

A Study of the Speech Characteristics of Elderly Speakers by Simultaneous Measuring Alternating DDK and Vowel Spaces

Dong Won Lim¹, Geun Hyo Kim¹, Hee June Park^{2*}

¹ Dept. of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery and Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital, Speech Language Pathologist

² Dept. of Speech and Hearing Therapy, Catholic University of Pusan, Professor

Purpose: This study aimed to confirm the correlation between short vowels, alternate motion rate (AMR), sequential motion rate (SMR), and vowel space area (VSA) for elderly speakers. Vowels were combined to identify vowel space characteristics in an alternating motion task. Furthermore, it is helpful to measure speech sound characteristics, motor language ability, and intelligibility of the elderly, and to measure fast speech sound characteristics, motor language ability and intelligibility.

Methods: The study involved two groups of 20 subjects each: normal elderly (65~82) and the young (21~50). To compare the AMR, SMR, and vowel space characteristics for each task type, differences in values of VSA, vowel articulatory index (VAI), formant centralization ratio (FCR), and F₂ ratio were compared.

Results: According to the study, the youth group was significantly higher than the elderly group in the following results. 1)AMR, 2)SMR: /papipu/, /tatitu/, /kakiku/, /patiku/, 3)VSA: monophthong 4)VAI: monophthong, AMR: /pa/, /pi/, /pu/, SMR, 5)F₂ ratio: monophthong: /pi/, /pu/. On the other hand, the FCR values were significantly lower than the VAI values in monophthong, AMR: /pa/, /pi/, /pu/, and SMR tasks than in older adults.

Conclusions: In conclusion, the diadochokinesis speed, characteristics of vowel triangles between the elderly and young groups were recognized and presented. Therefore, it is believed that they can be used for clinical use as a comparison of normal elderly groups. In addition, if software that can measure simultaneous tasks is developed, it will be possible to quickly measure intelligibility in the clinical field and compare before and after treatment.

Correspondence : Hee June Park, PhD

E-mail : june@cup.ac.kr

Received : August 31, 2022

Revision revised : October 17, 2022

Accepted : October 31, 2022

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2021S1A5A8071216).

ORCID

Dong Won Lim

<https://orcid.org/0000-0002-2200-2352>

Geun Hyo Kim

<https://orcid.org/0000-0002-6439-3750>

Hee June Park

<https://orcid.org/0000-0003-4801-3188>

Keywords: Alternate motion rate, sequential motion rate, vowel articulatory index, vowel space area, formant centralization ratio

I. 서 론

인간은 노화의 진행으로 호흡, 발성, 조음기관이 약화 된다. 즉, 후두 연골의 점진적 경화, 조음기관의 구조 변화, 폐의 탄성력 저하, 근육 긴장도 감소, 성도 내 점막 조직의 위축, 중추 신경의 활동 저하, 신경종말의 수 감소, 혀의 움직임 저하를 유발하는데, 이는 발화와 관련된 음역, 공명, 억양 등에 직·간접적으로 영향을 미친다(Bennett et al., 2007; Kim, 2005).

말소리 명료도는 호흡, 발성, 공명 등 말 산출에 필요한 모든 요소를 반영한 측정치로, 노화로 인한 조음 구조와 기능의 변화는 말 명료도에도 영향을 끼칠 수 있다(Ramig, 1991; Yorkston et al., 1988).

인간은 자신의 생각이나 전달하고자 하는 정보를 말, 글, 손짓,

몸짓, 표정 등을 통해 의사소통 한다. 그 중 말(speech)은 의사소통에서 가장 효율적이고 직접적인 수단이다. 정상적인 말을 산출하기 위해서는 호흡, 발성, 공명, 조음기관의 협응이 원활하게 이루어져야 한다.

말을 산출하는 운동 프로그래밍 또는 말 산출과 관련된 신경이나 근육에 손상이 생겼을 경우에는 정상적인 말 산출에 문제를 일으키는데 이를 말·운동장애(motor speech disorder)라고 한다. 말·운동장애를 평가하기 위한 방법으로는 구어 과제(speech task)와 비구어 과제(non-speech task)로 구분된다. 비구어 과제는 조음기관들에 대한 운동범위, 속도, 규칙성을 관찰하는 것이고 구어 과제로는 말을 산출할 때 관련 기관들이 얼마나 효율적, 기능적으로 움직이는지를 평가하는 것이다(Kim, 2008). 현재 임상에서 많이 쓰이고 있는 구어 과제로는 최대발성시간(maximum phonation time: MPT), 교호운동(diadochokinesis: DDK), 표준문구읽기 등이 있다(Kim, 2008; Kim et al., 2004). 교호운동은 하나 또는 그 이상의 조음점을 바꾸어가며(Sim, 2001) 음절 반복을 최대한 빠르게 산출하여

조음기관의 운동성에 대한 정확성과 속도를 평가할 수 있는 유용한 임상도구(Park et al., 2014)이다. 교호운동 과제를 통해 조음기관들의 속도, 정확성 및 규칙성에 대한 측정이 가능하고 연인두 폐쇄가 적절한지, 과제를 지속하기 위한 호흡 및 발성이 적절한지에 대한 평가도 가능하다(Duffy, 2005; Freed, 2000). 교호운동의 하위 항목으로는 ‘퍼’, ‘터’, ‘커’ 등과 같이 동일한 음절을 반복하는 교대운동속도(alternate motion rate: AMR)와 ‘퍼터커’와 같이 음절의 조합을 반복하는 일련운동속도(sequential motion rate: SMR)로 이루어져 있다(Park et al., 2014). DDK 분석은 검사자가 직접 손으로 측정할 수 있으나 정확도와 규칙성 분석을 위해 연구에서는 소프트웨어를 사용하고 있다. 소프트웨어를 이용하여 분석할 경우 다양한 프로그램이 있지만 주로 KayPentax®에서 개발한 CSL(Computerized Speech Lab)의 하위 소프트웨어인 MSP (Motor Speech Profile)를 이용한다. MSP 검사를 통하여 검사자에게 평균 DDK 기간, 속도 및 peak 강도 등 관련 파라미터를 제공한다(Wang et al., 2009). 교호운동 속도와 말 명료도와의 상관관계에 대한 선행연구를 살펴보면 Tamura 등(2022)은 마비말장애의 경우 교호운동 속도가 느린 경우 명료도가 떨어진다고 보고하였으며, 청년층에 비해 노년층의 경우 교호운동 속도가 떨어질수록 명료도도 저하되는 상관성이 있다는 다수의 연구가 보고되고 있다(Cho & Kim, 2013; Tafiadis et al., 2022; Takeuchi et al., 2021).

교호운동과 함께 명료도 측정을 위해 모음공간 분석도 많이 사용되고 관련 연구가 보고되고 있다. 모음공간 분석은 정상뿐만 아니라 다양한 언어장애의 조음 운동 능력을 조사하고 말 명료도를 분석하는 연구 분야에서 광범위하게 사용되어지고 있다(Bradlow et al., 1996). 이러한 측정의 기본적인 가설은 큰 모음공간이 혀의 높이(제1 포먼트 수준) 또는 혀의 전후 운동(제2 포먼트 수준)과 관련하여 조음 운동의 더 나은 움직임을 반영한다고 볼 수 있다. 따라서 노인 화자의 모음공간 영역의 감소는 말의 명료도가 감소한다는 것을 나타낸다(Neel, 2008). 많은 연구자들이 다양한 언어장애에서 모음 공간을 측정하여 보고하였다. McRae 등(2002)은 마비말장애가 있는 성인들의 경우 모음공간이 감소했다고 보고하였으며, 노화 진행에 따라 모음공간이 감소한다는 다수의 연구가 보고되었으며(Davatz et al., 2021; Scukanec et al., 1991; Todaka, 2007), 이상의 연구들에서 모음공간과 말의 명료도는 강한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 즉, 모음공간 감소는 결국 말의 명료도 저하를 나타내는 것이다.

말소리 명료도는 청자의 입장에서 화자가 발화한 메시지의 해석 정도로 정의할 수 있다. 이는 화자가 발화한 음향학적 신호인 메시지를 청자가 정확히 받아들이고 해석하는 정도이다(Lee, 2010). 말 명료도를 평가할 때 영향을 미치는 요인은 모두 중요하지만 평가 대상과 목적에 따라 그 비중이 달라진다(Kim, 2001).

고령화가 진행되면 뇌의 역량이 떨어지고 기능이 상실된 뇌세포가 늘어남으로 노인들은 집중력, 판단력이 떨어진다고(Hedden & Gabrieli, 2004). 이러한 노인들을 대상으로 명료도 검사를 하기

위해 단모음, AMR, SMR과 각각의 VSA 과제를 모두를 실시하기에는 시간적인 요소가 많이 필요하고 시간이 지남에 따른 집중도의 저하로 인해 결과가 부정확하게 측정될 것으로 사료된다.

현재까지 다양한 장애 영역에서 말 명료도와 모음공간 면적의 상관성에 대한 연구가 이루어져 왔지만(Lee, 2010; Sim et al., 2012), 말 명료도와 상관성이 높은 모음공간 면적과 교호운동과의 상관성에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 노년층과 청년층을 대상으로 단모음, AMR, SMR의 속도에 대한 집단 간 차이와 모음공간 면적(vowel space area: VSA)의 특성에 대한 상관성을 확인하고 나아가 노인을 대상으로 신속한 말 특성 및 운동 구어 능력과 명료도 측정에 도움을 주고자 한다.

구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 모음 종류(/ㅏ/, /ㅣ/, /ㅜ/, /ㅡ/)에 따른 교대운동 과제(/파/, /피/, /푸/, /타/, /티/, /투/, /카/, /키/, /쿠/, /파티쿠/, /파피푸/, /타티투/, /카키쿠/)에서 집단 간 차이가 있는가?

둘째, 모음종류에 따른 AMR, SMR 과제에서 모음공간 특성에 차이가 있는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 부산에 거주하는 65~82세(평균연령 71.8세)의 정상 노인집단과 21~50세(평균연령 29.3세)의 청년집단 각 20명을 대상으로 하였다. 선정기준은 한국판 경도인지장애 평가(Korean-Montreal Cognitive Assessment: K-MoCA)에서 정상 기준인 23점 이상, 조음기관 구조·기능 선별검사(Speech Mechanism Screening Test: SMST)를 통해 구강의 구조와 구강 운동 기능에 문제가 없어야 하며, 시·청각장애, 신경 운동장애, 말·언어장애가 없는 화자로 선정하였다.

Table 1. Participant information

		Elderly (n=20)		Control (n=20)	
		M	SD	M	SD
Age		71.85	5.80	29.3	6.61
K-MoCA		24.55	1.39	27.0	1.78
SMST	Structure	24.05	.94	24.4	.99
	Function	33.10	.72	33.5	.61

2. 연구 절차

1) 음성 녹음

잡음 및 소음이 없는 독립되고 밀폐된 공간에서 자료를 수집하였다. 환경 소음을 제거하기가 용이하지 않을 경우 이른 아침이나 늦은 밤과 같이 주변 소음이 가장 적은 시간을 선택하였다. 보이스 레코더를 수평으로 설치한 후 녹음을 진행하였고,

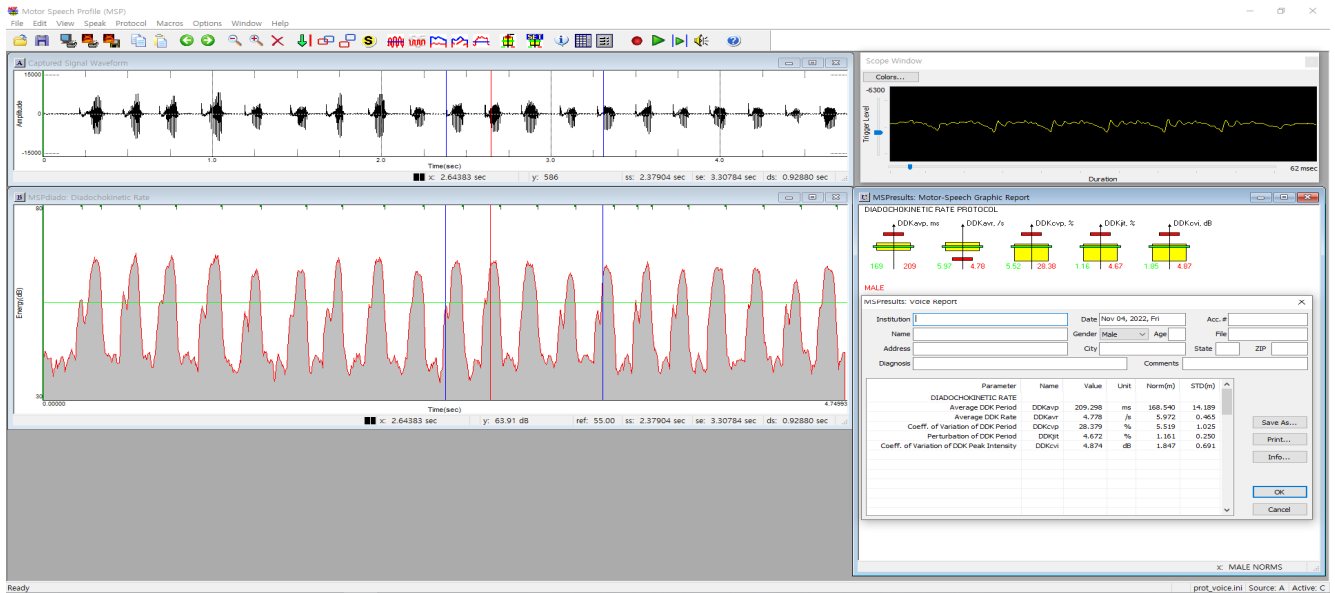


Figure 1. Analysis of DDKavr using MSP

대상자의 목소리의 크기에 따라 입에서 10~15cm의 거리를 유지하였다. 과제의 녹음순서는 검사 순서에 따라 받는 영향을 최소한으로 하기 위하여 무작위로 제시하였다.

2) 연구 도구

교호운동의 초당 반복되는 횟수와 모음공간 면적에 대하여 알아보기 위해 녹음을 하였고 대상자와 수평으로 15cm 거리에 삼각대를 이용하여 Sony사의 보이스레코더(Linear PCM Recorder, PCM-D50, Sony, Japan)로 샘플링 레이트 44.1kHz, 양자화 16bit, WAV 형식으로 녹음하였다. 교대운동과 관련된 파라미터를 측정을 위해 KayPentax®의 CSL에 결합 되는 선택적 소프트웨어인 MSP를 사용하였다.

3. 실험 설계

1) 과제의 실시 절차

단모음공간 면적을 알아보기 위하여 모음삼각도에서 각 극단에 위치하는 /ㅏ/, /ㅣ/, /ㅓ/ 모음을 발성하고 이를 분석하였다. 과제 시 “평소에 말하는 방식대로 편안하게 2초 동안 말해주세요”라고 설명한 후 실시하였다.

이후, 연구대상자들의 구강 교호운동능력을 알아보기 위하여 AMR 과제와 SMR 과제를 활용하였다. AMR 과제로는 양순음, 치조음, 연구개음을 포함하였고 모음삼각도의 각 끝점

인 /ㅏ/, /ㅣ/, /ㅓ/모음을 조합한 ‘pa’, ‘pi’, ‘pu’, ‘ta’, ‘ti’, ‘tu’, ‘ka’, ‘ki’, ‘ku’를 반복 발화하도록 하였고, SMR 과제로 ‘patiku’, ‘papipu’, ‘tatitu’, ‘kakiku’를 반복 발화하도록 하였다. 모든 발화는 대상자가 최대한 빠르고, 규칙적이며, 정확하게 발화할 수 있도록 연구자가 모델링을 해주고 2~3차례 연습한 후에 검사를 실시하였다. AMR, SMR 과제는 총 3회씩 측정하였으며 학습효과를 통제하기 위하여 과제의 순서는 무작위로 제시하였다. 그 중 수행력이 가장 빠르고 정확하게 수행한 것을 선택하여 분석하였다. 연구에 사용된 과제의 종류는 아래의 Table 2에 제시하였다.

2) 자료 분석

본 연구의 DDK에 관한 분석은 Park 등(2012)의 연구를 참조하였다. 분석 프로그램은 Kay Elemetrics의 Motor Speech Profile (Model 5141)을 사용하였고, 분석파일은 각 발화의 음절 반복 부분에서 안정구간 3초 정도의 길이를 설정하여 분석하였다. 교호운동 분석에서 사용되는 매개변수에 영향을 줄 수 있는 윈도우 역치(threshold) 55dB, 길이 20ms, 중복(overlap) 길이는 5ms, smoothing는 low 수준으로 분석하였다. 분석법의 예는 Figure 1에 제시하였다.

본 연구에서는 /ㅏ/, /ㅣ/, /ㅓ/ 3개의 모음에 대한 F_1 , F_2 값을 아래의 공식에 대입하였다. VSA에 대한 산출은 모음삼각도의 꼭지점을 기준으로 생성된 삼각형의 세 변의 길이에 대한 면적을 구하는 Heron's의 공식으로 산출하였고, VAI, FCR, F_2 ratio 공식에 대한 세부 내용은 다음과 같다(Kang et al., 2010).

$$\text{모음삼각도의 넓이} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

$$p = \frac{(a+b+c)}{2}$$

$$a = \sqrt{(F_{1_{\text{ㅓ}}} - F_{1_{\text{ㅏ}}})^2 + (F_{2_{\text{ㅓ}}} - F_{2_{\text{ㅏ}}})^2}$$

Table 2. Types and contents of the task

Task	List
1 Vowel	/ㅏ/, /ㅣ/, /ㅓ/
2 AMR	/pa/, /pi/, /pu/, /ta/, /ti/, /tu/, /ka/, /ki/, /ku/
3 SMR	/patiku/, /papipu/, /tatitu/, /kakiku/

$$b = \sqrt{(F_{1/\tau/} - F_{1/\tau/})^2 + (F_{2/\tau/} - F_{2/\tau/})^2}$$

$$c = \sqrt{(F_{1/\tau/} - F_{1/\tau/})^2 + (F_{2/\tau/} - F_{2/\tau/})^2}$$

$$VAI = \frac{F_{2/\tau/} + F_{2/\tau/}}{F_{1/\tau/} + F_{1/\tau/} + F_{2/\tau/} + F_{2/\tau/}}$$

$$FCR = \frac{F_{2/\tau/} + F_{2/\tau/} + F_{1/\tau/} + F_{1/\tau/}}{F_{2/\tau/} + F_{1/\tau/}}$$

$$F2ratio = \frac{F_{2/\tau/}}{F_{2/\tau/}}$$

4. 결과 처리

수집된 자료는 집단 간 모음 종류에 따른 AMR, SMR 및 모음 공간 면적 차이의 유의성을 확인하기 위해 IBM SPSS Statistics 25를 사용하여 독립표본 *t*-검정을 실시하였다.

III. 연구 결과

1. 모음 종류에 따른 집단 간 교대운동속도(AMR) 차이

모음 종류에 따른 집단 간 AMR에 대한 평균과 표준편차는 Table 3에 제시하였다.

Table 3. Differences in alternation motion rate between groups

Task	Elderly <i>M (SD)</i>	Control <i>M (SD)</i>	<i>t</i>
/pa/	5.11 (.90)	6.46 (.55)	5.74**
/pi/	4.82 (.74)	5.94 (.49)	5.63**
/pu/	4.58 (.67)	5.70 (.77)	4.84**
/ta/	4.71 (.71)	6.28 (.97)	5.83**
/ti/	4.69 (.58)	5.63 (1.27)	3.02*
/tu/	4.68 (.82)	6.18 (.80)	5.84**
/ka/	4.84 (.73)	5.96 (.74)	4.85**
/ki/	4.57 (.74)	5.79 (.93)	4.57**
/ku/	4.71 (.69)	5.78 (.59)	5.23**

p*<.05, *p*<.01

이러한 결과를 볼 때, AMR에 대한 집단 간의 수행력에 있어 /ti/ 과제(*p*<.05)와 /pa/, /pi/, /pu/, /ta/, /tu/, /ka/, /ki/, /ku/ 과제(*p*<.01)의 속도에서 청년집단과 노인집단 간 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 청년집단에서 초당 반복횟수가 가장 높은 과제는 초당 6.46회를 반복한 /pa/과제로 나타났고 반복 횟수가 가장 낮은 과제는 초당 5.63회를 반복한 /ti/과제로 나타났다. 노인집단에서는 초당 반복횟수가 가장 높은 과제는 초

당 5.11회를 반복한 /pa/과제로 청년집단과 동일하였고 반복횟수가 가장 낮은 과제는 초당 4.57회를 반복한 /ki/과제로 나타났다.

2. 모음 종류에 따른 집단 간 일련운동속도(SMR) 차이

모음 종류에 따른 집단 간 SMR에 대한 평균과 표준편차는 Table 4에 제시하였다.

Table 4. Sequential motion rate difference between groups

Task	Elderly <i>M (SD)</i>	Control <i>M (SD)</i>	<i>t</i>
/patiku/	1.69 (.32)	2.60 (.37)	8.38**
/papipu/	1.54 (.28)	2.26 (.17)	9.87**
/tatitu/	1.53 (.24)	2.24 (.21)	9.99**
/kakiku/	1.52 (.31)	2.27 (.20)	8.93**

***p*<.01

이러한 결과를 볼 때, SMR에 대한 집단 간의 수행력에 있어 /papipu/, /tatitu/, /kakiku/, /patiku/모든 과제의 속도에서 청년집단과 노인집단간의 통계적으로 유의한 차이(*p*<.01)가 나타났다. 청년집단에서는 SMR 과제에 대해 /patiku/, /kakiku/와 /papipu/, /tatitu/의 순으로 반복횟수가 높았고, 노인집단에서는 SMR 과제에 대해 /patiku/, /papipu/, /tatitu/, /kakiku/의 순으로 반복횟수가 높았다.

3. 과제 유형에 따른 모음공간 특성 차이

1) 집단 간 모음공간 면적(VSA) 차이

집단 간 과제유형에 따른 VSA 값의 평균과 표준편차는 Table 5에 제시하였다.

Table 5. Analysis of vowel space area by task type between groups

Task	Elderly <i>M (SD)</i>	Control <i>M (SD)</i>	<i>t</i>
Vowel	205,049 (86,980)	404,251 (191,756)	4.23**
AMR /pa//pi//pu/	176,850 (73,585)	214,091 (126,178)	1.14
AMR /ta//ti//tu/	109,095 (66,754)	146,581 (99,879)	1.40
AMR /ka//ki//ku/	145,938 (89,064)	235,098 (144,945)	2.34
SMR /patiku/	125,539 (60,791)	142,122 (85,957)	.70

Note. AMR=alternate motion rate; SMR=sequential motion rate.

** $p < .01$

청년집단과 노인집단의 VSA를 비교한 결과 기본 모음과제에 따른 VSA 값에서는 유의한 차이가 나타났지만, 기본 모음을 제외한 AMR 과제, SMR 과제에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다.

Figure 2~6에 집단 간 과제유형에 따른 모음삼각도를 나타내었다.

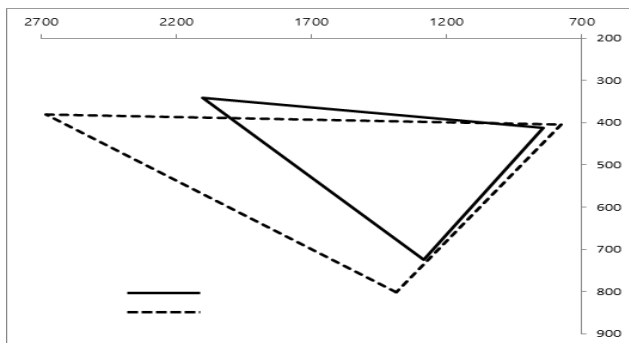


Figure 2. Vowel space area according to monophthong task between groups

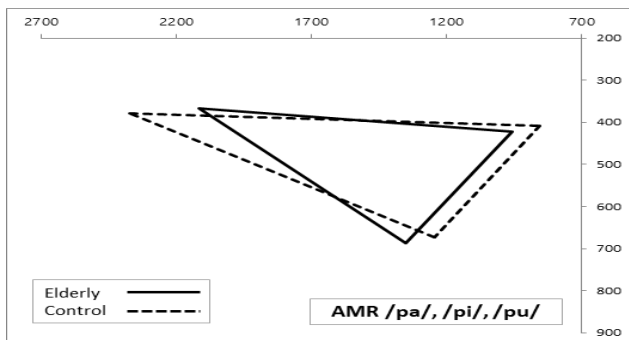


Figure 3. Vowel space area according to /pa/, /pi/, /pu/ task between groups

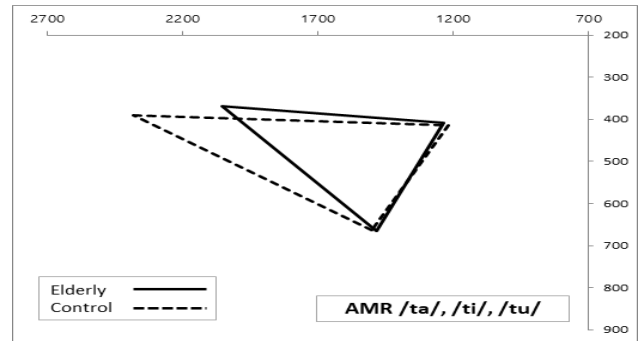


Figure 4. Vowel space area according to /ta/, /ti/, /tu/ task between groups

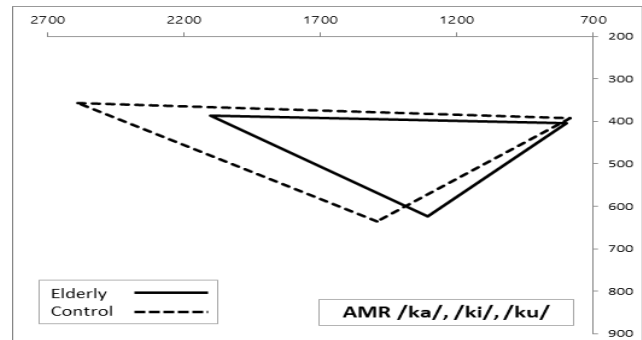


Figure 5. Vowel space area according to /ka/, /ki/, /ku/ task between groups

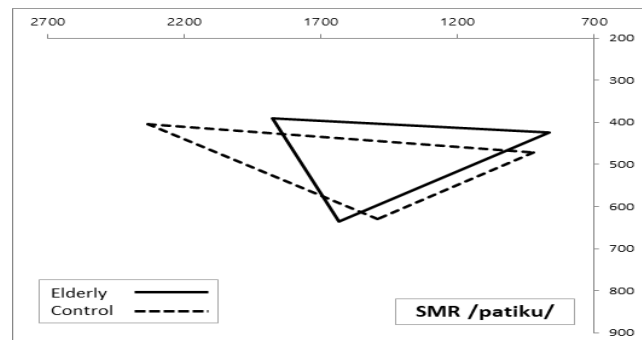


Figure 6. Vowel space area according to /ptiku/ task between groups

2) 집단 간 과제유형별 모음조음지수(VAI)

집단 간 과제유형에 따른 모음조음지수 값의 평균과 표준편차는 Table 6에 제시하였다.

Table 6. Analysis of vowel articulatory index according to task type between groups

Task	Elderly <i>M (SD)</i>	Control <i>M (SD)</i>	<i>t</i>
Vowel	.99 (.17)	1.19 (.14)	3.94**
AMR /pa//pi//pu/	.91 (.12)	1.06 (.13)	3.71**
AMR /ta//ti//tu/	.79 (.15)	.87 (.11)	2.06*
AMR /ka//ki//ku/	.94 (.13)	1.08 (.15)	3.02**
SMR	.77 (.13)	.91 (.12)	3.62**

Note. AMR=alternate motion rate; SMR=sequential motion rate.
* $p<.05$, ** $p<.01$

청년집단과 노인집단의 모음조음지수 값을 비교한 결과, AMR /ta/, /ti/, /tu/ 과제($p<.05$), 기본 모음과제, AMR /pa/, /pi/, /pu/ 과제, AMR /ka/, /ki/, /ku/ 과제, SMR 과제($p<.01$)에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

3) 집단 간 과제유형별 모음 중앙화 비율(FCR)

집단 간 과제유형에 따른 모음 중앙화 비율 값의 평균과 표준편차는 Table 7에 제시하였다.

Table 7. Analysis of FCR according to task type between groups

Task	Elderly <i>M (SD)</i>	Control <i>M (SD)</i>	<i>t</i>
Vowel	1.04 (.20)	.85 (.11)	-3.64**
AMR /pa//pi//pu/	1.11 (.16)	.95 (.12)	-3.55**
AMR /ta//ti//tu/	1.32 (.30)	1.17 (.15)	-2.09*
AMR /ka//ki//ku/	1.08 (.15)	.95 (.14)	-2.87*
SMR	1.34 (.25)	1.11 (.13)	-3.67**

Note. AMR=alternate motion rate; SMR=sequential motion rate.
* $p<.05$, ** $p<.01$

청년집단과 노인집단의 FCR값을 비교한 결과 AMR /ta/, /ti/, /tu/ 과제, AMR /ka/, /ki/, /ku/ 과제($p<.05$), 기본 모음과제, AMR /pa/, /pi/, /pu/ 과제, SMR 과제($p<.01$)에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

4) 집단 간 과제유형에 따른 F₂ ratio 분석

집단 간 과제유형에 따른 F₂ ratio값의 평균과 표준편차는 Table 8에 제시하였다.

Table 8. Analysis of F₂ ratio according to task type between groups

Task	Control	Elderly	<i>t</i>
Vowel /i/, /u/	3.48 (.56)	2.61 (.74)	4.18**
AMR /pi//pu/	2.82 (.53)	2.31 (.49)	3.2**
AMR /ti//tu/	2.13 (.71)	1.74 (.50)	2.04*
AMR /ki//ku/	3.39 (.68)	2.69 (.65)	3.31**
SMR	2.59 (.49)	2.22 (.49)	2.45*

Note. AMR=alternate motion rate; SMR=sequential motion rate.
* $p<.05$, ** $p<.01$

청년집단과 노인집단의 F₂ ratio값을 비교한 결과 기본 모음과제와 AMR 과제, SMR 과제 모두에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

IV. 논의 및 결론

본 연구에서는 노년층을 대상으로 DDK 과제에 모음삼각도의 각 끝 지점에 위치한 /ㅏ/, /ㅣ/, /ㅑ/와 조합시켜 단모음, AMR, SMR, 모음공간 면적에 대한 차이를 확인하고 이와 더불어 각 끝점에 위치한 모음을 조합한 DDK 과제를 통하여 교호 운동속도와 모음삼각도의 면적을 동시에 측정하여 청년과 노인의 교호운동 수행능력을 비교하고자 하였다. 본 연구 결과는 다음과 같이 요약해 볼 수 있다.

첫째, AMR 과제에서 청년집단과 노인집단 간 AMR 9가지의 과제에 대한 AMRavr값 즉 초당 반복되는 속도 분석에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 이는 노년층이 청년층보다 DDK 수행력이 낮다는 선행연구(Cheon, 2007; Kim, 2003)와 일치한다. 하지만 /ㅏ/모음과 조합하였을 때 청년집단은 /pa/, /ta/, /ka/순서로 높은 수행력을 나타내었고, 노인집단은 /pa/, /ka/, /ta/순서로 높은 수행력을 나타내었다. 각 집단에서의 AMR과제에 따른 차이를 살펴보면 청년집단에서 /pa/가 /pi/와 /pu/보다 높은 수행력을 나타내었다. 노인집단에서 역시 동일한 양상을 나타내었다. 또한 노인집단은 /k/계열에서 /ki/과제가 /ka/와 /ku/과제보다 낮은 수행력을 나타내었다. 이는 노화로 인해 젊은 성인보다 연령이 높아질수록 혀의 움직임이 줄어드는 변화가 나타난다는 Bennett 등(2007)의 연구를 고려할 때, 조음위치가 연구개음인 /k/를 위치적으로 가까운 /ㅏ/, /ㅑ/와 조합한 것 보다 연구개와 가장 멀리 위치한 전설모음 /ㅣ/와 조합된 과제를 수행하는 데 있어 구강 움직임의 저하로 인한 낮은 수행력을 보인 것으로 예상된다.

둘째, SMR 과제에서 청년집단과 노인집단 간 SMR 4가지 과제에 대한 속도 분석 결과 /papipu/, /tatitu/, /kakiku/, /patiku/ 4가지 과제 모두 유의한 차이가 있었다. 청년집단의 SMR 수행속도는 /patiku/ (2.60/s), /papipu/ (2.26/s), /tatitu/ (2.24/s), /kakiku/ (2.26/s) 순으로 나타났으며 노인집단은 /patiku/ (1.72/s), /papipu/

(1.58/s), /tatitu/ (1.53/s), /kakiku/ (1.52/s) 순으로 노인집단이 모든 과제에서 수행력이 유의하게 낮았지만 각 과제의 교호운동 속도의 순서는 청년집단과 비슷한 양상을 나타내었다. SMR 과제에 대한 집단에서의 수행 값을 보면 청년집단에서 /patiku/과제에서 높은 수행력을 나타내었다. 이는 AMR 과제에서 가장 높은 수행력을 보였던 /pa/와 조음점의 위치가 동일한 자음과 모음이 결합된 /pi/와 /ku/의 조합이 반복적인 운동을 수행하는 데 있어 혀의 움직임이 최소화됨에 따라 수행력이 높아졌다고 볼 수 있다.

셋째, 과제유형에 따른 집단 간 모음공간의 특성을 분석한 결과 모음공간 면적에 있어 모든 과제 유형에서 청년층의 모음공간 면적이 크게 나타났으나 통계적으로는 단모음에서만 유의하게 나타났다. 이는 반복속도가 빨라짐에 따라 모음공간 면적이 좁아지는 특성을 나타냈다고 판단된다. SMR 과제인 /patiku/에 대한 모음삼각도 그림을 살펴보면 청년집단에서는 정상적인 모음삼각도의 모양을 보이지만 노인집단에서의 모음삼각도를 보면 /|/모음이 후방화 되는 모양을 나타내었다. 또한 청년집단과 노인집단 모두 AMR 과제 중 /tu/과제에서 다른 과제에 비해 혀가 전방화 되는 특성을 나타내었다. 이는 치조음인 /t/와 후설모음 /ɯ/가 만나 혀가 전방으로 견인되었다고 판단된다. 집단 간 과제 유형에 따른 VAI값을 분석해 보았을 때 청년집단이 노인집단보다 단모음, AMR 과제와 SMR 과제 모두에서 유의하게 높게 측정되었다. 또한 FCR값은 VAI값과 반대로 청년집단이 노인집단보다 단모음, AMR 과제, SMR 과제에서 유의하게 낮게 측정되었다. 이는 노인집단이 해당 과제를 수행하는 데 있어 모음의 중앙화 비율이 높아짐을 확인할 수 있었다. Lee(2010)의 연구를 고려하였을 때 VAI값과 FCR값은 말 명료도에도 많은 영향을 미치며, 명료도 저하를 보이는 특징 중 하나가 모음왜곡인 것을 감안하면 해당 단모음, AMR 과제 중 /pa/, /pi/, /pu/, SMR 과제를 수행할 때 노인집단의 명료도 또한 더 낮았다고 판단할 수 있다. 집단 간 F_2 ratio를 비교한 결과 단모음과 /pi//pu/, /ki//ku/, /ti//tu/, SMR에 대한 값이 청년층에서 유의하게 높게 측정되었다. F_2 ratio는 모음 /|/와 /ɯ/의 변형과 관련된 지표로서 조음 정확도를 보기에 유용한 변수로, 혀의 전·후 움직임 및 입술의 원순성 등 조음관련 움직임에 대해 파악하기 유용한 파라미터이다(Sapir et al., 2010). F_2 ratio값이 청년집단에서 유의하게 높게 측정된 것으로 보았을 때 노년층의 명료도가 청년층보다 낮았다는 것을 예측해 볼 수 있다.

노년층을 대상으로 한 대부분의 연구에서 주로 음성에 초점이 많이 맞추어져 있고 말·운동 능력에 대한 연구도 다양하게 이루어져 왔다. 하지만 정상노년층을 대상으로 한 교호운동과 모음삼각도의 연관성에 관한 연구는 미비한 실정이다. 본 연구에서는 노년층을 대상으로 청년집단과의 과제 유형에 따른 교호운동 속도의 차이와 모음삼각도의 특성에 대하여 알아보고 그 수치를 비교하여 제시하였으므로, 추후 정상 노년층에 대한 비교 자료로 임상에서 활용될 수 있을 것이라고 사료 된다. 또한 교호운동 과제를 변형시켜 모음삼각도를 함께 측정할 수 있는 자료로 사용해 보았다. 대부분의 과제에서 음절을 반복하여 발

화하는 상황에서의 모음삼각도의 모양에서 정상적인 모음삼각도의 형태를 나타내었지만 SMR /patiku/ 과제에서는 노인 집단의 모음삼각도 모양이 변하는 양상을 보였다. VSA에 있어서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

본 연구의 제한점 및 후속연구를 위한 제언은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 DDK와 관련하여 초당 반복횟수만 비교하였다. 추후 연구에서는 DDK와 관련한 청년집단과 노인집단의 규칙성에는 어떠한 차이가 있는지 비교할 것을 제안한다.

둘째, 본 연구에서는 SMR 과제에 VSA에 대하여 비교·분석하였다. 비교 결과 SMR 과제에서 VSA에 대해서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만 모음삼각도의 양상이 달라진 것을 보아 추후 연구에서는 모음삼각도의 모양에 대하여 비교분석을 해 볼 필요성이 있다.

셋째, 본 연구에서는 과제 유형을 단모음, AMR, SMR 세 가지로, 문장에 대한 비교를 할 수가 없었다. 또한 모음과 선행하는 자음 간 음향학적 특성이 달라질 수 있다. 이에 추후 연구에서는 문장읽기 상황 및 자음과 모음과의 음향학적 특성을 반영한 연구가 이루어져야 할 것이다.

이상의 연구내용을 바탕으로 모음 종류에 따른 교호운동 측정의 경우 한 번의 발화를 통해 교호운동 속도와 모음공간 분석이 가능함을 알 수 있었으며 이러한 동시 과제를 측정할 수 있는 소프트웨어가 개발된다면 임상현장에서 빠르게 명료도를 측정해 볼 수 있고 치료 전·후를 비교해 볼 수 있을 것으로 사료 된다.

Reference

- Bennett, J. W., Lieshout, P., & Steele, C. M. (2007). Tongue control for speech and swallowing in healthy younger and older subjects. *International Journal of Orofacial Myology*, 33(1), 5-18. doi:10.52010/ijom.2007.33.1.1
- Bradlow, A. R., Torretta, G. M., & Pisoni, D. B. (1996). Intelligibility of normal speech I: Global and fine-grained acoustic phonetic talker characteristics. *Speech Communication*, 20(3-4), 255-272. doi:10.1016/s0167-6393(96)00063-5
- Cheon, S. L. (2007). *Maximum phonation time, sound abutment speed, and standard punctuation rate for older adults* (Master's thesis). Yonsei University, Seoul.
- Cho, Y., & Kim, H. (2013). Rate and regularity of articulatory diadochokinetic performance in healthy Korean elderly via acoustic analysis. *Phonetics & Speech Sciences*, 5(3), 95-101. doi:10.13064/ksss.2013.5.3.095
- Davatz, G. C., Yamasaki, R., Hachiya, A., Tsuji, D. H., & Montagnoli, A. N. (2021). Source and filter acoustic measures of young, middle-aged and elderly adults for application in vowel synthesis. *Journal of Voice*, In Press. doi:10.1016/j.jvoice.2021.08.025
- Duffy, J. R. (2005). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management* (2nd ed.). St. Louis: Elsevier Health Science.

- Freed, D. B. (2000). *Motor speech disorder: Diagnosis and treatment*. San Diego: Singular Publishing Group.
- Hedden, T., & Gabrieli, J. D. E. (2004). Insights into the ageing mind: A view from cognitive neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 87-96. doi:10.1038/nrn1323
- Kang, Y. A., Yoon, K. C., Lee, H. S., & Seong, C. J. (2010). A comparison of parameter of acoustic vowel space in patients with Parkinson's disease. *Journal of Phonetics & Speech Sciences*, 2(4), 185-192.
- Kim, B. Y. (2008). *Maximum phonation time for young and elderly people, speed of motion of articulation alternation motion rate, and speed of utterance of standard phrases* (Master's thesis). Yonsei University, Seoul.
- Kim, E. J. (2003). *Comparison of maximum phonation time and articulation alternation motion rate between normal and elderly people* (Master's thesis). Yonsei University, Seoul.
- Kim, H. H., Lee, M. S., Kim, S. W., Choi, S. H., & Lee, W. Y. (2004). A blue perceptual evaluation scale of parachymal disorder due to Parkinson's disease. *Journal of Phonetics & Speech Sciences*, 11(2), 39-49.
- Kim, S. J. (2001). *A study on the fractional characteristics of dysarthric using the verbularity evaluation method* (Doctoral dissertation). Ewha Womans University, Seoul.
- Kim, S. W. (2005). *Comparison of acoustical and phonological characteristics between the elderly and the young* (Master's thesis). Yonsei University, Seoul.
- Lee, O. B. (2010). Correlation between speech clarity and vowel space area. *Cogito*, 68, 7-26.
- McRae, P. A., Tjaden, K., & Schoonings, B. (2002). Acoustic and perceptual consequences of articulatory rate change in Parkinson disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45(1), 35-50. doi:10.1044/1092-4388(2002/003)
- Neel, A. T. (2008). Vowel space characteristics and vowel identification accuracy. *Journal of Speech Language Hearing Research*, 51(3), 574-585. doi:10.1044/1092-4388(2008/041)
- Park, H. J., Kim, G. H., Bae, I. H., & Kwon, S. B. (2014). Characteristics of oral and laryngeal interaction in diadochokinesis soft-slap speech disorder speakers. *Journal of Speech, Language, & Hearing Research*, 23(3), 27-34. doi:10.15724/jslhd.2014.23.3.003
- Ramig, L. O. (1991). The role of phonation in speech intelligibility: A review and preliminary data from patients with Parkinsons disease. In R. D. Kent (Ed.), *Intelligibility in speech disorders* (pp. 119-156). Amsterdam: J. Benjamins Pub. Co.
- Sapir, S., Raming, L. O., Spielman, J. L., & Fox, C. (2010). Formant centralization ratio: A proposal for a new acoustic measure of dysarthric speech. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 53(1), 114-125. doi:10.1044/1092-4388(2009/08-0184)
- Scukanec, G. P., Petrosino, L., & Squibb, K. (1991). Formant frequency characteristics of children, young adult, and aged female speakers. *Perceptual and Motor Skills*, 73(1), 203-208. doi:10.2466/pms.1991.73.1.203
- Shin, M. J., Kim, J. O., Lee, S. B., & Lee, S. Y. (2010). *Speech Mechanism Screening Test (SMST)*. Seoul: Hakjisa.
- Sim, H. J., Park, W. K., & Ko, D. H. (2012). Speech clarity and vowel space characteristics in patients with Parkinson's disease. *Phonetic and Speech Sciences*, 4(3), 161-169.
- Sim, H. S. (2001). A study on the trends of speech disorder research. *Korean Journal of Special Education*, 35(4), 121-142.
- Tafiadis, D., Zarokanellou, V., Prentza, A., Voniati, L., & Ziavra, N. (2022). Diadochokinetic rates in healthy young and elderly Greek-speaking adults: The effect of types of stimuli. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 57(5), 1085-1097. doi:10.1111/1460-6984.12747
- Takeuchi, N., Sawada, N., Ekuni, D., & Morita, M. (2021). Oral diadochokinesis is related to decline in swallowing function among community-dwelling Japanese elderly: A cross-sectional study. *Aging Clinical and Experimental Research*, 33(2), 399-405. doi:10.1007/s40520-020-01547-7
- Tamura, T., Tanaka, Y., Watanabe, Y., & Sato, K. (2022). Relationships between maximum tongue pressure and second formant transition in speakers with different types of dysarthria. *PLoS ONE*, 17(3), e0264995. doi:10.1371/journal.pone.0264995
- Todaka, Y. (2007). A comparison of vowel productions between adolescents, middle-aged, and the elderly: The case of miyazaki residents (Part 2). *Bulletin of Miyazaki Municipal University Faculty of Humanities*, 14(1), 245-260.
- Wang, Y. T., Kent, R. D., Duffy, J. R., & Thomas, J. E. (2009). Analysis of diadochokinesis in ataxic dysarthria using the motor speech profile program. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 61(1), 1-11. doi:10.1159/000184539
- Yorkston, K. M., Beukelman, D. B., & Bell, K. R. (1988). *Clinical management of dysarthric speakers*. Boston: College-Hill Press.

교호운동과 모음공간 동시측정을 통한 노인화자의 말 특성 연구

임동원¹, 김근효¹, 박희준^{2*}¹ 부산대학교병원 이비인후과 언어재활사² 부산가톨릭대학교 언어청각치료학과 교수

목적: 본 연구는 노년층을 대상으로 단모음, alternate motion rate (AMR), sequential motion rate (SMR), vowel space area (VSA)에 대한 상관성을 확인하고, 교호운동 과제에 모음공간 특성 파악을 위한 모음을 조합하여 말 특성 및 운동 구어 능력과 명료도를 측정해보고, 노인을 대상으로 신속한 말 특성 및 운동 구어 능력과 명료도 측정에 도움을 주고자 한다.

방법: 연구 대상은 정상 노년층(65~82세)과 청년층(21~50세)으로 각 20명으로 하였다. 모음종류에 따른 AMR, SMR, 모음공간 특성에 차이가 있는지 비교하기 위하여 vowel space area (VSA), vowel articulatory index (VAI), formant centralization ratio (FCR), F₂ ratio값의 차이를 비교하였다.

결과: 다음의 결과에서 청년집단이 노인집단보다 유의하게 높았다. 1)AMR, 2)SMR: /papipu/, /tatitu/, /kakiku/, /patiku/, 3)VSA: 단모음, 4)VAI: 단모음, AMR: /pa/, /pi/, /pu/, SMR, 5)F₂ ratio: 단모음: /pi/, /pu/. 반면 FCR값은 VAI값과 반대로 청년집단이 노인집단보다 단모음, AMR: /pa/, /pi/, /pu/, SMR 과제에서 유의하게 낮게 측정되었다.

결론: 노년집단과 청년집단과의 교호운동 속도와 모음삼각도의 특성에 대하여 알아보고 그 수치를 비교하여 제시하였으므로, 추후 정상 노년층에 대한 비교 자료로 임상에서 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 동시 과제를 측정할 수 있는 소프트웨어가 개발된다면 임상현장에서 빠르게 명료도를 측정해 볼 수 있고 치료 전·후를 비교 해 볼 수 있을 것으로 사료 된다.

검색어: 교대운동속도, 일련운동속도, 모음조음지수, 모음공간 면적, 모음 중앙화 비율

교신저자 : 박희준(부산가톨릭대학교)

전자메일 : june@cup.ac.kr

게재신청일 : 2022. 08. 31

수정제출일 : 2022. 10. 17

게재확정일 : 2022. 10. 31

이 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 인문사회분야 신진연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2021S1A5A8071216).

ORCID

임동원

<https://orcid.org/0000-0002-2200-2352>

김근효

<https://orcid.org/0000-0002-6439-3750>

박희준

<https://orcid.org/0000-0003-4801-3188>

참고 문헌

- 강영애, 윤규철, 이학승, 성철재 (2010). 파킨슨병 환자의 음향 모음 공간 파라미터 비교. **말소리와 음성과학**, 2(4), 185-192.
- 김부영 (2008). **청·장년층의 최대발성시간, 조음교대운동속도 및 표준문구발화속도**. 연세대학교 대학원 언어병리학협동과정 석사학위 논문.
- 김선우 (2005). **장·노년층과 청년층의 음향음성학적 특성 비교**. 연세대학교 대학원 언어병리학협동과정 석사학위 논문.
- 김수진 (2001). **일음절 낱말대조 명료도 평가방법을 이용한 마비말장애의 분절적 특성 연구**. 이화여자대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김은정 (2003). **정상 청년층과 노년층의 최대발성시간 및 조음교대운동속도 비교**. 연세대학교 대학원 언어병리학협동과정 석사학위 논문.
- 김향희, 이미숙, 김선우, 최성희, 이원용 (2004). 파킨슨증으로 인한 마비말장애에 대한 청지각적 평가 척도. **음성과학**, 11(2), 39-49.
- 박희준, 김근효, 배인호, 권순복 (2014). 내전형 연속성 발성장애 화자의 구강 및 후두 교호운동 특성. **언어치료연구**, 23(3), 27-34.
- 신문자, 김재옥, 이수복, 이소연 (2010). **조음기관 구조·기능 선별검사 (Speech Mechanism Screening Test: SMST)**. 서울: 학지사.
- 심현섭 (2001). 말장애 연구의 동향에 관한 고찰. **특수교육학연구**, 35(4), 121-141.
- 심희정, 박원경, 고도홍 (2012). 파킨슨병 환자의 말 명료도와 모음공간 특성. **말소리와 음성과학**, 4(3), 161-169.
- 이옥분 (2010). 말소리 명료도와 모음공간면적의 상관성. **코기토**, 68, 7-26.
- 조윤희, 김향희 (2013). 음향학적 분석을 통한 노년층 연령에 따른 조음교대운동의 속도 및 규칙성. **말소리와 음성과학**, 5(30), 95-101.
- 천사라 (2008). **노년층의 최대발성시간, 조음교대운동속도 및 표준문구발화속도**. 연세대학교 대학원 언어병리학협동과정 석사학위 논문.