

연령에 따른 VCV 문맥에서 한국어 폐쇄음의 성대진동개시시간

Effect of Age on the Voice Onset Time of Korean Stops in VCV contexts

이 슬 기¹⁾ · 이 영 미²⁾

Lee, Seulgi · Lee, Youngmee

ABSTRACT

This study investigated the effects of the age of Korean speakers, place of articulation, and phonation types on voice onset time (VOT) of stops. Twenty-five preschoolers, 25 schoolers, and 25 adults who had no history of speech and language impairment produced plosives in /VCV/ words in isolation. A three-way (3×3×3) mixed design was used with the age of speakers (preschoolers, schoolers, adults) as a between-subject factor, the place of articulation (bilabials, alveolars, velars) and phonation types (plain, tense, aspirated consonants) as a within-subject factor. The dependent measure was the VOT values. Results revealed that three main effects were statistically significant. Preschoolers exhibited longer VOTs than adults ($p < .05$). There were significant differences in VOTs among the place of articulation, showing that speakers had the longest VOTs for velars (velars > alveolars > bilabials) (all $p < .05$). In addition, the VOTs for aspirated consonants were longer than those for plain and tense consonants, and the differences were significant among three phonation types (aspirated > tense > plain) (all $p < .05$). The current results suggested that VOTs would be linked to age and development, and schoolers over the age of 11 years had achieved adult-like VOTs. Moreover, the place of articulation and phonation types in Korean stops showed marked factors in normal speakers' VOT patterns.

Keywords: Voice Onset Time, Plosive Consonants, Age, Place of Articulation, Phonation type

1. 서론

성대진동개시시간(Voice Onset Time; VOT, 이하 VOT)은 폐쇄음 파열 이후부터 모음이 시작되기 전까지의 구간이며, 폐쇄음의 유무성을 확인할 수 있는 중요한 신호이다(Duffy, 1995; Lisker & Abramson, 1964; 1967). 폐쇄음은 입술, 혀, 턱, 후두 사이의 세밀한 협응을 통해서 산출되기 때문에, 음성 제어 능력을 폐쇄음으로 VOT를 측정할 수 있다고 알려져 있다(Auzou et al., 2000). Koenig(2000)는 VOT값이 내부 조음 타이밍 조절 능력과도 관련성이 있어서 발달의 측면에서 살펴볼 수 있다고 하였으며, VOT값이 성도 운동 조절 연구에도 간접적으로 이용될 수 있다고 언급하였다.

선행연구(Han, 2005; Karlsson et al., 2004; Whiteside et al., 2003)에서는 연령이 VOT값에 영향을 미치며, 연령이 증가할수록 VOT값이 짧아진다고 보고하고 있다. Han(2005)이 중국 표준어(Putonghua)와 상해어(Shanghaihua)를 구사하는 2세 6개월부터 6세 5개월까지의 아동(n=212)의 양순음, 치조음, 연구개음의 VOT값을 비교해본 결과, 아동의 연령이 증가할수록 무성 폐쇄음의 VOT값이 유의하게 감소되었다. Whiteside 외(2003)의 연구에서도 영어를 사용하는 5세 8개월부터 13세 2개월까지의 아동(n=46)의 VOT값을 살펴본 결과, 아동의 연령이 어릴수록 VOT값이 길어졌다. 아동이 어릴수록 VOT값이 길어지는 현상에 대해서 Karlsson 외(2004)는 연령이 어릴수록 구강 압력의 변동이 커져서 말소리 산출 시간이 불안정하기 때문이라고 설명하였다. 취학전 아동과 학령기 아동의 VOT값의 비교에서는 연령이 증가할수록 VOT값이 짧아지는 것으로 보고되고 있지만, 학령기 아동과 성인 간의 VOT값에서는 이와는 다른 결과가 보고되고 있다. Whiteside와 Marshall(2001)은 영어를 의사소통에 사용하는 7, 9, 11세의 학령기 아동(n=30)을 대상으로

1) 우송대학교, 5351396@hanmail.net

2) 우송대학교, ymlee@wsu.ac.kr; 교신저자

접수일자: 2015년 7월 31일

수정일자: 2015년 8월 29일

게재결정: 2015년 9월 5일

폐쇄음의 발생유형에 따른 VOT값을 살펴본 결과, 성별이 여자인 아동의 경우에 연령이 증가함에 따라서 격음에서의 VOT값이 유의하게 감소하였다. Lundeborg 외(2012)가 8~11세 스웨덴 아동(n=114)과 성인(n=36)의 VOT값을 비교한 결과에서도 무성 폐쇄음(/p, t, k/)의 VOT값이 연령 증가에 따라서 감소하였고 9세부터는 성인의 VOT값과 유사해졌다.

폐쇄음의 조음위치는 VOT값에 영향을 미치는 것으로 보고되며, 선행 연구(Bona & Auszmann, 2014; Cho et al., 2002; Lundeborg et al., 2012; Han, 2013)에서는 화자의 사용 언어에 상관없이 양순음, 치조음, 경구개음 순서로 VOT값이 긴 것으로 보고되었다. Lundeborg 외(2012)가 8~11세 스웨덴 아동(n=150)과 성인(n=36)의 폐쇄음(/p/, /t/, /k/)의 VOT값을 분석한 결과, 양순음, 치조음, 연구개음의 순서로 VOT값이 길어졌다. Bona와 Auszmann(2014)가 11, 13세 헝가리 아동(n=30)의 폐쇄음 VOT값을 측정한 결과에서도 양순음의 VOT값이 연구개음에 비해 짧았다. Robb 외(2005)는 성비를 일치시킨 20대 성인(n=20)을 대상으로 폐쇄음 VOT값을 분석한 결과, 모든 폐쇄음 유형에서 양순음 VOT값이 가장 짧았다. Reddy 외(2014)의 연구에서는 12명의 인도인을 대상으로 /a/, /i/, /u/의 모음 환경에서 폐쇄음 VOT값을 분석한 결과, 모든 모음 환경에서 VOT값은 다르게 나타났지만 /a/와 /i/모음 환경에서 유성폐쇄음은 전방 조음일수록 VOT값이 감소되었다.

Cho 외(2002)와 Han(2013)은 한국어 폐쇄음이 조음위치(양순음, 치조음, 연구개음)와 발생유형(평음, 경음, 격음)으로 삼분지로 분류되며, 이러한 유형에 따라서 VOT값에 차이가 나타난다고 하였다. Yoon(2008)은 다른 언어와 국적을 지닌 20~30세 성인 6명(한국인 2명, 미국인 2명, 일본인 2명)의 VOT값을 비교한 결과, 언어에 따라서 양순음 VOT값에는 차이가 있었지만, 언어에 무관하게 조음위치에서는 양순음의 VOT값이 치경음과 연구개음의 VOT값에 비해서 짧았다. 즉, 화자의 사용하는 언어에 따라서 VOT의 정지 구간에 차이가 발생되지만, 조음위치 측면에서는 전방 자음의 VOT값이 후방 자음에 비해서 짧게 나타난 것이다. Lei와 Kim(2011)의 연구에서는 중국인(n=66)과 한국인(n=18)이 발화한 한국어 폐쇄음의 VOT를 측정하였고, 두 집단 모두 연구개음이 양순음이나 치조음에 비해 VOT값이 유의하게 길게 나타났다.

폐쇄음은 발생유형에 따라서 평음, 경음, 격음으로 구분되며, 폐쇄음의 기식성에 비례하여 VOT값이 길어지는 것으로 나타났다(Broersma, 2010; Rami et al., 1999; Shin, 2010). Rami 외(1999)가 구자라트 성인(n=8)을 대상으로 유성, 무성 폐쇄음의 VOT를 측정한 결과에서도 모든 파열음에서 기식성이 많을수록 VOT값이 길어졌다. Cho와 Ladefoged(1999)는 화자의 언어에 상관없이 평음, 경음, 격음의 순서로 폐쇄음의 VOT값이 길어진다고 보고하였다. Chao와 Chen(2008)도 중국어(n=11)와 영어(n=4)를 사용하는 15명을 대상으로 평음과 격음의 VOT값을

측정하였고, 언어와 상관없이 모두 평음보다 격음의 VOT값이 유의하게 길었다. Cho 외(2002)는 50대와 70대 성인의 폐쇄음 VOT값에서도 폐쇄음의 기식성이 많을수록 VOT값이 길어졌다고 하였다. Lee와 Iverson(2008)이 5세~10세의 한국아동(n=30명)을 대상으로 VOT를 측정한 결과에서도 조음위치에 상관없이 모두 평음, 평음, 격음 순서로 VOT값이 길어졌다.

지금까지 연구된 폐쇄음의 VOT에 관한 연구는 다양한 언어권에서 연구되어왔지만 한국어에서 다양한 연령에 따른 VOT값의 차이를 관찰한 연구가 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 연령, 목표 음소의 조음위치와 발생유형이 VOT에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 말 능력을 측정하는 대표적인 측정치에는 자음정확도(Percentage of Consonant Correct)가 있지만, 자음정확도는 청지각 평가로 산출되는 지표로 아동의 내부 조음 타이밍 조절과 같은 정교한 운동 성숙에 대한 정보를 제공하지는 못하는 제한이 있다(Kim et al., 2007). 또한 폐쇄음은 입술, 혀, 턱, 후두 사이의 세밀한 협응을 통해서 산출되기 때문에 조음위치와 발생유형에 따라 VOT값이 달라진다(Auzou et al., 2000; Lee, 2013; Whiteside et al., 2003). 다양한 연령대의 VOT값을 비교함으로써 아동이 성인의 수준의 조음 타이밍 조절과 협응에 도달하는 시기를 파악하는 것은 말 조절 타이밍 발달에 대한 중요한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 그러므로 본 연구에서는 연령(취학전 아동, 학령기 아동, 성인), 폐쇄음의 조음위치(양순음, 치조음, 연구개음) 및 발생유형(평음, 경음, 격음)이 VOT에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

본 연구에서는 대전에 거주하고 있는 취학전 아동(n=25), 학령기 아동(n=25), 성인(n=25)을 대상으로 하였다. 대상자들은 (1) 0.5, 1, 2, 4 K Hz에서 20dB HL 이내에서 정상청력이고, (2) 아동용 발음평가(Assessment of Phonology for Children; APAC)(Kim et al., 2007)에서 단어 수준의 자음정확도가 생활연령을 기준으로 정상적인 말 발달을 보이고, (3) 수용·표현 어휘력 검사(Receptive and Expressive Vocabulary Test; REVT)(Kim et al., 2009)의 수용어휘점수에서 원점수가 -1 표준편차 이상으로 정상적인 언어 발달을 보이는 아동 및 성인만을 대상으로 하였다. 그리고 대상자 중에서는 특징적인 방언(예, 경상도, 전라도 등)을 사용하는 사람들은 없었다. 세 집단 간 성비, 생활연령, 자음정확도, 수용어휘 점수에 대한 평균과 표준편차는 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자 정보
Table 1. Participants' information

	취학전 아동 (n=25)	학령기 아동 (n=25)	성인 (n=25)
성비(남:여)	13:12	12:13	11:14
생활연령(개월)	63.00(14.03)	127.08(14.26)	250.08(30.63)
자음정확도(%)	96.23(6.77)	127.08(14.26)	250.08(30.63)
수용어휘력 점수	59.36(15.25)	122.32(12.36)	172.28(5.87)

Values are presented as mean (SD).

2.2. 검사 자료

본 연구에서는 폐쇄음의 조음위치와 발성유형에 따른 발화를 수집하기 위해서 9개의 /VCV/ 음절로 구성하여(예, ‘아바’, ‘아빠’, ‘아파’) 사용하였다(<표 2>). C는 양순폐쇄음(/ㅍ/, /ㅂ/, /ㅃ/), 치조폐쇄음(/ㄷ/, /ㄸ/, /ㄹ/), 연구개폐쇄음(/ㄱ/, /ㅋ/, /ㆁ/)이었으며, V는 /a/이었다. 여기서 모음을 /a/로 정한 것은 /a/의 공명도가 모음 중에서 가장 높아서 폐쇄음이 선행하거나 후행하는 모음에 영향을 받지 않기 때문이다(Chang & Kim, 2009).

표 2. 실험발화 목록
Table 2. Materials for experiment

	평음	경음	격음
양순폐쇄음	아바	아빠	아파
치조폐쇄음	아다	아따	아타
연구개폐쇄음	아가	아까	아카

2.3. 검사 절차

대상자의 발화는 유치원, 가정, 학교 안의 조용한 공간에서 단일 지향성 마이크(Shure MX183-X)를 사용하여 디지털 레코더(EDIROL R-05HR)로 녹음하였다. 연구자가 대상자에게 목표 무의미어(/VCV/)를 들려주고 고립 환경에서 5차례 반복적으로 따라 말하도록 하였다. 이때, 대상자의 발화가 부자연스럽게 느리거나 빠르게 녹음되는 것을 예방하기 위해서 연구자가 시각적 단서(예, 손가락 세기 등)를 활용하여 대상자의 말 속도를 조절하였으며, 음성은 편안한 자세로 평상 시 사용하는 자연스러운 음도와 강도로 산출하도록 하였다. 녹음 전에 대상자가 발화에 익숙해질 수 있도록 목표발화를 시각적 단서로 제시하고 연습하였다.

본 대상자로부터 수집된 발화는 GoldWave v5.70을 이용하여 편집하고, 44,100Hz의 표본 추출 비율에 WAV 파일로 변환하였다. 변환한 목표 파일의 VOT는 각 목표 무의미어의 1, 5 번째 발화를 제외한 3개의 발화만을 CSL(Computerized Speech Lab. model 4500, kay PENTAX Elemetrics, Lincoln Park, Nj., USA)을 사용하여 분석하였다.

VOT값은 컴퓨터 CSL프로그램 분석창을 보고, 폐쇄음의 터

짐이 일어난 지점에서부터 후행 모음의 규칙적인 파형이 시작되기 전까지의 구간으로 측정하였다. 정확한 측정을 위하여 구간에서의 소리를 청취하면서 동시에 스펙트럼 분석 창을 이용하여 VOT값을 측정하였다. 파열구간이 여러 개 나오는 발화는 가장 앞의 파열을 기준으로 측정하였고, 파열구간이 일어나지 않는 발화는 제외하여 VOT의 평균값을 산출하였다. <그림 1>은 폐쇄음 VOT 측정 예이다.

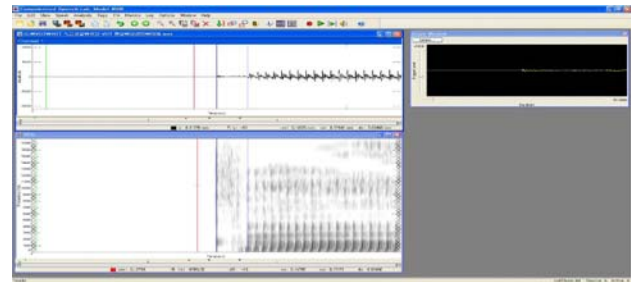


그림 1. /아빠/의 VOT 측정 예
Figure 1. VOT measurement example of the /ap*a/

2.4. 신뢰도 및 통계적 처리

본 연구에서는 VOT 측정에 대한 평가자 간 신뢰도와 평가자 내 신뢰도를 산출하였다. 평가자 간 신뢰도를 산출하기 위해서 석사 과정생 1명을 제2평가자로 참여시켰다. 정확한 분석을 위해서 VOT에 관한 연구 경험이 있는 언어재활사 1급 소지자에 의해서 제1평가자와 제2평가자가 사전에 VOT 측정을 위한 훈련과 확인 작업이 이루어졌다. 연령 집단별로 20%에 해당하는 자료를 무작위로 선정하여, 평가자가 독립적으로 VOT를 측정하였다. 피어슨 상관계수로 신뢰도를 산출한 결과, 평가자 간 신뢰도는 .987 ($p<.001$), 평가자 내 신뢰도는 .994 ($p<.001$)로 나타났다.

폐쇄음의 조음위치(양순음, 치조음, 연구개음)와 발성유형(평음, 경음, 격음)에 따른 집단(취학전 아동, 학령기 아동, 성인) 간의 VOT에 차이가 있는지 살펴보기 위해서 삼원혼합분산분석(three-way mixed ANOVA)을 실시하였다. PASW 18.0 프로그램을 사용하여 통계분석을 실시하였다. 상호작용 효과에 대한 사후검정 실시에서 다중비교(multiple comparison)로 인해 나타나는 1종 오류의 증가를 조절하기 위해서 Bonferroni alpha correction ($p/comparison$ 수)으로 유의수준을 보정하였다.

3. 연구 결과

폐쇄음의 조음위치(양순음, 치조음, 연구개음)와 발성유형(평음, 경음, 격음)에 따른 집단(취학전 아동, 학령기 아동, 성인) 간 VOT값의 기술통계는 <표 3>에 제시하였다.

표 3. 폐쇄음의 조음위치, 발성유형에 따른 집단 간 성대진동시작시간의 기술통계

Table 3. Descriptive data of voice onset time for place of articulation and phonation types by group (preschoolers, schoolers, and adults)

		취학전 아동 (n=25)	학령기 아동 (n=25)	성인 (n=25)	
VOT (ms)	양 순 음	아바	12.46(5.56)	11.46(3.10)	9.58(3.58)
		아빠	12.45(6.97)	8.50(2.85)	8.13(2.67)
		아과	34.69(22.95)	27.48(11.77)	33.39(13.77)
	치 조 음	아다	14.42(6.23)	12.12(2.64)	12.01(2.53)
		아따	12.35(6.13)	11.03(2.81)	10.23(3.06)
		아타	37.21(11.95)	31.90(15.88)	32.62(13.12)
	연 구 개 음	아가	25.70(11.22)	24.27(8.09)	21.16(6.34)
		아까	27.34(11.24)	19.43(7.69)	20.14(6.15)
		아카	67.23(26.91)	66.62(17.85)	55.90(10.60)

Values are presented as mean (SD).

구형성 가정을 검정한 결과, 조음위치(Mauchly's $W=.781$, $\chi^2=17.530$, $p<.001$), 발성유형(Mauchly's $W=.306$, $\chi^2=84.164$, $p<.001$), 조음위치와 발성유형(Mauchly's $W=.147$, $\chi^2=135.216$, $p<.001$)에서 동질성 가정이 위배되는 것으로 나타났다. 구형성 가정이 충족되지 않았으므로 Greenhouse-Geisser의 F값을 기초로 해석하였다.

폐쇄음의 조음위치, 발성유형, 연령에 따라서 VOT값에 차이가 있는지 살펴보기 위해서 삼원혼합분산분석을 실시한 결과는 <표 4>와 같다.

표 4. 폐쇄음의 조음위치와 발성유형에 따른 집단의 삼원혼합분산분석 결과

Table 4. Three-way mixed ANOVA for place of articulation and phonation types on voice onset time of preschoolers, schoolers, and adults

분산원	SS	df	MS	F
집단간				
연령	.003	2	.001	3.746*
오차	.024	72	.000	
집단내				
조음위치	.049	1.641	.030	318.821***
발성유형	.117	1.180	.099	19.184***
연령×조음위치	.001	3.282	.000	.681*
연령×발성유형	.000	2.361	.000	.325
조음위치×발성유형	.012	2.527	.005	49.814***
연령×조음위치×발성유형	.001	5.054	.000	2.985*
오차	.017	118.942	.000	

* $p<.05$, *** $p<.001$

집단에 대한 주효과가 유의하게 나타나서[F(2, 72)=3.746, $p<.05$], Bonferroni 사후검정을 실시하였다. 그 결과, 취학전 아동과 성인 간의 VOT값에서 유의한 차이를 보여서 취학전 아동의 VOT값이 성인에 비해서 유의하게 길었다($p<.05$). 취학전 아동과 학령기 아동($p>.05$), 학령기 아동과 성인($p>.05$) 간에는 VOT값에 유의한 차이를 보이지 않았다(표 4).

조음위치에 대한 주효과도 유의하였으며[F(1.641, 118.51) =318.821, $p<.001$], Bonferroni 사후검정을 실시한 결과, 양순음과 치조음($p<.05$), 양순음과 연구개음($p<.001$), 치조음과 연구개음($p<.001$) 간의 VOT값에서 유의한 차이를 보였다. 즉, 양순음, 치조음, 연구개음 순서로 유의하게 VOT값이 길게 나타났다(표 3 & 그림 2).

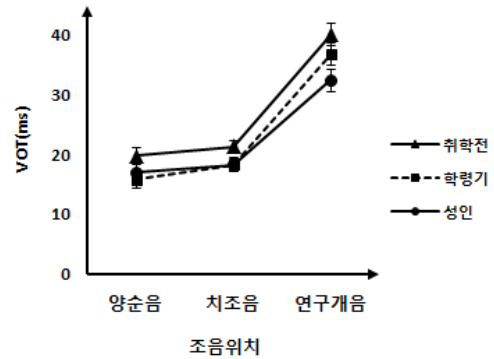


그림 2. 연령과 조음위치에 따른 성대진동시작시간
Figure 2. Voice onset time for age and place of articulation

발성유형에 대한 주효과도 유의하게 나타났다[F(1.180, 84.987)=319.184, $p<.001$]. 이에 따라서 Bonferroni 사후검정을 실시한 결과, 평음과 경음($p<.05$), 평음과 격음($p<.001$), 경음과 격음($p<.001$) 간의 VOT값에 유의한 차이를 보여서, 경음, 평음, 격음 순서로 VOT값이 유의하게 길게 나타났다(표 3 & 그림 3).

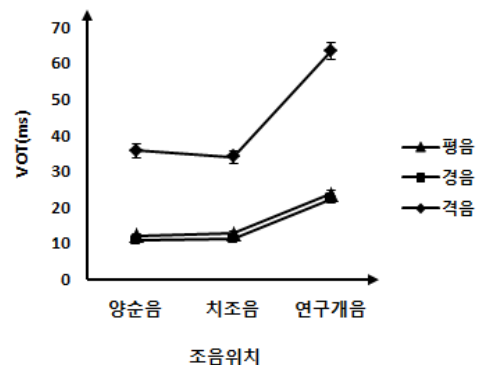


그림 3. 조음위치와 발성유형에 따른 성대진동시작시간
Figure 3. Voice onset time for place of articulation and phonation types

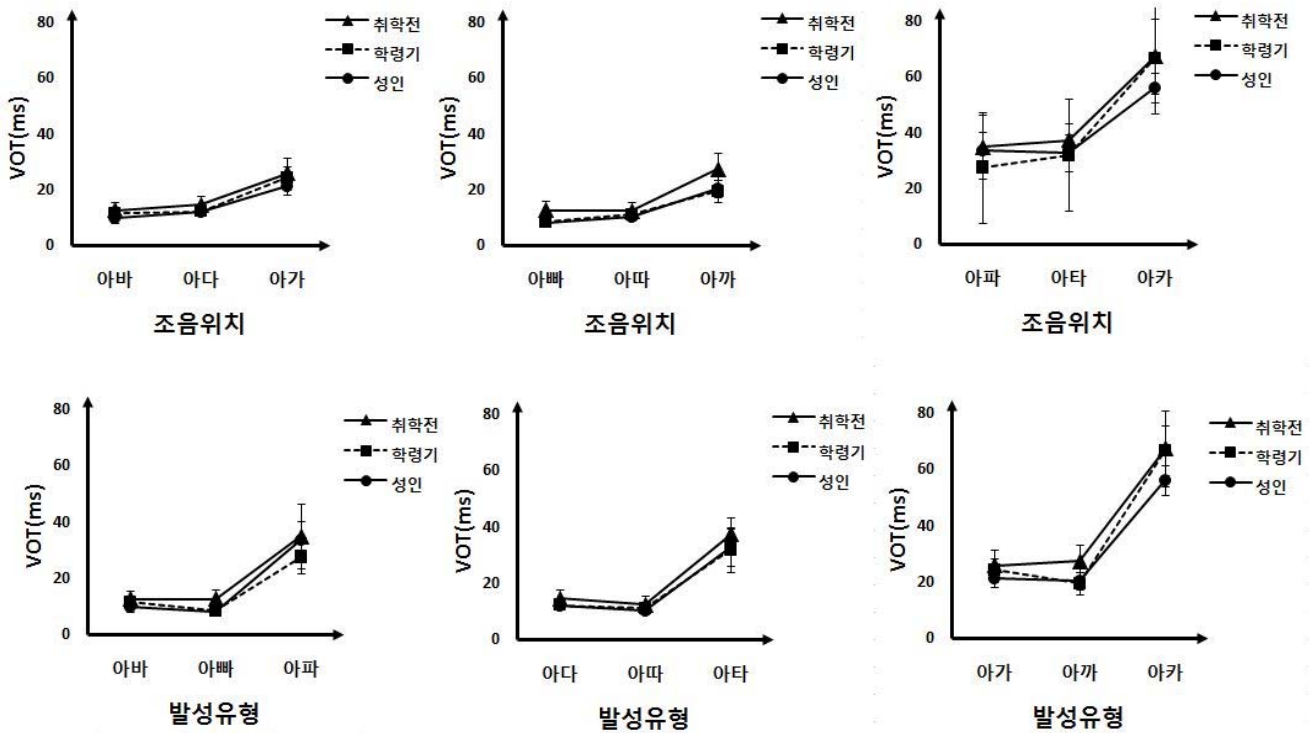


그림 4. 집단, 조음위치, 발성유형에 따른 상대진동시작시간
 Figure 4. Voice onset time for group, place of articulation, and phonation types

집단과 조음위치가 VOT값에 미치는 이차 상호작용 효과가 유의하게 나타나서[F(3.282, 118.151)=2.681, $p<.05$], LMATRIX 및 MMATRIX 명령어를 사용하여 상호작용 대비검정을 실시하였다. 이차 상호작용 효과는 학령기 아동과 성인 간의 VOT 값의 차이가 치조음에서보다 연구개음에서 유의하게 커져서 나타났으며($p<.005$), 취학전 아동과 학령기 아동 간의 VOT 값 차이가 양순음에서보다 연구개음에서 유의하게 작아져서 나타난 결과이다($p<.005$)(그림 2).

조음위치와 발성유형이 VOT값에 미치는 이차 상호작용 효과가 유의하게 나타났으며[F(2.527, 181.941)=49.814, $p<.001$], 이에 따라 MMATRIX 명령어를 사용하여 상호작용 대비검정을 실시하였다. 이차 상호작용 효과는 양순음과 치조음에서의 평음과 격음, 경음과 격음 간의 VOT값의 차이에 비해서 연구개음에서의 평음과 격음, 경음과 격음 간의 VOT값의 차이가 유의하게 커진 것에 기인한다(all $p<.001$)(그림 3).

집단, 조음위치, 발성유형이 VOT값에 미치는 삼차 상호작용 효과가 유의하게 나타났다[F(5.052, 181.941)=2.985, $p<.05$]. 3차 상호작용 효과는 모든 조음위치에서 평음과 경음에 비해서 격음의 VOT값이 유의하게 길며(all $p<.05$), 특히, 양순과 치조에서의 격음보다 연구개 격음인 /아카/에서 취학전 아동과 학령기 아동의 VOT값이 성인에 비해 유의하게 길어서 나타난 결과이다($p<.001$)(그림 4).

4. 논의 및 결론

본 연구에서는 연령(취학전 아동, 학령기 아동, 성인), 폐쇄음의 조음위치(양순음, 치조음, 연구개음) 및 발성유형(평음, 경음, 격음)이 VOT에 미치는 영향을 살펴보았다. 연구 결과, 연령 집단에서는 취학전 아동의 VOT값이 성인에 비해 유의하게 길었으며, 학령기 아동의 VOT값은 취학전 아동과 성인 집단 간에는 유의한 차이가 없었다. 조음위치에서는 양순음, 치조음, 연구개음 순서로 유의하게 VOT값이 길게 나타났고, 발성유형에서는 경음, 평음, 격음 순으로 VOT값이 유의하게 길게 나타났다.

본 연구에서는 취학전 아동의 VOT값이 성인에 비해 유의하게 길었다. 취학 전 아동의 VOT값이 성인에 비해서 긴 것은 연령에 따른 조음기관의 성숙과 조음조절능력의 발달과 관련지어 설명할 수 있다(Kent, 1976; Kummer, 2014). Kummer(2014)는 아동과 성인의 연인두의 해부학적 차이에 대해서 언급하면서, 이 차이가 폐쇄음 산출에도 영향을 미친다고 하였다. 어린 아동은 성인에 비해서 연인두의 길이가 짧고 얇아서 말 산출시 변이성이 성인에 비해서 크기 때문에, 어린 아동의 VOT값에 있어서 성인에 비해서 더 불안정해지는 것이다. Kent(1976)는 유아와 청소년, 성인의 VOT 변화는 해부학적 이유 외에도 생리학적 성숙에 의한 발성 활동(vocalization

activities)의 변화와 관련이 있다고 언급하였다. 즉, 취학 전 아동의 조음조절 능력이 성인에 비해서는 미숙하여, 폐쇄음의 산출에서 폐쇄 양상이 성인과 차이가 나타나는 것이다. 연령이 증가할수록 해부학·생리학적으로 성숙이 지속화되면서 조음조절 능력이 안정적으로 유지되기 때문에, 폐쇄음의 VOT값도 연령이 증가할수록 짧아지게 되는 것으로 생각된다.

본 연구에서 취학전 아동과 성인과의 VOT값 차이는 유의한 반면에, 학령기 아동과 성인과의 VOT값 차이는 유의하지 않았다. Lundeberg 외(2012)가 8~12세 아동과 30대 성인의 VOT값을 비교한 결과, 9세와 10세 아동의 폐쇄음 VOT값이 성인과 유사해졌다고 보고하였으며, 이러한 결과는 동시조음(coarticulation)과 같은 내부 조음 조절 능력이 학령기까지 발달이 이루어지기 때문이라고 하였다. Whiteside 외(2003)도 학령전 아동 보다 학령기 아동의 VOT값이 짧은 이유에 대해서 사춘기 직전에 아동의 말 운동기술이 성숙되었기 때문이라고 하였다. 이는 사춘기에 접어들면서 말 산출에 필요한 후두의 조절 능력이 세련되어지고 말 운동 기술을 성인 수준만큼 습득하기 때문에, 학령기 아동과 성인 간의 VOT값의 차이가 유의하지 않았던 것으로 사료된다(Kent, 1976; Whiteside & Marshall, 2001; Whiteside et al., 2003).

본 연구에서는 조음위치에 따라 VOT값에 유의한 차이가 있었으며, 후방 자음일수록 VOT값이 길어졌다(연구개음>경구개음>양순음). Pyo 외(1999)가 성인(n=21)을 대상으로 폐쇄음의 VOT값을 분석한 결과에서도 폐쇄음의 조음위치가 후방일수록 VOT값이 길어진다고 보고하였다. 이는 폐쇄음 산출시 혀의 모양과 위치의 미세한 변화에 따라서 조음에 영향을 미치기 때문으로 사료된다. Cho와 Ladefoged(1999)는 폐쇄음의 조음위치 자질에 따라서 입술, 혀, 턱, 후두 간의 정교한 움직임과 조음 조절 능력이 다르게 요구된다고 보고하면서, 폐쇄음 산출시 조음위치 요인이 생리학적으로 공기 역학적 차이를 유발할 수 있다는 것을 강조한 바 있다. 즉, 혀의 전후 이동과 구강에 닿는 면적에 따라서 VOT값이 변화될 수 있으며, 폐쇄음의 조음위치가 후방일수록, 혀가 구강에 닿는 면적이 넓을수록 VOT값이 길어지는 것이다.

본 연구에서는 발성유형에 따라서 VOT값에 유의한 차이가 있었으며, 경음, 평음, 격음 순서로 VOT값이 유의하게 길어졌다. Kim(1997)은 평균연령이 60세의 말실행증 환자와 일반 성인을 대상으로 폐쇄음 VOT값을 분석한 결과에서도, 모두 경음, 평음, 격음 순서로 VOT값이 길어지는 것이 관찰되었다. Pyo 외(1999)의 연구에서도 20대~40대 성인(n=21)의 격음 VOT값이 경음에 비해 유의하게 길었다. 발성유형에 따른 VOT값의 변화는 성대의 폭의 차이로 설명할 수 있다. 경음 발생시에는 성대가 열리는 폭이 가장 좁아서 닫히는 시간이 가장 짧으며, 격음 발생시에는 성대가 열리는 폭이 가장 넓어서 닫히는 시간이 상대적으로 많이 걸린다(Kim, 1997; Pyo et al., 1999). 즉,

기식성 많은 폐쇄음일수록 폐쇄구간 동안 성대가 떨어져 있는 채로 조음이 유지되기 때문에, 기식성 자질이 없는 경음, 평음에 비해서 성대가 진동하기 시작하는데 더 많은 시간이 걸리게 되는 것이다.

본 연구에서는 연령 집단과 조음위치 간의 이차 상호작용 효과가 유의하게 나타났다. 이는 연구개음에서 성인과 학령기 아동의 VOT값의 차이가 양순음과 치조음에 비해서 유의하게 커져서 나타난 결과였다. 즉, 양순음과 치조음에서는 학령기 아동과 성인과의 VOT값이 유사하다가 연구개음에서 학령기 아동의 VOT값이 성인에 비해서 유의하게 길어지게 된 것이다. 이는 학령기 동안에도 아동의 말 산출에 관여하는 조음기관의 해부학적 변화가 일어나고 있기 때문에 연구개 폐쇄음 산출에 변이성이 커서 나타난 결과로 사료된다(Cho & Ladefoged, 1999; Kent, 1976). 그리고 조음위치와 발성유형 간의 이차 상호작용 효과도 유의하였는데, 이는 양순음과 치조음보다 연구개음에서 격음의 VOT값이 평음, 경음에 비해서 유의하게 증가하여 나타난 것이다. 연구개 격음에서의 VOT값이 다른 조음위치와 발성유형에서보다 길게 나타난 것은 연구개 격음의 산출 메커니즘과 관련이 있을 것으로 생각된다. 연구개 격음을 산출 할 때는 혀뿌리가 후방으로 움직이면서 혀가 구강에 닿는 면적이 양순음과 치조음보다 커지게 되고, 과일 에너지가 평음과 경음에 비해서 증가하게 되어 VOT값이 다른 조음위치와 발성유형에 비해서 길어지게 되는 것이다(Broersman, 2010; Koinig & Lofqvist, 2003; Stone & Vatikiotis-Bateson, 1995).

본 연구 결과를 살펴보면, 취학 전 아동의 VOT값은 성인에 비해 유의하게 길었으며, 학령기 아동부터는 성인 수준의 VOT값을 나타내었다. 폐쇄음의 조음위치와 발성유형도 VOT값에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 연구개 격음에서는 취학 전 아동과 학령기 아동의 VOT값이 성인에 비해서는 유의하게 길게 나타나서, 기식성이 많고 후방에서 조음되는 폐쇄음의 습득이 가장 늦게 이뤄진다는 것을 알 수 있었다. 이는 VOT값이 아동의 말 발달을 평가하고 연구하는데 객관적 지표로 활용될 수 있음을 시사한다. 또한, 본 연구에서는 화자 관련 요인(speaker-related factor)과 비화자 관련 요인(nonspeaker-related factor)이 VOT에 미치는 영향을 함께 살펴봄으로써, 말 발달 측면에서 폐쇄음의 자질이 어떻게 작용하는지에 대해서 알 수 있었다. 향후 연구에서는 노년층으로 VOT 연구를 확대하여 노화로 인한 조음조절 능력의 변화에 대해서 살펴봄으로써, 말 산출 메커니즘의 변화를 객관적으로 분석해 볼 필요가 있겠다. 또한, 뇌성마비나 청각장애로 말 장애를 지닌 아동과 성인의 VOT 연구도 진행하며, 신체장애로 인한 말 산출 메커니즘이 정상화자와 어떠한 차이를 나타내는지 살펴볼 필요가 있겠다.

감사의 글

본 연구의 데이터 수집에 도움을 준 우송대학교 대학원 언어청각재활학과 박종숙에게 감사드립니다.

참고문헌

- Auzou, P., Ozsancak, C., Morris, R., Jan, M., Eustache, F., & Hannequin, D. (2000). Voice onset time in aphasia, apraxia of speech and dysarthria: a review. *Clinical Linguistics and Phonetics*, Vol. 14, No. 2, 131-150.
- Bona, J., & Auszmann, A. (2014). *Voice onset time language acquisition: data from Hungarian*. Proceedings for the 10th International Seminar on Speech Production(ISSP), Cologne, May 10, pp. 41-44.
- Broersma, M. (2010). *Korean lenis, fortis, and aspirated stops: Effect of place of articulation on acoustic realization*. In Proceedings of the 11th Annual Conference of the International Speech Communication Association, Makuhari, Japan, September 26-30, pp. 941-944.
- Chang, W., & Kim, K. (2009). Acoustic properties of Korean plosives produced by Chinese speakers. *Linguistic Research*, Vol. 26, No. 3, 91-109.
- (장우혁, 김길동 (2009). 중국어 화자가 발음한 한국어 파열음의 음향학적 특성. 언어연구, 제26권, 제3호, 91-109.)
- Chao, K., & Chen, L. (2008). A cross-linguistic study of voice onset time in stop consonant productions. *Computational Linguistics and Chinese Language Processing*, Vol. 13, NO. 2, 215-232.
- Cho, T., & Ladefoged, P. (1999). Variation and universals in VOT: evidence from 18 languages. *Journal of Phonetics*, Vol. 27, No. 2, 207-229.
- Cho, T., Jun, S. A., & Ladefoged, P. (2002). Acoustic and aerodynamic correlates of Korean stops and fricatives. *Journal of Phonetics*, Vol. 30, No. 2, 193-228.
- Duffy, J. R. (1995). *Motor speech disorders: substrates, differential diagnosis, and management*. St. Louis: Mosby-Year Book Inc.
- Han, J. (2005). Acoustic evidence for the development of aspiration feature in Putonghua stops. *Journal of Speech Sciences*, Vol. 12, No. 3, 201-209.
- (한지연 (2005). Acoustic evidence for the development of aspiration feature in Putonghua stops. 음성과학, 제12권, 제3호, 201-209.)
- Han, K. (2013). VOT in Korean stops: a comparison between Jeju and Daegu dialects. *Journal of Pusan National University(PNU Humanities institute)*, Vol. 20, No. 75, 157-176.
- (한경임 (2013). 한국어 폐쇄음 VOT: 제주방언과 대구방언 비교. 부산대학교 인문학연구소, 제20권, 제75호, 157-176.)
- Karlsson, F., Zetterholm, E., & Sullivan, K.P.H. (2004). *Development of a gender difference in voice onset time*. in Proceedings of the 10th Australian International Conference on Speech Science & Technology, Sydney, Australia, December 8-10, pp. 316 - 321.
- Kent, R. D. (1976). Anatomical and neuromuscular maturation of the speech mechanism: evidence from acoustic studies. *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 19, No. 3, 421-447.
- Kim, H. (1997). Voice Onset Time(VOT) during Korean plosives production: a preliminary study on normal and apraxia of speech subjects. *Journal of the Korean Society of Logopedics and Phoniatrics*, Vol. 8, No. 1, 49-53.
- (김향희 (1997). 한국어 파열음상의 Voice Onset Time(VOT): 정상군과 언어실행증 환자비교에 대한 사전 연구. 대한후두음성언어의학회지, 제8권, 제1호, 49-53.)
- Kim, M., Pae, S., & Park, C. (2007). *Assessment of phonology & articulation for children*. Seoul: Hube R & C.
- (김민정, 배소영, 박창일 (2007). 아동용 발음평가. 서울: 휴브 알앤씨.)
- Kim, Y., Hong, K., Kim, K., Chang, H., & Lee, J. (2009). *Receptive and Expressive Vocabulary test*. Seoul: Seoul Community Rehabilitation Center.
- (김영태, 홍경훈, 김경희, 장해성, 이주연 (2009). 수용 표현 어휘력 검사. 서울: 서울장애인종합복지관.)
- Koenig, L. (2000). Laryngeal factors in voiceless consonant production in men, women, and 5-year-olds. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, Vol. 43, No. 5, 1211-1228.
- Koenig, L., Lucero, J., & Lofqvist, A. (2003). *Studying articulatory variability using functional data analysis*. Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences, Barcelona, Spain, August 3-9, pp. 269-272.
- Kummer, A. W. (2014). *Cleft palate and craniofacial anomalies: effects on speech and resonance(3rd Ed.)*. NY: Cengage Learning.
- Lee, S. (2013). *Relationship between the speech intelligibility and the ability of speech motor control by the articulatory severity of dysarthria*. The Graduate School, Ewha Womans University.
- (이상은 (2013). 조음중증도에 따른 마비말장애인의 말 운동통제 능력과 말명료도의 상관연구. 이화여자대학교 석사학위논문.)
- Lee, S., & Iverson, G. K. (2008). Development of stop consonants in Korean. *Korean Linguistics*, Vol. 14, No. 1, 21-39.
- Lei, L., & Kim, Y. (2011). The acoustic and phonetic study of

- Korean plosive produced by Chinese speakers. *Studies in Phonetics, Phonology and Morphology*, Vol. 17, No. 2, 215-232. (레이레이, 김영주 (2011). 중국인 화자가 발화한 한국어 파열음의 음향음성학적 특성. *음성음운형태론연구*, 제17집, 2호, 215-232.)
- Lisker, L., & Abramson, A. S. (1964). A cross-language study of voicing in initial stops: acoustical measurements. *Word*, Vol. 20, No. 3, 384-422.
- Lisker, L., & Abramson, A. S. (1967). Some effects of context on voice onset time in English stops. *Language and Speech*, Vol. 10, No. 1, 1-28.
- Lundeborg, I., Larsson, M., Wiman, S., & McAllister, A. (2012). Voice onset time in Swedish children and adults. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, Vol. 37, No. 3, 117-122.
- Pyo, H., Sim, H., Park, H., Choi, J., Choi, S., Ahn, S., & Choi, H. (1999). The experimental study on the intraoral pressure, closure duration, and voice onset time(VOT) of Korean stop consonants. *Journal of The Phonetic Society of Korea*, Vol. 10, No. 1, 50-57.
(표화영, 심현섭, 박헌이, 최재영, 최성희, 안성복, 최홍식 (1999). 한국어 파열자음의 인두내압, 폐쇄기 및 Voice Onset Time(VOT)에 관한 실험적 연구. *대한음성언어의학회지*, 제10권, 제1호, 50-57.)
- Rami, M. K., Kalinowski, J., Stuart, A., & Rastatter, M. P. (1999). Voice onset times and burst frequencies of four velar stop consonants in Gujarati. *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 106, No. 6, 3736-3738.
- Reddy, B., Kumar, N., & Sreedevi, N. (2014). Voice onset time across gender and different vowel contexts in Telugu. *Language in India*, Vol. 14, No. 2, 252-263.
- Robb, M., Gilbert, H., & Lerman, J. (2005). Influence of gender and environmental setting on voice onset time. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, Vol. 57, No. 3, 252-133.
- Stone, M., & Vatikiotis-Bateson, E. (1995). Trade-off in tongue, jaw, and plate contributions to speech production. *Journal of Phonetics*, Vol. 23, 81-100.
- Shin, J. (2010). *Understanding Speech Sounds*. Seoul: Hankook mwunhwasa.
(신지영 (2010). *말소리의 이해*. 서울: 한국문화사.)
- Whiteside, S. P., Dobbin, R., & Henry, L. (2003). Patterns of variability in voice onset time: a developmental study of motor speech skills in humans. *Neuroscience Letter*, Vol. 347, No. 1, 29-32.
- Whiteside, S. P., & Marshall, J. (2001). Developmental trends in voice onset time: some evidence for sex differences. *Phonetica*, Vol. 58, No. 3, 196-210.
- Yoon, G. (2008). What factors influence VOT? : a comparative study of English, Japanese, and Korean. *Journal of the Humanities*, Vol. 31, 225-251.
(윤관희 (2008). What factors influence VOT? : a comparative study of English, Japanese, and Korean. *인문과학연구*, 제31권, 225-251.)
- **이슬기 (Lee, Seulgi), 제1저자**
우송대학교 대학원 언어청각재활학과
대전광역시 동구 자양동
Tel: +82-42-630-9248
Email: 5351396@hanmail.net; seulgi1396@gmail.com
관심분야: 청각장애, 인공와우, 말명료도
현재 대학원 언어청각재활학과 석사과정 재학 중
- **이영미 (Lee, Youngmee), 교신저자**
우송대학교 언어치료 청각재활학부
대전광역시 동구 자양동
Tel: +82-42-630-9248
Email: ymlee@wsu.ac.kr; ymlee3060@gmail.com
관심분야: 청각장애, 인공와우, 말지각, 말명료도
2013년 ~ 현재 언어치료 청각재활학부 조교수