

운동성 조음장애에서 폐쇄자음 발성의 음향학적 특성

전북대학교 의과대학 이비인후과학교실,¹ 임상언어병리학교실²

홍희경² · 김문준¹ · 윤진¹ · 박희택¹ · 홍기환¹

= Abstract =

Acoustic Characteristics of Stop Consonant Production in the Motor Speech Disorders

Hee Kyung Hong², Moon Jun Kim, MD¹, Jin Yoon, MD¹,
Hee Taek Park, MD¹ and Ki Hwan Hong, MD¹

²Department of Clinical Speech Pathology, ¹Otolaryngology-HNS, College of Medicine, Chonbuk National University,
Jeonju, Korea

Background and Objectives : Dysarthria refers to speech disorder that causes difficulties in speech communication due to paralysis, muscle weakening, and incoordination of speech muscle mechanism caused by damaged central or peripheral nerve system. Pitch, strength and speed are influenced by dysarthria during detonation due to difficulties in muscle control. As evaluation items, alternate motion rate and diadochokinesis have been commonly used, and articulation is also an important evaluation items. The purpose of this study is to find acoustic characteristics on sound production of dysarthria patients. **Materials and Methods** : Research subjects have been selected as 20 dysarthria patients and 20 subjects for control group, and voice sample was composed of bilabial, alveolar sound, and velar sound in diadochokinetic rate, while consonant articulation test was composed of bilabial plosive, alveolar plosive, velar plosive. Analysis items were composed of 1) speaking rate, energy, articulation time of diadochokinesis, 2) voice onset time (VOT), total duration (TD), vowel duration (VD), hold of plosives. **Results and Conclusions** : The number of diadochokinetic rate of dysarthria was smaller than control group. Both control group and dysarthria group was highly presented in the order of /t/ > /p/ > /k/. Minimum energy range per cycle during diadochokinetic rate of dysarthria group was smaller than control group, and presented statistical significance in /p/, /k/, /ptk/. Maximum energy range was larger than control group, and presented statistical significance in /t/, /ptk/. Articulation time, gap, total articulation time during diadochokinetic rate of dysarthria group was longer than control group and presented statistical significance. The articulation time was presented in both control group and dysarthria group in the order of /k/ > /t/ > /p/, while Gap was presented in the order of /p/ > /t/ > /k/ for control group and /p/ > /k/ > /t/ for dysarthria group. VOT, TD, VD regarding plosives of dysarthria group were longer than control group. Hold showed large deviation compared to control group that had appeared due to declined larynx and articulation organ motility.

KEY WORDS : Motor speech disorders · Stop consonant.

서론

운동구어장애(motor speech disorders)는 운동장애의 가장 흔한 형태 중의 하나로 수많은 신경학적 병변의 특징을 나

타내는 증상 중 하나이다. 운동구어장애는 말 실행증(apraxia of speech)과 마비성 조음장애(dysarthria)로 분류한다.¹⁾ 이러한 조음장애는 기질적 조음장애와 기능적 조음장애로 분류되며 기질적 조음장애 중 신경운동학적 결함에 의한 마비성 조음장애는 이완성(flaccid), 경직성(spastic), 실조성(ataxic), 저운동성(hypokinetic), 과운동성(hyperkinetic), 혼합성(mixed type)으로 분류되고 있다.²⁾ 마비성 조음장애는 근육통제의 어려움으로 인해 발화 시 음도, 강도, 속도에 영향을 주고 마비성 조음장애의 중증도는 말하는 동안 단지 눈에 띄는 정도의 매우 가벼운 장애에서부터 현재 구어기능을 할 수 없는 매우

논문접수일 : 2012년 3월 8일

심사완료일 : 2012년 6월 11일

책임저자 : 홍기환, 561-756 전북 전주시 덕진구 금암동 634-18

전북대학교 의과대학 이비인후과학교실, 임상언어병리학교실

전화 : (063) 250-1990 · 전송 : (063) 250-1986

E-mail : khhong@chonbuk.ac.kr

심한 장애까지 범위 할 수 있다.

운동구어장애의 객관적인 평가 방법으로 생리학적 방법은 말 산출에 관여하는 호흡, 발성, 조음기관 등의 감각 및 운동 능력을 평가하는 방법으로 특정 장비와 조작에 따른 지식 및 환경이 요구되기 때문에 일반적인 임상현장에서 활용하기 어렵다. 그러나 음향학적 평가 방법은 활용의 편의성은 다소 제한되지만 객관적 음량의 분석치를 제공함으로써 청각적 평가의 단점을 보완한다는 점에서 의의가 있다.^{3,4)} 마비성 조음장애의 평가항목으로 교대운동속도와 자음명료도 평가가 이루어진다. 전통적으로 교대운동속도(alternate motion rate, AMR) 또는 길항반복운동(diadochokinesis)이 널리 사용되어져 왔으며,⁵⁾ 특히 신경근의 기능장애 초기 단계에서는 조음 변화를 위한 구어명료도보다 발화 속도 평가와 AMR이 더 민감하다고 하였다.⁶⁾ 평가 과제는 조음 근육 문제의 위치추정을 나타내는 입술 또는 혀의 전방과 후방과 같은 /p/, /t/, /k/의 세 음절을 나타내며 음절반복은 조음기관들의 개방과 폐쇄의 정확한 상호작용으로 이루어지는데, 느린 움직임과 느려진 변화(이행)는 교대운동의 감소로 나타나 산출된 음절 반복 수는 중증도와 관련된다 할 수 있다.^{7,8)} 더불어 구어속도의 측정에서 조음 시간(articulation time)과 일시정지(pause time) 시간이 측정되는데 조음 시간은 일시정지가 없고 구어 구간이 산출되는 동안의 시간으로 정의된다.⁹⁾

마비성 조음장애는 주로 기능적 관점에서 고찰하기 때문에 자음 명료도는 평가의 중요 영역이다. 우리말 자음 중 폐쇄음은 우리말 명료도에서 중요성이 강조된다.⁹⁾ 한국어 폐쇄음의 분석항목으로는 파열 시작부터 성대진동 시작 전까지의 음성 발현시간(voice onset time, VOT), 폐쇄 지속시간(closure duration, CD), 기식 구간(aspiration) 등이며 성문의 형태에 따라 평음, 격음 및 경음으로 실현되고 음향학적으로는 음성발현 시간의 길이가 다르게 나타난다.¹⁰⁾

마비성 조음장애 환자들의 자음의 음향학적 특성에 관한 선행 연구에 의하면, 교대운동시간 연구에서 가장 빠른 속도의 /p/와 가장 느린 속도의 /k/, 후두와 상후두 층의 타이밍 조절을 나타내는 음성발현시간 측정과제 중 연구개음 /k/에서 가장 큰 어려움을 가진다는 보고가 있다.^{5,11)} 최근 연구에서는 구어 속도와 조음 속도를 비교하였을 때 교대운동시간에서 마비성 조음장애 환자군의 가변성이 통제집단의 가변성과 분명히 구별되었고, 마비성 조음장애 환자군의 교대운동시간이 통제집단의 조음 속도보다 현저하게 낮았다.⁶⁾ 특정 뇌손상 분류별 연구에서는 척수소뇌 실조형 환자들의 음향학적 분석에서 감소한 구어속도, 감소한 교대운동시간과 일련운동속도(sequential motion rate, SMR), 유의미한 연장과 가변적인 음절, 정지 시간, 음성의 높은 불안정성에 대한 보고

가 있다.¹²⁾ 외상성 뇌손상(TBI) 그룹에 대한 연구에서는 교대운동시간과 대화 사이의 크게 관련된 음절속도, 반복 과제 범위 내에서 시간과 에너지의 최대 불규칙성, 음성발현시간의 큰 변화량에 대한 보고가 있다.⁸⁾

국내외로 마비성 조음장애 환자의 길항반복운동을 측정하는 연구는 많았으나 각 반복 회수별 강도의 차이나 길이 차이를 분석한 논문은 거의 없다. 그리고 국내에서도 음성발현시간을 중심으로 특히 폐쇄음의 연구는 많으나 마찰음 연구는 양적, 질적으로 부족하다. 본 연구는 마비성 조음장애 환자의 길항반복운동 분석에서 조음기관의 움직임의 속도와 규칙성을 알아보고 연속적인 발화 강도의 차이, 말 길이의 차이를 분석하였다. 그리고 자음의 명료도를 평가하기위해 스펙트럼상의 시간을 중심으로 폐쇄음의 음성산출 특성을 비교 분석하였다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 임상이에 의해 마비성 조음장애(mild dysarthria I)로 진단받고 뇌손상 발병 후 6개월 이상 경과한 환자 20명(평균 연령 : 59.2±2.6세)으로 남자 10명(평균 연령 : 60.0±2.4세)과 여자 10명(평균 연령 : 60.8±2.5세)이었다. 대조군은 비슷한 연령대의 정상 성인 20명(평균 연령 : 60.4±0.4세)으로 남자 10명(평균 연령 : 60.2±3.5세)과 여자 10명(평균 연령 : 58.1±4.6세)이었다.

2. 음성표본

음성 데이터 입력 시 피실험인은 방음된 방에서 편안한 자세로 앉아 자연스럽게 발화하도록 유도 하였다. 마이크로폰은 피 실험인의 입으로부터 약 10 cm 거리를 유지하게 하였다. 길항반복운동 속도를 측정하기 위해 자음/모음(CV, C : 파열음, V : /ɔ/) 형태의 음절구조를 최대한 빠른 속도로 5초 이상 반복하게 하여 중간 부분의 2초 구간을 분석 표본으로 정하였고 자음은 무성 파열음으로 양순음, 치조음, 연구개음으로 구성하였다. 그리고 다음절에서의 말소리의 음성 정보를 분석하기 위해 CV₁CV₂CCV₃C 형태의 음절구조 문형을 읽도록 하였다. 자음은 양순폐쇄음, 치조폐쇄음, 연구개폐쇄음, 치조마찰음, 치조설측음, 모음은 /e/로 구성하였다(Table 1).

3. 실험장비

본 연구에서는 Multi-Speech Model 3700(KayPentax, USA, 2006)와 다이내믹 마이크(Shure, PG 48-LC)를 사용하였다. 녹음 시 샘플링 비율은 11025 Hz로 하였다.

4. 분석항목

Multi-Speech Model 3700을 사용하여 CV 음절의 길항반복운동시 첫 음절에서부터 2초 동안 반복한 음절의 평균 횟

수, 에너지, 조음발화길이를 측정하였다. 조음에 따른 특성 연구에서는 CV₁CV₂CCV₃C 음절구조에서 자음을 분석하였다.

Table 1. Speech sample

	Bilabial sound		Alveolar sound		Velar sound	
Lenis stop	/p>/		/t>/		/k>/	
Glottalized stop	/p'>/		/t'>/		/k'>/	
Aspirated stop	/p ^h >/		/t ^h >/		/k ^h >/	
		Lenis sound		Fortis sound		Aspirated sound
Stops	/p/	/pepeppep/	/p'ep'epp'ep/	/p ^h ep ^h epp ^h ep/		
	/t/	/tetettet/	/t'et'ett'et/	/t ^h et ^h ett ^h et/		
	/k/	/kekekkek/	/k'ek'ek ^h ek/	/k ^h ek ^h ek ^h ek/		

Fig. 1. Energy slope in diadochokinetic rate. ① Number (rate/2 sec). ② Maximum energy (dB). ③ Minimum energy (dB). ④ Energy range (dB) : Max-Min energy.

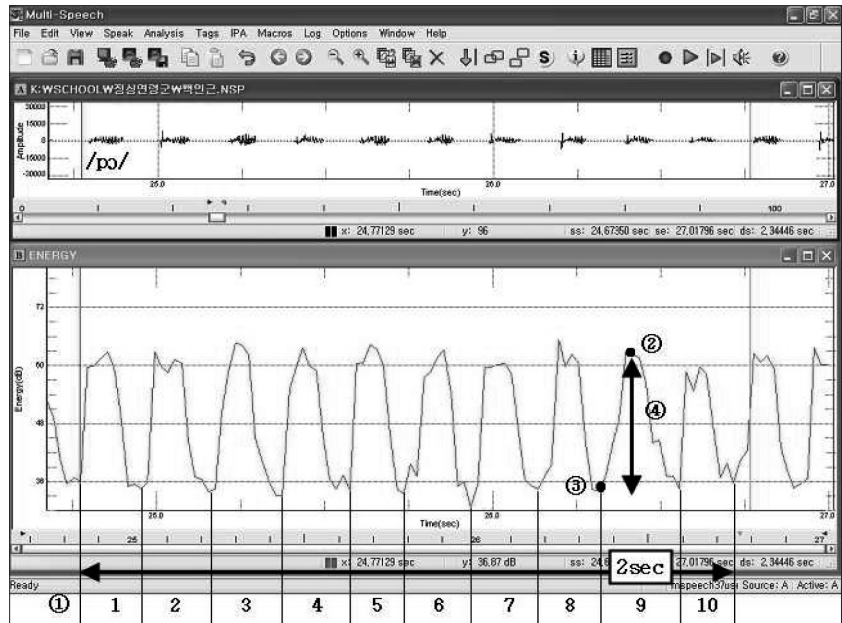
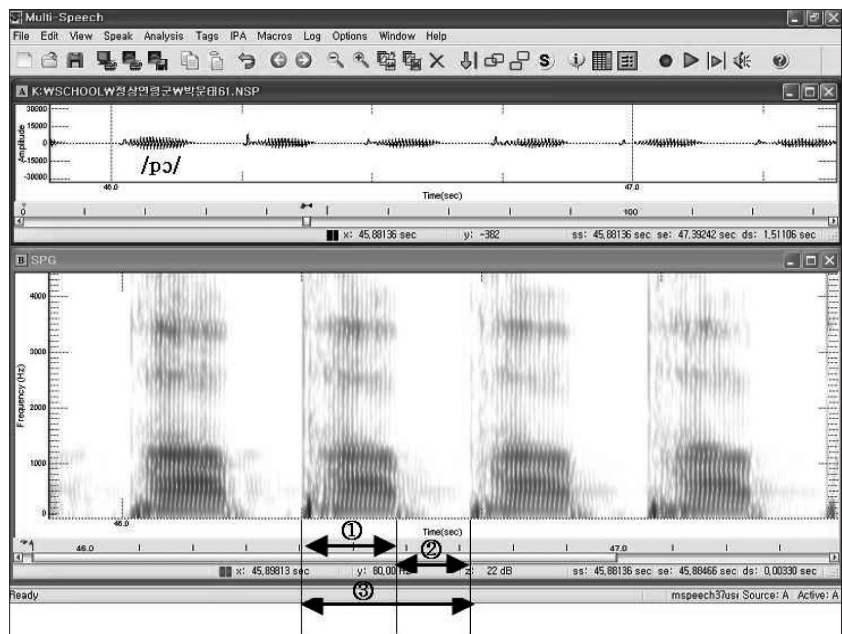


Fig. 2. Spectrographic analysis of selected sequential CV+gap context in diadochokinetic rate. ① CV articulation time (ms). ② Gap (ms). ③ Total articulation time (ms).



1) 길항반복운동(Fig. 1, 2)

- 횃수(횃수/2s)
- 강도(energy, dB)
- 조음발화시간(Articulation time, ms), Gap(ms), 전체조음발화시간(Total articulation time(ms))

2) 폐쇄음의 분석(Fig. 3)

- 음성발현시간(VOT, Voice Onset Time) : 파열이 시작된 때부터 성대가 진동하기 시작하는 시점까지 걸린 시간(ms)
- 전체발화시간(TD, total duration) : 전체 음절의 지속 시간(ms)
- 모음지속시간(VD, vowel duration) : 첫 음절의 후행모음의 길이(ms)
- 폐쇄지속시간(CD, closure duration) : 후행하는 모음의 성대 진동이 끝나고 자음 파열이 시작되기 전까지의 폐쇄지속 시간(ms)

5. 통계분석

본 연구에서는 SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 통계처리

하였다. 두 집단 간, 동일한 성별의 두 집단 간의 유의 검정은 2-표본 T검정(2-Sample T-test)과 비모수 Mann-Whitney의 검정을 실시하였다($p < .05$).

결 과

1. 길항반복운동의 특성

1) 교대운동의 횃수

마비성 조음장애 환자의 2초당 교대운동 횃수를 비교 분석한 결과, 모든 비교음소에서 대조군보다 적었다. 양순음 /p/에서 대조군 10.43회, 마비성 조음장애 환자 6.93회, 치조음 /t/에서 대조군 10.55회, 마비성 조음장애 환자 6.95회, 연구개음 /k/에서 대조군 10.25회, 마비성 조음장애 환자 6.58회, 순차적 운동 /ptk/에서 대조군 3.47회, 마비성 조음장애 환자 2.00회로 모두 통계적 유의성이 있었다. 동일한 성별의 두 집단 간 비교에서도 모든 비교음소에서 유의한 차이가 있었다 (Table 2).

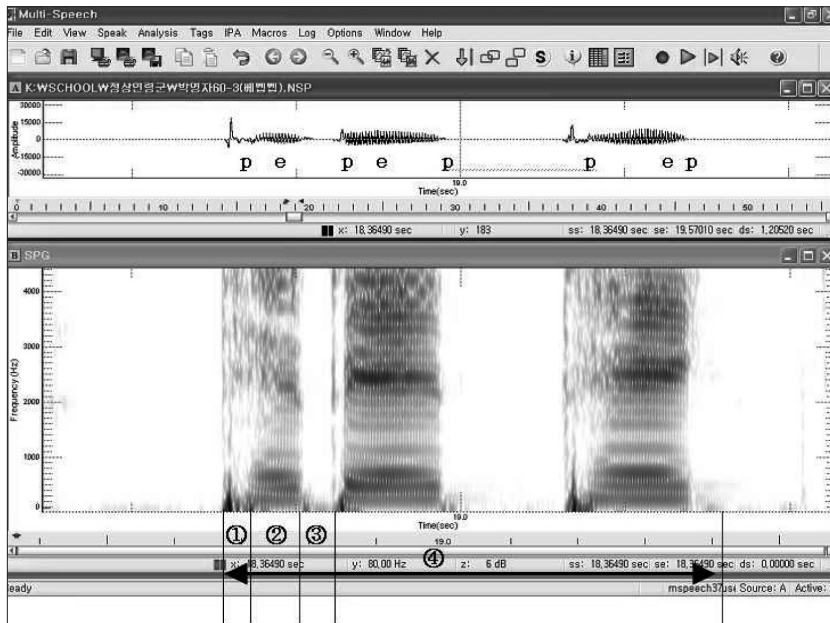


Fig. 3. Spectrographic analysis of /pepep- pep/ context. ① Voice Onset Time (ms). ② Vowel duration (ms). ③ Hold (ms). ④ Total duration (ms).

Table 2. The comparison of diadochokinetic rate

(unit : 횃수)

		Male				Female				Total			
		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
AMR	/p/	7.10	2.16	10.40	1.52*	6.75	2.10	10.45	1.38*	6.93	2.08	10.43	1.42*
	/t/	7.00	1.70	10.80	1.40*	6.90	2.40	10.30	1.86*	6.95	2.03	10.55	1.62*
	/k/	6.50	1.37	10.20	1.48*	6.65	2.31	10.30	1.46*	6.58	1.85	10.25	1.43*
SMR	/ptk/	2.27	0.60	3.43	0.33*	1.73	0.63	3.50	0.52*	2.00	0.66	3.47	0.43*

* : $p < .05$

2) 강도(dB)

2초당 교대운동에서 나타난 음성강도의 에너지 범위를 비교하였다. 에너지 범위를 비교 분석한 결과, 양순음 /p/에서만 에너지 최소범위, 에너지 평균범위, 에너지 평균범위와의 편차 값에서 통계적 유의성이 있었다. 마비성 조음장애 환자의 에너지 최소 범위를 비교 분석한 결과, 모든 비교음소에서 대조군보다 적었으며 에너지 범위는 양순음 구개음 /k/에서 마비성 조음장애 환자군이 6.6~42.7 dB로 대조군 15.6~29.6 dB에 비해 가장 큰 범위 차를 보였다. 에너지 최대 범위를 비교 분석한 결과, 모든 비교음소에서 대조군보다 컸다. 에너지 범위는 연구개음 /k/에서 마비성 조음장애 환자 24.8~66.1 dB로 대조군 25.3~42.8 dB에 비해 가장 큰 범위 차를 보였다. 마비성 조음장애 환자의 에너지 평균 범위를 비교 분석한 결과, 비교음소 /p/, /k/에서 대조군보다 적었고 /t/, /ptk/에서 대조군보다 컸으며 마비성 조음장애 환자의 에너지 평균범위와의 편차를 비교 분석한 결과, 모든 비교음소에서 대조군보다 컸다. 편차 범위는 연구개음 /k/에서 마비성 조음장애 환자 5.4~15.9 dB로 대조군 1.4~4.7 dB에 비해 가장 큰 범위 차를 보였다(Table 3).

3) 조음발화시간

2초당 교대운동에서 나타난 반복 횟수에 따른 파열이 시작된 때부터 모음까지의 조음발화시간(Articulation time), Gap, 조음전체시간(Total articulation time)의 평균 길이를 측정하였다. 마비성 조음장애 환자의 조음발화시간은 모든 비교음소에서 대조군보다 길었으며 양순음 /p/에서 동일한 성별의 비교에서도 유의한 차이가 있었으며 마비성 조음장애 여자군이 마비성 조음장애 남자군보다 길었다. 치조음 /t/에서는 대

조군과 조음장애 환자에서 통계적으로 유의하였다. 동일한 성별의 두 집단 간 비교에서도 유의한 차이가 있었던바 조음장애 여자군이 남자군보다 길었다. 연구개음 /k/에서 대조군이 마비성 조음장애 환자와 통계적 유의성이 있었다. 동일한 성별의 비교에서도 유의한 차이가 있었던바 조음장애 남자군이 조음장애 여자군 보다 길었다. 대조군과 마비성 조음장애 환자의 Gap의 길이를 비교 분석한 결과, 모든 비교음소에서 대조군보다 길었다. 양순음 /p/에서 동일한 성별의 비교에서는 남자 군에서만 유의한 차이가 있었으며 마비성 조음장애 여자군이 마비성 조음장애 남자군보다 길었다. 치조음 /t/에서는 동일한 성별의 비교에서는 남자 군에서만 유의한 차이가 있었으며 마비성 조음장애 여자군이 마비성 조음장애 남자군 보다 길었다. 연구개음 /k/에서 동일한 성별의 비교에서도 유의한 차이가 있었으며 마비성 조음장애 여자군으로 마비성 조음장애 남자군보다 길었다. 대조군과 마비성 조음장애 환자의 조음전체시간을 비교 분석한 결과, 모든 비교음소에서 대조군보다 길었으며 동일한 성별의 비교에서도 유의한 차이가 있었으며 비교음소에서 마비성 조음장애 여자군이 마비성 조음장애 남자군보다 길었다(Table 4, 5, 6).

2. 폐쇄자음의 스펙트럼 분석

폐쇄음 /p/, /t/, /k/를 평음, 경음, 격음으로 분류하여 각각의 음성발현시간, 전체발화시간, 모음지속시간 및 폐쇄지속시간 등의 길이를 측정하였다.

1) 음성발현시간

대조군과 마비성 조음장애 환자의 음성발현시간을 비교 분석한 결과, 모든 비교음소에서 대조군 보다 길었다. 양순음 /p/에서 대조군 34.95 ms, 마비성 조음장애 환자 44.24 ms, 양순

Table 3. The comparison of energy

(unit : 횟수)

	Min		Max		Average		Standard Deviation									
	Dysarthria		Control		Dysarthria		Control									
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD								
AMR /p/	15.83	7.01	22.72	3.67*	35.25	5.74	32.93	5.24	24.43	5.78	27.96	4.07	6.78	2.16	3.15	1.00*
/t/	18.83	5.93	21.76	4.04	40.59	2.49	31.29	4.66*	27.80	4.01	26.55	4.17	6.74	1.23	2.91	0.99*
/k/	14.28	4.95	20.25	3.37*	39.47	12.81	31.02	4.27	24.12	4.09	25.28	3.04	8.58	3.40	3.40	0.97*
SMR /ptk/	16.36	2.09	21.38	3.79*	39.35	4.53	30.45	4.70*	27.44	3.12	25.91	4.22	9.82	3.27	2.96	1.04*

* : p < .05

Table 4. The comparison of articulation time of plosives in initial position

(unit : ms)

	Male				Female				Total			
	Dysarthria		Control		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
AMR /p/	159.77	60.30	100.20	19.84*	163.37	49.67	90.90	18.98*	161.57	53.80	95.55	19.49*
/t/	166.01	67.23	106.56	21.66*	187.95	113.84	102.35	24.30*	176.98	91.68	104.46	22.51*
/k/	194.44	62.87	123.27	25.43*	193.62	79.70	112.49	22.95*	194.03	69.87	117.88	24.21*

* : p < .05

Table 5. The comparison of gap (unit : ms)

		Male				Female				Total			
		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
AMR	/p/	144.41	57.37	98.20	14.70*	162.65	104.75	107.64	11.84	153.53	82.73	102.92	13.86*
	/t/	134.19	46.51	83.98	16.90*	151.22	115.18	99.05	17.08	142.70	85.94	91.51	18.26*
	/k/	125.36	68.45	77.51	12.12*	162.77	110.19	84.36	11.03*	144.07	91.32	80.93	11.81*

* : p<.05

Table 6. The comparison of total articulation time (unit : ms)

		Male				Female				Total			
		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
AMR	/p/	304.18	85.41	198.40	28.64*	326.02	125.35	198.54	26.26*	315.10	104.99	198.47	26.74*
	/t/	300.20	70.66	190.54	27.24*	339.17	166.23	201.40	34.03*	319.69	125.91	195.97	30.51*
	/k/	319.80	73.68	200.78	31.33*	356.39	173.98	196.85	24.08*	338.10	131.38	198.82	27.27*

* : p<.05

Table 7. The comparison of voice onset time (unit : ms)

		Male				Female				Total			
		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Lenis	/p/	48.43	20.54	31.42	13.38*	40.06	22.58	38.47	14.41	44.24	21.44	34.95	14.01
	/t/	45.11	11.86	36.33	10.81	48.63	17.43	35.13	9.17*	46.87	14.63	35.73	9.78*
	/k/	69.22	22.61	49.77	14.53*	57.87	18.88	50.90	12.08	63.54	21.09	50.33	13.02*
Glottalized stop	/p ^ʰ /	15.41	4.19	12.39	3.11	17.57	5.07	13.25	4.24*	16.49	4.66	12.82	3.65*
	/t ^ʰ /	24.09	5.76	17.66	5.31*	25.12	9.44	13.26	3.37*	24.60	7.63	15.46	4.88*
	/k ^ʰ /	43.51	13.19	21.55	7.22*	31.70	10.82	22.85	6.74*	37.61	13.21	22.20	6.83*
Aspirated	/p ^h /	48.01	24.30	44.55	16.46	49.54	11.21	48.75	16.13	48.78	18.44	46.65	16.01
	/t ^h /	52.64	19.73	46.90	10.75	59.89	17.73	46.42	8.63*	56.26	18.63	46.66	9.49*
	/k ^h /	74.28	20.21	62.30	14.54	64.60	16.78	62.96	9.97	69.44	18.75	62.63	12.14

* : p<.05

음 /p/에서는 유의성이 있었으나 /p/와 /p^h/에서는 유의성이 없었다. 동일한 성별의 두 집단 간 비교에서는 대조군과 마비성 조음장애 남자군의 양순음 /p/를 비교한 결과 유의한 차이가 있었고 대조군과 마비성 조음장애 여자군의 /p/를 비교한 결과 유의한 차이가 있었다. /p/에서는 마비성 조음장애 남자군의 길이가 마비성 조음장애 여자군보다 길었으나 /p/, /ph/에서는 마비성 조음장애 여자군의 길이가 마비성 조음장애 남자군보다 길었다. 치조음 /t/에서 모두 유의성이 있었다. 동일한 성별의 두 집단 간 비교에서는 대조군과 마비성 조음장애 남자군의 /t/를 비교한 결과 유의한 차이가 있었고 대조군과 마비성 조음장애 여자군의 비교에서는 치조음에서 모두 유의한 차이가 있었다. 비교음소 모두 마비성 조음장애 여자군의 길이가 마비성 조음장애 남자군보다 길었다. 연구개음 /k/에서 /k/와 /k^ʰ/에서는 유의성이 있었으나 /k^h/에서는 유의성이 없었다. 동일한 성별의 비교에서는 대조군과 마비성 조음장애 남자군의 치조음 /k/, /k^ʰ/를 비교한 결과 유

의한 차이가 있었고 대조군과 마비성 조음장애 여자군의 비교에서는 /k/에서 유의한 차이가 있었다. 비교음소 구개음 모두 마비성 조음장애 남자군의 길이가 마비성 조음장애 여자군보다 길었다(Table 7).

2) 전체발화시간(TD) 비교

대조군과 마비성 조음장애 환자를 비교 분석한 결과, 모든 비교음소는 대조군 보다 길었고 모두 유의성이 있었다. 동일한 성별의 비교에서는 대조군과 마비성 조음장애 남자군, 여자군을 비교한 결과 모든 양순음에서 유의한 차이가 있었고 모두 마비성 조음장애 여자군의 길이가 마비성 조음장애 남자군보다 길었다. 치조음 /t/에서 모두 통계적 유의성이 있었다. 동일한 성별의 두 집단 간 비교에서는 대조군과 마비성 조음장애 남자군, 여자군을 비교한 결과 모든 치조음 비교음소에서 유의한 차이가 있었고 모두 마비성 조음장애 여자군의 길이가 마비성 조음장애 남자군보다 길었다. 연구개음 /k/에서 동일한 성별의 두 집단 간 비교에서는 대조군과 마비성

Table 8. The comparison of total duration

(unit : ms)

		Male				Female				Total			
		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Lenis	/p/	748.64	128.91	618.88	42.93*	845.90	109.95	696.52	106.98*	797.27	126.84	657.70	88.77*
	/t/	760.43	119.36	635.59	48.67*	873.26	157.77	710.06	75.78*	816.85	147.95	672.82	72.81*
	/k/	787.66	160.41	660.03	74.14*	912.65	170.38	732.56	98.28*	850.16	173.35	696.30	92.54*
Glottalized stop	/p'/	818.55	138.55	604.66	37.93*	856.38	123.42	705.88	86.68*	837.47	129.17	655.27	83.29*
	/t'/	801.32	182.66	622.05	37.21*	869.11	158.39	724.41	73.62*	835.22	169.99	673.23	77.34*
	/k'/	839.66	168.44	650.81	58.73*	882.09	164.82	718.89	94.16*	860.87	163.65	684.85	83.98*
Aspirated	/p ^h /	794.04	138.41	623.08	41.85*	830.60	105.18	726.30	97.09*	812.32	121.11	674.69	89.99*
	/t ^h /	820.04	169.68	635.79	22.65*	879.78	157.61	741.18	60.47*	849.91	162.31	688.49	69.99*
	/k ^h /	837.89	139.01	675.78	38.07*	902.28	133.45	731.58	97.73*	870.08	136.68	703.68	77.65*

* : p < .05

Table 9. The comparison of vowel duration preceded by consonant

(unit : ms)

		Male				Female				Total			
		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Lenis	/p/	99.14	41.17	79.09	17.33	127.81	29.14	84.09	28.19*	113.47	37.70	81.59	22.92*
	/t/	99.79	31.96	76.53	17.08*	98.17	36.18	91.94	22.92	98.98	33.23	84.24	21.20
	/k/	99.93	42.64	84.62	9.38	121.15	24.60	94.87	17.77*	110.54	35.59	89.74	14.80*
Glottalized stop	/p'/	90.63	38.07	77.18	10.72	103.08	27.48	73.94	7.49*	96.86	32.94	75.56	9.15*
	/t'/	87.66	41.43	65.30	12.68	103.22	31.24	74.74	10.41*	95.44	36.59	70.02	12.29*
	/k'/	97.60	46.28	81.04	13.79	111.75	29.30	82.66	14.93*	104.67	38.39	81.85	14.01*
Aspirated	/p ^h /	70.81	41.44	50.19	10.15	84.68	33.19	42.92	10.80*	77.75	37.23	46.55	10.86*
	/t ^h /	73.58	43.90	42.23	8.71*	73.27	37.50	51.08	5.47	73.42	39.74	46.66	8.41*
	/k ^h /	78.46	39.75	49.49	12.16	92.66	33.28	49.70	6.35*	85.56	36.41	49.59	9.44*

* : p < .05

조음장에 남자군, 여자군을 비교한 결과 모든 구개음 비교음소에서 유의한 차이가 있었고 모두 마비성 조음장에 여자군의 길이가 마비성 조음장에 남자군보다 길었다(Table 8).

3) 모음지속시간

대조군과 마비성 조음장애 환자의 모음지속시간을 비교 분석한 결과, 모든 비교음소는 대조군 보다 길었고 /t/를 제외한 비교음소에서 모두 통계적 유의성이 있었다. 동일한 성별의 비교에서는 대조군과 마비성 조음장애 여자군의 양순음을 비교한 결과 유의한 차이가 있었다. 비교음소 양순음 모두 마비성 조음장애 여자군의 길이가 마비성 조음장애 남자군보다 길었다. 동일한 성별의 비교에서는 대조군과 마비성 조음장애 남자군을 비교한 결과 /t/, /t^h/에서 유의한 차이가 있었고 대조군과 마비성 조음장애 여자군을 비교한 결과 /t/에서 유의한 차이가 있었다. /t/, /t^h/에서는 마비성 조음장애 남자군의 길이가 마비성 조음장애 여자군보다 길었으나 /t/에서는 마비성 조음장애 여자군의 길이가 마비성 조음장애 남자군보다 길었다. 연구개음 /k/에서 동일한 성별의 두 집단 간 비교에서는 대조군과 마비성 조음장애 여자군의 구개음

을 비교한 결과 유의한 차이가 있었다. 비교음소 구개음 모두 마비성 조음장애 여자군의 길이가 마비성 조음장애 남자군보다 길었다(Table 9).

4) 폐쇄지속시간

대조군과 마비성 조음장애 환자를 비교 분석한 결과, /t^h/를 제외한 모든 비교음소에서 대조군 보다 길었고 /t/에서 통계적 유의성이 있었다. 동일한 성별의 두 집단 간 비교에서는 대조군과 마비성 조음장애 여자군을 비교한 결과 /t/에서 통계적 유의성이 있었다. 모음과 모음사이 평음 /p/, /t/, /k/는 무성자음의 음운변동 현상으로 유성음화가 나타나기 때문에 뒤에서 유/무성음화 비율로 재분석하였다(Table 10).

고찰

운동구어장애는 다양한 신경성질환, 즉 뇌졸중, 파킨슨 증후군, 외상성 뇌 손상, 척수소뇌 운동실조증(spino-cerebellar Ataxia), 무도병(Huntington씨 병) 등으로 인해 발생하며 마비성 조음장애 전반에서 흔히 나타나는 주요특징은 조음문

Table 10. The comparison of hold

(unit : ms)

		Male				Female				Total			
		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control		Dysarthria		Control	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Lenis	/p/	59.17	27.93	50.21	14.57	64.39	26.95	46.53	13.54	61.78	25.56	48.26	13.71
	/t/	48.28	17.09	33.45	8.94	76.18	27.61	41.67	12.88*	65.02	26.99	37.56	11.58*
	/k/	44.65	19.74	26.44	2.95	50.29	21.57	43.55	8.27	47.87	19.28	38.88	10.65
Glottalized stop	/p'/	130.81	41.48	114.03	13.60	114.85	48.18	128.31	14.75	122.83	44.51	121.17	15.63
	/t'/	117.69	27.18	98.40	19.09	125.19	30.61	127.77	16.31	121.44	28.44	113.09	22.93
	/k'/	108.82	44.76	99.91	23.92	102.28	32.28	107.68	17.12	105.72	38.42	103.79	20.63
Aspirated	/p ^h /	121.66	32.16	99.69	16.25	99.35	53.75	115.06	14.28	110.51	44.60	107.37	16.84
	/t ^h /	105.40	27.18	98.29	16.05	96.63	37.35	112.15	11.71	101.01	32.11	105.22	15.41
	/k ^h /	85.68	31.79	79.66	13.78	92.89	23.28	96.70	16.19	89.29	27.37	88.18	17.05

* : p<.05

제이다. 마비성 조음장애 환자군의 단음절 교대운동의 횟수를 조음 근육문제에 위치추정과 관련된 양순음 /p/, 치조음 /t/, 연구개음 /k/로 나누어 비교하였을 때 정상군에 비해 적었고 통계적 유의성도 있었다. 감소된 명료도와 구어 속도는 마비성 조음장애 환자들에서 거의 일반적인 결과로 나타나며 경미한 마비성 조음장애 환자들조차 구어 속도를 기초로 하여 손상되지 않은 개인과 차이를 나타낸다는 선행연구의 결과와 일치하였다.⁶⁾ 생리학적 측면에서 살펴보면 양순음 /p^h/, /p/을 발음할 때 입둘레근(Orbicularis oris)은 가장 주요한 근육으로 약화 시 왜곡을 초래한다.¹³⁾ 근육의 역할은 입둘레근이 입술을 함께 닫고 유지하게 한 후 작은 광대근(Zigomaticus minor), 위입술올림근(Levator labii superior muscle)과 아랫입술내림근(Depressor labii inferioris)이 위 아랫입술을 내리게 한다. 혀는 근육으로 된 기관으로 외재근과 내재근으로 이루어져 있는데 이들 근육 중에서 외재근의 턱끝혀근(Genioglossus)은 혀를 내리고 전방으로 움직이게 하며 붓돌기혀근(Styloglossus)은 혀를 올리고 뒤로 당기는 움직임을 담당하고 있어 이들 근육의 약화는 마비성 조음장애 환자의 치조음 /t/와 연구개음 /k/의 조음에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 정상군의 교호운동률은 2초 당 /p/는 10.43회, /t/는 10.55회, /k/는 10.25회, /ptk/는 3.47회로 나타났는데 이러한 결과는 황보명 등¹⁴⁾이 조사한 1음절 교호운동률의 평균이 1초 당 /p/는 6.09회, /t/는 6.38회, /k/는 6.02회, /ptk/는 2.32회로 나타난 것과 비교하였을 때 더 늦게 반복함을 알 수 있었다. 이것은 본 연구의 연구대상 연령이 55세에서 65세에 해당하여 근육 쇠퇴로 인해 반복 횟수에 차이를 보인 것으로 생각된다. 그리고 교호운동률의 순서는 근소하였지만 정상군과 환자군 모두 /t/ > /p/ > /k/의 순으로 높게 나타났다. 이와 관련하여 Jordan 등¹⁵⁾은 정상군에서 양순음 산출동안 입술과 하악 사이의 밀접한 시공간 연결성을 보고하였고 Carly 등¹⁶⁾은 tongue-

tip 조음이 tongue-back 조음보다 발음에 있어 턱의 움직임이 더 좌우되어 가변적인 조음 공간과 높은 연결성을 나타낸다고 하였다. 정상군의 /t/ > /p/ > /k/ 순은 강수군 등¹⁷⁾의 연구결과와 일치하였으나 환자군의 /t/ > /p/ > /k/ 순은 황보명 등¹⁴⁾의 경직형 마비성 조음장애 환자군이 /p/ > /t/ > /k/ 순으로 나타난 것과 일치하지 않았다.

정상 근육은 목표한 기간 동안 바람직한 근육수축을 유지할 수 있지만 약화된 근육은 일시적으로 수축성을 유지하더라도 약화를 보이게 된다. 또한 부정확하고 종종 과도한 힘을 보이기도 하는 불규칙성을 나타낸다. Tjaden 등¹⁸⁾은 15명의 정상 성인과 11명의 파킨슨 환자, 15명의 다발성 경화증 환자를 대상으로 한 교대운동(AMR) 평가에서 최소에너지와 최대 에너지가 정상군에 비해 환자군에서 더 가변적이었다고 하였다. 최소에너지는 정상군과 파킨슨 환자군이 다발성 경화증 환자군보다 높았고 최대 에너지는 파킨슨 환자군이 정상군보다 낮았다. 일련운동속도(SMR)에서 최소 에너지 측정은 환자군에 비해 정상군이 높았다고 하였다. 본 연구에서 정상군에 비해 큰 편차를 나타낸 환자를 대상으로 한 에너지 재분석에서 2초당 교대운동에서 나타난 주기들의 최소, 최대 에너지 범위를 비교하였을 때 최소에너지 범위는 /p/, /t/, /k/에서 모두 정상군에 비해 적었고 /t/를 제외한 /p/, /k/에서 통계적 유의성도 있었다(p<.05). 최소 에너지 범위에서는 환자군이 정상군에 비해 가변적이었으며 특히 /k/에서 환자군이 6.6~42.7 dB로 정상군 15.6~29.6 dB에 비해 큰 범위 차를 보였다. 최대 에너지 분석에서는 /p/, /t/, /k/에서 모두 정상군에 비해 컸고 통계적 유의성이 있었다(p<.05). 최대 에너지 범위에서도 환자군이 정상군에 비해 가변적이었고 특히 /k/에서 환자군이 24.8~66.1 dB로 정상군 25.3~42.8 dB에 비해 큰 범위 차를 보였다. Wang 등¹⁹⁾은 마비성 조음장애 환자들에서 나타나는 에너지 패턴과 시간의 불규칙성은 1) 성대주름의

진동과 협착적 기식음 같은 음향적 근거, 2) 후두 뱀빙과 조음 기관 움직임 제어와 같은 성대 요소들의 문제점과 관련하여 생각할 수 있다고 하였다.

근육의 수축이 정확하게 일어난다 할지라도 느린 전개이거나 시작부터 늦게 수축하고 정지까지도 늦어진다면 발화 시 음절 속도는 늦어진다. Ozawa 등¹⁹⁾은 경직형과 실조형 마비성 조음장애 환자의 감소된 교대운동에서 음절 또는 휴지 기간에서 다른 징후가 관찰되는지 연구했다. 실조형 마비성 조음장애 환자의 느린 길항반복운동은 휴지 길이 사이의 연장 때문이며 경직형 마비성 조음장애 환자의 느린 길항반복운동은 긴 음절 길이를 이유로 보고했다. Wang 등⁸⁾은 외상성 뇌 손상으로 인한 마비성 조음장애 환자의 교대운동에서 느린 음절속도가 정상군에 비해 대부분 길어진 음절길이와 길어진 음절사이의 간격이 이유라고 보고하면서 조음기관의 느린 운동성과 감소된 힘을 원인으로 설명하였다. 본 연구에서는 비교음소 /p/, /t/, /k/의 교대운동 시 대조군에 비해 긴 음절길이, 휴지기, 전체 길이를 나타내었으며 모두 통계적 유의성이 있었다($p < .05$). 음절길이는 대조군과 환자군 모두 /k/ > /t/ > /p/ 순으로 길었으며 휴지기에서 대조군은 /p/ > /t/ > /k/ 순으로 길었고 환자군은 /p/ > /k/ > /t/ 순으로 길었다. 또한 음절길이와 휴지기를 포함한 전체 길이는 /k/가 대조군과 환자군 모두 가장 긴 것으로 대조군의 휴지기를 제외하고 선행 연구 결과와 일치하였다.¹⁸⁾

Caruso 등²⁰⁾은 폐쇄음의 음성발현시간 값에서 현저한 차이가 없었으나 음성발현시간 가변성은 더 컸다고 보고했고, Forrest 등²¹⁾은 다수의 /p/가 포함된 문장 발화 시 파킨슨 환자들보다 더 긴 음성발현시간을 보였으나 발화 어두의 /p/에서만 현저하게 길었다고 보고하면서 이것이 후두 레벨에서의 움직임 문제를 나타내는 것이라 해석했다. Özsancağ 등²²⁾은 18명의 파킨슨 환자들에서 음절을 반복하는 동안 산출된 /p/, /t/, /k/의 음성발현시간이 12명의 정상군보다 현저하게 긴 것을 보고했다. 본 연구에서 마비성 조음장애 환자군의 9개 초성 폐쇄음의 음성발현시간은 대조군에 비해 길었고 통계적 유의성을 보였다($p < .05$). 이는 음성발현시간이 후두와 상 후두 영역 사이의 시간조절을 반영하는데 마비성 조음장애 환자군은 늦은 성대 진동 개시로 인해서 길이가 길어졌다고 할 수 있다. 조음위치에 따라 음성발현시간을 비교하였을 때 환자군과 대조군 모두 연구개음 > 치조음 > 양순음의 순으로 길었다. 마비성 조음장애 환자들 그룹에서 후설 조음을 필요로 하는 자음에 더 큰 어려움을 보였다는 결과와 일치하였으며^{11,23)} 이와 관련하여 배재연 등²⁴⁾은 연구개 폐쇄로 만들어진 폐쇄강의 크기가 치조나 양순 폐쇄에 비해 상대적으로 작으므로 압력이 높게 되고 그로 인한 성문하압의 상승으로

성대진동이 일어나기까지 더 많은 시간이 걸리게 되는 기류 역학적 이유를 보고하였다.

마비성 조음장애 환자의 전체발화시간은 대조군에 비해 모든 비교 폐쇄음에서 길었고 통계적 유의성이 있었다($p < .05$). 모음지속시간 또한 대조군에 비해 모든 비교 폐쇄음에서 길었고 /t/를 제외한 모든 비교 음소에서 통계적 유의성이 있었다($p < .05$). 후행모음의 길이는 조음기관과 후두의 기능과 관련한다. 대조군에 비해 긴 모음지속시간은 조음기관과 후두의 적절한 반응 시간 조절에 어려움을 보이는 마비성 조음장애 환자의 특성을 나타낸다고 할 수 있겠다. 폐쇄지속시간은 폐쇄 지속시간을 의미하며 생리학적 의미를 살펴 볼 때 긴장성을 대표하는 음향학적 수치이다. 폐쇄지속시간의 비교 분석에서는 /t^h/를 제외한 모든 비교 음소에서 대조군 보다 길었고 /t/에서 통계적 유의성이 있었다($p < .05$). 대조군과 환자군 모두 기식음에 비해 경음이 더 길게 나타났는데 이는 신지영이²⁵⁾ 혀-입천장 접촉 넓이가 가장 넓은 경음 > 기식음 순서로 폐쇄기간이 길었다는 보고와 일치하였다. 폐쇄지속시간이 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 하더라도 마비성 구어장애 환자군이 대조군에 비해 표준편차가 크게 나타난 점으로 보아 마비성 조음장애 환자의 후두 및 조음기관의 긴장으로 인한 시간조절의 어려움으로 가변적인 폐쇄기간을 나타냈다는 것을 추론할 수 있다.

그러나 본 연구의 제한점으로는 환자군의 구어샘플이 특정 마비성 조음장애 군으로 구별되지 않고 경도장애환자로 진단 내려진 환자들로 수집된 것이다. 그러나 특정 유형별 감별에는 어려움이 많으며 신뢰성의 부족이라는 문제가 제기되므로 더 많은 수의 환자들을 대상으로 한 전반적인 구어의 특성을 분석하는 것도 의의가 있을 것이다. 또한 본 연구에서는 구어 샘플 수집 시 무의미 음절 구조 문형을 사용하였으나 낱말과 문장 및 자발화 수준에서 더 다양한 음소 별 조음특성을 비교할 수 있는 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

마비성 조음장애 환자 음성언어의 음향학적인 특성을 비교 분석한 결과 마비성 조음장애 환자들은 약화된 조음기관의 운동 협응력과 근육 수축 문제로 인해 정상군에 비해 저하된 교대운동 횟수, 감소된 에너지 범위와 높은 가변성, 긴 음절 길이를 나타냈다. 그리고 후두조절 기능의 저하로 폐쇄음의 긴 음성발현시간을 나타냈다. 또한 긴 모음지속시간 및 폐쇄지속시간은 조음기관과 후두 조절 능력 저하와 긴 마찰 자음의 길이는 조음기관의 운동성 저하로 결과로 사료된다.

중심 단어 : 운동성 조음장애·폐쇄자음.

This paper was supported by Fund of Chonbuk National University Hospital Research Institute of Clinical Medicine.

REFERENCES

- 1) Darley F, Aronson A, Brown J. *Differential diagnostic patterns of Dysarthria. J Speech Hearing Res* 1969;12:246-69.
- 2) 김현기, 김완호, 서정환, 홍기환, 신희근, 고도홍. 마비성 조음장애의 임상적 양상에 관한 고찰. *음성과학* 1998;3:38-49.
- 3) Kent RD. *Hearing and Believing: Some Limits to the Auditory-Perceptual Assessment of Speech and Voice Disorders. Am J Speech Language Pathol* 1996;5:7-23.
- 4) 서미경, 김향희. 마비말장애 연구문헌에서 살펴본 말 평가의 청각적 요소. *음성과학* 2006;13(3):197-206.
- 5) Nishio M, Niimi S. *Changes over time in dysarthric patients with amyotrophic lateral sclerosis (ALS): a study of changes in speaking rate and maximum repetition rate (MRR). Clinical Linguistics & Phonetics* 2000;14:485-97.
- 6) Nishio M, Niimi S. *Comparison of speaking rate, articulation rate and alternating motion rate in dysarthric speakers. Folia Phoniatri Logop* 2006;58:114-31.
- 7) Ackermann H, Hertrich I, Hchr T. *Oral diadochokinesis in neurological dysarthrias. Folia Phoniatri* 1995;47:15-23.
- 8) Wang YT, Kent RD, Duffy JR, Thomas JE, Weismer G. *Alternating motion rate as an index of speech motor disorder in traumatic brain injury. Clin Linguist Phonetics* 2004;18:57-84.
- 9) Hong KH, Chon DS, Kim YJ, Jung KY. *Laryngeal adjustments for Korean stops -acoustic, electromyographic and fiberoptic analysis-. Korean J Otolaryngol Head Neck Surg* 1992;35:770-82.
- 10) Hong KH, Seiji N, Hajime H. *Laryngeal adjustments for the Korean stops, affricates and fricatives (EMG study). Ann Bull RILP* 1991;25:17-31.
- 11) Özsancak C, Auzou P, Mary J, Didier H. *Measurement of Voice Onset Time in Dysarthric Patients: Methodological Considerations. Folia Phoniatri Logop* 2001;53:48-57.
- 12) Schalling E, Hammarberg B, Hartelius L. *Perceptual and acoustic analysis of speech in individuals with spinocerebellar ataxia (SCA). Logoped Phoniatri Vocol* 2007;32(1):31-46.
- 13) David R. Higginbotham, Matthew I. Isaak, James N. Domingue. *The exaptation of manual dexterity for articulate speech: an electromyogram investigation. Exp Brain Res* 2008;186:603-9.
- 14) 황보명, 정옥란, 강수균. 경직형 마비성 구어장애 환자의 음절교호운동율. *언어치료연구* 2000;9:77-88.
- 15) Jordan RG, Christopher AM, Masahiko H, Roger WS. *The physiologic development of speech motor control: Lip and jaw coordination. J Speech Language Hearing Res* 2000;43:239-55.
- 16) Bartle CJ, Justine V. Bruce E. Murdoch MK. *EMA assessment of tongue-jaw co-ordination during speech in dysarthria following traumatic brain injury. Brain Injury* 2006;20:529-45.
- 17) 강수균, 황보명, 박선희, 신혜정. 초등학교 2학년 아동의 음절길항률에 대한 기초연구. *언어치료연구* 1999;8(1):97-114.
- 18) Tjaden K, Watling E. *Characteristics of Diadochokinesis in Multiple Sclerosis and Parkinson's Disease. Folia Phoniatri Logop* 2003;55:241-59.
- 19) Ozawa Y, Shiromoto O, Ishizaki F, Watamori T. *Symptomatic Differences in Decreased Alternating Motion Rates between Individuals with Spastic and with Ataxic Dysarthria: An Acoustic Analysis. Folia Phoniatri Logop* 2001;53:67-72.
- 20) Caruso AJ, Burton EK. *Temporal acoustic measures of dysarthria associated with amyotrophic lateral sclerosis. J Speech Hearing Res* 1987;30:80-7.
- 21) Forrest K, Weismer G, Turner GS. *Kinematic, acoustic and perceptual analyses of connected speech produced by Parkinsonian and normal geriatric adults. J Acous Soc Am* 1989;85:2608-22.
- 22) Özsancak C, Auzou P, Jan M, Léonardon S, Gaillard MJ, Hannequin D. *Pseudobulbar and Parkinsonian Dysarthria: an acoustical analysis. J Neurol* 1997;244:S53.
- 23) Logemann J, Fisher HB. *Vocal tract control in Parkinson's disease: Phonetic feature analysis of misarticulation. J Speech Hear Disord* 1981;46:348-52.
- 24) 배재연, 신지영, 고도홍. 음성 환경에 따른 한국어 폐쇄음의 음향적 특성: 시간적 특성을 중심으로. *음성과학* 1999;5:139-59.
- 25) 신지영. 모음-자음-모음 연결에서 자음의 조음특성과 모음-모음 동시조음. *음성과학* 1997;1:55-81.