

후행하는 유·무성자음에 의한 모음의 지속시간 고찰

A Durational Study of Vowels Followed by Voiced or Voiceless Consonants

박 회 정* · 신 혜 정* · 양 병 곤**

Hee-Jung Park · Hey-Jung Shin · Byunggon Yang

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the acoustic durations of Korean vowels followed by either voiced or voiceless consonants. Six healthy adult speakers (2 females and 4 males) recorded nonsense syllables in which voiced (/b, d, g/) or voiceless (/p', t', k', p^h, t^h, k^h) consonants follow three different vowels (/i, a, u/) embedded in a carrier phrase. Results showed that vowels preceding voiced consonants (e.g., h**ab**a) were significantly longer in duration than those preceding voiceless consonants (e.g., h**ip'**a or h**ip^h**a). Also vowels were longer in duration when occurring before velar-stops than before bilabial-stop and dental-stops. Finally, the duration of the low vowel (/a/) was substantially longer than that of the high vowels (/i, u/). These findings may be applicable to speech synthesis or therapy.

Keyword: Vowel Duration, Voicing, Stops, Syllable Structure

1. 서론

혀파에서 나온 기류가 성대를 올려서 성도를 통해 걸러 나올 때, 도중에 막히거나 좁혀짐으로써 소음을 내는 자음과는 달리 막힘 없이 조음되는 음을 모음이라고 한다. 이러한 모음들은 주변 소리의 영향을 받아 실현하고자 하는 음의 음향학적, 조음적 특성이 변하게 된다. 예컨대, 모음의 첫 번째와 두 번째 포먼트의 중심 주파수값은 조음기관 가운데 턱과 혀의 상하전후 운동을 반영하여 활발하게 움직인다. 이들 주파수의 변화 폭은 앞뒤에 결합된 모음과 자음의 조음적 특성에 따라 달라진다. 마찬가지로 연속된 음절에서 모음의 지속시간은 뒤에 있는 분절음에 대한 정보를 전하기 위해 달라지기도 한다(김영옥, 2001).

영어의 개별 말소리의 지속시간은 약 30-300 msec이다(Lehiste, 1976). 많은 요인들이 분절음의 지속시간에 상호 영향을 미칠 수 있기 때문에, 음소들간의 지속시간을 직접 비교하기는 어렵지만 일반적으로 모음이 자음보다 더 길다고 한다. Fletcher (1953)는 모음의 평균 지

* 대구대학교 언어치료학과

** 동의대학교 영어영문학과

속시간은 130~360 msec이고 자음의 평균지속시간은 20~150 msec라고 하였다(김영옥, 2001: 재인용). 보통 개별 음소의 지속시간은 말소리를 지각하는데 중요한 변별적 요소가 된다(Minifie, 1973).

영어에서는 유성자음이 끝소리인 경우 종종 바로 앞의 모음의 길이는 증가한다. 모음의 지속시간 증가는 뒤에 있는 자음 소리를 지각하는데 도움을 준다(김영옥, 2001). 예를 들어, 모음은 “leaf”처럼 무성자음 앞에 있을 때보다 “leave”와 같이 유성자음 앞에 있을 때 길이가 더 길다(김기호 외, 2000). 그러나, 이 주장은 모든 언어에서 적용되지는 않는 듯하다(표진이, 1975: 재인용). 즉, 스페인어의 경우 유성 자음과 무성 자음 앞 모음간의 길이는 평균 18ms의 작은 차이만을 보여준다(김기호 외, 2000). 구희산(1998)은 /ε, a, æ, α, i, i, u, o/모음을 V, /b/ +V, /b/+V+/b/ 환경에서 모음의 지속시간을 측정하여 중설과 전설의 저모음과 중모음들의 조음시간이 고설과 후설의 중모음들에 비해 약간 더 길다는 결론을 내렸다. 표진이(1975)는 문장에서 분리된 짧은 단어를 이용하여 파열음에 선행하는 모음의 길이를 측정하였다. 그 결과 유·무성에 따라 선행하는 모음의 길이가 평균에서는 차이가 나타나지만, 한국어 파열자음의 유·무성을 구별하기에는 충분하지 않다는 결론을 내렸다. 반면, 배재연(1994)은 양순 폐쇄음의 전반적인 길이가 가장 짧은 평음이 후행할 때가 경음이나 기음이 후행할 때보다 선행하는 /a/모음의 길이가 훨씬 더 길다고 하였다. 지민제(1997)의 연구에서도 이와 유사한 결론을 얻었다. Rachel (1998)은 CVC 단어를 느린 속도와 빠른 속도로 발화하였을 경우 무성파열음은 느린 속도 말하기에서 VOT와 모음 지속이 거의 같은 비율로 증가하였다는 결론을 얻었다.

위에서 본 바와 같이 대부분의 선행연구들이 제한된 모음과 자음을 이용하여 실험단어를 구성함으로써, 다양한 조음환경을 충분히 고려하지 않았다. 그러나 국어의 특성상 일음절에서는 자음이 유성성을 띠지 않으므로, 이음절(CVCV)이상에서 유·무성 자음에 따른 모음의 지속을 측정하여야 한다. 따라서 본 연구자는 국어에서 유·무성 자음이 나타날 수 있는 음성적 환경을 충분히 고려하여 후행하는 유·무성 자음에 따른 모음 지속시간의 차이를 파열음을 중심으로 살펴보고자 한다.

본 연구의 목적은 첫째, 모음의 지속시간이 후행하는 유·무성 자음에 영향을 받는지 살펴보고, 둘째, 동일한 조음유목(/b/, /d/, /g/) 내에서 조음위치가 선행모음의 지속시간에 영향을 미치는가, 셋째 발음위치가 다른 모음(전설고모음, 전설후모음, 후설저모음)의 지속시간이 후행하는 유·무성 자음에 의해 차이가 있는지 살펴보고자 하는 것이다. 이러한 실험 결과는 음성합성이나 음성인식의 기초자료를 제공할 뿐만 아니라, 기질적, 기능적 조음에 문제를 가진 사람들에게 어음변별 및 조음 치료에 이용할 수 있는 전략을 세우는데 도움이 될 것이다.

2. 연구 방법

2.1 피험자

대구·경북지역에 거주하고 있는 청력 및 조음상의 문제가 없는 건강한 대학생 6 명(남자 4 명, 여자 2 명)을 임의로 선정하였다. 환자의 나이는 20~24 세로 평균 21.5 세이다. 10 명을 대상에게 실험을 시작하였으나, 스펙트럼 분석결과 유성자음을 나타내는 voice bar가 나

타나지 않은 피험자 4명은 연구대상에서 제외시켰다.

2.2 어음 자료

실험을 위해 사용된 어음은 모음 삼각도를 고려하여 각 꼭지점에 있는 3 가지 모음(/a/, /i/, /u/)과 유성자음 (/b, d, g/), 무성자음(/p^h, t^h, k^h, p', t', k')으로 구성하였다(표 1). 또한 후행하는 모음과 같은 조음모양을 보이는 h와 결합된 hVICV2 음절을 어음 자료로 선정하고, V1의 지속시간을 측정하여 비교하였다. 덧붙여, hVICV2를 읽을 때 좀 더 자연스러운 발화 상황을 만들기 위해 각 어음자료는 “나는 정확하게 _____ 합니다”라는 유도구를 사용하였다.

표 1. 어음 자료

		전설고모음(/i/)	전설후모음(/u/)	후설저모음(/a/)
유성 자음	b	이바	우바	아바
	d	이다	우다	아다
	g	이가	우가	아가
무성자음	p ^h	이파	우파	아파
	t ^h	이타	우타	아타
	k ^h	이카	우카	아카
	p'	이빠	우빠	아빠
	t'	이따	우따	아따
	k'	이까	우까	아까

따라서 한 명의 피험자가 발화하는 어음 자료의 수는 135 (3 가지 모음×9 개의 자음×5 번 발음)개이다. 5 번 발화된 각 어음자료들은 처음과 끝을 제외한 비교적 자연스럽게 안정 되었다고 판단되는 중간 세번을 선택하였으나, 선택된 발화 중 유성을 나타내는 voice bar가 없는 경우 첫번째와 마지막 발화에서 선택하여 분석하였다.

2.3 실험 기기 및 측정 방법

피험자가 어음 자료를 읽기 전에 읽는 속도 등에 관한 간단한 설명을 하였다. 입력은 DM-H300 마이크를 이용하여 피험자들의 음성을 직접 프라트(Praat)에 녹음하였다. 표본추출 속도(sampling rate)는 22,500 Hz로 설정하였으며, 마이크와 입과의 거리는 약 15 cm 떨어진 거리에서 녹음하였다. 모음 지속시간은 Praat의 스펙트로그램과 음성파형으로 측정하였다.

2.4 분석의 신뢰도

2.4.1 피험자내 신뢰도

두 명의 평가자가 6 명의 피험자를 분석한 후 무작위로 1 명을 선정하고, 그들의 전체 어음자료 중 50%를 선택하여 이미 측정한 항목과 비교하였다. 그 결과 85%의 일치도를 나타

내었다.

2.4.2 피험자간 신뢰도

두 명의 평가자가 피험자들 중 무작위로 1 명을 선택하여 전체 단어의 50%를 선택하여 비교한 결과 70%의 일치도를 나타내었다.

2.5. 분석 방법

유성자음과 무성자음에 선행하는 모음의 지속시간을 측정하기 위해 유성자음은 스펙트럼 상에서 유성성을 나타내는지, voice bar를 통해 1차 검증을 거친 후 유성음이 확인되면 모음의 지속시간을 피치와 강도, 스펙트럼을 이용하여 분석하였다(그림 1). 파형과 스펙트럼을 중심으로 모음의 지속시간을 구하고, 자음이 유성음화되어 모음의 경계선을 찾기 어려운 경우에는 음성파형의 F2 값과 피치값의 시작부분과, 강도 값이 급격히 내려가는 지점을 기준으로 분석하였다.

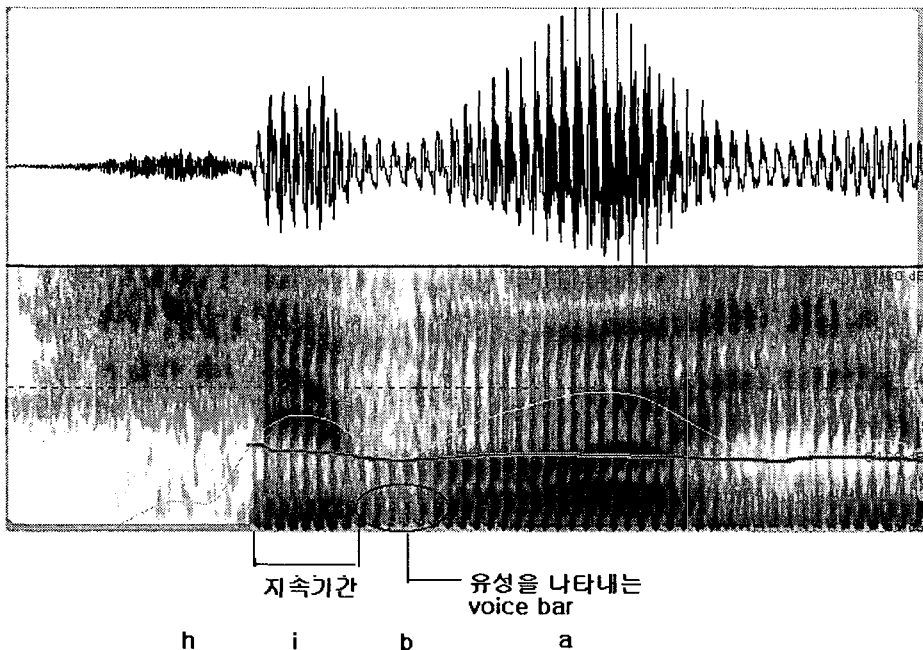


그림 1. hiba에서 /i/ 모음의 지속시간

그림 1과 같은 분석 절차를 통해 얻어진 모음의 지속시간에 관한 데이터들이 통계적으로 유의미하게 차이를 보이는지 알아보기 위해서 이원배치 분산분석(two-way ANOVA)을 실시하고 Scheffe 검정으로 사후검정을 실시하였다. 또한 동일한 조음유목내의 조음위치에 따른 선행모음의 차를 검정하기 위해 mini-tap을 이용하였다.

3. 연구 결과

본 실험을 위해서 양순 파열음, 치경 파열음, 연구개 파열음의 유성 자음과 무성 자음을 /i, a, u/와 결합하여 6명의 성인에게 반복하여 발화하도록 지시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

3.1 후행하는 유·무성 자음에 의한 모음의 지속시간

조음위치(양순음, 치경음, 연구개음)에 대한 모음의 지속이 후행하는 유성자음과 무성자음에 따라 어떠한 영향을 받는지 대상자별로 살펴보았다(부록 1). 자음과 모음에 따른 평균과 표준편차는 표 2와 같다. Levene 검정을 이용하여 오차분산의 동일성을 검정한 결과 유의확률 .122로 유의수준 .05 수준에서 자음과 모음의 오차분산이 동일하다는 것이 검정되었다.

표 2. 유·무성 자음에 따른 선행모음의 평균과 표준편차

자음	모음	평균	표준편차	자음	모음	평균	표준편차	자음	모음	평균	표준편차
/b/	/i/	44.00	8.83	/d/	/i/	41.50	9.05	/g/	/i/	55.67	4.18
	/a/	71.67	8.12		/a/	66.00	8.74		/a/	77.50	6.41
	/u/	52.83	7.03		/u/	41.67	5.54		/u/	55.17	2.64
/p ^h /	/i/	36.17	4.71	/t ^h /	/i/	36.33	7.09	/k ^h /	/i/	38.67	4.72
	/a/	56.17	9.28		/a/	53.50	6.60		/a/	55.17	6.01
	/u/	40.83	5.78		/u/	33.33	9.46		/u/	39.33	8.59
/p'/	/i/	38.33	8.41	/t'/	/i/	32.50	3.39	/k'/	/i/	39.50	11.22
	/a/	53.67	10.39		/a/	52.50	4.18		/a/	55.00	9.01
	/u/	38.00	11.82		/u/	32.67	7.79		/u/	41.83	10.72

유·무성 자음에 따른 선행모음의 지속시간이 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 two-way ANOVA를 실시한 결과 통계적으로 자음은 F=17.787에서 p=.000, 모음은 F=112.403에서 p=.000으로 유의수준 .05에서 유의한 차이가 나타났다(표 3).

표 3. 유·무성 자음에 따른 선행 모음 지속의 이원분산분석 결과

	자유도	평균 제곱	F	유의도
자음	8	1044.778	17.787	.000*
모음	2	6602.389	112.403	.000*
오차	151	58.738		

*p< .05

사후 검정하기 위해 Scheffe 검정을 실시하였다. 그 결과 유성 /d/와 기음 /th/를 제외한 유성파 무성 자음 앞의 선행모음은 유의수준 .05에서 유의한 차이를 나타내었다(표 4). 표 4

에서 보는 바와 같이 유무성의 평균차는 연구개 파열음이 가장 컸다.

표 4. 유·무성에 대한 Scheffe 검정 결과

유성	무성	평균차	유의확률
/b/	/p ^h /	11.78	.009*
	/p'/	12.83	.002*
/d/	/t ^h /	8.67	.038
	/t'/	10.50	.002*
/g/	/k ^h /	18.389	.000*
	/k'/	17.33	.000*

*p < .05

위에서 측정한 선행모음의 평균 지속시간이 통계적으로 유의미하므로 이를 추정된 모음 지속시간으로 나타내면 그림 2와 같다.

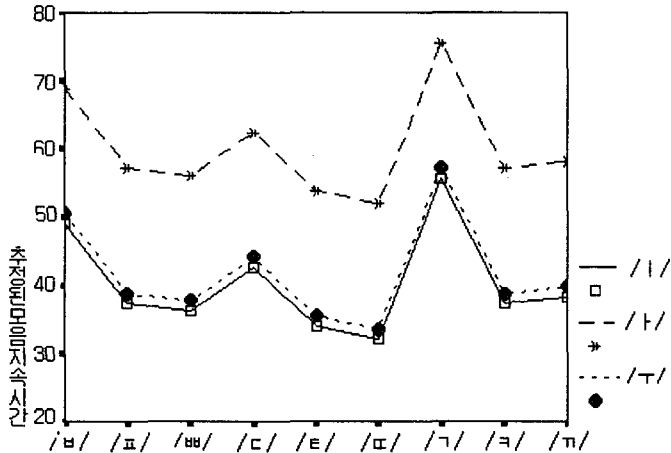


그림 2. 후행하는 유·무성 자음에 따른 모음의 지속시간

3.2 동일한 조음유목 내에서 조음위치에 따른 선행 모음 지속시간

유·무성음 내에서 조음위치에 따라 선행 모음 지속시간의 차가 있는지 살펴보았다. Scheffe 검정 결과 무성음 내에서는 유의수준 .05 수준에서 유의한 차가 없었으나, 유성음 중 치조 파열음(/d/)와 연구개 파열음(/g/)은 유의확률 .002로 유의 수준 .05에서 유의한 차가 있었다. mini-tap을 이용한 단측검정에 의해서 유의확률 0.0023으로 유의수준 .05에서 연구개 파열음이 후행할 때보다 치조 파열음 후행할 때 선행모음의 지속시간이 유의미하게 짧았다.

평균치를 비교해 본 결과 유성 자음은 조음위치에 따라 연구개 유성 파열음>양순 유성파열음>치조 유성파열음의 순서로 선행 모음의 평균이 더 길었으며(그림 3), 무성 자음에 대한

선행모음지속의 평균은 일정한 규칙을 찾기는 힘들었지만, /t'/음이 모든 모음환경에서 가장 짧은 지속을 나타내었다.

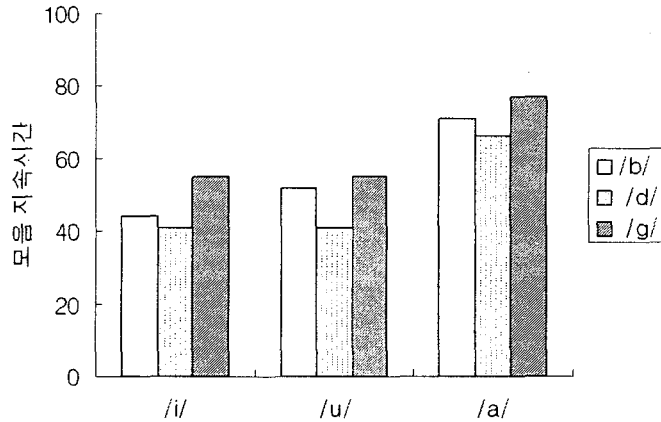


그림 3. 유성자음에 대한 선행모음의 지속시간

3.3 후행하는 유·무성 자음이 모음 환경에 미치는 영향

유·무성 자음이 전설 고모음 /i/, 전설 후모음 /u/, 후설 저모음 /a/에 후행할 때 유·무성자음이 모음에 미치는 영향을 살펴보았다. Scheffe 검정 결과 /a/모음이 유의도가 0.000으로 유의수준 .05에서 /i/와 /u/모음에 비해 유의미하게 지속시간이 더 길었다. 즉, 후행하는 유·무성 자음의 종류와 상관없이 /a/모음의 지속시간이 가장 길게 나타났다.

그러나 /i/와 /u/모음 환경에서는 유의도가 0.620으로 유의수준 .05 수준에서 유·무성 자음에 따른 지속시간의 유의미한 차이를 발견하지 못하였다.

4. 결론 및 고찰

한국어 발음에서 후행하는 유·무성 자음이 모음의 지속시간에 미치는 효과를 살펴본 결과 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 무성자음이 후행할 때보다 유성 자음이 후행할 때 모음의 지속시간이 유의미하게 더 길었다. 이와 같은 결과는 Smith (1978)가 모음 다음에 오는 자음은 모음의 지속에 영향을 미친다는 선행연구와 무성자음보다 유성자음 이전의 모음이 더 긴 지속을 가진다(House & Fairbanks, 1953; Peterson & Lehiste, 1960)는 연구 결과와 일치한다. 기존의 연구들에서는 한 음절내에서 자음이 모음에 미치는 영향을 살펴보았으나, 본 연구에서는 다른 음절에 속해 있는 자음이 선행하는 모음의 지속에 미치는 영향을 살펴보았다. 그럼에도 불구하고 기존의 연구결과와 일치된 결론을 내린 것은 후행하는 유성자음을 발음하기 위해 성대를 진동시키는 근육의 활동이 무성음보다 더 많이 요구되므로 선행 모음을 미리 길게 발음한데서 온

것으로 추정된다. 즉, 조음 예기 현상이라고 할 수 있을 것이다.

둘째, 동일한 조음유목내에서는 무성음의 경우 조음위치에 따라 선행모음의 지속은 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 그러나, 유성음 중 치조 파열음(/d/)이 후행할 때 연구개 파열음(/g/)이 후행할 때보다 선행모음의 지속이 유의미하게 더 짧았다. 이러한 결과는 조음 활동 측면에서 볼 때 연구개 파열음이 치조 파열음에 비해 조음 시간이 더 많이 요구되기 때문이라고 추정된다.

셋째, 모음 환경(/i/, /a/, /u/)에 따라서 후행하는 유·무성 자음이 미치는 효과를 살펴본 결과 고모음보다는 저모음의 지속시간이 유의미하게 더 길었다. 이러한 길이의 차이는 조음 활동 측면으로 해석할 수 있는데, 모음 조음시 턱이나 혀의 활동이 많이 요구되는 전설과 중설의 저와 중모음이 그렇지 않은 고설이나 후설모음에 비해 조음 시간이 더 요구되기 때문이라는 구희산(1998)의 연구결과와 일치한다. 또한 이경희(1999)가 마찰음의 경우 후행하는 모음이 동일할 경우 VCV 환경에서 선행하는 모음은 고모음이 비고모음에 비해 지속시간이 짧은 연구 결과와 일치한다.

위의 결론에서 살펴본 바와 같이 모음 특히 /a/모음은 후행하는 유·무성 자음에 유의미한 지각적 단서를 제공한다. 청각장애인들이 자음을 변별하는데 있어서 공통적으로 나타나는 오류는 조음 위치(Boothroyd, 1978; Byers, 1973; Owens, 1978), 그리고 조음 방법과 관계가 있다고 한다. 또한 이들은 비음과 유성음을 지각할 때는 오류가 훨씬 덜하다. 이는 모음지속과 관련하여 유성음은 음향에너지를 비교적 많이 가지며, 선행모음이 무성음에 비해 더 길기 때문이라 해석할 수 있다.

청각장애인들은 청각 역치상으로 나타난 장애 외에도 지각 장애가 있는 것으로 밝혀지고 있다. 감음신경성 청각장애인에게 많이 나타나는 고주파 청력저하는 말 지각 능력의 저하를 가져오기 마련이다(김종현, 1998). 또한 청각장애인들은 청력손실 이외의 다른 요인 즉, 노화 등에 의해 지각 장애를 가져올 수 있다. Ginzler 등(1982)은 나이가 더 많은 피험자들에게서 어두 자음의 길이와 모음의 길이에 기초한 음소 인식 능력이 감소된 것을 발견하였다. 최고도 청각장애 아동들은 인접한 주파수대의 음성을 구별하는데 어려움이 있어서 일반적으로 대다수의 모음과 자음의 스펙트럼 상에 나타나는 특징들을 잘 구별하지 못한다(김종현, 1998: 재인용). 따라서 청각장애인을 교육·치료할 경우 정상인과는 다른 전략이 필요할 것이다.

그러므로 조음장애 특히 청·지각적으로 어려움을 겪는 청각장애인을 지도할 경우 자음 변별의 단서로써 저주파수대 모음의 단서를 미리 제공함으로써 자음의 변별자질에 관한 정보를 보다 많이 제공하여 자질 습득을 용이하게 할 수 있을 것이라 여겨진다.

본 연구의 결과는 향후 한국어 유성자음과 무성자음 연구에 기초자료로 이용될 수 있을 것이다. 자음의 종류가 모음에 미치는 영향은 대단히 크므로 음성합성 과정에서 동일한 모음의 길이를 모든 환경에 일관되게 적용하게 되면 자연스러운 합성음을 만들 수 없게 될 것이다. 그러므로 분절요소 뿐만 아니라 초분절적 요소 즉, 악센트, 리듬, 강세 등을 반영하여 모음의 길이의 변화를 조사·연구하여야 할 것이다. 앞으로는 이 연구를 바탕으로 실제 언어자료의 측정과 언어 치료에 활용해 볼 계획이다.

참 고 문 헌

- 구희산. 1998. “모음길이에 미치는 자음 환경의 영향.” *음성과학*, 4(1), 7-17.
- 김기호, 양병곤, 고도홍, 구희산. 2000. *음성과학*. 한국문화사.
- 김영옥. 2001. *청각장애 아동 교육의 이해*. 양지사.
- 김종현. 1998. “감음신경성 청각장애아의 청치각 및 언어 특성.” *언어치료학회*, 7(2), 1-26.
- 배재연 외. 1999. “음성 환경에 따른 한국어 폐쇄음의 음향적 특성.” *음성과학*, 5(2), 139-159.
- 신지영. 1997. “모음-자음-모음 연결에서 자음의 조음특성과 모음-모음 동시조음.” *음성과학*, 1, 55-81
- 이경희 외. 1999. “한국어 평마찰음과 경마찰음의 음향적 특성-길이를 중심으로-.” *한국어학회*, 10, 47-66.
- 이상희. 2001. “청각장애 아동 및 성인의 어음지각 연구에 관한 고찰-어음변별능력과 어음식별 능력을 중심으로.” *언어치료연구*, 10(1), 105-117.
- 지민제. 1994. “자음의 음향적 특성.” *대한음성학회*, 제1회 음성학 학술대회, 99-112.
- 표진이. 1975. “한국어 폐쇄자음의 음향 음성학적 양상.” *한글학회*, 163, 209-239.
- Boothroyd, A. 1988. “Linguistic factors in speech reading.” In C. L. Defilippo & D. G. Sims(Eds.), *New Reflections on Speech Reading*. Washington, DC: A. G. Be.
- Byers, V. 1990. “Hearing children of deaf parents: A counseling challenge.” *Elementary School Guidance & Counseling*, 24, 207-212.
- Lehiste, I. 1976. “Suprasegmental features of speech.” In N. J. Lass(Ed.). New York: Academic Press
- Minifie, E. 1973. “Speech acoustics.” In E. Minifie, T. Hixon, & E. Williams(Eds.), *Normal Aspects of Speech, Hearing and Language*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Owens, E. 1978. “Consonant errors and remediation in sensorineural hearing loss.” *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 43, 331-347.
- Rachel, H. D. & Sheila E. B. 1998. “Effects of speaking rate on voice-onset time and vowel production: Some implications for perception studies.” *Journal of Phonetics*, 26(2), 117-128.
- Smith, B. L. 1978. “Temporal aspect of English speech production: A developmental perspective.” *Journal of Phonetics*, 6, 37-67.
- Weglarski, A., A. Sewall, N. Schiavetti & D. E. Metz. 2000. “Effect of vowel environment on consonant duration: An extension of normative data to adult contextual speech.” *Journal of Communication Disorder*, 33, 1-10.

접수일자: 2002. 10. 31.

게재결정: 2002. 12. 13.

▲ 박희정

대구광역시 남구 대명 3동 2288번지 (우: 705-823)

대구대학교 재활과학대학 언어치료학과

Tel: +82-53-650-8246

E-mail: hjpark-02@hanmail.net

▲ 신혜정

대구광역시 남구 대명 3동 2288번지 (우: 705-823)

대구대학교 재활과학대학 언어치료학과

Tel: +82-53-650-8246

E-mail: hjshin23@hanmail.net

▲ 양병곤

부산광역시 진구 가야동 산 24번지 (우: 614-741)

동의대학교 영어영문학과

Tel: +82-51-890-1227

E-mail: bgyang@hyomin.donggeui.ac.kr

부록 1. 대상자별 후행하는 유·무성 자음에 따른 모음의 지속시간

(단위: msec)

자음 유형	모음 유형	대상자 1	대상자 2	대상자 3	대상자 4	대상자 5	대상자 6
/b/	/i/	58	31	43	42	48	42
	/a/	76	60	75	70	66	83
	/u/	59	44	52	60	45	57
/p ^h /	/i/	41	29	41	38	34	34
	/a/	45	66	64	63	52	47
	/u/	42	35	49	45	40	34
/p'/	/i/	54	32	41	32	34	37
	/a/	70	42	52	60	54	44
	/u/	50	22	25	48	43	40
/d/	/i/	33	43	52	30	40	51
	/a/	50	66	70	64	71	75
	/u/	42	38	52	41	36	41
/t ^h /	/i/	29	31	45	41	30	42
	/a/	45	48	59	60	50	59
	/u/	32	18	38	47	32	33
/t'/	/i/	29	31	35	38	32	30
	/a/	59	46	53	53	51	53
	/u/	32	29	42	34	20	39
/g/	/i/	55	49	53	59	58	60
	/a/	74	79	79	67	80	86
	/u/	54	53	55	60	53	56
/k ^h /	/i/	33	34	46	40	40	39
	/a/	50	49	63	57	61	51
	/u/	33	29	53	38	38	45
/k'/	/i/	53	31	52	42	32	27
	/a/	68	48	61	57	53	43
	/u/	59	38	50	40	31	33