

구개의 높이가 한국어 모음 발음에 미치는 효과에 관한 연구

정보윤¹ · 임영준² · 김명주² · 남신은³ · 이승표³ · 권호범^{2*}

¹서울대학교 치의학대학원, ²서울대학교 치의학대학원 치과보철학교실, ³서울대학교 치의학대학원 구강해부학교실

연구 목적: 이 연구의 목적은 한국 성인 남녀 유치악자를 대상으로 구개의 높이가 한국어 모음 발음에 미치는 영향을 분석하는 것이다.

연구 재료 및 방법: 발음, 청력 및 의사소통에 문제가 없고 음성 관련 병력이 없는 23세부터 40세까지의 건강한 한국인 남녀 41명이 연구에 참여하였다. 피험자들의 인상 체득 후 제작된 연구모형을 가지고 구개 폭과 깊이를 고려하여 피험자들을 구개 높이 정도에 따라 고, 중, 저 세 군으로 구분하였다. 피험자들에게 7가지의 한국어 모음을 발음하도록 하여 녹음하고, 음향학적 분석 프로그램을 이용하여 모음들의 F1 포먼트와 F2 포먼트를 산출하였다. /ㅏ, ㅣ, ㅑ, ㅓ/ 세 모음의 평균 포먼트 값을 이용하여 모음 공간 삼각형을 작성하였다. 구개 높이에 따라 분류한 세 군 간에 포먼트의 차이와 모음 공간 삼각형의 면적 차이가 있는지 분석하였다. 통계방법으로 Kruskal-Wallis 검정과 Mann-Whitney U 검정이 사용되었다 ($P < .05$).

결과: 구개 높이에 따른 세 군 간에서는 /ㅣ/ 모음에서 F2 포먼트의 값만 차이가 있었고 ($P=0.003$), /ㅣ/를 제외한 다른 모음에서 포먼트 값은 차이가 없었다. 평균 포먼트 주파수를 좌표값으로 이용한 모음 공간 삼각형은 세 군 모두 비슷한 모양을 나타내었고 면적은 세 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P=0.096$).

결론: /ㅣ/ 모음을 제외하고는 구강내 해부학적 구조 차이가 존재해도 구개 높이에 따라 분류한 피험자간 모음의 발음차이가 없었고 발음명료도의 차이도 없어 구개 높이에 대해 혀의 보상작용이 어느 정도 존재하는 것으로 판단된다. (*대한치과보철학회지 2010;48:69-74*)

주요단어: 구개높이, 모음, 포먼트, 모음 공간

서론

음성을 형성하는데 관여하는 기관으로는 비강, 윗입술, 아랫입술, 윗니, 아랫니, 치경, 경구개, 연구개, 구개수, 구강, 인강, 후두덮개, 성대 등이 있다.¹ 이러한 요소들은 상호 관계 속에서 발음을 형성하고, 각 기관의 형태나 구조는 복잡한 상관관계를 가져 발음 시 독립적으로 작용하지 않는다.² 구강내 구조와 형태는 어느 하나가 발음을 구분 짓는 결정요소라고 하기는 어렵지만 하지만,³ 발성 기관은 그 자체가 음향에 영향을 미치기도 하고 발음에 필요한 판단에 영향을 미칠 수도 있어 발성 기관의 형태와 기능은 올바른 발음 형성에 중요하다. 발성 기관의 대부분은 치의학 영역에 위치하고 있고 구강 및 관련 구조를 치료하는 치과보철학의 결과와 발음 간에는 밀접한 관계가 있다. 그러나 치과보철학 분야에서 보철치료 후 발음의 변화 및 개선은 저작, 교합, 심미와 관련된 기능적인 면에 비해 연구가 적었고 환자의 적응력에 의존하는 경우도 있었다.⁴ 성도의 공명 효과에 영향을 줄 수 있는 성도 길이 및 횡단면적의 변화와 연관된 구강내 구조의 변이는 다양하다. 그 중 구개부의 높이는 성도 공명 시 구강 용적에 영향을 주는 요소가 될 수 있다. 보철 치료에 의한 구개 높이 변화가 발음 형성에 영향을 준다는 점을 볼 때,⁵ 개개인의 구개 높이 차이는 발음에 영향을 미

치는 중요한 요소로 고려될 수 있다. 또한 보철 치료에 있어서 구개형태는 치아 형태, 배열 및 의치의 구개 형성 등의 기준으로 사용될 수 있기 때문에 중요하다.

한국어의 모음에 관한 음향학적 연구는 음성학, 음성공학을 비롯한 여러 분야에서 다양한 목적으로 진행되어 왔다.^{5,6} 현재까지 발음에 관한 치의학 분야의 연구로는 악교정 수술 전후의 발음에 대한 연구, 교정치료의 전후 발음에 관한 비교, 그리고 보철학 영역의 의치 제작과 관련된 치아배열, 구개부 형성, 하악 안정위와 교합고경에 관련된 발음 연구 등이 있었다.⁷⁻¹¹ 악안면보철 영역에서는 선천성 구개결손에 관한 발음 연구,¹² 상악 절제술을 받고 감소되었던 발음의 명료도가 폐쇄재치 사용 후 개선되었다고 보고된 연구 등 상악 절제술에 관계된 발음 연구와¹³ 하악에서 조직 절제 후 발음의 변화 등에 관련된 연구가 행해져 왔다.¹⁴

음성학에서 음성 분석에 흔히 이용되는 포먼트 (formant)는 성도의 공명 시 주파수를 의미하며 모음의 특징을 반영한다.¹⁵ 포먼트 값은 음성을 시간, 주파수, 진폭을 나타내는 스펙트로그램 상에서 몇 개의 주파수 대역에 집중되는 에너지 띠를 의미한다.¹⁵ 보통 포먼트는 성도의 모양을 반영하는데 사람의 성도 길이에서 만들 수 있는 포먼트는 5개라고 알려져 있으며, 이 중에서 제1 포먼트 (F1)와 제2 포먼트 (F2)의 주파수가 모음의 특

*교신저자: 권호범

110-749 서울시 종로구 연건동 28-22 서울대학교 치의학대학원 치과보철학교실 02-2072-3816; e-mail, proskwon@snu.ac.kr

원고접수일: 2009년 12월 21일 / 원고최종수정일: 2010년 1월 14일 / 원고채택일: 2010년 1월 15일

성을 많이 결정한다고 알려져 있다.² F1은 모음의 혀 높이에 영향을 받고, F2는 혀의 전향성(advancement)과 관련이 있어, F1 값은 혀의 위치가 높아질수록 작아지고, F2 값은 혀의 위치가 전방으로 이동할수록 커진다고 알려져 있다.^{6,16} 발음의 명료도 평가를 위해서는 청취검사를 통해서 화자가 발음한 문장과 청자가 듣는 문장이 얼마나 일치하는가를 평가하는 청지각적 평가가 주로 사용되어 왔으나, 이 방법은 주관적인 방법으로 평가자에 의해 결과가 달라질 수 있다. 최근에는 발음의 명료도와 모음의 음향학적인 성질의 연관성을 밝히는 연구가 보고되고 있다.¹⁷ 모음 공간은 모음 발생에서 구강 구조가 움직이는 공간을 나타내는 지표로써 모음 중 /i/, /a/, /u/ 발음의 F1과 F2 값에서 측정된 모음공간이 넓을수록 발음의 명료도가 높아지는 비례 관계에 있다는 보고가 있다.¹⁸⁻²⁰

정상군의 구개형태에 따른 발음의 음향학적 분석은 향후 총의치, 구개폐쇄장치 등 가철성 보철치료, 임플란트를 사용한 고정성 보철치료 등의 발음연구 시 기준이 될 수 있기 때문에 중요하다. 본 연구의 목적은 한국 성인 남녀 유치악자를 대상으로 구개의 높이가 한국어 모음 발음에 미치는 영향을 분석하는 것이다.

연구 재료 및 방법

1. 피험자

연구대상은 서울대학교 치의학대학원 학생 및 서울대학교 치과병원 직원 중 자발적으로 참여 의사를 밝힌 건강한 남자와 여자를 대상으로 하였다. 연구에 참가한 피험자는 모두 연구에 대한 설명을 듣고 과정을 이해하였으며 서면으로 참여에 동의하였다. 이 연구의 계획과 방법은 서울대학교 치과병원 연구윤리심의 위원회의 승인을 받았다. 모든 피험자는 치과의사가 청지각적으로 판단하기에 음질 상의 문제가 없었고, 검사자의 지시에 따르는 수준에 근거하여 청력 및 의사소통의 문제도 없었다. 성대에 영향을 줄 수 있는 성대 폴립, 성대 결절 등의 음성 관련 병력이 있는 피험자, 호흡계질환을 가지고 있거나 병력이 있는 피험자, 질병 혹은 치료로 인해 최근 구강 내 환경의 급격한 변화가 있는 피험자, 전치에서 구치까지 무치악 부위가 있는 피험자는 연구에서 제외하였다. 피험자들은 모두 41명이었으며 이 중 남자는 35명 여자는 6명이었다. 피험자들의 나이는 23세부터 40세까지 분포하였으며 평균나이는 27.97세였고, 출신지는 다양하였다.

2. 구개 높이 분류 및 구개 높이 측정

구강 내 해부학적 구조에 대한 연구용 모형 제작을 위하여 기성 메탈 트레이와 비가역성 수성 콜로이드 인상재(Aroma Fine DF III, G-C Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 환자의 상악인상을 채득하고, 경석고(Hydrock, KERR, Orange, USA)를 부어 연구

모형을 제작하였다. 완성된 연구모형을 가지고 임상적으로 경구개 높이 분류를 하였다. 경구개 높이 분류는 발음에 영향을 많이 미칠 것으로 예상되는 제1대구치 중심와를 지나는 선을 연결한 경구개 부분에서의 높이를 평가하였다. 임상적인 경구개 높이 분류는 보철학을 전공한 치과의사 2명과 치의학 대학원생 1명이 판단하였다. 3명 모두 구개 높이에 의견이 일치할 때 최종 분류하였으며, 불일치 할 경우 각자 기준에 따른 분류 이유를 토론하여 모두 의견이 일치되도록 하였다. 소구치 기준점 간 폭경과 구개 높이의 비율을 감안하여 구개가 높은 모형을 H군, 구개 높이가 중간인 모형을 M군, 그리고 구개 높이가 낮은 모형을 L군으로 분류하였다.

임상적으로 분류한 3군의 신뢰성을 검증하기 위하여 측정 기구를 사용하여 연구모형 상에서 구개 높이를 분석하였다. ABS Digimatic Caliper (Mitutoyo corp., Kawasaki, Japan)를 이용하여 양쪽 제1대구치 중심와를 연결한 선을 측정하여 구개 폭으로 정하였고, 상악 구개측교두를 연결한 선과 정중선이 만나는 선에서 수선을 내려 구개에 닿을 때까지의 선을 구개 깊이로 정하였다. 구개 폭에 대한 구개 깊이 값을 구하여 구개 비로 정하고 구개 비의 차이를 구개 높이의 차이로 설정하였다. 임상적으로 분류한 3군의 구개 비를 구하여 값들을 비교하여 임상적인 구개 분류의 신뢰성을 측정하였다. 구개 비의 비교는 Kruskal-Wallis test와 Mann-Whitney U test를 사용하였고, P 값이 0.05 보다 작을 때 통계적으로 유의성 있는 것으로 간주하였다.

3. 음성녹음

음성 재료의 녹음 시에는 컴퓨터와 직접 연결된, 헤드셋 형태의 마이크로폰(PC150, Senheiser, Albuquerque, USA)을 사용하였다. 헤드셋을 피험자의 머리에 위치시킨 다음 피험자의 입과 마이크로폰과의 거리가 5cm가 되도록 하였다. /a, e, i, u, ɔ, ɜ, ʌ, ɪ/ 7가지 한국어 단모음을 검사대상으로 하였다. 환자들은 종이에 제시된 모음을 보고 단모음을 3초 이상 안정되게 연장 발성하도록 하였다. 음성녹음에는 음향학적 분석 도구로 컴퓨터에 설치된 MDVP Advanced (Multidimensional Voice Program Advanced, Kay Elemetrics, Lincoln Park, USA)를 사용하여 컴퓨터에 직접 녹음하였다. 녹음은 표본추출률 44,000 Hz, 양자화 16 bit로 녹음되었고 분석 시는 11,250 Hz로 다운샘플링하여 사용하였다.

4. 포먼트 분석 및 모음 공간 분석

모음의 연장 발성 중 일시적으로 우연히 나타나는 음도 및 음성 일탈, 혹은 떨림이 포함되어 있지 않는 안정된 부분 0.5초를 편집해 내어 이를 분석대상으로 하였다. 선택된 모음 안정 구간에서 스펙트로그램을 얻고 녹음 시와 같은 프로그램을 사용하여 포먼트 주파수 분석을 하였다. 포먼트 주파수는 첫번째와 두번째인 F1과 F2를 추출하였다. 실험에 사용된 각 모음

에 대해 구개 높이에 따른 세 군 간의 포먼트 주파수 차이가 있는지 비교하였다. 구개 높이에 따른 발음명료도의 차이를 분석하기 위해서 /a, ɔ, ɨ, ɯ/ 세 모음을 잇는 모음삼각형을 작성하고, 모음삼각형의 면적을 비교 하였다. 각 모음의 F1과 F2 값을 F1과 F2 평면에서의 좌표로 보고 세 좌표를 꼭지점으로 하는 모음 삼각형을 도해하고, 삼각형의 면적을 세 좌표를 이용하여 구하였다. 구개 높이에 따른 세 군의 포먼트 값과 모음삼각형 면적의 비교는 Kruskal-Wallis test와 Mann-Whitney U test를 이용하여 비교하였다. P 값이 0.05 보다 작을 때 통계적으로 유의성 있는 것으로 간주하였다.

결과

구개 높이를 분류한 결과 41명의 피험자 중 구개가 높은 군(H 군)은 모두 20명 이었으며, 구개 높이가 중간인 군(M 군)은 14명 이었고, 구개높이가 낮다고 분류된 군(L 군)은 7명 이었다. 각 군의 구개 폭, 구개 깊이, 구개 비를 측정한 값이 Table I에 표시되어 있다. H 군과 L 군의 구개 비는 각각 0.38과 0.35로 유의한 차이가 있었으며 (P=.005), L 군의 구개 비는 0.33으로 H 군의 구개비가 L 군의 구개 비에 비해 유의성 있게 높았다 (P=.001). 그러나 M 군과 L 군의 구개 비 간에는 유의한 차이가 없었다 (P=.360).

Table I. Mean palatal width (mm), mean palatal depth (mm), and mean palatal ratio values

Group		Palatal width	Palatal depth	Palatal ratio
H (n = 20)	Mean	49.93	18.91	0.38
	SD	2.13	1.66	0.03
M (n = 14)	Mean	50.00	17.20	0.35
	SD	3.13	1.78	0.04
L (n = 7)	Mean	52.35	17.05	0.33
	SD	2.92	1.08	0.03

Table II. Mean F1 values (Hz) and standard deviations for the test vowels

Group		/ ㅏ /	/ ㅓ /	/ ㅣ /	/ ㅜ /	/ ㅡ /	/ ㅗ /	/ ㅛ /
H (n = 20)	Mean	763.57	534.07	300.68	398.92	390.51	358.50	559.56
	SD	98.74	112.19	28.60	40.21	113.11	31.98	73.17
M (n = 14)	Mean	814.16	537.40	325.26	413.57	384.11	389.72	723.20
	SD	164.20	82.73	64.88	78.55	138.34	84.74	484.18
L (n = 7)	Mean	802.69	522.54	355.83	387.91	412.37	362.99	602.58
	SD	62.01	45.81	114.30	48.93	78.32	57.79	78.44

F1, first formant frequency

Table III. Mean F2 values (Hz) and standard deviations for the test vowels

Group		/ ㅏ /	/ ㅓ /	/ ㅣ /	/ ㅜ /	/ ㅡ /	/ ㅗ /	/ ㅛ /
H (n = 20)	Mean	1,446.63	1,957.71	2,234.36	864.67	1,096.72	1,437.83	1,123.80
	SD	198.31	173.6	137.45	254.77	391.94	184.72	320.66
M (n = 14)	Mean	1,526.60	2,059.55	2,361.30	812.21	976.98	1,504.51	1,171.32
	SD	385.74	236.16	350.29	166.08	374.13	220.1	661.51
L (n = 7)	Mean	1,425.80	2,188.28	2,484.30	757.48	1,000.64	1,494.61	999.05
	SD	216.32	217.87	232.03	33.59	144.86	273.27	82.25

F2, second formant frequency

세 군의 F1과 F2의 평균과 표준편차가 Table II와 III에 표시되어 있다. 구개 높이에 따른 세 군 간에서는 /ㅣ/ 모음에서 F2 값만 유의한 차이를 보였고 나머지 군에서는 유의한 차이가 없었다. Table III에 각 군간의 포먼트 값 비교 시 P 값이 표시되어 있다. /ㅣ/ 모음 시 차이를 보인 F2 포먼트는 H 군과 M 군(P = 0.484) 그리고 M 군과 L 군(P = .263) 간에는 차이가 없었고, H 군과 L 군 간에 유의한 차이를 보여 H 군의 F2 (2,234.36 Hz)가 L 군의 F2 (2,484.30 Hz)에 비해 유의하게 낮았다 (P = .003).

세 군의 F1, F2의 평균값 좌표에 의한 모음삼각형은 비슷한 모양을 나타내었다 (Fig. 1). 모음삼각형의 면적은 H 군에서 평균 235,666.08 Hz² (SD = 103,627.02 Hz²)였고, M 군에서 평균 347,856.34 Hz² (SD = 152,736.33), 그리고 L 군에서 301,426.79 Hz² (SD = 103,076.35 Hz²)였다. 평균 모음삼각도 면적은 세 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다 (P = .096).

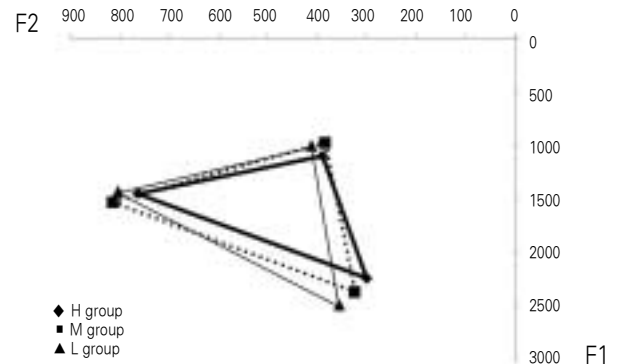


Fig. 1. Vowel working spaces of H, M, and L groups. The apices of the triangle represent the coordinates of the mean values of first two formant frequencies of the vowels / ㅏ /, / ㅓ /, and / ㅣ / produced by the H group (thick solid line), M group (dotted line), and L group (thin solid line).

고찰

이 연구에서 포먼트 주파수의 차이는 구개 높이에 따라 분류한 군 중 구개 깊이가 깊다고 분류한 H 군과 구개 깊이가 낮다고 분류한 L 군 간 /ㅣ/ 모음에서만 나타났다. 포먼트 차이는 F2에서만 관찰되었다. F2는 원순성과 후설성이 높을수록 낮은 값을 보인다고 알려져 있다.²⁾ /ㅣ/ 모음 발음 시 H 군의 F2 값은 L 군의 F2 값보다 유의성 있게 낮았다. 그러므로 H 군의 피험자들이 /ㅣ/ 발음 시 혀의 위치가 더 후방이었다고 말할 수 있다. 이 연구에 사용된 7가지의 한국어 모음 중 /ㅣ/와 /ㅓ/는 모음의 개구도에 따라 분류하면 고모음으로 분류된다. 이들 고모음은 구개와 혀가 가까이에서 조음되는 모음이다. 혀의 전후 위치로 볼 때 /ㅣ/는 전설모음으로 구강 내에서의 공명으로부터 주파수가 높은 에너지를 생성한다.¹⁵⁾ /ㅣ/ 발음 시 혀는 구강 내를 거의 채운다고 알려져 있는데, 이 연구의 결과로 구개와 가장 밀접하게 닿는 부분이 구개가 높은 H 군과 구개가 낮은 L 군 간에 차이가 있다고 유추할 수 있다. 혀의 전후 위치는 구강의 공명특성을 변화시켜 결국 모음의 주파수 특성을 변화시키기 때문에,²¹⁾ 후천적 구개결손을 가진 환자의 폐쇄장치를 이용한 보철치료 시 또는 무치악 환자의 총의치를 이용한 보철치료 시 구개가 높은 환자의 경우 혀의 움직임을 제한하지 않도록 의치상 두께 등을 고려해야 한다. 이전의 자기공명영상법을 이용한 연구에서는 혀의 높이와 구개의 높이와는 서로 관련이 있고, /ㅣ/와 같이 구개와 밀접한 관련 있는 모음의 발음 시 구개와 혀의 공간은 화자간 변이가 적었다고 보고되었다.²²⁾ 같은 연구에서 그 이유는 높은 구개를 가진 피험자의 경우라도 /ㅣ/ 모음의 발음 시는 혀가 능동적으로 보상작용을 하기 때문이라고 해석되었다.²²⁾ /ㅣ/ 모음은 다른 발음 연구에서도 특징적인 양상이 있다고 보고되어,^{21,23)} 향후 연구에서 /ㅣ/ 모음에 대한 좀 더 구체적인 분석이 의미 있을 것으로 생각된다.

이 연구에서 보철과 의사 2명과 치의학과 대학원생이 실측하지 않고 임상적으로 분류한 구개의 깊이는 정밀한 측정기기로 측정하여 산출된 구개 비로 평가 시 대부분 일치하였다. H 군과 M 군 그리고 H 군과 L 군 간에 유의성 있는 구개 비 차이가 확인되었는데, 이는 숙련된 치과 의사의 경우 임상적으로 의미 있는 구개 높이를 구별할 수 있다는 것을 의미한다. M 군과 L 군의 경우 구개 비에서는 차이가 있었으나 통계적으로 유의성 있는 차이가 없었다. 향후 후속 연구에서는 구개의 분류 시 구개가 높은 군과 낮은 군의 2 군으로 분류하는 것이 타당할 수 있다.

/ㅣ/, /ㅣ/, /ㅓ/ 모음의 첫번째와 두번째 포먼트로 이루어지는 모음 공간 삼각형의 넓이는 발음명료도와 관련있다고 알려져 있는데^{18,20)}, 이 연구에서는 3 군의 모음 공간 삼각형의 넓이에 유의성 있는 차이가 없었다. 이 결과는 구개 높이와 발음명료도는 관련이 없는 것으로 해석될 수 있고 구개가 높은 피험자도 혀로 공간을 채워 구강내의 공간활용은 비슷했다고 생각할 수 있다. 모음 공간을 발음 분석에 이용하는 방법으로 3 모음을 이용하는 방법 뿐 아니라 4 모음을 이용하는 방법도 존재하는데, 이 연구에서 모음 공간 분석에 사용된 /ㅣ/, /ㅣ/, /ㅓ/ 모음은 전 세계 많은 언어에서 공통적으로 사용되는 모음으로,²⁴⁾ 보철치료 환자 시와 비교 시 뿐 아니라 다른 언어와의 비교 시에도 유용할 것으로 생각된다.

이 연구에서 구개 형태의 측정은 상악 제1대구치를 기준으로 시행하였다. 구개 형태에 관하여 발음과 관련된 상악 전방부 형태가 중요하다는 연구,¹²⁾ 제1소구치, 견치, 제2대구치에서의 구개형태의 측정 및 구개의 깊이를 측정한 연구,²²⁾ 상악 제1소구치와 제1대구치를 기준으로 한 연구, 어린이에서 제2유구치를 기준삼은 연구 (Knott) 등 이전 연구는 다양하였고, 구개 형태 뿐 아니라 악궁의 형태가 중요하다는 연구^{26,27)}도 있었다. 구개 형태 및 깊이의 측정 방법에 있어서도 상악 치은을 기준으로 한 연구²²⁾, 상악 치아 교합면을 기준으로 한 연구²⁸⁾ 등 측정 부위와 측정방법이 다양하였다. 향후 연구에서는 구개 형태 및 악궁형태 측정 시 객관적인 기준이 될 수 있는 근거가 되는 기준점의 선택과 객관적이고 정밀한 측정방법의 채택이 필요하다.

결론

구개 높이에 따라 피험자를 분류하고 한국어 7개의 모음의 포먼트와 발음명료도의 분석을 시행한 본 연구에서 임상적으로 분류한 구개 깊이는 객관성이 있는 것으로 분석되었다. 발음분석에서 /ㅣ/ 모음을 제외하고는 구개 높이에 따른 발음의 차이가 없었으며 /ㅣ/ 모음에서는 F2 포먼트에서 차이가 있었다. 모음공간 삼각형을 이용한 발음명료도 분석에서는 구개 높이에 따라 발음명료도의 차이가 없었다. 구개 높이에 따른 혀의 보상작용이 존재하기는 하지만 발음에 따라 한계가 있는 것으로 판단되어, 향후 악안면 보철환자나 무치악 환자 등의 보철치료 시 혀의 구개 높이가 높은 환자의 경우는 혀의 보상작용한계 내에 구개상이 위치되도록 하는 것이 추천된다.

Table IV. P values among H, M and L groups

Vowels	/ㅣ/		/ㅓ/		/ㅣ/		/ㅓ/		/ㅓ/		/ㅣ/		/ㅣ/	
P value	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
	0.223	0.969	0.704	0.053	0.287	0.044*	0.78	0.217	0.54	0.275	0.643	0.76	0.195	0.551

*Significant difference

참고문헌

1. Kent RA, Read C. The acoustic analysis of speech. 2nd ed. Thomson Learning; 2002, p. 1-60.
2. Ladefoged P. A course in phonetics. 5th ed. Wadsworth: Cengage learning; 2006, p. 211-36.
3. Marunick MT, Menaldi CJ. Maxillary dental arch form related to voice classification: a pilot study. *J Voice* 2000;14:82-91.
4. Zarb GA, Bolender CL, Eckert SE, Fenton AH, Jacob RF, Mericske-Stern R. Prosthodontic treatment for edentulous patients: complete dentures and implant-supported prostheses. 12. St. Louis: Mosby; 2003. p. 379-88.
5. Moon SJ. A fundamental phonetic investigation of Korean monophthongs. *J Phonetic Soc Korea* 2007;62:1-17.
6. Yang B. A study on vowel formant variation by vocal tract modification. *Korea J Speech Sci* 1998;3:83-92.
7. Kharbanda OP, Shaw WC, Worthington H. Palate height: another indicator of surgical outcome in unilateral cleft lip and palate? *Cleft Palate Craniofac J* 2002;39:308-11.
8. Ito S, Noguchi M, Suda Y, Yamaguchi A, Kohama G, Yamamoto E. Speech evaluation and dental arch shape following pushback palatoplasty in cleft palate patients: Supraperiosteal flap technique versus mucoperiosteal flap technique. *J Craniomaxillofac Surg* 2006;34:135-43.
9. Lee SJ, Kim TW, Suhr CH. Study of recognition of malocclusion and orthodontic treatments. *Korean J Orthod* 1994;24:193-8.
10. McAuliffe MJ, Robb MP, Murdoch BE. Acoustic and perceptual analysis of speech adaptation to an artificial palate. *Clin Linguist Phon* 2007;21:885-94.
11. Park YC, Lee SH, Shon DS. An acoustic analysis of pronunciation in children with Angle's class II div. 1 malocclusion. *Korean J Pedo* 1997;24:95-111.
12. Laitinen J, Ranta R, Pulkkinen J, Haapanen ML. The association between dental arch dimensions and occurrence of Finnish dental consonant misarticulations in cleft lip/palate children. *Acta Odontol Scand* 1998;56:308-12.
13. Majid AA, Weinberg B, Chalian VA. Speech intelligibility following prosthetic obturation of surgically acquired maxillary defects. *J Prosthet Dent* 1974;32:87-96.
14. Matsui Y, Shirota T, Yamashita Y, Ohno K. Analyses of speech intelligibility in patients after glossectomy and reconstruction with fasciocutaneous/myocutaneous flaps. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;38:339-45.
15. Raphael LJ, Borden GJ, Harris KS. *Speech science primer*. 5th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2007, p. 105-30.
16. Peterson G, Barney H. Control methods used in a study of the vowels. *J Acoust Soc Am* 1952;24:175-84.
17. Turner GS, Tjaden K, Weismer G. The influence of speaking rate of vowel working space and speech intelligibility for individuals with amyotrophic lateral sclerosis. *J Speech Hear Res* 1995;38:1001-13.
18. Liu HM, Tsao FM, Kuhl PK. The effect of reduced vowel working space on speech intelligibility in Mandarin-speaking young adults with cerebral palsy. *J Acoust Soc Am* 2005;117:3879-89.
19. Bradlow AR, Torretta GM, Posoni DB. Intelligibility of normal speech. I. Global and fine-grained acoustic-phonetic talker characteristics. *Speech Commun* 1996;20:255-72.
20. Krause JC, Braida LD. Acoustic properties of naturally produced clear speech at normal speaking rates. *J Acoust Soc Am* 2004;115:362-78.
21. Tobey EA, Lincks J. Acoustic analyses of speech changes after maxillectomy and prosthodontic management. *J Prosthet Dent* 1989;62:449-55.
22. Hasegawa-Johnson M, Pizza S, Alwan A, Cha JS, Haker K. Vowel category dependence of the relationship between palate height, tongue height, and oral area. *J Speech Lang Hear Res* 2003;46:738-53.
23. Hiki S. Influence of palate shape on lingual articulation. *Speech Commun* 1986;5:141-58.
24. Ladefoged P, Maddieson I. *The Sounds of the world's Languages*. Blackwell; 1996, p. 9-46.
25. Knott VB, Johnson R. Height and shape of the palate in girls: a longitudinal study. *Arch Oral Biol* 1970;15:849-60.
26. Ito S, Noguchi M, Suda Y, Yamaguchi A, Kohama G, Yamamoto E. Speech evaluation and dental arch shape following pushback palatoplasty in cleft palate patients: Supraperiosteal flap technique versus mucoperiosteal flap technique. *J Craniomaxillofac Surg* 2006;34:135-43.
27. Mars M, Asher-McDade C, Brattström V, Dahl E, McWilliam J, Mølsted K, Plint DA, Prah Andersen B, Semb G, Shaw WC, et al. A six-center international study of treatment outcome in patients with clefts of the lip and palate: Part 3. Dental arch relationships. *Cleft Palate Craniofac J* 1992;29:405-8.
28. Marunick MT, Menaldi CJ. Maxillary dental arch form related to voice classification: a pilot study. *J Voice* 2000;14:82-91.

The effect of palatal height on the Korean vowels

Bo-Yoon Chung¹, **Young-Jun Lim**², DDS, MSD, PhD, **Myung-Joo Kim**², DDS, MSD, PhD,
Shin-Eun Nam³, BHSc, **Seung-Pyo Lee**³, DDS, MSD, PhD, **Ho-Beom Kwon**^{2*}, DDS, MSD, PhD

¹*School of Dentistry, Seoul National University,*

²*Department of Prosthodontics, ³Department of Oral Anatomy, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea*

Purpose: The purpose of this study was to analyze the influence of palatal height on Korean vowels and speech intelligibility in Korean adults and to produce baseline data for future prosthodontic treatment. **Material and methods:** Forty one healthy Korean men and women who had no problem in pronunciation, hearing, and communication and had no history of airway disease participated in this study. Subjects were classified into H, M, and L groups after clinical determination of palatal height with study casts. Seven Korean vowels were used as sample vowels and subjects' clear speech sounds were recorded using Multispeech software program on computer. The F1 and the F2 of 3 groups were produced and they were compared. In addition, the vowel working spaces of 3 groups by /a/, /i/, and /u/ corner vowels were obtained and their areas were compared. Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney U test were used as statistical methods and $P < .05$ was considered statistically significant. **Results:** There were no significant differences in formant frequencies among 3 groups except for the F2 formant frequency between H and L group ($P = .003$). In the analysis of vowel working space areas of 3 groups, the vowel working spaces of 3 groups were similar in shape and no significant differences of their areas were found. **Conclusion:** The palatal height did not affect vowel frequencies in most of the vowels and speech intelligibility. The dynamics of tongue activity seems to compensate the morphological difference. (*J Korean Acad Prosthodont 2010;48:69-74*)

Keywords: Palatal height, Vowel, formant, Vowel working space

*Corresponding Author: **Ho-Beom Kwon**

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University 28 Yeongun-Dong, Chongro-Ku, Seoul, 110-749, Korea
+82 2 2072 3816: e-mail, proskwon@snu.ac.kr

Article history

Received December 21, 2009/ Last Revision January 14, 2010/ Accepted January 15, 2010