

뇌성마비로 인한 마비말장애 성인의 자음 오류 분석

Consonant Confusions Matrices in Adults with Dysarthria Associated with Cerebral Palsy

이 영 미¹⁾ · 성 지 은²⁾ · 심 현 섭³⁾

Lee, Youngmee · Sung, JeeEun · Sim, HyunSub

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze consonant articulation errors produced by 90 speakers with cerebral palsy (CP). Phonetic transcriptions were made for 37 single-word utterances containing 70 phonemes: 48 initial consonants and 22 final consonants. Errors of substitution, omission, and distortion were analyzed using a confusion matrix paradigm showing the visualization of error patterns. Results showed that substitution errors in initial and final consonants were most frequent, followed by omission and distortion. Consonant omission occurred more frequently on final consonants. In both initial and final consonants, the within-place errors were more prominent than the within-manner errors. The current results suggest that consonant confusion matrices for dysarthric speech may provide useful information for evaluating speech intelligibility and developing automatic speech recognition system of adults with CP associated dysarthria.

Keywords: dysarthria, consonants errors, confusion matrix

1. 서론

뇌성마비(cerebral palsy)는 신경 조절의 결함으로 나타나는 운동장애로, 조음 및 발성 기관의 조절에도 문제가 있을 경우에는 마비말장애(dysarthria)를 동반하기도 한다[1]. 마비말장애는 인구 10,000명 당 17명에게 발생되며, 부정확한 자음과 모음 산출, 부적절한 연장, 반복, 삽과 같은 비유창성, 느린 말 속도 등의 특성을 나타내는 것으로 보고된다[1]-[5].

Platt, Andrews & Howie (1980)는 조음위치 및 조음방법에 따라서 뇌성마비로 인한 마비말장애인(n=50)의 조음 오류 빈도에 차이가 있는지 살펴보았다. 그 결과, 조음위치에서는 순치음(labiodental consonant), 치조음(alveolar consonant)에서 오류 빈도가 높았으며, 조음방법에서는 마찰음(fricative)과 파찰

음(affricate)에서 오류 빈도가 높았다[6]. Ansel & Kent (1992)가 단어 내 자음의 조음방법에 따라서 마비말장애인의 말명료도(speech intelligibility)에 차이가 있는지 살펴본 결과, 단어 내 과열음(stop)과 비음(nasal)보다는 마찰음과 파찰음이 있을 때의 말명료도가 낮게 나타났다[7]. 이러한 결과는 자음의 유형이 마비말장애인의 자음 정확도와 말명료도에 영향을 미친다는 것을 의미한다. Clarke & Hoops (1980)는 조음 오류의 양상은 말명료도와 상관이 높아서, 뇌성마비를 지닌 마비말장애인의 말의 유창성을 예측할 수 있는 중요한 변수라고 언급한 바 있다[8].

Manochiopinig, Thubthong & Kayasith (2008)가 마비말장애인(n=14)의 조음 오류를 분석한 결과, 자음이 모음(vowel)과 성조(tone)보다 오류 빈도가 높았고, 단어 내 초성과 종성 자음에서 대치(substitution), 생략(omission), 왜곡(distortion) 오류가 높게 나타났다[9]. Whitehill & Ciocca (2000)는 마비말장애인(n=22)의 발화에서도 대치(70.29%), 생략(11.52%), 왜곡(6%), 첨가(1.66%) 유형의 순서로 자음에서 오류가 높았다고 보고하였다[10].

마비말장애에 대한 선행 연구는 조음 오류 유형에 따른 출현 빈도와 조음 정확도에 초점을 맞추어 진행되었으며, 연구 대상자인 마비말장애인의 수가 적은 한계를 지니고 있다. 그리고 현재까지 뇌성마비로 인한 마비말장애인의 조음 오류에

1) 우송대학교, ymlee@wsu.ac.kr

2) 이화여자대학교, jeesung@ewha.ac.kr

3) 이화여자대학교, simhs@ewha.ac.kr, 교신저자

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 기술 혁신사업의 일환으로 수행하였음[10036461, 발성 장애인을 위한 개인 맞춤형 내장형 명령어 인식기 개발].

접수일자: 2012년 10월 27일

수정일자: 2013년 01월 11일

게재결정: 2013년 02월 19일

대한 전반적인 정보, 특히, 오류 음소에 대한 세부적인 정보를 제공해주는 연구는 국내외적으로 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 뇌성마비로 인한 마비말장애인이 산출한 자음을 confusion matrix로 분석하여[11], 조음위치 및 조음방법에 따른 자음 오류 양상을 살펴보고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구의 대상자는 뇌병변장애로 진단된 마비말장애인 90명이다. 대상자의 평균 연령은 35.68세 (표준편차 = 8.67)였으며, 성별은 남자 60명, 여자 30명이었다. 대상자의 마비말장애 유형은 강직형 74명, 실조형 10명, 이완형 6명이었다. 아동용 발음평가(APAC)를 사용하여 평가한 자음정확도의 평균은 84.33% (표준편차=15.61)이었다[12](<표 1>). 대상자 모두 정상 청력과 시력을 지니고 있었으며, 초등학교 졸업 이상의 학력으로서 문장 수준의 읽기에 문제가 없었다.

표 1. 뇌성마비로 인한 마비말장애인의 정보

Table 1. Demographic information on 90 dysarthric cerebral palsied adults

연령	성비 (남 : 여)	마비말장애 유형 (강직형 : 실조형 : 이완형)	PCC (%)
35.68 ± 8.67	60 : 30	74 : 10 : 6	84.33 ± 15.61

PCC = Percentage of Consonant Correct

2.2. 검사 자료

마비말장애인의 발화를 유도하기 위해서, APAC 단어 37개를 사용하였다[12]. APAC은 1~4음절 길이의 친숙한 단어로 구성되어 있고, 우리말 자음이 단어 내에 적절하게 배치되어 있어서 검사 자료로 사용하였다.

2.3. 연구 절차

2.3.1. 발화 수집

본 연구는 발성장애인을 위한 개인 맞춤형 내장형 명령어 인식기 개발 연구인 QoLT (Quality of Life Technology) 프로젝트에서 구축된 발화 자료를 사용하였다[13]. 발화 수집을 위해서 SiTEC (Speech Information Technology & Industry Promotion Center)의 녹음 프로그램을 사용하였으며, 마비말장애인에게 노트북 화면에 제시되는 APAC 단어를 1회씩 읽도록 하였다. 뇌성마비를 지닌 마비말장애인의 불수의적인 움직임으로 녹음에 문제가 발생하는 것을 최소화하기 위해서, ‘Shure SM12A Headworn type’ 헤드마이크를 사용하여 ‘TASCAM US-122MK II USB 2.0 Audio/MIDI interface’로 녹음하였다.

2.3.2. 자음 오류 분석

언어치료사인 제1연구자는 조용한 환경에서 SiTEC에서 개발한 CheckTrans 프로그램을 이용하여 녹음된 APAC 단어를 ‘CRESYN CS-HP500’ 헤드폰으로 들으면서 전사하였다. 전사 자료를 바탕으로, 마비말장애인이 산출한 자음을 정반응, 대치, 생략, 왜곡으로 구분하여, 정확도와 출현률을 confusion matrix로 정리하였다[4]-[6][9][10][14]. confusion matrix는 언어학, 컴퓨터 공학, 음성공학 등의 분야에서 활발하게 사용되고 있다. 본 연구에서는 confusion matrix를 사용한 이유는 마비말장애인이 목표 자음을 산출한 정확도뿐만 아니라 다른 자음으로 대치하여 산출한 자음들을 손쉽게 시작적으로 살펴볼 수 있는 장점을 가지고 있기 때문이다. 자음 오류를 분석한 기준을 살펴보면, 대치는 단어 내 음소를 다른 음소로 바꾸어서 산출하는 것이며, 생략은 단어 내 특정 음소를 생략하여 산출하는 것이다. 왜곡은 단어 내 음소를 우리말에 없는 음소로 바꾸어서 산출하는 경우로, 본 연구에서는 왜곡을 동반한 대치의 경우를 대치 오류로 구분하였다.

2.4. 신뢰도

마비말장애인의 APAC 평가에 대한 평가자 간 신뢰도 (inter-rater reliability)를 산출하기 위해 언어치료사 1급 자격증을 소지하고 마비말장애인의 평가에 대한 경험이 있는 언어치료사를 제2평가자로 참여시켰다. 각 평가자는 정해진 기준에 따라서 전체 자료의 20%에 해당하는 APAC 녹음 자료를 독립적으로 평가하였다. 평가자 간 신뢰도는 검사지에서 목표 음소의 전사 반응의 일치여부를 기준으로 일치도(agreement)로 산출하였으며, 그 결과는 94.28%였다.

3. 결과

초성과 종성 자음에서 정확도와 오류 자음의 출현율에 대한 분석 결과를 confusion matrix로 <그림 1>과 <그림 2>에 제시하였다. confusion matrix 각각의 행은 목표 자음이, 열은 마비말장애인이 실제로 산출한 자음이 제시되어 있으며, 회색 칸에는 마비말장애인이 목표 자음을 정확하게 산출한 정확도가 제시되어 있다.

초성 자음의 정확도는 평균 88.94% (범위: 52.3 ~ 99.3%), 종성 자음의 정확도는 평균 87.61% (범위: 80.0 ~ 97.2%)이었다(<그림 1> & <그림 2>). 초성과 종성 자음 중에서, /ㄴ/은 초성에서 99.3%, 종성에서 97.2%의 자음정확도를 보여서, 초성과 종성 자음 중에서 정확도가 가장 높았다. 초성 자음 /ㅍ/의 정확도는 52.3%로 가장 낮았으며, 다양한 자음(/ㅂ/, /ㅍ/, /ㄷ/, /ㅌ/, /ㅍ/, /ㅌ/, /ㅍ/, /ㅌ/, /ㅍ/, /ㅌ/)으로 대치되고 있었다. 종성 자음 /ㅂ/의 정확도는 80.0%로 가장 낮은 정확도를 보였으며, /ㄷ/, /ㅍ/, /ㅌ/ 자음으로 대치되는 오류를 보였다. 자음

목표 자음

	ㅂ	ㅃ	ㅈ	ㅊ	ㅋ	ㆁ	ㄱ	ㆁ	ㄴ	ㄷ	ㄹ	ㅅ	ㅆ	ㅇ	ㅍ	ㅌ	ㄷ		
산 출 자 음	94.4	1.1	2.8											0.4		0.4			
	0.4	92.8	6.7																
	0.4	4.4	88.8											1.2					
	1.9		1.1	97.7	4.4	1.1	0.6			6.6	0.6	1.1	1.3	1.6				0.3	
					92.2	5.0					0.6		0.4	8.5					
					2.2	92.2						1.7	1.8	1.6					
				0.4			96.3	3.3	1.1	0.6									
					0.6		0.3	84.4	13.8										
						0.6	1.1	10.0	82.8			0.6		0.4		0.4			
		0.7					0.3			88.3	13.3	1.1	3.3						
		0.7						0.6		1.1	77.2	2.2		6.0					
										2.8	6.6	91.8	6.0	2.8					
					0.4		0.3						83.2	22.0					
														52.3					
		1.1	0.6	0.6	0.7		1.1		1.7	1.7	0.6	0.6	1.1	3.3	2.0	97.2	0.4	0.3	
			1.1														98.8		
					0.4	0.4		0.3										99.3	0.8
					0.4	0.4			0.6										91.4
생략	0.4						0.5					1.1		0.7	1.2	2.8		0.7	7.2
왜곡																			

그림 1. 마비말장애인의 초성 자음에 대한 confusion matrix (단위: %)

Fig. 1. Confusion matrix for initial consonants: distribution of correct productions and errors on 48 test phonemes by 90 dysarthric cerebral palsied adults

목표 자음

	ㅂ	ㄷ	ㄱ	ㅍ	ㄴ	ㅇ	ㄹ
산 출 자 음	80.0						
	5.0	90.5	3.9				0.7
			80.6				
	4.4			85.8			3.6
		2.8		11.1	97.2	9.1	
	0.6			2.0	0.8	85.5	
							93.7
생략	10.0	6.7	15.5	1.1	2.0	1.8	5.6
왜곡							

그림 2. 마비말장애인의 종성 자음에 대한 confusion matrix (단위: %)

Fig. 2. Confusion matrix for final consonants: distribution of correct productions and errors on 22 test phonemes by 90 dysarthric cerebral palsied adults

의 오류 유형을 살펴볼 때, 초성과 종성 모두에서 대치가 주된 오류였으며, 종성(4.70%)에서는 생략 오류가 초성(1.02%)에 서보다 약 4배 정도 높게 출현하였다.

조음위치 및 조음방법에 따른 초성과 종성 자음의 정확도를 살펴보았다. 초성 자음에서는 조음위치에 따라 성문음(97.2%), 양순음(94.3%), 치조음(90.5%), 연구개음(90.0%), 경구개음(85.7%)의 순서로, 조음방법에 따라서는 비음(99.1%), 파열음(92.2%), 유음(91.4%), 파찰음(85.4%), 마찰음(77.0%)의 순서로 정확도가 높게 나타났다(<표 2>). 종성 자음에서는 조음 위치에 따라서 치조음(94.6%), 양순음(84.1%), 연구개음(83.9%)의 순서로, 조음방법에 따라서는 유음(93.7%), 비음(89.2%), 파열음(83.7%)의 순서로 정확도가 높게 나타났다(<표 3>).

표 2. 마비말장애인의 초성 자음에 대한 정확도 (단위: %)
 Table 2. Accuracy of initial consonants by place and manner by 90 dysarthric cerebral palsied adults

특성	자음	정확도(%)
조음위치		
양순음	ㅁ, ㅂ, ㅃ, ㅍ	94.3
치조음	ㄴ, ㄷ, ㄸ, ㅌ, ㄹ, ㄺ, ㄻ	90.5
경구개음	ㅈ, ㅊ, ㅊ	85.7
연구개음	ㄱ, ㅋ, ㆁ	90.0
성문음	ㅎ	97.2
조음방법		
파열음	ㅂ, ㅃ, ㅍ, ㄷ, ㄸ, ㅌ, ㄱ, ㅋ, ㆁ	92.2
파찰음	ㅈ, ㅊ, ㅊ	85.4
마찰음	ㅅ, ㅆ, ㅎ	77.0
비음	ㅁ, ㄴ	99.1
유음	ㄹ	91.4

표 3. 마비말장애인의 종성 자음에 대한 정확도 (단위: %)
 Table 3. Accuracy of final consonants by place and manner by 90 dysarthric cerebral palsied adults

특성	자음	정확도(%)
조음위치		
양순음	ㅂ, ㅃ	84.1
치조음	ㄴ, ㄷ, ㄹ	94.6
연구개음	ㄱ, ㅇ	83.9
조음방법		
파열음	ㅂ, ㄷ, ㄱ	83.7
비음	ㅁ, ㄴ, ㅇ	89.2
유음	ㄹ	93.7

조음위치에 따른 자음 오류 양상을 분석하기 위해서, 대치 오류를 보인 자음의 confusion matrix 결과를 조음위치와 조음 방법에 따라 데이터를 정리하여 <그림 3>, <그림 4>, <그림 5>, <그림 6>에 제시하였다.

자음의 대치 오류가 조음위치에 따라서 동일한 조음위치 (within-place)에서, 혹은 다른 조음위치(between-place)에서 발생되었는지 살펴보았다. 초성 자음은 동일한 조음위치의 자음으로 대치되는 비율이 평균 96.2% (범위: 94.8 ~ 97.9%)였고, 종성 자음은 동일한 조음위치의 자음으로 대치되는 비율이 평균 88.3% (범위: 84.0 ~ 95.4%)였다(<그림 3> & <그림 4>). 초성과 종성 자음을 비교할 때, 다른 조음위치의 자음으로 대치되는 비율이 초성에서는 3.8%, 종성에서는 11.7%로 나타났다. 즉, 조음위치에 따른 초성과 종성 자음의 대치 오류는 동일한 조음위치의 자음으로 대치되는 비율이 절대적으로 높았다.

		목표 자음의 조음위치				
		양순음	치조음	경구개음	연구개음	성문음
산출 자음의 조음위치	양순음	97.9	0.2			
	치조음	0.8	93.3	3.7	0.7	
	경구개음	0.4	3.3	94.8	0.3	
	연구개음	0.1	0.2	0.4	97.8	
	성문음	0.7	1.3	0.7	1.0	97.2
	생략	0.1	1.7	0.4	0.3	2.8

그림 3. 마비말장애인의 조음위치에 따른 초성 자음의 대치 오류 matrix (단위: %)

Fig. 3. Error matrix for phonemic place for initial consonants: distribution of within- and between-place substitution errors by 90 dysarthric cerebral palsied adults

		목표 자음의 조음위치		
		양순음	치조음	경구개음
산출 자음의 조음위치	양순음	85.6		2.5
	치조음	8.9	95.4	7.6
	경구개음	1.5	0.4	84.0
	생략	4.1	4.2	5.9

그림 4. 마비말장애인의 조음위치에 따른 종성 자음의 대치 오류 matrix (단위: %)

Fig. 4. Error matrix for phonemic place for final consonants: distribution of within- and between-place substitution errors by 90 dysarthric cerebral palsied adults

자음의 대치 오류가 조음방법에 따라서 동일한 조음방법 (within-manner), 혹은 다른 조음방법(between-manner)으로 발생되는지를 살펴본 결과, 초성과 종성 자음 모두에서 동일한 조음방법으로 대치되는 비율이 높게 나타났다. 초성 자음은 동일한 조음방법의 자음으로 대치되는 비율이 평균 93.9% (범위: 85.8 ~ 99.1%)였으며, 종성 자음은 동일한 조음방법의 자음으로 대치되는 비율이 평균 92.9% (범위: 86.7 ~ 98.3%)였다(<그림 5> & <그림 6>). 조음방법에 따른 초성과 종성 자음의 대치 오류도 동일한 조음방법에서의 자음으로 대치되는 비율이 높게 나타났다.

4. 논의 및 결론

본 연구에서는 뇌성마비로 인한 마비말장애인의 전반적인 자음 오류를 confusion matrix로 정리하여 자음 오류에 대한 세부적인 정보를 제공하고, 조음위치 및 조음방법에 따른 자음 오류 양상을 분석하였다.

마비말장애인의 자음 confusion matrix를 살펴보면, 초성에서는 자음 /ㄴ/의 정확도가 99.3%로 가장 높았으며, 자음 /ㅁ/의 정확도가 52.3%로 가장 낮게 나타났다. 초성 자음 /ㅁ/는 자음 중에서 가장 다양한 자음으로 대치되는 양상을 보였다. Whitehill & Ciocca (2000)가 중국어를 구사하는 마비말장애인 (n=22)의 자음정확도를 분석한 결과에서도 치조마찰음 /s/의 자음정확도가 34%로 가장 낮았다[10]. 정상 아동의 자음 습득의 경우, 해당 연령의 75% 아동이 초성 자음 /ㄴ/은 3세 전반에 숙달되며, 초성 자음 /ㅁ/는 6세 전반까지도 숙달하지 못하는 것으로 보고된다[15]. 이러한 결과는 초성 자음 /ㄴ/가 초성 자음 /ㅁ/에 비해서 산출이 쉽다는 것을 의미하며, 치조마찰음 /ㅁ/의 산출은 조음 및 발성 기관을 잘 조절할 수 있는 신경 조절의 성숙이 필요하다는 것을 시사한다. 뇌성마비로 조음 및 발성 기관의 조절에 관여하는 신경에 손상을 받아서, 마비말장애인은 정교한 조음과 발성 움직임이 필요한 치조마찰음 /ㅁ/를 산출하기에 용이한 다른 자음으로 대치하는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 치조파열음 /ㄴ/의 정확도가 가장 높아서, 마비말장애인이 가장 쉽게 정조음할 수 있는 우리말 자음으로 나타났다. 정상 아동의 자음 습득에서는 양순 파열음 /ㅂ/, /ㅃ/, /ㅍ/가 2세 후반에서 3세 전반에 숙달되는 것으로 나타났다[15]. 이는 양순 파열음이 다른 자음에 비해서 산출이 쉽기 때문에 빠른 시기에 숙달되는 것을 의미한다. 본 연구에서도 양순 파열음의 자음정확도가 /ㅂ/ 94.4%, /ㅃ/ 92.8%, /ㅍ/ 88.8%로 비교적 높았으나, 치조파열음 /ㄴ/의 정확도 99.3%에 비해서는 낮았다. 양순 파열음의 정확도가 치조파열음 /ㄴ/보다는 높지 않은 것은 마비말장애인의 약한 입술 강도(lip strength)가 양순 파열음을 산출하는데 부정적인 영향을 미쳐서 나타난 결과로 보인다[16][17].

본 연구에서 마비말장애인의 초성 자음 정확도를 조음위치와 조음방법에 따라 살펴보았을 때, 조음위치에 따라서는 성문음(97.2%), 양순음(94.3%), 치조음(90.5%), 연구개음(90.0%), 경구개음(85.7%)의 순서로, 조음방법에 따라서는 비음(99.1%), 파열음(92.2%), 유음(91.4%), 파찰음(85.4%), 마찰음(77.0%) 순서로 정확도를 보였다. 마비말장애인이 성문음 /ㅎ/을 산출하기 위해서는 섬세한 발성과 조음 움직임이 필요로 하지 않기 때문에, 조음위치에서 성문음 /ㅎ/의 정확도가 다른 조음위치의 자음에 비해서 높게 나타난 것으로 생각된다. Whitehill & Ciocca (2000)의 연구에서도 마비말장애인(n=22)의 자음정확도

		파열음	파찰음	마찰음	비음	유음
산출 자음의 조음방법	파열음	98.3	3.9	5.8	0.4	0.3
	파찰음	0.3	94.8	7.2		
	마찰음	0.9	0.7	85.8	0.2	0.3
	비음	0.3	0.2		99.1	0.8
	유음	0.1		0.1		91.4
	생략	0.2	0.4	1.1	0.4	7.2

그림 5. 마비말장애인의 조음방법에 따른 초성 자음의 대치 오류 matrix (단위: %)

Fig. 5. Error matrix for phonemic manner for initial consonants: distribution of within- and between-place substitution errors by 90 dysarthric cerebral palsied adults

		파열음	비음	유음
산출 자음의 조음방법	파열음	86.7		0.7
	비음	2.6	98.3	
	유음			93.7
	생략	10.7	1.7	5.6

그림 6. 마비말장애인의 조음방법에 따른 종성 자음의 대치 오류 matrix (단위: %)

Fig. 6. Error matrix for phonemic manner for final consonants: distribution of within- and between-place substitution errors by 90 dysarthric cerebral palsied adults

가 조음방법에서는 비음(79.16%), 파열음(68.49%), 유음(67.27%), 과찰음(55.84%), 마찰음(53.89%)의 순서로 나타나서 [10], 본 연구의 조음방법에 따른 자음정확도의 순서와 같았다.

본 연구에서 종성 자음의 생략 오류가 초성 자음에 비해서 약 4배 정도 높게 출현하였다. 마비말장애인은 초성 자음에서는 산출하기 어려운 자음을 상대적으로 쉽게 산출할 수 있는 자음으로 대체하는데 반해, 종성 자음에서는 다른 자음으로 대체하기 보다는 생략하고 있었다. 정상 아동이 말을 습득할 때, 초성 자음보다는 종성 자음의 산출에서 생략 오류가 더 빈번하게 나타나며, 음운 장애가 있는 아동에게서 종성 자음의 대체 오류보다는 생략 오류가 더 빈번하다고 보고된 바 있다[18]. 정상 아동과 마비말장애인에게 나타나는 종성 자음의 생략 현상에 대해서는 산출 이론(production theory)과 지각 이론(perceptual theory)으로 설명해볼 수 있다[19]. 산출 이론은 ‘자음+모음’의 개방형 음절보다 ‘자음+모음+자음’의 폐쇄형 음절을 산출할 때는 더 많은 운동 계획(motor planning)이 사전에 이루어져야 하므로 산출의 복잡성과 어려움이 증가한다는 것이다. 마비말장애인은 종성 자음이 포함된 단어를 산출하기 위한 운동 계획시 조음 복잡성의 부담을 줄이기 위해서, 선택적으로 종성 자음을 생략하는 전략을 사용할 수도 있는 것이다. 지각 이론에서는 ‘자음+모음’의 개방형 음절보다 ‘자음+모음+자음’의 폐쇄형 음절을 지각하는 것이 더 어렵기 때문에, 종성 자음의 생략이 나타난다고 설명하고 있다. 마비말장애의 자음 산출은 인지(cognition), 언어(language)적인 영향과 무관한 독립적인 말장애로 간주하고 있지만[20][21], 뇌성마비로 인한 마비말장애인의 지속적인 부정확한 자음 산출은 음운 표상(phonological representation)에 부정적인 영향을 미쳐서 종성 자음의 생략 현상으로 나타났을 수도 있다.

조음위치와 조음방법에 따른 자음 오류를 살펴본 결과, 동일한 조음위치(within-place)와 조음방법(within-manner)의 자음으로 대체되는 비율이 다른 조음위치(between-place)와 조음방법(between-manner)으로 대체되는 비율보다 절대적으로 높았다. Platt, Andrews & Howie (1980)는 본 연구와 동일한 결과를 보고하였으며, 동일한 조음위치 내, 동일한 조음방법 내 대체가 뇌성마비로 인한 마비말장애인의 가장 뚜렷한 조음 오류 양상이라고 지적하였다. 동일한 조음위치와 조음방법 내의 다른 자음으로 대체하는 현상에 대해서, 저자들은 마비말장애인이 음소 지식은 가지고 있지만 상대적으로 조음 운동 기제의 결함이 있으므로, 목표 음소를 산출하기 쉬운 동일한 조음위치와 조음방법 내의 다른 자음으로 대체하여 산출하는 것이라고 해석하였다[6].

본 연구에서는 뇌성마비로 인한 마비말장애인의 자음 confusion matrix를 제시함으로써, 자음 오류에 대한 세부적인 정보를 제공하였다. 이러한 작업은 한국어를 사용하는 마비말

장애인의 자음 산출과 오류에 대한 전반적인 이해를 높이고, 언어치료 목표와 활동을 계획하는데 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

뇌성마비로 인한 마비말장애인은 낮은 말명료도로 인한 의사소통 문제뿐만 아니라 신체적 움직임의 제약으로 일상생활에 필요한 인터페이스(interface)를 원활하게 사용할 수 없다. 따라서 이들의 삶의 질(quality of life) 향상에 도움을 주고자, 최근 국내외에서 마비말장애인을 위한 음성 인식 시스템 개발과 인식을 향상과 관련된 연구가 진행되고 있다[22]-[24]. 하지만, 마비말장애인의 음소, 음성적 특성이 일반인과 다르기 때문에, 일반인에게 적용되는 음성 인식 모델을 그대로 적용할 경우에는 음성 인식이 저하되어 상용화할 수 없는 실정이다. 본 연구에서 제시한 마비말장애인의 자음 confusion matrix는 다수의 마비말장애인이 정확하고 쉽게 산출할 수 있는 기기 제어 명령어를 선정하는데 유용한 정보를 제공할 수 있다. 즉, 마비말장애인이 정확하게 산출할 수 있는 자음으로 구성된 명령어를 개발하여, 음성인식기의 인식을 향상에 도움을 줄 수 있다. 또한, 음성 인식 시스템의 모델 개발에 자음 confusion matrix 정보를 적용할 때 마비말장애인이 일관적으로 대체하는 자음에 대해서 음성인식 시스템이 음소를 다르게 인식하도록 프로그래밍하여 인식을 향상시키는데 사용할 수도 있다[24]. 궁극적으로 본 연구의 결과는 마비말장애인의 음성 데이터베이스 구축으로 음소, 음성적 특성을 분석한 자료를 반영한 음성 인식 시스템의 개발을 통해서, 뇌성마비로 인한 마비말장애인의 의사소통과 접근성(accessibility)을 향상시키는데 기여할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 마비말장애의 유형(type)에 따른 자음 confusion matrix와 오류 양상을 분석하지 않은 제한점을 지니고 있다. 따라서 향후 연구에서는 마비말장애인의 음성 인식 시스템 개발을 위해서 마비말장애의 유형에 따른 자음 산출 오류 양상을 파악하고, 아울러 오류 자음에 대한 음향학적 분석 연구가 요구된다.

감사의 글

본 연구의 자료 분석에 도움을 준 이화여자대학교 언어병리학과 박은지, 방은실에게 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Kim, S. J., & Shin, J. Y. (2007). *Articulatory and Phonological Disorders*, Seoul: Sigma Press.
(김수진, 신지영 (2007). *조음음운장애*. 서울: 시그마프레스.)
- [2] McAuliffe, M. J., Borrie, S. A., Good, P. V., & Hughes, L. (2010). Consideration of the listener in the assessment and

- treatment of dysarthria. *Acquiring Knowledge in Speech, Language, and Hearing*, Vol. 12, No. 1, 16-19.
- [3] Kent, R. D., Weismer, G., & Kent, J. F. (1989). Toward phonetic intelligibility testing in dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, Vol. 54, No. 4, 482-499.
- [4] Lee, Y., Sung, J. E., Sim, H. S., Han, J. H., & Song, H. N. (2012). Analysis of articulation error patterns depending on the level of speech intelligibility in adults with dysarthria. *Korean Journal of Communication Disorders*, Vol. 17, No. 1, 130-142. (이영미, 성지은, 심현섭, 한지후, 송한내 (2012). 마비말장애인의 자음오류 유형에 따른 발명료도 분석, 언어청각장애연구, 제17권, 제1호, 130-142.)
- [5] Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1969). Clusters of deviant speech dimensions in the dysarthrias. *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 12, No. 3, 462-496.
- [6] Platt, L. J., Andrews, G., & Howie, P. M. (1980). Dysarthria of adult cerebral palsy: II. Phonemic analysis of articulatory errors. *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 23, No. 1, 41-55.
- [7] Ansel, B. M., & Kent, R. D. (1992). Acoustic-phonetic contrasts and intelligibility in the dysarthria associated with mixed cerebral palsy. *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 35, No. 2, 296-308.
- [8] Clarke, W. M., & Hoops, H. R. (1980). Predictive measures of speech proficiency in cerebral palsied speakers. *Journal of Communication Disorders*, Vol. 13, No. 5, 385-394.
- [9] Manochipinig, S., Thubthong, N., & Kayasith, P. (2008). Dysarthric speech characteristics of Thai stroke patients. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, Vol. 3, No. 6, 332-338.
- [10] Whitehill, T. L., & Ciocca, V. (2000). Speech errors in Cantonese speaking adults with cerebral palsy. *Clinical Linguistics and Phonetics*, Vol. 14, No. 2, 111-130.
- [11] Miller, G. A., & Nicely, P. E. (1955). An analysis of perceptual confusions among some English consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 27, No. 2, 338-352.
- [12] Kim, M. J., Pea, S. Y., & Park, C. I. (2007). *Assessment of phonology and articulation for children*. Human Brain Research & Consulting. (김민정, 배소영, 박창일 (2007). 아동용 발음평가. 휴브알렌씨.)
- [13] Choi, D. L., Kim, B. W., Lee, Y. J., Um, Y. N., & Chung, M. H. (2011). Design and creation of dysarthric speech database for development of QoLT software technology. In *Proceedings of Speech Database and Assessments (Oriental COCOSDA)*. Hsinchu City, Taiwan.
- [14] Kim, H., Martin, K., Hasegawa-Johnson, M., & Perlman, A. (2010). Frequency of consonant articulation errors in dysarthric speech. *Clinical Linguistics and Phonetics*, Vol. 24, No. 10, 759-770.
- [15] Kim, M. J., & Pae, S. Y. (2005). The percentage of consonants correct and the ages of consonantal acquisition for 'Korean-Test of Articulation for Children (K-TAC)'. *Speech Sciences*, Vol. 12, No. 2, 139-149. (김민정, 배소영 (2005). '아동용 조음검사'를 이용한 연령별 자음정확도와 우리말 자음의 습득연령. 음성과학, 제12권, 제2호, 139-149.)
- [16] Thompson, E. C., Murdoch, B. E., & Stokes, P. D. (1995). Lip function in subjects with upper motor neuron type dysarthria following cerebrovascular accidents. *International Journal of Language & Communication Disorders*, Vol. 30, No. 4, 451-466.
- [17] Theodoros, D. G., Murdoch, B. E., & Strokes, P. C. (1995). A physiological analysis of articulatory dysfunction in dysarthric speakers following severe closed-head injury. *Brain Injury*, Vol. 9, No. 3, 237-254.
- [18] Kim, M. J., & Pae, S. Y. (2000). Phonological error patterns of Korean children with specific phonological disorders. *Speech Sciences*, Vol. 7, No. 2, 16-27. (김민정, 배소영 (2000). 정상 아동과 기능적 음운장애 아동의 음운 오류 비교: 자음 정확도와 발달 유형을 중심으로. 음성과학, 제7권, 제2호, 16-27.)
- [19] Ohala, D. (1992). A unified theory of final consonant deletion in early child speech. In C. Gerfen & P. Piñar (Eds.), *Cyote papers: Working papers in linguistics from A→Z*. Tucson, AZ: University of Arizona.
- [20] Darley, F., Aronson, A., & Brown, J. (1975). *Motor speech disorders*. Philadelphia, PA: W. B. Saunders.
- [21] Wertz, R., LaPointe, L., & Rosenbek, J. (1984). *Apraxia of speech in adults: The disorder and its management*. Orlando, FL: Grune & Stratton.
- [22] Hwang, Y., Kim, S., & Chung, M. (2011). Comparison between intelligibility and speech recognition accuracy of dysarthric speech. In *Proceedings of the HCI Conference*. Alpensia Resort Convention Center, Pyeongchang. (황유미, 김선희, 정민화 (2011). 마비말장애의 발화 명료도와 음성 인식을 비교, HCI 학술대회 논문집. 알펜시아 리조트 컨벤션센터, 평창.)
- [23] Christensen, H., Cunningham, S., Fox, C., Green, P., & Hain, T. (2012). A comparative study of adaptive, automatic

recognition of disordered speech. In *Proceedings of Interspeech*, Portland, Oregon, US.

- [24] Seong, W. K., Park, J. H., & Kim, H. K. (2012). Dysarthric speech recognition error correction using weighted finite state transducers based on context-dependent pronunciation variation. *Computers Helping People with Special Needs*, Vol. 7383, 475-482.

● **이영미 (Lee, Youngmee), 제1저자**

우송대학교 언어치료 청각재활학부

대전광역시 동구 자양동

Tel: 042-630-9248

Email: ymlee@wsu.ac.kr

관심분야: 청각장애, 말지각, 발명료도

2013~현재 언어치료 청각재활학부 교수

● **성지은 (Sung, JeeEun), 제2저자**

이화여자대학교 대학원 언어병리학과

서울특별시 서대문구 대현동

Tel: 02-3277-2208

Email: jeesung@ewha.ac.kr

관심분야: 신경언어

2010~현재 언어병리학과 교수

● **심현섭 (Sim, HyunSub), 교신저자**

이화여자대학교 대학원 언어병리학과

서울특별시 서대문구 대현동

Tel: 02-3277-3538

Email: simhs@ewha.ac.kr

관심분야: 유창성장애

1999~현재 언어병리학과 교수