

비성화된 모음의 음형대 특성 연구

김효정* 정옥란* 권도하*
* 대구대학교 언어치료학과

A Study about Formant Characteristics of Nasalized Vowels

Hyo-jung Kim*, Ok-ran Jeong*, Do-ha Kwon*
* Department of Speech-Language Pathology, Taegu Univ.

hyojaung2@hanmail.net, oj@taegu.ac.kr, dhkwon@taegu.ac.kr

Abstract

The purpose of this paper was to analyze the effects of nasalization on vowels. Ten males and 7 females produced 5 vowels (/a/, /e/, /i/, /o/, /u/) in conditions: normal and nasalized. In this study we compared normal vowels' formant with nasalized vowels' and examined nasal-formant in the nasalized vowels. The results was as follows: First, there was a significant difference between normal vowels and nasalized in terms of F1 and F2. Second, the nasal formants were observed in nasalized vowels more frequently in females than males. Third, N1 appeared to influence F1 of vowels whereas N2 seemed to have an impact on F2 and/or F3.

I. 서론

모음의 비성화 현상에는 모음이 비음에 인접할 때 나타나는 정상적인 비음화 현상과 구개열 혹은 VPI(연인 두 기능 부전) 등으로 인한 비정상적인 모음의 비성화 현상이 있다. 정상적인 경우이든, 비정상적인 경우이든 모음의 비성화 현상은 음향학적인 측면에서 변화를 일으키고, 그러한 변화는 음향학적인 기록의 해석을 어

렵게 한다. 이러한 이유로 과비성의 특성을 보이는 구개열 혹은 VPI 환자들의 음성을 음향학적으로 분석할 때 해석에 주의를 요하게 된다.

많은 연구자들이 모음의 비성화에 대한 단일한 음향학적인 단서를 찾으려는 시도를 하였다. 그리고 비성과 연관된 특정 스펙트럼 상의 특성들이 여러 연구자들에 의해 보고되어왔다. 대부분의 연구들은 F1의 상대적인 약화와 250Hz 부근에서 스펙트럼 에너지의 상대적인 강화와 같은 여러 가지 부가적인 단서들이 모음의 비성화에 대한 지각적인 요소라고 제안하였다. 그러나, 이러한 특성들 중 어느 하나가 모든 모음 유형을 동일하게 지지하지는 않는다. 비강이 구강에 연결된 음향학적인 결과는 모음의 고유한 특성에 따라 각각 다른 스펙트럼의 변형을 예측하기 때문이다.[1][2]

이러한 비성화된 모음은 음형대 뿐만 아니라, 반음형대를 가진다. 반음형대 혹은 반공명은 비강에서의 공명주파수 주위 에너지의 선택적인 흡수로 인해 나타난다[Hattori, 1958] 반음형대는 주성로인 구강로에 부수적인 성로인 비강이 연결될 때, 동일한 주파수에서 잉여 음형대와 함께 쌍으로 형성된다. 이렇게 형성된 각 쌍의 음형대와 반음형대는 구강과 비강의 연결정도가 증가함에 따라 서로 분리된다. 연구개가 내려져 있는 비성화된 모음의 경우, 그러한 비성 음형대와 반음형대의 가장 낮은 쌍이 일반적으로 제 1음형대보다 약간 위에 만들어진다. 가장 낮은 반음형대 주파수는 종종 모음의 가장 낮은 음형대와 교차하기도 한다. 이러한 교차가 일어날 때, 구강 음형대와 비강의 반음형대는

서로 상쇄된다.

본 연구의 목적은 비성이 모음의 음형대에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 것이다. 이러한 목적을 위한 연구 문제는 첫째, 동일한 화자가 발성한 모음과 비성화된 모음의 음형대 주파수가 통계적으로 유의한 차이가 있는가, 둘째, 비성화된 모음에서 비음형대는 성별과 모음의 종류에 따라서 어떻게 다르게 나타나는가, 셋째, 각 모음의 고유 음형대와 비음형대가 상호작용하는 유형은 어떠한가 하는 것이다.

II. 연구 방법

본 연구에서는 비성이 모음의 음형대에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기로 대구·경북지역에 거주하는 17명의 대학생과 대학원생(남 10명, 여 7명)이 본 실험에 참여하였다. 피험자의 평균 연령은 24.6세(연령범위: 20-32세)였다. 피험자들은 비음측정기의 헤드셋을 착용하고, 10cm 거리의 마이크 앞에서 음성을 녹음하였다. 대상자들은 5개의 모음(/ㅏ/, /ㅓ/, /ㅣ/, /ㅜ/, /ㅡ/)을 일상적인 형태로 3회 발성한 후 곧이어, 인위적으로 비성을 포함시켜 비성화된 모음을 3회 발성하였다. 모든 대상자들은 비성화된 모음을 산출하기 전, 비음측정기를 이용하여 비성도에 대한 시각적인 피드백을 받으면서, 평상시 각 모음의 비성도보다 30% 이상의 비성도 산출하도록 연습하였다. 또한 이때, 모음에서 비성화된 모음을 발성할 때 혀나 턱이 함께 움직이지 않도록, 음도나 강도를 높이지 않도록 주의를 주었다. 필요한 경우, 검사자가 모델을 제시하였고, 음도와 강도에 대해서도 시각적인 피드백을 제시하여 교정하였다.

모음의 비성도(nasalance)를 측정하기 위하여 Key Elemetrics사의 비음 측정기(Nasometer Model 6200)를 사용하였다. 비음측정기는 발음 시 구강 및 비강으로 흘러나오는 공기 유량을 음향에너지로 변환시켜 비강 에너지를 구강에너지와의 합에 대한 백분율 한 값을 비성도로 측정하는 장비이다. 대상자들이 발성한 모음과 비성화된 모음의 비성도 차는 평균 39.84%(±12.92%)였고, 남녀 집단 간의 비성도 차에 대하여 independent *t*-test를 실시하였을 때, 통계적으로 유의한 차를 보이지 않았다.

음향학적 측정을 위하여 PCquirer(SCICON R & D, U.S.A)를 사용하여 11025Hz의 표본 추출율로 녹음하였다. 스펙트로그램과 음형대 분석은 praat version 4.1.9를 이용하였다. 모든 자료 수집은 대구대학교 언어병리실험실에서 이루어졌다.

본 연구에서는 비성이 모음의 음형대에 어떠한 영향

을 미치는지 알아보기로 먼저, 모음과 비성화된 모음의 음형대를 비교 분석하였다. 이 때 음형대 분석을 위한 세팅은 maximum formant는 5500Hz로, window length는 .025s로, pre-emphasis는 50Hz로 하였다. Reetz(1991)는 낮은 차수로 LPC분석을 할 경우 F1의 주변에 존재하는 부가적인 음형대를 단지 F1의 부분으로 나타낼 수 있기 때문에 LPC 분석에서 비강 공명을 탐지하기 위해서는 높은 차수를 지정해야한다고 하였다[2]. 본 실험에서는 음형대의 수를 지정할 때, 남자의 경우 5~6으로, 여자의 경우 4~5로 하였다. 음형대 분석 후, 모음과 비성화된 모음의 음형대 주파수의 차이가 통계적으로 유의한지 알아보기 위하여, 윈도우용 SPSS 10.0.7을 이용하여 paired *t*-test를 실시하였다. 저음역에 나타나는 부가적인 음형대들을 분석하기 위하여 차수를 바꿔가면서 시각적으로 확인을 하였다. 이때, 차수를 바꿀 때, 정상 모음의 경우 큰변화가 없으나, 비성화된 모음의 경우, F1, F2의 값에 많은 차이가 있었고, 그 가운데 확일되게 어느 하나의 샘플을 수집하기 보다 비성화의 특성(비음형대 등)을 더욱 잘 드러내는 그러한 수치로 분석에 임하였다[1].

III. 분석 결과

1. 모음과 비성화된 모음의 음형대 분석

수집한 각 모음과 비성화된 모음의 음형대를 분석하였다. 모음과 비성화된 모음에서 나타나는 음형대의 차이가 통계적으로 유의한지 알아보기 위하여 남녀 각각의 집단에서 paired *t*-test를 실시하였다. 그 결과는 아래 표1과 2에 제시하였다.

본 실험 대상자 가운데 남성의 경우, 모음과 비성화된 모음의 음형대를 비교하였을 때, 5개 모음의 F1값이 비성화될 때 모두 통계적으로 유의한 수준으로 상승하였다. F2의 경우, /ㅏ/모음에서는 유의하게 낮아졌고, /ㅓ/모음에서는 유의한 수준으로 상승하였다. F3의 경우 /ㅡ/모음에서만 유의하게 상승하였다.

여성의 경우, 모음과 비성화된 모음의 음형대를 비교하였을 때, /ㅏ/, /ㅣ/ 모음에서 F1의 값이 통계적으로 유의하게 감소하였다. F2의 값은 /ㅏ/와 /ㅓ/ 음에서 유의한 감소를 보였고, /u/모음에서 유의한 상승을 보였다.

남성의 경우, 비성화된 모음이 평상시 모음보다 F1의 상승을 나타내었고, 여성의 경우, 비성화된 모음이 대체로 평상시 모음보다 F1의 감소를 나타내었다.

표 1. 남성 대상자의 모음과 비성화된 모음의 음형대 비교

남(10)	F1		F2		F3		F4		
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
/ㅏ/	a	658.7	49	1137.8	65	2625.9	174	3475.7	201
	ā	734.0	70	1082.8	84	2713.1	222	3443.6	125
	p	.001***		.000***		.018		.358	
/ㅓ/	e	466.7	35	1844.9	145	2584.8	212	3649.3	353
	ē	567.9	77	1802.2	140	2569.6	125	3478.2	155
	p	.000***		.060		.686		.006**	
/ㅣ/	i	288.3	52	2143.7	127	2790.0	186	3507.7	172
	ī	355.8	88	2154.1	145	2769.0	257	3550.0	126
	p	.000***		.691		.698		.057	
/ㅜ/	o	421.7	50	787	76	2553.6	142	3309.4	236
	ō	515.2	166	886.1	212	2579.3	242	3359.7	181
	p	.005**		.018*		.497		.028*	
/ㅠ/	u	338.4	58	810.9	104	2349.2	95	3298.1	141
	ū	497.4	153	895.9	261	2531.7	127	3398.0	186
	p	.000***		.109		.000***		.012*	

*: p<.05, **: p<.01, ***: p<.001

표 2. 여성 대상자의 모음과 비성화된 모음의 음형대 비교

여(7)	F1		F2		F3		F4		
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
/ㅏ/	a	915.8	79	1584.3	146	3116.3	264	4432.1	155
	ā	570.9	235	1335.6	147	3067.1	500	4050.7	470
	p	.000***		.000***		.612		.001**	
/ㅓ/	e	597.9	67	2452.3	106	3387.1	271	4600.2	264
	ē	464.2	145	2332.0	311	3330.6	374	4409.0	466
	p	.000**		.076		.459		.072	
/ㅣ/	i	365.2	59	2714.1	152	3542.8	257	4564.2	202
	ī	371.8	72	2837.8	186	3662.9	398	4554.2	283
	p	.666		.001**		.143		.842	
/ㅜ/	o	473.0	63	970.0	50	2944.7	189	3922.5	274
	ō	467.2	150	963.9	97	2812.1	360	3569.2	292
	p	.842		.003**		.108		.000***	
/ㅠ/	u	417.1	36	946.3	100	2780.7	109	3997.4	289
	ū	411.5	135	1014.9	195	2856.8	181	3949.7	247
	p	.837		.040*		.120		.517	

*: p<.05, **: p<.01, ***: p<.001

2. 비성화된 모음에서 비음형대의 출현 경향

남녀 대상자 집단의 비성화된 모음의 스펙트로그램에서 음형대를 구할 때, 비음형대가 관찰되는 경우가 있고, 그렇지 않은 경우가 있다. 각 샘플에서의 비음형대의 출현 경향은 아래의 표 3과 같았다.

표3. 비성화된 모음에서 비음형대 출현 비율

		ā	ē	ī	ō	ū	성별
남	N1	6.7%	0%	0%	16.7%	11%	6.8%
	N2	0%	13.3%	10%	20%	40%	16.3%
여	N1	61.9%	33%	0%	33%	23.8%	30.4%
	N2	57.1%	47.6%	61.9%	52.3%	14.2%	46%

N1: 가장 낮은 주파수의 비성형대

N2: N1보다 높은 주파수의 비성형대

남성의 경우는 발성한 전체 비성화된 모음(147개) 중에서 N1은 6.8%, N2는 16.3%가 출현하였다. 여성의 경우 전체 비성화된 모음(105개) 중에서 N1은 30.4%, N2는 46%가 출현하였다. 남성보다 여성이 산출한 비성화된 모음에서 더 많이 나타났다. 또 남성화자들의 경우, N1은 모음/ㅜ/에서, N2는 모음/ㅠ/에서 가장 많은 비음형대가 관찰되었고, 여성 화자들의 경우, N1은 모음/ㅏ/에서, N2는 모음/ㅣ/에서 가장 많이 관찰되었다. 남녀 모두에서 동일하게 N1보다 N2가 더 많이 관찰되었다.

3. 모음의 고유 음형대와 비음형대의 상호작용 유형

비음형대인 N1이 인접한 음형대 F1에 어떠한 영향을 주는지 그 패턴을 요약해 보았다. 비음형대인 N1이 250~300Hz 사이에서 나타날 때, 고모음인 /ㅣ/의 경우 원래의 F1과 N1이 겹쳐져 나타나는 경우, F1의 변화는 크지 않다. N1의 위치는 비강의 구조나 크기에 따라, 또 비강과 구강이 연결된 정도에 따라 달라질 수 있고, F1 역시 항상 고정된 값이 아니기 때문에 그 영향은 측정된 F1의 값이 상승 혹은 하강할 수 있다. 저모음 /ㅏ/의 경우, F1이 900Hz 안팎이고, N1이 약 300Hz에 위치하는 경우, 그 사이에 비강의 반음형대가 나타날 것이다. 모음/ㅏ/와 함께 모음/ㅓ/의 경우 3가지 경우가 일어날 수 있는데, N1의 에너지가 작고 F1의 에너지가 상대적으로 크다면, 원래 F1의 값이 그대로 실현되지만, 그 사이에 존재하는 반음형대의 영향으로 F1이 낮아지고 주파수가 떨어질 것이다. 두 번째 경우, F1의 에너지보다 N1의 에너지가 더 크고, 반음형대가 F1과 겹치는 경우, F1의 에너지는 완전히 상쇄되거나 약화될 것이고, N1이 새로운 F1으로 실현될 것이다. 될 것이다. 세 번째 경우는 N1과 F1이 모두 실현되는 경우가 있고, 이때는 대체로 F1이 기존의 값보다 상승되었다. 이러한 경우 기기로 분석을 할 경우, 혹은 N1에 대한 지식이 충분히 없는 경우는 N1을 F1으로, F1을 F2로, F2를 F3로 잘못 측정하게 되는 경우가 많다.

첫 번째 비음형대(N1)과 첫 번째 반음형대(AN1)가 F1

에 주로 영향을 미친다면, 두 번째 비음형태(N2)는 주로 F2와 F3에 영향을 준다. 모음/개/와 /ㅣ/의 경우 N2가 F1과 F2사이에서 관찰되고, 나머지 모음에서는 모두, F2와 F3사이에서 N2가 관찰되었다.

IV. 결론

모음이 비성화 될 때, 음형대는 어떠한 영향을 받는지를 알아보기 위해 모음과 비성화된 모음의 음형대를 비교하였을 때, 남성의 경우 모든 모음의 F1 주파수가 상승하였고, 여성의 경우 /ㅏ/와 /ㅓ/ 모음에서 F1 주파수가 하강하였다. 여성의 경우는 기존의 연구들의 결과와 일치하였지만, 남성의 경우 상반되는 결과가 나왔다. 이는 비성의 특성으로 인식되는 낮은 주파수의 비음형태의 영향을 분리하였는지, 그렇지 않았는지의 차이로 해석할 수 있다. 경우에 따라서 비음형태와 함께 반음형태의 위치와 스펙트럼 에너지가 어느 정도 인가에 따라서 F1에 달리 영향을 줄 수 있다.

비음형태는 여성의 비성화된 모음에서 더 많이 실현되었고, 남성의 경우 비음형태가 비교적 적게 실현되었다. 비음형태가 원래의 스펙트럼에 미치는 영향이 여성에게서 더 현저하게 나타난다고 할 수 있다.

모음의 고유 음형대와 비음형태의 상호작용을 설명하기 위해서는 더욱 복잡하고 진보된 모델과 가설이 필요하다. 본 연구에서는 그러한 가설을 세우는데 작은 도움이 되도록 그 현상적으로 나타나는 면만을 설명하고자 하였다. 특히 F1과 N1이 어떤 유형으로 실현되는가에 따라서, 비성화된 모음의 연구에 있어서 상이한 결과를 도출하게 되는 이유가 된다. 따라서 비성화된 모음의 음형대를 측정할 때에는 비음형태의 출현 가능성을 염두에 두고, 결과를 분석하거나 해석해야 할 것이다.

모음의 음형대에 미치는 비성성의 영향은 하나의 단일한 현상을 일으키지는 않는다. 모음에 종류에 따라 화자에 따라 원래의 F1과 F2의 위치가 다르고, 또한 비성성에 나타나는 N1이나 AN1의 위치나 에너지도 비강의 크기나 연인두문의 개방 정도에 따라서 달라지기 때문에 획일적이고 일목요연한 결과를 얻을 수 없는 것은 당연한 일이다. 그러나, 그러한 복잡한 현상을 좀 더 과학적이고 합당하게 기술하기를 희망하였고, 그러한 희망에 한 걸음 나아가기 위하여, 모음과 비성화된 모음의 스펙트로그램과 함께 음형대를 분석하였다. 본 연구에서는 반음형태를 추정하여 해석하였을 뿐 직접적인 분석을 시도하지 않았으므로 추후 연구에서는 스

펙트럼 분석을 통하여 반음형태를 확인하고, 반음형태가 모음의 음형대에 미치는 영향에 대해서도 더 깊이 있는 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] S Maeda, Acoustics of vowel nasalization and articulatory shifts in French nasal vowels. In Huffman, M.K. & Krakow, R.A. (eds), *Phonetics and Phonology 5: Nasals, Nasalization and the Velum*. Academic Press. 147-167. 1993.
- [2] R. A. Krakow, & M. K. Huffman, Instruments and techniques for investigating nasalization and velopharyngeal function in the laboratory: an introduction. In Huffman, M.K. & Krakow, R.A. (eds), *Phonetics and Phonology 5: Nasals, Nasalization and the Velum*. Academic Press. 3-59. 1993.
- [3] 성철재, “한국어 비음의 음향학적 특성에 관한 실험음성학적 연구”, *말소리* 제31-32호, pp.9~22, 1996.
- [4] 안중복, 신명선, 노동우, 백은아, 정옥란, “비성이 음질에 미치는 영향에 대한 음향학적 연구” *음성과학* 제9권, pp. 2002.
- [5] 이성은, 황민아, 최홍식. 2001. 인위적 연인두 폐쇄 부전시 비음화된 모음의 포먼트 특성. *한국언어청각임상학회 학술대회*.
- [6] 이종환, 신호근, “구개열 언어의 비음화에 관한 공기역학 및 음향학적 연구”, *음성과학* 제5권, pp.105~119, 1994.
- [7] 홍기환, 김성완, 윤희완, 조윤성, 문승현, 이상현. 2001. 구개인두성형술 후 음성의 음향학적 변화. *음성과학*, 8(2).
- [8] Kent, R.D. & Read C. R. 2002. *The acoustic analysis of speech*, 2nd ed. Albany. Singular Thomson Learning.
- [9] Steven, K. N. 1998. *Acoustic Phonetics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [10] Pickett, J. M. 1999. *The acoustics of speech communication*. Boston. Allyn and Bacon.
- [11] Tronnier. 1998. *Nasals and nasalisation in speech production*. Lund University Press.
- [12] Fujimura, O. & Erickson, D. *Acoustic phonetics*. In Hardcastle, W. J. & Laver, J.(eds), *The handbook of phonetic sciences*. Oxford: Blackwell Publishers.