

음향학적 분석을 통한 노년층 연령에 따른 조음교대운동의 속도 및 규칙성

Rate and Regularity of Articulatory Diadochokinetic Performance in Healthy Korean Elderly via Acoustic Analysis

조 윤 희¹⁾ · 김 향 희²⁾

Cho, YoonHee · Kim, HyangHee

ABSTRACT

Aging is related to anatomical and physiological changes in respiratory and phonation organs. These changes influence articulation which leads to inaccurate speech and slow articulatory diadochokinesis(DDK). DDK indicates the range, rate, regularity, accuracy, and agility of articulation that reflect motor speech function. The purpose of this study is to investigate the rates and regularities of DDK in healthy Korean elderly through passive acoustic analysis (Praat). Thirty subjects between the ages of 65 and 94 participated in this study. Rate was observed for 5 seconds, while regularity was calculated based on the standard deviation on the following: 1) syllable duration of each task; 2) gap duration between syllables. Then, simple regression analysis was conducted in order to examine the effect of age on performance. The result showed that the slow rate was not a significant factor in terms of advancing age. Furthermore, regularity indicated a significant difference in the following: 1) /pʌ/, /kʌ/ and /pʌtʌkʌ/ in syllable duration; 2) /kʌ/ duration in the gap between syllables. In conclusion, articulatory coordination is reduced with the onset of aging. In particular, /kʌ/ would be a sensitive task for articulatory coordination.

Keywords: elderly, articulatory diadochokinesis, DDK, rate, regularity

1. 서론

노화가 진행되면서 조음기관과 호흡 및 발성기관에 구조적·생리적 변화가 나타난다(Xue & Hao, 2003). 이러한 변화가 조음에 영향을 미쳐 부정확한 말이 산출되고, 조음교대운동(articulatory diadochokinetic: DDK) 수행의 속도가 느려진다(Kahane, 1981). DDK는 조음기관 움직임의 범위, 속도, 규칙성, 정확성, 민첩성 등을 알아보는 검사이다(Duffy, 2005). DDK 수행을 평가하는 두 가지 과제는, 첫째, /피/, /터/, /커/

일음절을 각각 반복하는 교대운동속도(alternating motion rate: AMR) 과제와 둘째, /피터커/ 세 음절을 연속으로 반복하여 하나의 조음 위치(예: 입술)에서 다른 조음 위치(예: 치조, 연구개)로 움직이는 일련운동속도(sequential motion rate: SMR) 과제이다.

일반적으로 60세 이상의 노년층이 청년층에 비해 AMR과 SMR 과제의 속도가 유의하게 느리다(Ptacek et al., 1966; Parnell, 1987; 최정운·한진순, 1998; 김은정, 2004; Padovani et al., 2009). 노년층 내에서 속도를 비교했을 때는, 연령이 증가할수록 AMR과 SMR 과제의 속도 모두 유의하게 감소하거나 속도 차이가 없다는 상반된 보고가 있다(천사라, 2008; Pierce et al., 2013).

AMR과 SMR 과제는 다른 말 과제들에 비해 상대적으로 단순하고 주기적으로 반복되는 과제이기 때문에, 속도(rate)와 규칙성(regularity) 측면에서 분석된다. 먼저 속도는 정해진 시간 안에 산출한 음절의 수를 세는 방법(count-by-time)과 한

1) 연세대학교 대학원 언어병리학협동과정, yhee820@naver.com
2) 연세대학교 대학원 언어병리학협동과정, 연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소, h.kim@yonsei.ac.kr, 교신저자

숨에 산출된 음절의 수와 길이를 재는 방법(time-by-count)으로 측정한다(Kent, 1987). 일반적으로 규칙성은 발화 간격이 얼마나 일정한가를 청지각적 평가와 음향학적 평가를 이용하여 분석한다. 먼저 청지각적 평가법의 대표적인 등간척도법은 척도에 따라 점수를 부여하는 방법으로 가장 널리 사용되고 있지만 평가자의 능력에 따라 결과가 달라진다는 제한점이 있다(김향희 외, 2004). 한편, 음향학적 분석은 음절 지속시간(간격), 음절 지속시간의 변이성, 음절 속도, 공백 지속시간(gap duration) 등의 양적인 수치를 얻을 수 있지만 시간이 많이 걸린다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하고 평가의 효율성을 높이기 위해 자동화기계가 많이 개발되었다(Wang et al., 2009). KayPENTAX Computerized Speech Lab (CSL) model 4500의 Motor Speech Profile (MSP) Model 5141 (KayPENTAX, Lincoln Park, N.J., USA)이 대표적인 소프트웨어이다. Wang et al. (2009) 연구에서 실조형 마비말장애를 대상으로 MSP를 이용하여 DDK 수행을 평가한 결과, 21명 중 1/3이상의 발화에서 불규칙적인 조음 붕괴, 자음과 모음 사이의 에너지 급감이 나타나 분석하지 못하였다. 마비말장애에서 나타나는 이러한 특성들이 노년층에서 노화로 발생하는 현상과 비슷한 양상을 보이기 때문에(Ryan & Burt, 1974), 노년층에서 DDK 수행을 평가할 때 MSP는 적절한 도구가 될 수 없다. 많은 선행연구에서는 DDK 평가 시 파형(waveform)과 스펙트로그램을 이용하여 성대 진동 시작 시간(voice onset time), 음절 길이(syllable duration, voicing period), 음절 간 공백 길이(gap duration, unvoicing period) 등의 음향학적 파라미터들을 연구하여 조음-인두강 움직임의 시간을 연구하였다(Ozawa, 2001). 이러한 음향학적 분석을 통하여 DDK의 속도와 규칙성을 평가하고, 조음기관과 호흡 및 발성기관의 협응 능력을 알 수 있다(Duffy, 2005). 따라서 본 연구는 자동측정 소프트웨어가 아닌 수동적인 음향학적 방법(파형, 스펙트로그램)으로 DDK의 속도와 규칙성을 평가하였으며, 정상 노년층을 대상으로 조음기관의 협응 능력이 어느 시점부터 감소하는지 확인하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 대상자

서울·경기에 거주하는 65~94세(평균연령±표준편차: 78.5세±8.0)의 남녀노인(남자 7명, 여자 23명)을 대상으로 하였다. 청각, 시각, 음성, 신경, 호흡기 및 심장 질환의 병력이 있는 대상자들은 제외한 후에 한국형 간이 정신상태(Korean-Mini Mental State Examination, K-MMSE)를 실시하여(강연욱, 2006), 교육수준에 따른 정상 기준 점수 이상을 획득한 노인을 대상으로 하였다. 91세 이상의 대상자는 규준이

없어 85~90세를 기준으로 대상을 선정하였다. 그리고 성별에 따른 AMR과 SMR의 수행력에 유의한 차이가 없어 성비를 고려하지 않았다(천사라, 2008). 또한 2012년 통계청의 흡연 및 흡연량 조사에 의하면 65세 이상의 52.9%가 하루에 평균 10개비 이하의 흡연량을 나타내어 본 연구에서는 금연을 한 자와 10개 이하의 흡연량을 보인 자를 포함하였다.

2.2 자료 수집

DDK 수행을 측정하기 위해 AMR 과제로 /퍼/, /터/, /커/를 반복하게 하고, SMR 과제는 /퍼터커/를 연속적으로 반복하게 하였다. “최대한 숨을 들이 쉰 후 빠르고 정확하게 길게 산출해주세요.” 라고 지시사항을 준 후 실시하도록 했다. 녹음 시 디지털 녹음기(SONY, PCM-M10)와 스탠딩 마이크(SONY, ECM-MS907)를 사용하여 약 15cm 떨어진 곳에서 녹음하였다.

2.3 자료 분석

AMR과 SMR 과제의 속도와 규칙성을 Window용 Praat (version 5.3.32)을 이용하여 측정하였다. 속도는 5초당 나타난 파형의 개수로, 규칙성은 스펙트로그램을 이용하여 1)각 음절 지속시간(syllable duration)을 2)각 음절 간의 사이 시간 즉, 공백 지속시간(gap duration)을 측정하여 표준편차를 구하였다. SMR의 경우 하나의 /퍼터커/와 그 뒤에 이어지는 /퍼터커/간의 시간을 측정하였다. 규칙성을 나타내는 표준편차는 값이 클수록 수행력이 불규칙적이라는 것을 의미한다(Lundy et al., 2004).

2.4 통계 분석

SPSS 통계 프로그램(version 18.0)을 이용하여 연령 증가에 따라 AMR과 SMR 과제 각각의 속도와 규칙성의 경향을 알아보기 위해 연령을 독립변수로, 속도(횟수)와 규칙성(표준편차)을 각각 종속변인으로 하여 단순회귀분석을 실시하였다.

2.5 신뢰도 분석

녹음된 전체 자료 중 무작위로 10%를 선택하여 DDK 규칙성에 대한 평가자내 신뢰도와 평가자간 신뢰도를 산출하였고, 이때 SPSS 통계 프로그램(version 18.0)을 이용하여 Chronbach's α 계수를 구하였다. 평가자내 신뢰도는 1차 평가 6개월 후 다시 분석되었으며 Chronbach's α 계수가 0.816~0.978로 나타났다(표 1). 평가자간 신뢰도는 언어병리학을 전공하고 언어치료 경험이 있는 대학원생에게 분석방법을 설명하고 충분히 이해시킨 후 분석하게 하였다. Chronbach's α 계수는 0.734~0.898로 나타났다(표 1).

표 1. 과제별 평가자 내 신뢰도, 평가자 간 신뢰도의 Chronbach's α 값

Table 1. Chronbach's α of inter-rater reliability and intra-rater reliability

	AMR						SMR	
	/퍼/		/터/		/커/		/퍼터커/	
	음절	공백	음절	공백	음절	공백	음절	공백
평가자 내 신뢰도	.962	.970	.950	.946	.940	.816	.978	.926
평가자 간 신뢰도	.815	.750	.880	.841	.833	.734	.898	.784

AMR: 교대운동속도, SMR: 일련운동속도

3. 결과

3.1 AMR과 SMR 과제의 속도

노년층에서 AMR과 SMR 각 과제의 평균 속도(표준편차)는 5초 동안의 횡수로 계산되었다. /퍼/는 30.70(4.21)회, /터/는 30.30(3.96)회, /커/는 29.17(3.66)회, /퍼터커/는 10.47(1.74)회로 나타났다(표 2). 연령이 증가할수록 각 음절 속도에 있어서 /퍼/는 0.132, /터/는 0.111, /커/는 0.163, /퍼터커/는 0.059 감소하는 경향성만을 보였으며 모두 통계적으로 유의하지 않았다(표 3, 그림 1).

표 2. AMR과 SMR 과제의 평균 속도 및 표준편차 (단위: 5초당 횡수)

Table 2. Descriptive data on the mean rate and standard deviations of AMR and SMR

과제	속도의 평균 \pm 표준편차
AMR	/퍼/ 30.70 \pm 4.21
	/터/ 30.30 \pm 3.96
	/커/ 29.17 \pm 3.66
SMR	/퍼터커/ 10.47 \pm 1.74

AMR: 교대운동속도, SMR: 일련운동속도

표 3. 연령 증가에 따른 AMR과 SMR 과제의 속도 감소 정도.

Table 3. Degree of reduction rate associated with aging

과제	$\beta \pm SE$ (N=30)	p
AMR	/퍼/ -0.132 \pm 0.096	.117
	/터/ -0.111 \pm 0.090	.232
	/커/ -0.163 \pm 0.080	.052
SMR	/퍼터커/ -0.059 \pm 0.039	.140

β : 비표준화 계수, SE: standard errors
AMR: 교대운동속도, SMR: 일련운동속도

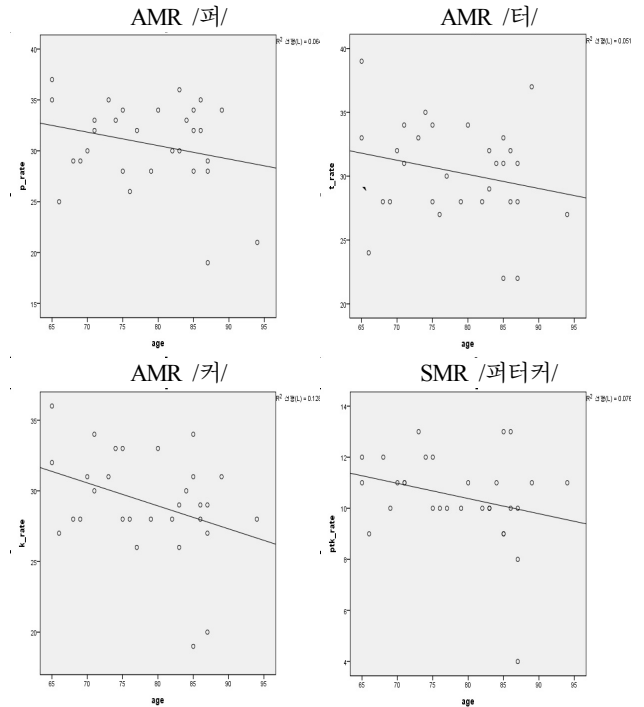


그림 1. 연령 증가에 따른 AMR과 SMR 과제의 속도 감소 정도

(AMR: 교대운동속도, SMR: 일련운동속도)

Figure 1. Degree of reduction rate associated with aging

3.2 AMR과 SMR 과제의 규칙성

3.2.1 각 음절 지속시간(syllable duration)

노년층에서 AMR과 SMR 각 과제의 음절 지속시간의 평균(표준편차)은 /퍼/는 12.40(9.56)msec, /터/는 8.58(3.50)msec, /커/는 12.58(4.58)msec, /퍼터커/는 26.36(14.79)msec이다(표 4). 연령이 증가할수록 불규칙함이 /퍼/는 0.538, /터/는 0.130, /커/는 0.270, /퍼터커/는 0.806 증가하였다. 4가지의 과제 중 /터/를 제외하고 /퍼/, /커/, /퍼터커/에서만 그 증가 정도가 통계적으로 유의하였다($p < .05$). 즉, 연령이 증가할수록 /퍼/, /커/, /퍼터커/의 음절 지속시간의 표준편차 값이 증가하였다(표 5, 그림 2).

표 4. AMR과 SMR 과제의 평균 음절 지속시간 및 표준편차(단위: msec)

Table 4. Descriptive data on mean syllable duration and standard deviations of AMR and SMR

과제	지속시간의 평균 \pm 표준편차
AMR	/퍼/ 12.40 \pm 9.56
	/터/ 8.58 \pm 3.50
	/커/ 12.58 \pm 4.58
SMR	/퍼터커/ 26.36 \pm 14.79

AMR: 교대운동속도, SMR: 일련운동속도

표 5. 연령 증가에 따른 AMR과 SMR 과제의 음절 지속시간의 불규칙성 증가 정도

Table 5. Degree of increased irregularity of syllable duration associated with aging

과제		$\beta \pm SE$ (N=30)	<i>p</i>
AMR	/퍼/	0.538 ± 0.200	.012
	/터/	0.130 ± 0.079	.110
	/커/	0.270 ± 0.095	.008
SMR	/퍼터커/	0.806 ± 0.313	.016

β : 비표준화 계수, SE: standard errors
p < .05, AMR: 교대운동속도, SMR: 일련운동속도

표 6. AMR과 SMR 과제의 평균 공백 지속시간 및 표준편차(단위: msec)

Table 6. Descriptive data on mean gap duration and standard deviations of AMR and SMR

과제		지속시간의 평균 ± 표준편차
AMR	/퍼/	16.55 ± 11.66
	/터/	8.97 ± 3.82
	/커/	13.04 ± 6.36
SMR	/퍼터커/	13.76 ± 7.20

AMR: 교대운동속도, SMR: 일련운동속도

표 7. 연령 증가에 따른 AMR과 SMR 과제의 공백 지속시간의 불규칙성 증가 정도

Table 7. Degree of increased irregularity of gap duration associated with aging

과제		$\beta \pm SE$ (N=30)	<i>p</i>
AMR	/퍼/	0.516 ± 0.256	.053
	/터/	0.127 ± 0.086	.154
	/커/	0.405 ± 0.128	.004
SMR	/퍼터커/	0.269 ± 0.161	.106

β : 비표준화 계수, SE: standard errors
p < .05, AMR: 교대운동속도, SMR: 일련운동속도

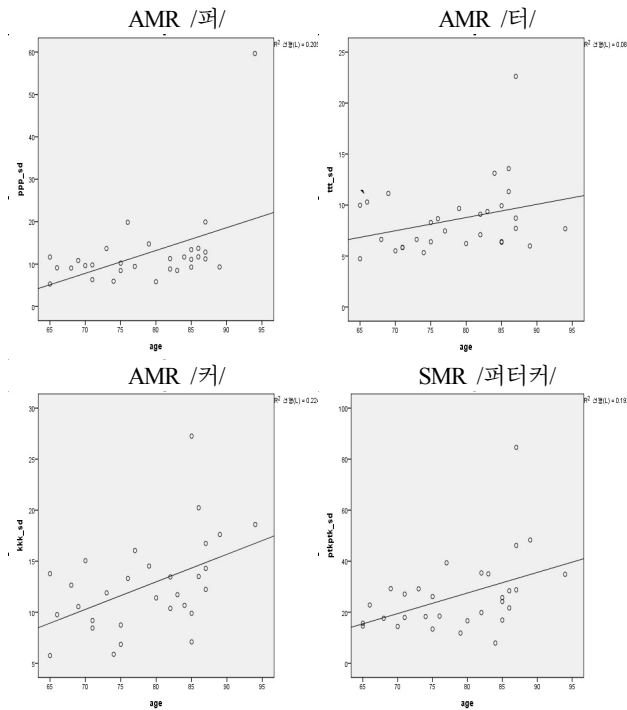


그림 2. 연령 증가에 따른 AMR과 SMR 과제의 음절 지속시간의 불규칙성 증가 정도 (AMR: 교대운동속도, SMR: 일련운동속도)

Figure 2. Degree of increased irregularity of syllable duration associated with aging

3.2.2 각 음절 사이 간격 즉, 공백 지속시간(gap duration)
 노년층에서 AMR과 SMR 각 과제의 음절 사이 시간 즉, 공백 지속시간의 평균(표준편차)은 /퍼/는 16.55(11.66)msec, /터/는 8.97(3.82)msec, /커/는 13.04(6.36)msec, /퍼터커/는 13.76(7.20)msec이다(표 6). 연령이 증가할수록 불규칙함이 /퍼/는 0.516, /터/는 0.127, /커/는 0.405, /퍼터커/는 0.269 증가하였다. 4가지 과제 중 /커/에서만 그 증가 정도가 통계적으로 유의하였다(*p* < .05). 즉, 연령이 증가할수록 /커/의 공백 지속시간의 표준편차 값이 증가하였다(표 7, 그림 3).

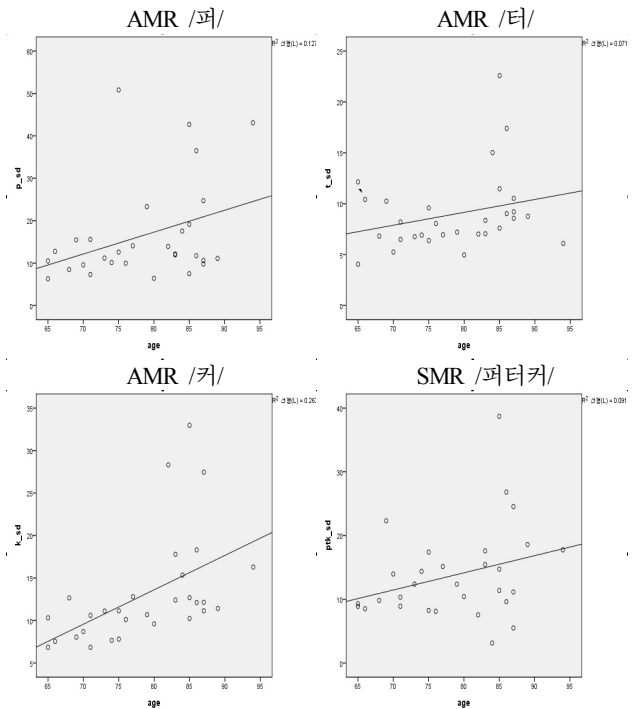


그림 3. 연령 증가에 따른 AMR과 SMR 과제의 공백 지속시간의 불규칙성 증가 정도 (AMR: 교대운동속도, SMR: 일련운동속도)

Figure 3. Degree of increased irregularity of gap duration associated with aging

4. 논의 및 결론

DDK 수행을 평가하는 AMR과 SMR 과제는 말과 같은 (speech-like) 실제 음절(real syllable)을 사용하고, 다른 과제에 비하여 쉽게 실시할 수 있으며, 구문 및 의미적 영향을 받지 않기 때문에 언어 수행력과 독립된 말 수행력을 알 수 있다 (Hartelius et al., 1993; Kent et al., 2000). 즉, 두 과제로 속도 및 규칙성을 파악하여 말운동 능력을 알 수 있다. 본 연구에서 65~94세의 정상 노년층은 연령 증가에 따라 두 과제 모두에서 속도는 유지되지만 규칙성이 감소하는 특징을 보였다.

노인들은 노화로 인한 호흡 및 발성 능력 저하로 자연스러운 말의 흐름이 깨져 발화 간격의 일정함이 감소한다 (Burzynski, 1987). 이와 비슷하게 실조형 마비말장애 대상자는 일정하지 않은 음절 및 공백 지속시간으로 DDK의 불규칙한 수행을 보인다(Kent, 1997, 2000; Wang, 2004). 실조형 마비말장애는 소뇌 손상으로 운동조절 장애가 생기고 움직임이 부자연스러워지며 협응 능력이 저하되어 불규칙한 DDK 수행이 나타난다. 따라서 정상 노년층에서도 이처럼 불규칙한 DDK 수행이 나타나는 것을 협응 능력이 감소되었다고 해석할 수 있다. 또한 노년층에서 노화로 발생하는 현상들이 정도 마비말장애와 비슷한 특징을 나타낸다는 연구를 뒷받침 할 수 있다(Ryan & Burt, 1974). 특히 AMR의 /커/과제에서 불규칙성 증가가 실조형 마비말장애의 특징과 비슷하게 나타났다(Kent, 1997). 이것은 입술이나 혀 앞부분보다 혀 뒷부분의 움직임이 더 어렵다는 것을 의미한다(김현기 외, 1997). 따라서 /커/는 조음기관의 협응 능력을 평가할 수 있는 민감한 과제가 될 수 있다(Kent, 1997).

신체 및 말운동은 대뇌 운동영역에서 운동을 계획하고 말초기관으로 명령을 전달하여 원하는 움직임에 알맞게 근육을 조절한다. 그리고 일부 연구에서 신체 기능 회복이 말산출 능력 개선에 영향을 준다고 주장하였고(Barlow et al., 1998; Theodoros et al., 2000), 이는 기저핵, 시상, 소뇌가 신체 및 말운동에서 비슷한 역할을 담당한다고 할 수 있다(김선우 외, 2012). 특히 말운동은 밀리세컨드(milliseconds) 단위로 시기 적절성(timing)이 결정되기 때문에 신체운동보다 정밀함이 요구된다(Ivry, 1996; Schirmer 2004; 김선우 외, 2012). 때문에 말운동이 신체운동보다 어려우며, DDK 수행시의 불규칙함이 나타나는 것으로 기전의 문제로 발생하는 운동능력 저하를 보다 민감하게 파악할 수 있다.

대부분의 연구들은 연령이 증가할수록 속도가 느려진다는 가정하에 진행되었고, 청장년층과 노년층을 비교한 많은 논문들에서는 연령이 증가할수록 속도가 감소하였다(Ptacek et al., 1966; Parnell, 1987; 최정윤 · 한진순, 1998; 김은정, 2004; Padovani et al, 2009). 그러나 노년층 내의 연령에 따른 속도 연구에서는, 대상자의 연령에 따라 상이한 결과가 나타났다.

본 연구와 Pierce et al. (2013)연구에서는 65세 이상부터 연령 증가에 따라 속도가 유지되었지만, 55세 이상을 대상으로 했던 연구에서는 연령 증가에 따라 속도가 감소하였다(천사라, 2008). 이는 50대와 60대 사이에서 조음기관의 운동성이 유의하게 감소하지만 60대와 그 이상의 연령대에서는 큰 차이가 없는 것으로 해석할 수 있다.

본 연구에서 DDK 규칙성에 대한 평가자내 신뢰도와 평가자간 신뢰도를 나타낸 Chronbach's α 계수가 높기 때문에, 본 연구에 사용된 측정방법이 추후 연구나 규준을 만들 때 사용되어도 좋을 것으로 생각된다(Pierce et al., 2013).

본 연구의 제한점은 첫째, 본 검사자내 신뢰도보다 검사자간 신뢰도가 낮기 때문에 더 많은 평가자에 의한 신뢰도 평가가 필요하다. 둘째, 본 연구에서는 대상자 수가 적기 때문에 규준으로 사용하기 위해서는 더 많은 대상자로 한 연구가 필요하다.

감사의 글

음성 자료 분석에 도움을 준 유현지박사과정생에게 감사드립니다.

참고문헌

- Barlow, S. M., Iacono, R. P., Paseman, L. A., Biswas, A., & D'Antonio, L. (1998). The effects of posteroventral pallidotomy on force and speech aerodynamics in Parkinson's disease. *Neuromotor Speech Disorders*. Baltimore: Paul H Brookes, 117-156.
- Burzynski, C. M. (1987). *The voice. Communication disorders in aging: assessment and management*. Washington (DC): Gallaudet University.
- Cheon, S. R. (2008). *Maximum phonation time and articulation diadochokinetic rate, speech rate of standardized passage in the healthy Korean elderly*. M.A. Thesis, Yonsei University. (천사라 (2008). 노년층의 최대발성시간, 조음교대운동속도 및 표준문구발화속도. 연세대학교 석사학위논문.)
- Choe, J. Y., & Han, J. S. (1998) Diadochokinetic rate of normal children and adults : A preliminary study. *Korean Journal of Communication Disorders*, 3, 183-194.
- (최정윤 · 한진순 (1998). 정상아동과 성인의 교대운동속도에 관한 연구. 언어청각장애연구, 3, 183-194.)
- Duffy, J. R. (2005). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management*. 2nd ed. St. Louis: Mosby.

- Hartelius, L., Svensson, P., & Bubach, A. (1993). Clinical assessment of dysarthria: Performance on a dysarthria test by normal adult subjects, and by individuals with Parkinson's disease or with multiple sclerosis. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 18(4), 131-141.
- Ivry, R. B. (1996). The representation of temporal information in perception and motor control. *Current Opinion in Neurobiology*, 6(6), 851-857.
- Kahane, J. C. (1981). Anatomic and physiologic changes in the aging peripheral speech mechanism. *Aging: Communication Processes and Disorders*, 21-45.
- Kang, Y. W. (2006). A normative study of the Korean-Mini Mental State Examination (K-MMSE) in the elderly. *Korean Journal of Psychology*, 25(2), 1-12.
(강연욱 (2006). K-MMSE(Korean-Mini Mental State Examination)의 노인 기준 연구. *한국심리학회지*, 25(2), 1-12.)
- Kent, R. D., Kent, J. F., Duffy, J. R., Thomas, J. E., Weismer, G., & Stuntebeck, S. (2000). Ataxic dysarthria. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 43(5), 1275-1289.
- Kent, R. D., Kent, J. F., & Rosenbek, J. C. (1987). Maximum performance tests of speech of production. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 52(4), 367-387.
- Kent, R. D., Kent, J. F., Rosenbek, J. C., Vorperian, H. K., & Weismer, G. (1997). A speaking task analysis of the dysarthria in cerebellar disease. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 49(2), 63-82.
- Kim, E. J. (2004). *The comparison of maximum phonation time and diadochokinetic rate between normal young and old people*. M.A. Thesis, Yonsei University.
(김은정 (2004). 정상 청년층과 노인층의 최대발성시간 및 조음교대운동속도 비교. 연세대학교 석사학위논문.)
- Kim, H. H., Lee, M. S., Kim, S. W., Choi, S. H., & Lee, W. Y. (2004). An auditory-perceptual rating scale of dysarthric speech of patients with Parkinsonism. *Speech Sciences*, 11(2), 39-49.
(김향희, 이미숙, 김선우, 최성희 · 이원용 (2004). 파킨슨증으로 인한 마비말장애에 대한 청지각적 평가척도. *음성과학*, 11(2), 39-49.)
- Kim, H. K., Ko, D. H., Shin, H. K., & Seo, J. H. (1997). An experimental clinical phonetic study on patients of dysarthria, tonsilhypertrophy, nasal obstruction, and cleft palate. *Speech Sciences*, 2, 67-88.
(김현기, 고도홍, 신호근, 홍기환 · 서정환 (1997). 마비성 조음장애, 편도 비대, 비폐쇄 및 구개열 환자의 실험 임상 음성학적 연구. *음성과학*, 2, 67-88.)
- Kim, S. W., Yoon, J. H., Chang, S. E., Sohn, Y. H., Cho, S. R., & Kim, H. H. (2012). The role of subcortical regions in speech production. *Journal of the Korean Neurological Association*. 30(1), 1-9.
(김선우, 윤지혜, 장수은, 손영호, 조성래 · 김향희 (2012). 말산출에서 피질하 구조의 역할. *대한신경과학회지*, 30(1), 1-9.)
- Korea National Statistical Office (2012). Report in the social survey 3-1. Smoking(20 years old and over).
(통계청 (2012). 사회통계국 사회통계기획과 2012년 사회조사보고서 3-1. 흡연 및 흡연량(20세 이상).)
- Lundy, D. S., Roy, S., Xue, J. W., Casiano, R. R., & Jassir, D. (2004). Spastic/spasmodic vs. tremulous vocal quality: Motor speech profile analysis. *Journal of Voice*, 18(1), 146-152.
- Ozawa, Y. (2001) Symptomatic differences in decreased alternating motion rates between individuals with spastic and with ataxic dysarthria: An acoustic analysis. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 53(2), 67-72.
- Padovani, M., Gielow, I. & Behlau, M. (2009). Phonarticulatory diadochokinesis in young and elderly individuals. *Arquivos de Neuro-psiquiatria*, 67(1), 58-61.
- Parnell, M. M., & Amerman, J. D. (1987). Perception of oral diadochokinetic performances in elderly adults. *Journal of Communication Disorders*, 20(4), 339-351.
- Pierce, J. E., Cotton, S., & Perry, A. (2013) Alternating and sequential motion rates in older adults. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 48(3), 257-264.
- Ptacek, P. H., Sander, E. K., Maloney, W. H., & Jackson, C. C. (1966). Phonatory and related changes with advanced age. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 9(3), 353-360.
- Ryan, W. J., & Burt, K. W. (1974). Perceptual and acoustic correlates of aging in the speech of males. *Journal of Communication Disorders*, 7(2), 181-192.
- Schirmer, A. (2004). Timing speech: A review of lesion and neuroimaging findings. *Cognitive Brain Research*, 21(2), 269-287.
- Theodoros, D. G., Ward, E. C., Murdoch, B. E., Silburn, P., & Lethlean, J. (2000). The impact of pallidotomy on motor speech function in Parkinson disease. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 8(4), 315-322.
- Wang, Y. T., Kent, R. D., Duffy, J. R., Thomas, J. E., & Weismer, G. (2004). Alternating motion rate as an index of speech motor disorder in traumatic brain injury. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 18(1), 57-84.

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.

Xue, S. A., & Hao, G. J. (2003). Changes in the human vocal
tract due to aging and the acoustic correlates of speech
production: A pilot study. *Journal of Speech, Language and
Hearing Research*, 46(3), 689-701.

• **조윤희 (Cho, YoonHee)**

연세대학교 대학원 언어병리학협동과정
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세의료원 재활병원 6층
Tel: 02-2228-3901 Fax: 02-2227-7578
Email: yhee820@naver.com
관심분야: 음성학, 신경언어장애, 음성장애
현재 언어병리학협동과정 석.박사통합과정 재학 중

• **김향희 (Kim, HyangHee)** 교신저자

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세의료원 재활병원 6층
Tel: 02-2228-3901 Fax: 02-2227-7578
Email: h.kim@yonsei.ac.kr
관심분야: 신경언어장애, 삼킴장애
현재 연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 대학원 언어병
리학협동과정 교수