을 보였고, 포먼트 도표 상에서 높은 위치로 나타났는데, 이는 III급 부정교합 환자가 정상교합자에 비해 /r/를 비교적 고모음으로 발음하고 있음을 보여준다. III급 부정교합 환자와 정상교합자가 각각 316.10Hz, 309.40Hz로 나타난 /ɹ/ 모음과 함께 살펴보면, III급 부정교합 환자에서 /ɹ/와 /r/ 사이의 수직적인 차이가 더 크게 나타났으며, 이를 토대로 볼 때 III급 부정교합 환자가 상대

적으로 /ɹ/는 낮고 /r/는 높게 발음한다고 할 수 있다. F2 값의 경우 특히 후설모음들이 유의한 차이를 보여 /r, ɹ, r/가 정상교합 남성보다 큰 F2 값을 가져 상대적으로 전방에 위치하고 있음을 알 수 있다.

4. 모음 삼각도 거리와 면적

/i, a, u/ 모음은 대부분의 언어에서 근간이 되는 모음으로, 이 세 모음 간의 거리 비교를 통해서 한 언어의 사회적, 지역적 변이 혹은 남녀노소간의 변이, 그리고 여러 언어 사이의 차이점 등을 효율적으로 기술할 수 있다.⁹⁾ 그러므로 한국어 모음 중 /i, ɪ, r/의 세 모음을 잇는 모음 삼각도는 효과적으로 III급 부정교합 환자와 정상교합자의 모음 발음 차이를 보여줄 수 있다(Fig. 3). 결과에 나타난 기본 3모음 간 모음 삼각도에서 /i/를 기준으로 /r/와의 거리는 III급 부정교합 환자가 더 길게 나타나 수직적으로 보다 큰 공간을 사용하고 있음을 알 수 있다. 수평 공간의 경우 /i/와 /r/ 모음 간 거리로 알 수 있는데 III급 부정교합 환자는 정상교합자보다 /i/와 /r/ 간 거리가 더 짧아 수평 공간에 있어서는 좁은 것으로 나타났다. III급 부정교합 환자가 정상교합자에 비하여 상대적으로 수직적으로 넓고 수평적으로 좁은 모음 공간을 사용하고 있다는 사실은 III급 부정교합의 구조적인 특징과 관련지어 볼 수 있다. 즉, 상대적으로 큰 하악과 낮은 혀의 위치는 저모음의 위치를 보다 낮게 하여 수직적으로 큰 공간을 만들고, 상악에 비해 상대적으로 전방에 위치하는 하악은 후설모음의 위치를 앞당겨 수평적으로 좁은 공간을 사용하게 되는 것으로 판단된다.

Vorperian과 Kent¹²⁾는 모음의 공간의 면적을 구하여 아동들의 모음 공간의 발달을 보여주는데 사용하고 있다. 이들은 영어의 /i, æ, a, u/ 4개 모음을 각각 전설 고모음, 전설 저모음, 후설 저모음, 후설 고모음으로 설정하고 모음 사각도의 면적을 구하고 있다. 그러나 한국어의 경우 /r/모음은 중설 저모음으로 이와 대칭되는 다른 저모음이 없어, 삼각도의 형태에서 공간을 산출하는 것이 더 유용하여 /i, ɪ, r/ 모음을 기준으로 하여 설립한 모음 공간은 한국어의 전설 고모음, 중설 저모음, 후설 고모음을 잇는 기본적인 삼각도를 보여줄 수 있다. 본 연구에서 III급 부정교합 환자는 모음 발음 시 정상교합자에 비해 1.2배 큰 공간을 사용하고 있는 것으로 나타났는데, 이는 III급 부정교합 환자의 /r/모음의 F1 값이 유의하게 크기 때문인 것으로 판단된다.

5. 부정교합 환자 발음에 관한 연구

II급 부정교합 환자의 발음에 대한 연구를 살펴보면, II급 부정교합 환자는 /s/ 발음 시 하악을 전방으로 이동하여 보상 조음을 할 수 있어 III급 부정교합에 비해 정상 발음을 구사하는 경우가 더 많다.^{13,14)}

Bowers 등¹⁵⁾은 II급 1류 부정교합 3명과 III급 부정교합 3

명의 모음 포먼트를 분석하여 수술 후의 발음 변화를 살펴 보고자 하였는데, 수술 후의 발음 변화가 유의하지 않은 것으로 나타나 수술 후 발음의 변화가 관찰되지 않음을 보고하고 있다. Niemi 등¹⁶⁾은 5명의 악안면 기형의 환자들의 수술 전, 수술 후 6주와 30주의 F0, F1, F2 길이를 각각 분석하여 그 변화를 살펴보았다. 그 결과, 수술 후 모음 발음이 개인별로 다양하게 바뀔을 확인하고 있으나 유의한 발음 차이를 가져오지는 않는 것으로 보았다. 이들의 결과에서 모음의 수술 전후 발음 차이가 확인되지 않았으나, 두 연구 모두 수술 전에 부정교합을 가진 환자가 발음 장애를 호소하지 않았기 때문에 수술 후 발음 변화가 나타나지 않은 것을 긍정적인 결과로 보고 있다. 그러나 수술 후 변화된 구강 형태에 적응이 어려운 일부 환자들에게는 발음 교정 치료가 필요하다고 하였다.

III급 부정교합 환자의 자음 발음의 경우에 Lee 등¹⁷⁾은 외과적 교정 수술 전후의 /s/에 관한 음향·지각적 연구를 실시하여, 수술 후 환자의 조음 장애가 감소함을 밝히고 있어서 부정교합이 마찰음과 파찰음의 발음에 어려움을 가져올 수 있으며, 이러한 발음 장애가 수술 후 개선됨을 확인할 수 있었다.

국내에서 III급 부정교합 환자를 대상으로 한 연구들은 현재까지 아동에 한정되어 있다.^{7,8)} 아동을 대상으로 한 연구는 보상 조음 가능성이 낮아 본래의 구강 형태를 반영한 발음을 확인하기에 유용하다. 그러나 아동의 언어 발달은 진행 중에 있으며, 개인별로 발달 시기와 정도에 차이가 있어 부정교합 여부를 제외한 발음에 영향을 줄 수 있는 나머지 조건들을 완벽하게 통제하기 어렵다. III급 부정교합 성인의 경우에는 개별 발음 수준의 차이가 있으나, 발달 과정 중에 있는 아동에 비하면 차이가 미미하여 III급 부정교합의 구조적인 특징에 의한 발음을 효과적으로 분석할 수 있다. 그러나, 심하지 않은 부정교합의 경우 화자들은 자신의 구강 구조에 맞게 수정된 발음으로 보상적 조음을 할 수 있는 가능성이 있다. 따라서 III급 부정교합 환자를 포함한 부정교합 환자의 발음 장애는 대부분의 언어치료 과정에서 실시하는 것처럼 개별적인 발음 진단과 평가가 필수적이다.

다양한 한국어 모음 발음에 관한 기존 음성학 연구들에서 부정교합 여부를 확인한 음성학 기반의 연구는 최근 발표된 정상교합자의 모음 발음 연구¹⁸⁾ 외에는 전무한 실정이며, 대부분의 연구들이 정상교합자와 부정교합 환자를 분리하지 않는 채 시행되어 근본적으로 큰 오류를 지닐 수밖에 없었다고 판단된다. 본 연구에서는 포먼트 도표를 통하여 III급 부정교합 환자와 정상교합자의 발음을 분석하였고 기본 3모음을 이용한 거리와 면적 등 다양한 분석 방법을 시도하여 III급 부정교합 환자의 모음 발음의 특성을 규명하였으므로, 부정교합 환자의 자음 발음 연구 등 후속 음성학 연구에 중요한 지침을 제공할 것으로 판단된다.

V. 결 론

교정 치료를 위해 내원한 III급 부정교합 환자들의 한국어 모음 발음의 특성을 알아보기 위하여 표준어를 사용하는 화자 중 20대 III급 부정교합 남성 환자 11명과 정상교합자 남성 4명을 대상으로 /i, ɛ, ɐ, ʌ, ɪ, ʊ, ɔ, ʌ, ɯ/ 8개 한국어 단모음의 포먼트 주파수를 분석하여 해당 모음의 안정 구간에서 F1, F2, F3를 추출하여 상관관계를 분석하고 포먼트 도표와 모음 삼각도의 거리, 면적을 통한 분석을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. III급 부정교합 환자의 F1 값은 정상교합자에 비해 모음 /a/에서 유의하게 크고, /ɯ/에서 유의하게 작았다. F2 값은 정상교합자에 비해 모음 /ɛ, ɐ/에서는 유의하게 작고, /ɪ, ʊ, ɔ, ʌ/에서 유의하게 컸다.
2. III급 부정교합 환자의 F2/F1 값은 /ɛ, ʌ, ɪ, ʊ, ɔ, ʌ/에서 유의하게 달랐으며, F3/F1 값은 /ɛ, ʌ, ɪ, ʌ/에서 유의하게 달랐다.
3. III급 부정교합 환자의 포먼트 도표에서는 모음 /a/가 눈에 띄게 낮은 자리에 위치하고 있었으며, F2 값들은 정상교합자에 비해 중앙으로 모인 형태로 나타났다.
4. 모음 삼각도의 거리와 면적을 구한 결과, 모음 /i/와 /ɪ, ʌ/와 /ɯ/ 사이의 거리는 III급 부정교합 남성이 정상교합 남성에 비해 각각 1.074, 1.02배 길었다. 모음 /ɯ/와 /i/ 사이의 거리는 정상교합 남성의 0.987배였다. III급 부정교합 환자의 모음 삼각도 면적은 정상교합자에 비해 1.2배 큰 공간을 사용하는 것으로 나타났다.

III급 부정교합 환자는 정상교합자에 비하여 저모음에서 높은 F1 값을 나타내었고 후설모음에서 높은 F2 값을 나타내었으며 /a/가 눈에 띄게 낮은 위치에 나타나 저모음의 큰 개구도와 후설모음의 전방화를 보였다. 모음 삼각도에서는 III급 부정교합 환자가 정상교합자보다 수직적으로 넓고 수평적으로는 좁은 공간을 사용하는 것을 보여주었다. 이러한 III급 부정교합 환자의 발음 특성은 돌출된 하악과 낮은 혀의 위치, 후설의 전진과 같은 구조적인 특징과 관련이 있는 것으로 보인다.

참고문헌

1. Koo HS: Characteristics of english vowels spoken by Koreans. Kor J Speech Sci 2000;7:107-16.
2. Koo HS: An acoustic study of the pronunciation of english vowels uttered by Korean regional dialect speakers. Kor J Speech Sci 2001;8:193-206.
3. Moon SJ: A fundamental phonetic investigation of Korean monophthongs. J Phonetic Society of Korea 2007;62:1-17.
4. Seong CJ: A formant analysis of the Korean monophthongs of the college students speaking chungnam dialect. J Linguistic Society of Korea 2005;43:189-213.
5. Yang B: A study on vowel formant variation by vocal tract modification. Kor J Speech Sci 1998;3:83-92.
6. Park YC: An acoustic analysis of pronunciation in children with Angle's class II div.1 malocclusion. Graduate school of Seoul

- national university 1997.
7. Park JS: An acoustic analysis of abnormal pronunciation in children with anterior crossbite. Graduate school of Seoul national university 1996.
 8. Jeong SY: An acoustic study of children who received anterior crossbite correction. Graduate school of Seoul national university 2002.
 9. Choi JH: A study of acoustic phonetics of Korean vowel sounds in the primary dentition. Graduate school of Seoul national university 1994.
 10. Lee SJ, Kim TW, Suhr CH: Study of recognition of malocclusion and orthodontic treatments. Korean J Orthod 1994;24:193-8.
 11. Committee of white paper for malocclusion. Report of measurement study for normal occlusion with stone model. Korean association of orthodontics 2000.
 12. Vorperian HK, Kent RD: Vowel acoustic space development in children : a synthesis of acoustic and anatomic data. J Speech Lang Hear Res. 2007;50:1510-45.
 13. Guay AH, Maxwell DL, Beecher R: A radiographic study of tongue posture at rest and during the phonation of /s/ in class III malocclusion. Angle Orthod 1978;48:10-22.
 14. Subtelny JD, Mestre JC, Subtelny JD: Comparative study of normal defective articulation of /s/ as related to malocclusion and deglutition, J Speech Hear Disord. 1964;29:269-85.
 15. Bowers J, Tobey EA, Shaye R: An acoustic-speech study of patients who received orthognathic surgery. Am J Orthod 1985;88:373-9.
 16. Niemi M, Laaksonen JP, Peltomaki T, Kurimo J, Aaltonen O, Happonen RP: Acoustic comparison of vowel sounds produced before and after orthognathic surgery for mandibular advancement. J Oral Maxillofac Surg 2006;64:910-6.
 17. Lee AS, Whitehill TL, Ciocca V, Samman N: Acoustic and perceptual analysis of the sibilant sound /s/ before and after orthognathic surgery. J Oral Maxillofac Surg. 2002;60:364-72.
 18. Yoo HJ, Kim YH: An acoustic analysis on the pronunciation of Korean vowels in normal occlusion. J Acoustical Society of Korea 2007;24:205-8.