

An Analysis of Sequential Motion Rate in Dysarthric Speakers Using Open-Source Software

Hee June Park^{1*}

¹ Department of Speech and Hearing Therapy, Catholic University of Pusan, Professor

Purpose: Diachochokinetic analysis is often used to evaluate the objective speech production capability of dysarthria speakers. NeuroSpeech enables the analysis of pathological speech signals considering different speech dimensions: phonation, articulation, prosody, and intelligibility. The primary goal of this study was to determine if the articulatory diadochokinese (sequential motion rate: SMR) using the NeuroSpeech open-source software module can diagnose dysarthria and determine its severity.

Methods: For this purpose, a group of subjects with spastic dysarthria ($n=26$) and a control group of normal speakers ($n=30$) without neurological disease was established. From both groups, the SMR was collected by NeuroSpeech and analyzed with descriptive statistics. DDK rate, DDK standard deviation, DDK regularity (ms), Energy variability (dB), and average duration DDK (ms) protocol were analyzed.

Results: The dysarthria group showed lower performance than the normal group in the rate of DDK and the regularity of DDK. Dysarthria can be seen at the average syllable length, with each syllable having a long production, slowing down the overall SMR rate.

Conclusions: The results show that the software module NeuroSpeech in clinical practice is generally suitable for quickly recording the parameters DDK rate, DDK regularity and mean syllable length at the level of articulatory diadochokinese. With the characteristics described above, we consider that this open source software will help other researchers to contribute to the state-of-the-art in pathological speech assessment from different perspectives, e.g., from the clinical point of view for interpretation, and from the computer science point of view enabling the test of different measures and pattern recognition techniques.

Correspondence: Hee June Park, PhD
E-mail: june@cup.ac.kr

Received: June 28, 2020

Revision revised: July 10, 2020

Accepted: July 28, 2020

This work was supported by research funds of Catholic University of Pusan (2019).

ORCID

Hee June Park

<https://orcid.org/0000-0002-0522-5220>

Keywords: Diadochokinesis, SMR, dysarthria, NeuroSpeech

1. 서 론

신경학적 원인으로 발생할 수 있는 의사소통 문제는 언어장애와 구어장애로 나누어 볼 수 있으며, 이중 구어장애는 언어의 규칙이나 사용에는 크게 문제를 보이지 않지만 말소리 산출에서의 어려움을 보이며 대표적으로 마비말장애편을 들 수 있다(Duffy, 2005). 이러한 구어 손상은 일상생활의 많은 부분에서 개인의 삶의 질에 영향을 준다(Ziegler, 2002). 마비말장애편의 구어 운동능력이 떨어지는 원인은 중추 및 말초신경계의 마비로 인해 성도에 있는 능동적인 조음기관인 입술, 혀 및 연인두의 운동능력 협응과 호흡 및 발성 능력의 어려움 때문인 것으로 알려져 있다(Kent et al., 1987, Kim & Lee, 2018). 따라서 마비말장애편의 운동 구어능

력을 평가함에 있어서 성도에 있는 능동적인 조음기관의 운동능력을 평가하는 것이 중요하다.

마비말장애편 유형으로 경직형(spastic), 이완형(flaccid), 과소운동형(hypokinetic), 과대운동형(hyperkinetic), 편측 상부 운동 신경 세포형(unilateral upper motor neuron), 실조형(ataxic), 혼합형(mixed)으로 분류할 수 있다(Darley et al., 1969). Duffy(2005)는 1987년부터 1990년까지 4년간 메이요 클리닉(Mayo clinic)에서 진단받은 약 1,600명의 마비말장애편 유형을 조사한 결과 혼합형 마비말장애편이 약 30%로 가장 많았음을 보고하였다. 그러나 혼합형 마비말장애편의 약 90%가 경직형 마비말장애편의 특성을 포함하고 있어 경직형 마비말장애편이 가장 많은 출현율을 보이는 유형이라 할 수 있다.

이러한 마비말장애편을 평가하는 방법으로 말 산출의 심한정도(severity)와 약함(weakness)에 대한 정보를 주는 방법으로 모음 연장발성, 조음교대운동, 읽기과제 등을 사용하고 있으며 그 중 마비말장애편의 운동협응과 관련된 파라미터들을 간단하면서도 빠르게 분석할 수 있는 조음교대운동 분석을 많은 연구에서 사용하고 있

Copyright 2020 © Korean Speech-Language & Hearing Association.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다(Kim et al., 2004, Yoo, 2018).

조음교대운동 분석에 사용되는 과제는 /퍼퍼퍼/, /터터터/, /커커커/와 같이 동일한 음절을 반복하는 '교대운동속도(alternating motion rate: AMR)'와 /퍼터커, 퍼터커/와 같이 두 개 이상의 서로 다른 음절을 반복하는 '일련운동속도(sequential motion rate: SMR)'가 있다. AMR 과제는 입술, 치조, 연인두 등을 포함한 조음기관 움직임의 속도 및 규칙성을 알아보는 데 유용한 과제이다. 더불어 연인두 폐쇄 및 조음의 정확성을 파악할 수 있고, 호흡과 발성의 특성도 살펴볼 수 있다. SMR 과제는 한 위치에서 다른 위치로 빠르게 움직이는 조음 기관의 능력에 대한 평가로서, 일련 운동(sequence of motion)을 통해서 다양한 조음기관의 신속하고 부드러운 운동 능력을 평가할 수 있다(Duffy, 2005).

조음교대운동 분석에서의 청지각적 평가방법은 주관적으로서 평가자의 경험정도가 주요한 요소로 작용한다는 한계를 지닌다(Kim et al., 2004). 따라서 음향학적 분석을 통한 기기 평가는 마비말장애 환자들의 기초적인 병태생리학(pathophysiology)의 이론을 뒷받침할 뿐만 아니라 객관적인 데이터와 분석을 제공해준다. 따라서 최근의 조음교대운동 측정 은 음향 신호를 바탕으로 정의된 다양한 매개변수를 통하여 조음교대운동의 속도 및 규칙성을 평가한다(Duffy, 2005).

이러한 기기적 평가방법으로 Kay Elemetrics Corporation의 Motor Speech Profile(MSP) 프로그램이 많이 사용되고 있으며 정상 기준치에 대한 많은 연구도 보고되고 있다(Kim et al., 2015; Park et al., 2008; Wong et al., 2011). 하지만 마비말장애 환자의 교대운동에 대한 객관적인 분석 결과를 살펴보면 Computerized Speech Lab(CSL)의 MSP를 이용하여 AMR의 속도 및 규칙성은 보고되고 있으나 두 개 음절 이상의 협응을 요구하는 SMR에 대한 연구는 보고되고 있지 않다. 이는 CSL의 MSP의 경우 SMR과제에서 /퍼터커/를 한 단위로 인식하지 않고 /퍼/, /터/, /커/로 각 음절 단위로 분석하기 때문에 Praat 등을 이용하여 /퍼터커/의 한 단위를 수동적으로 설정하여 계산하는 방법이 사용되고 있다. 이러한 방법으로 속도와 규칙성을 보고하는 연구는 있으나 음성 파형을 사람이 직접 손으로 조작하여 각 음절마다의 간격을 측정하고 표준편차 등을 계산하기 때문에 많은 시간이 소요되고 계산 상 오류가 있을 경우 오류를 발견하고 수정하는데 추가적인 시간이 소요되는 단점이 있다(Jung et al., 2011; Nam, 2011).

SMR 과제는 AMR 과제 보다 운동협응 능력이 더 요구되기 때문에 교대운동 과업을 MSP로 분석할 시 SMR을 한 단위로 인식하는 것이 아니라 AMR처럼 각 음절을 한 단위로 분석하기 때문에 이를 SMR의 속도 및 규칙성에 대한 측정 결과로 적용하기에는 제한점이 있다고 하였다(Nam, 2011).

최근에는 4차 산업혁명에 맞춰 인공지능, 증강/가상현실, 5G 및 로봇 등을 이용한 새로운 재활치료 및 평가방법 등이 시도되고 있다. 언어재활분야에서 인공지능의 효과적인 활용을 위해서는 치료에서 획득된 임상적 데이터를 기반으로 개인별 언어장애 유형과 임상특성 등이 고려된 맞춤형 재활방안이 제시되어야 한다. 환자맞춤형 언어재활은 재활기간을 단축하고 재

활효과를 높이는 데 있다. 현재 인공지능을 이용한 맞춤형 재활 치료를 위해서는 해결해야 할 몇 가지 문제점이 있다. 의무기록에 대한 빅데이터 및 기능평가의 정량화, 재활훈련법 및 장비에 대한 표준화 등이 그것이다. 이에 따라 빅데이터 구축을 통한 맞춤형 의료재활을 위해 과거 고가의 의료장비의 보급에서 최근에는 오픈소스 기반의 다양한 플랫폼이 소개되고 있다(Oyekanlu, 2017).

언어재활분야에서 빅데이터 구축을 위한 플랫폼인 마비말장애 발화 분석을 위한 'NeuroSpeech'라는 오픈 소스 소프트웨어가 소개되었으며 파킨슨병 환자들을 대상으로 연속구어 분석을 통한 마비말장애 변별의 임상적 유용성을 확인하였다(Orozco-Arroyave et al., 2018). 또한 병리적 음성을 분석하여 기능적 음성장애와 신경학적 음성장애 변별을 확인하였으며(Cernak et al., 2017), 교호운동 언어재활을 통한 조음명료도의 개선 여부를 확인하는 평가 용도로 사용되어지고 있다(Vásquez-Correa et al., 2019). NeuroSpeech는 마비말장애 환자의 음성, 조음, 운율, 명료도 및 교대운동을 평가할 수 있도록 고안되었으며 오픈 소스 기반으로 사용자가 목적에 맞게 자유롭게 수정 보완하여 사용할 수 있도록 무료로 보급하고 있다.

따라서 본 연구에서는 NeuroSpeech의 다양한 프로토콜 중 교대운동 분석 프로토콜을 이용하여 경직형 마비말장애 환자의 SMR에 대한 속도 및 규칙성을 분석하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 부산 소재의 대학 병원에 외래 또는 입원 중인 환자로 재활의학과 전문의와 언어재활사에 의해 경직형 마비말장애로 판정받은 26명과 정상인 30명을 대상으로 하였다.

대상자들은 모두 남성으로 마비말장애 평균 연령은 61.5($SD=8.5$)세였고, 평균 발병 후 경과일은 8.5($SD=4.2$)년이었다. 정상인들의 전체 평균 연령은 58.8($SD=10.6$)세였다. 정상군은 한국판 간이 정신 상태 검사(Korean-Mini Mental State Examination: K-MMSE)에서 정상 범위에 해당하고, 신경학적 그리고 정신적 질병이 없는 성인을 대상으로 하였다(Kang et al., 1997). 또한 경직형 마비말장애 중 말실행증(apraxia of speech)이 있는 대상자는 연구에서 제외하였다.

구어 명료도의 수준은 Kim 등(2004)의 기준에 따라 정상(normal), 경도(mild), 중증도(moderate), 고도(severe)의 4등급으로 자발화를 듣고 구어 명료도를 평가한 후에 경도(66~95%)에 해당하는 26명을 대상으로 선정하였다. 이는 SMR의 경우 두 개 이상의 음절을 반복하는 과업에서 중증도 이상의 경우 말뭉침 현상으로 인해 객관적인 분석이 어려울 수 있

다는 선행 연구를 기준으로 하였다(Nam, 2011).

2. 연구절차

SMR을 측정하기 위해 오픈 소스 소프트웨어인 NeuroSpeech 프로그램 모듈이 설치된 노트북과 Logitech USB 콘텐서 마이크를 연결하여 사용하였다. SMR 평가를 위해서 모든 평가자는 검사자의 시범을 통해 검사 방법을 제시하였고 대상자는 검사자의 시범을 보고 2~3회 연습을 시행한 후 평가를 실시하였다. 모든 대상자들은 최대한 숨을 들이쉬고 후 빠르고 정확하게 길게 /퍼터커/를 반복하게 하였으며 총 3회에 걸쳐 녹음을 하였다. 녹음 시 마이크와 약 10~15cm 떨어진 곳에서 녹음하였다.

3. 자료분석

조음교대운동 측정은 5초의 길이를 원칙으로 하되, 5초 동안의 반복이 불가능하였던 환자는 표집에서 제외하고 분석하였다. 또한 반복이 명료하게 분절이 되지 않아 여러 음절이 겹쳐서 산출되거나 심한 기식성 음성으로 인해 음성 분석이 불가능한 경우도 분석에서 제외하였다.

분석에서 조음교대운동의 시작 부분과 끝 부분의 경우 강도의 왜곡이 발생할 수 있어 시작과 끝의 음성 파형 .5~1초 정도를 제외하고 분석하였다.

NeuroSpeech는 연구 목적에 따라 초 당 교호운동 반복 횟수를 측정하는 DDK(diadochokinesis) rate, 초당 반복 횟수에 대한 표준편차 DDK standard deviation, 교호운동 주기의 규칙성 DDK regularity(ms), 기본주파수(Fo), 교호운동 평균 길이 Avg. Duration DDK(ms), 교호운동 강도의 규칙성 Energy variability(dB) 등을 분석 할 수 있다. 본 연구에서는 DDK rate, DDK standard deviation, DDK regularity(ms), Energy variability(dB), Avg. Duration DDK(ms) 프로토콜에 대해서 분석하였다.

DDK rate는 초당 음절에 대한 교호운동 속도이며 DDK standard deviation은 초당 음절수의 표준편차로 말한 단어의 규칙성을 볼 수 있다. DDK regularity(ms)는 SMR 길이를 사이클 대 사이클로 계산하여 규칙성을 측정하고 높을수록 불규칙적이라 볼 수 있다. Energy variability(dB)는 단어의 연속발화동안 나타나는 에너지 손실을 측정하는 것으로 정상 화자일수록 적은 에너지 손실을 보인다. 만약 마이너스 값이 나오면 음성피로(vocal fatigue)가 높은 것으로 본다(WEVOSYS, 2010). Avg. Duration DDK(ms)는 /퍼터커/의 각 음절 길이로 연속발화 SMR에서 각 음절(앞, 중간, 뒤)에 대한 평균 시간을 나타낸다. /퍼터커/ 각 음절을 얼마나 동일한 간격으로 발화하는지를 나타내는 것으로 각 음절의 가중치를 알 수 있다.

자료의 분석 결과는 Figure 1과 같이 그래프로 시각화하여 나타내어 주어 치료 전후 비교에 용이하게 사용할 수 있다.

4. 통계처리

자료의 통계처리는 경직형 마비말장애 화자와 정상인의 SMR을 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였으며, 유의수준을 .05 이하로 검정하였다. 통계 프로그램은 SPSS 22.0을 사용하였다.

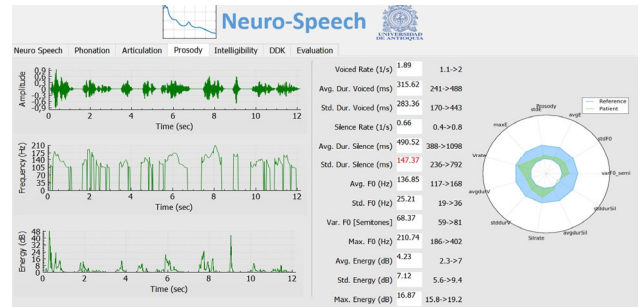


Figure 1. Display of NeuroSpeech

III. 연구 결과

1. 경직형 마비말장애군과 정상군 간의 SMR 속도와 표준편차의 차이

경직형 마비말장애군과 정상군의 간의 SMR 속도에 대한 기술통계 및 t-검정 결과는 Table 1과 같다. SMR 과제에서 두 집단 간 속도는 유의한 차이를 보였으며 표준편차는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 마비말장애군이 정상군보다 일련운동속도가 느리다는 선행연구와 일치하는 결과이다(Kang et al., 2013; Nam, 2011; Park et al., 2008).

Table 1. Results of DDK rate and DDK standard deviation between groups

	Dysarthria	Normal	t
DDK rate (1/s)	1.07	1.87	2.76*
DDK standard deviation (1/s)	.84	.75	-1.54

Note. DDK=diadochokinesis.

* p<.05

2. 경직형 마비말장애군과 정상군 간의 SMR 규칙성과 강도 변이의 차이

경직형 마비말장애군과 정상군 간의 SMR에서 규칙성(DDK regularity)과 에너지 변이(energy variability) 대한 기술통계 및 t-검정결과는 Table 2와 같다. 두 집단 간의 규칙성에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. AMR에 대한 DDK

regularity에 대한 보고는 있으나 SMR에 대한 DDK regularity에 대한 보고가 없어 객관적인 비교는 어렵지만 Praat을 이용하여 SMR의 표준편차를 통해 규칙성을 본 연구에서 마비말장애 집단에서 규칙성이 떨어진다는 선행 연구와 일치함을 알 수 있었다(Hwang & Kang, 2000; Jung et al., 2011; Kang et al., 2013).

SMR 과업 시 에너지의 과도한 손실을 나타내는 에너지 변이(energy variability, dB) 비교에서도 정상인의 경우 에너지 손실이 전혀 나타나지 않았지만 마비말장애의 경우 에너지 손실이 있는 것으로 나타났고 이는 과업의 지속시간 감소로 이어짐을 알 수 있었다.

Table 2. Results of DDK regularity and energy variability between groups

	Dysarthria	Normal	<i>t</i>
DDK regularity (ms)	243.51 (56.04)	88.78 (23.68)	-2.98
Energy variability (dB)	-.17 (.08)	0	

Note. Values are presented as mean (SD).
DDK=diadochokinesis.
**p*<.05

3. 경직형 마비말장애군과 정상군 간의 일련운동속도의 평균음절 길이 차이

경직형 마비말장애군과 정상군 간의 SMR에서 평균음절 길이에 대한 기술통계 및 *t*-검정 결과는 Table 3과 Figure 2와 같다. 두 집단 간의 평균 음절 길이에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. SMR의 평균 음절 길이에 대한 선행 연구가 없어 객관적인 비교는 힘들지만 연구결과를 볼 때 정상군의 경우 /퍼터커/에서 마지막 음절인 /커/에 강세를 두어 뒤에 이어지는 /퍼터커/와 구분을 지으면서 빠르게 반복하는 경향이 있는 반면 경직형 마비말장애의 경우 각 음절 모두 고르게 강세를 두어 SMR 속도가 느려지는 것을 알 수 있었다. 경직형 마비말장애의 교대운동속도(alternate motion rate: AMR) 연구에서 /pa/의 음절길이가 정상보다 길어 발화 속도에 차이가 난다는 선행연구와도 일치하였다(Kim & Kim, 2008; Nip, 2003).

Table 3. Results of mean syllable length between groups

	Dysarthria	Normal	<i>t</i>
/pA/	156.72 (41.04)	82.02 (10.02)	-2.52*
/tA/	142.77 (65.21)	72.34 (27.65)	-2.27*
/kA/	171.50 (94.85)	162.67 (62.74)	-1.01
/pAtAkA/	470.99 (118.26)	317.03 (70.24)	-2.34*

Note. Values are presented as mean (SD).
**p*<.05

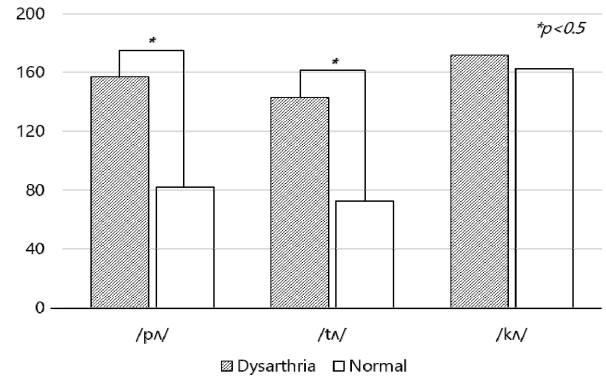


Figure 2. Results of mean syllable length between groups

IV. 논의 및 결론

마비말장애를 분석하는 것은 객관적이고 임상적으로 효율성이 요구된다. 본 연구에서는 NeuroSpeech를 사용하여 경직형 마비말장애 환자의 SMR 분석이 마비말장애를 진단하고 중증도를 결정하는데 유용한지 알아보았다. 연구 결과 DDK rate, 표준편차, DDK regularity, Energy variability에서 경직형 마비말장애 그룹과 정상인 그룹 간 평균 차이가 나타났으며 기존의 연구결과와 일치하였다. 평균음절길이에서 경직형 마비말장애 그룹이 정상인 그룹 보다 첫음절과 두 번째 음절의 길이가 길게 나타나 SMR 속도와 규칙성이 느려지는 것을 알 수 있었다.

이상의 연구 결과에서 알 수 있듯이 NeuroSpeech를 사용한 SMR 분석은 마비말장애를 선별하고 진단하는데 사용될 수 있으며 간단한 조작과 짧은 분석시간으로 실제 임상에서 유용하게 사용될 수 있다. Orozco-Arroyave 등(2018)은 NeuroSpeech를 사용하여 SMR 분석을 통해 파킨슨병의 구어를 분석하는 데 사용하였으며 빅데이터 구축에 활용하였으며 Vásquez-Correa 등(2019)은 과소운동형 마비말장애를 대상으로 치료 전후의 효과를 분석하는데 사용하였으며 간단한 방법의 치료효과를 밝히는데 도움이 될 수 있으며 다양한 마비말장애 유형에 적용에 대해서도 긍정적으로 분석하였다.

기존의 Praat을 한 분석에서는 많은 시간적인 소요와 각 음절 간 측정치를 모두 기록하여 속도와 규칙성을 계산해야 하는 번거로움과 시간의 한계점이 있었다. 또한 이러한 한계점을 개선하기 위해 스크립트를 이용하는 방법도 있으나 일반적인 언어재활사가 사용하기에는 프로그램에 대한 숙련도와 이해가 바탕이 되어야 함으로 연구에서는 활용 될 수 있으나 실제 임상 현장에서 사용은 매우 제한적인 게 사실이다. 본 연구에서는 MSP의 단점인 SMR 분석이 가능한 NeuroSpeech를 통해 빠른 시간과 객관적인 수치를 제공받을 수 있고 또한 임상에서 활용될 수 있게 객관적인 수치를 그래프화하여 치료 전후를 비교할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이 연구결과를 바탕으로 향후 SMR 분석에 활용되어 언어재활사들이 다양한 환자를 대상으로 빠른 분석 결과를 활용하여 임상에 활용되기를 바란다.

마지막으로 이 연구에서는 경직형 마비말장애를 대상으로 연구를 진행하여 다양한 마비말장애에 대한 후속 연구가 필요하다. 특히 AMR에 비해 SMR의 경우 구어실행증에서 그 차이가 많이 나타난다는 선행 연구가 있으므로 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 에너지 변이의 경우 국내의 연구가 부족하여 정상 기준치에 대한 정보를 제공할 수 없는 점이 있어 향후 연령대별 정상치 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Reference

- Cernak, M., Orozco-Arroyave, J. R., Rudzicz, F., Christensen, H., Vásquez-Correa, J. C., & Nöth, E. (2017). Characterization of voice quality of Parkinson's disease using differential phonological posterior features. *Computer Speech & Language*, *46*, 196-208. doi:10.1016/j.csl.2017.06.004
- Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1969). Differential diagnostic patterns of dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Research*, *12*(2), 246-269. doi:10.1044/jshr.1202.246
- Duffy, J. R. (2005). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management* (2nd ed.). Louis: Mosby-Year Book.
- Hwang, B. M., & Kang, S. K. (2000). A study of diadochokinetic rates of spastic dysarthria and normal. *Communication Disorders*, *23*(2), 295-308.
- Jung, E. Y., Cho, S. R., Kim, Y. J., & Kim, H. H. (2011). Characteristics of diadochokinesis in hypokinetic dysarthria: Rate and regularity. *Korean Journal of Communication Disorders*, *16*, 74-82. uci:G704-000725.2011.16.1.006
- Kang, Y. A., Park, H. Y., & Koo, B. S. (2013). An acoustic analysis of diadochokinesis in patients with Parkinson's disease. *Journal of The Korean Society of Speech Sciences*, *5*(4), 3-15. doi:10.13064/KSSS.2013.5.4.003
- Kang, Y. U., Na, D. R., & Hahn, S. H. (1997). A validity study on the Korean Mini-Mental State Examination (K-MMSE) in dementia patients. *Journal of the Korean Neurological Association*, *15*(2), 300-308.
- Kent, R. D., Kent, J. F., & Rosenbek, J. C. (1987). Maximum performance tests of speech production. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, *52*, 367-387. doi:10.1044/jshd.5204.367
- Kim, G. H., Park, H. J., Bae, I. H., Lee, Y. W., Wang, S. G., & Kwon, S. B. (2015). An analysis of speech performance characteristics of normal Korean speakers using a motor speech profile: A survey in Busan and Gyeongnam. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, *24*(2), 1-17. doi:10.15724/jslhd.2015.24.2.001
- Kim, H. H., Lee, M. S., Kim, S. W., Choi, S. H., & Lee, W. Y. (2004). An auditory-perceptual rating scale of dysarthria speech of patients with Parkinsonism. *Speech Sciences*, *11*(2), 39-49.
- Kim, J. O., & Lee, C. Y. (2018). Comparison of speech mechanism between children with and without cerebral palsy. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, *27*(2), 147-157. doi:10.15724/jslhd.2018.27.2.012.
- Kim, S. H., & Kim, H. G. (2008). Characteristics of phoniatrics in patients with spastic dysarthria. *Speech Sciences*, *15*(4), 159-170.
- Nam, H. W. (2011). The characteristics of intensity variations in diadochokinesis in speakers with cerebral palsy. *Journal of Speech-Language and Hearing Disorders*, *20*(1), 157-171. doi:10.15724/jslhd.2011.20.1.010010
- Nip, I. S. (2013). Kinematic characteristics of speaking rate in individuals with cerebral palsy: A preliminary study. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, *20*(4), 88.
- Orozco-Arroyave, J. R., Vásquez-Correa, J. C., Vargas-Bonilla, J. F., Arora, R., Dehak, N., Nidadavolu, P. S., & Vann, A. (2018). NeuroSpeech: An open-source software for Parkinson's speech analysis. *Digital Signal Processing*, *77*, 207-221. doi:10.1016/j.dsp.2017.07.004
- Oyekanlu, E. (2017). Predictive edge computing for time series of industrial IoT and large scale critical infrastructure based on open-source software analytic of big data. *Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 1663-1669.
- Park, H. J., Kwon, S. B., Wang, S. G., & Jung, O. R. (2008). A study on the aerodynamic and acoustic characteristics in dysarthria speakers' diadochokinesis by articulation valves in vocal tract. *Speech Sciences*, *15*(2), 177-189.
- Vásquez-Correa, J. C., Rios-Urrego, C. D., Rueda, A., Orozco-Arroyave, J. R., Krishnan, S., & Nöth, E. (2019). Articulation and empirical mode decomposition features in diadochokinetic exercises for the speech assessment of Parkinson's disease patients. *Proceedings of Iberoamerican Congress on Pattern Recognition*, 688-696.
- WEVOSYS. (2010). *Motor speech disorder assessment: LingWAVES-Modul*. Forchheim: Author.
- Wong, A. W., Allegro, J., Tirado, Y., Chadha, N., & Campisi, P. (2011). Objective measurement of motor speech characteristics in the healthy pediatric population. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *75*(12), 1604-1611. doi:10.1016/j.ijporl.2011.09.023
- Yoo, J. Y. (2018). The characteristics of diadochokinesis in older preschooler. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, *27*(3), 13-21. doi:10.15724/jslhd.2018.27.3.002
- Ziegler, W. (2002). Task-related factors in oral motor control: Speech and oral diadochokinesis in dysarthria and apraxia of speech. *Brain and Language*, *80*, 556-575. doi:10.1006/brln.2001.2614

오픈 소스 소프트웨어를 이용한 마비말장애 화자의 일련운동속도 분석

박희준^{1*}

¹ 부산가톨릭대학교 언어청각치료학과 교수

목적: 교대 운동 분석(diadochokinesis)은 마비말장애의 객관적인 구어 산출 능력을 평가하는데 유용하게 사용된다. NeuroSpeech는 병리적 음성의 다양한 발화 변수(발성, 조음, 운율 및 명료도)에 대한 구어 신호를 분석 할 수 있다. 본 연구에서는 오픈 소스 소프트웨어인 NeuroSpeech 모듈을 이용하여 경직형 마비말장애 화자들의 일련 교대 운동(sequential motion rate: SMR) 수행능력을 알아보고 심한 정도를 분석하고자 한다.

방법: 본 연구 대상으로 경직형 마비말장애로 판정받은 집단($n=26$), 신경성 질환이 없는 정상 집단($n=30$)을 대조군으로 정하였다. 두 그룹 모두에게 NeuroSpeech 모듈을 이용하여 SMR을 측정하였다. 본 연구에서는 DDK rate, DDK standard deviation, DDK regularity(ms), Energy variability(dB), Avg. Duration DDK(ms) 프로토콜에 대해서 분석하였다.

결과: 경직형 마비말장애 집단은 교호운동 속도, 교호운동 규칙성에서 정상 집단 보다 낮은 수행능력을 나타내었다. 또한 마비말장애는 평균 음절 길이에서 각 음절의 길이가 길어 전체 SMR 속도가 정상보다 느려짐을 알 수 있었다.

결론: NeuroSpeech를 사용한 SMR 분석은 마비말장애를 선별하고 진단하는데 사용될 수 있으며 간단한 조작과 짧은 분석시간으로 실제 임상에서 유용하게 사용될 수 있다는 것을 보여준다. 이것은 위에서 설명한 다양한 파라미터의 특성을 분석할 수 있는 오픈 소스 소프트웨어이며 다른 연구자들도 다양한 임상적 관점(예, 임상적 해석 관점, 다른 측정값에 대한 컴퓨터 과학적 관점, 패턴인식 기술 관점)에서 병리적 언어를 평가하는데 도움이 될 것으로 기대한다.

교신저자 : 박희준(부산가톨릭대학교)

전자메일 : june@cup.ac.kr

게재신청일 : 2020. 06. 28

수정제출일 : 2020. 07. 10

게재확정일 : 2020. 07. 28

이 연구는 2019학년도 부산가톨릭대학교의 교내연구비 지원을 받아 수행된 연구임.

ORCID

박희준

<https://orcid.org/0000-0002-0522-5220>

검색어: 교호운동, 일련운동속도, 마비말장애, NeuroSpeech

참고 문헌

- 강연옥, 나덕렬, 한승혜 (1997). 치매노인들을 대상으로 한 K-MMSE의 타당도 연구. **대한신경과학회지**, 15(2), 300-308.
- 강영애, 박현영, 구분석 (2013). 파킨슨병 환자 대상 조음교대운동의 음향학적 분석. **말소리와 음성과학**, 5(4), 3-15.
- 김근효, 박희준, 배인호, 이연우, 왕수건, 권순복 (2015). Motor Speech Profile을 통한 한국 정상화자의 말 수행력 특성 분석: 부산 경남 중심으로. **언어치료연구**, 24(2), 1-17.
- 김숙희, 김현기 (2008). 경직형 마비말장애의 음성언어의학적 특성. **음성과학**, 15(4), 159-170.
- 김재옥, 이조영 (2018). 뇌성마비 아동과 일반 아동의 말산출 하부 체계 구조 및 기능 비교. **언어치료연구**, 27(2), 147-157.
- 김향희, 이미숙, 김선우, 최성희, 이원용 (2004). 파킨슨증으로 인한 마비말장애에 대한 청지각적 평가척도. **음성과학**, 11(2), 39-49.
- 남현욱 (2011). 뇌성마비 화자의 교호운동의 강도변화 특성. **언어치료연구**, 20(1), 157-171.
- 박희준, 권순복, 왕수건, 정옥란 (2008). 마비성구어장애 화자의 조음벨브 교호운동에 관한 공기역학 및 음향학적 특징. **음성과학**, 15(2), 177-189.
- 유재연 (2018). 취학전 아동의 조음교대운동 특성. **언어치료연구**, 27(3), 13-21.
- 정은영, 조성래, 김윤정, 김향희 (2011). 운동감소형 마비말장애의 조음교대운동 특성: 속도 및 규칙성. **언어청각장애연구**, 16, 74-82.
- 황보명, 강수균 (2000). 경직형 마비성 구어장애 환자와 정상인의 음절교호운동에 관한 연구. **난청과 언어장애**, 23(2), 295-308.