

A Comparative Study on Vowel Space Characteristics in Normal and Motor Speech Disorder Groups

Geun Hyo Kim¹, Yeon Woo Lee¹, Jae Gyeong Ryu², Soon Bok Kwon^{3*}

¹ Dept. of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery & Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital, SLP

² Dept. of Physical Medicine and Rehabilitation, Dong Eui Hospital, SLP

³ Dept. of Humanities, Language and Information, Pusan National University, Professor

Purpose: The purpose of this study was to evaluate vowel space (VS) variables and speech intelligibility that reflect speech performance of patients with motor speech disorder (MSD) and compare them with a group of normal adults. The difference between the two groups was examined, and the optimal cutoff value and diagnostic predictive power to detect MSD were also confirmed.

Methods: A total of 43 normal adults and 35 patients with MSD participated in the study. The vowels /a, i, u, e, o/ and the first two sentences of the walking passage were recorded. Each vowel period was edited for 0.5 seconds, and formants (F1, F2) were analyzed and VS variables were automatically calculated using the Praat script. To evaluate speech intelligibility, three speech language pathologists used a 5-point scale.

Results: The patients group showed a smaller vowel space, VAI, F2_ratio, and larger FCR than normal adults, and speech intelligibility was also found to be more severe. The VS of female patients was larger than that of male patients, and it was confirmed in the pentagonal VS. As a result of comparison among the types of dysarthria, there were no statistically significant results. There was a moderate correlation of 0.73 or more between VS variables and speech intelligibility. As a result of ROC analysis, all showed an AUC of 0.724 or more, an LR(+) of 2.05 or more, and an LR(-) of 0.44 or less.

Conclusions: We confirmed speech characteristics of patients with MSD through the analysis of VS variables and speech intelligibility, and predicted speech intelligibility through acoustic analysis. In subsequent studies, it is thought that there is a need to analyze additional new acoustic parameters.

Keywords: Motor speech disorder, vowel space area, Praat

Correspondence: Soon Bok Kwon, PhD

E-mail: sbkwon@pusan.ac.kr

Received: March 29, 2021

Revision revised: April 12, 2021

Accepted: April 28, 2021

ORCID

Geun Hyo Kim

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

Yeon Woo Lee

<https://orcid.org/0000-0001-8439-6580>

Jae Gyeong Ryu

<https://orcid.org/0000-0002-8469-1720>

Soon Bok Kwon

<https://orcid.org/0000-0002-9424-0077>

1. 서론

다양한 형태의 대뇌손상은 실어증, 마비말장애, 실행증 등을 유발하게 된다. 실어증은 언어장애(language disorder), 마비말장애, 실행증은 말운동장애(motor speech disorder) 혹은 말장애(speech disorder)로 분류된다. 이 중 말운동장애는 대뇌의 손상 위치, 유형에 따라 조음기관의 과소, 과다긴장으로 인해 조음 오류를 발생시킬 수 있다고 하였다(Duffy, 2019). 이러한 대상자들의 말운동장애를 평가하는 방법에는 음향학적 분석, 말 명료도 분석, 자-모음 정확도 등이 있다(Kim et al., 2011; Lansford & Liss, 2014; Weismer et al., 2001). 널리 사용되는 대표적인 방법으로 말 명료도 분석이 있으며 말 명료도는 화자의 말을 상대방이 얼마나 잘 이해하였는지를 반영해준다(Gentil, 1992; Scholderle et al., 2016; Ziegler & Zierdt, 2008). 말 명료도 평가는 발화 문

장을 듣고 5점, 7점 척도로 평가하는 방식과 얼마나 많이 알아들었는지를 비율로 측정하는 방법이 주로 사용된다. 말 명료도 평가는 말운동장애에 화자의 발화에 대한 주관적인 평가인 반면, 음향학적 분석은 발화를 음향 소프트웨어로 분석하여 모음 포먼트 및 대역폭 분석, 모음 삼각도, 모음 사각도, 모음 오각도 등의 모음 공간 변수들에 대한 연구도 진행되고 있다(Bang et al., 2013; Kang et al., 2010). 다양한 공유 소프트웨어의 등장으로 누구나 쉽게 포먼트 분석을 할 수 있게 되었으며, 그 중 대표적인 것이 Praat이며 음성 녹음, 분석, 합성, 스크립트 등 다양한 기능을 갖추고 있다.

모음에는 무수히 많은 포먼트 수치가 있지만 말소리 분석에는 가장 낮은 두 개의 포먼트, 제 1포먼트(first formant: F1), 제 2포먼트(second formant: F2)가 중요하게 사용된다(Dromey et al., 2013; Lee et al., 2016). F1은 입의 개구도와 관련이 있으므로, 저모음일수록 F1이 높고 고모음일수록 F1이 낮게 나타난다. F2는 혀의 전후 움직임과 관련이 있으므로, 전설모음일수록 F2가 높고 후설모음일수록 F2가 낮다. 주요 모음 /아, 이, 우, 에, 오/의 F1, F2를 2차원인 좌표로 표현하여 모음 삼각도, 모음 사각도,

Copyright 2021 © 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.

모음 오각도 등을 구현한다. Praat의 스펙트로그램 출력 창에서 가장 아래의 검은 띠부터 F1, F2 로 명명한다. 포먼트와 스펙트로그램은 조음의 특성을 시각적으로 표현해준다(Winn, 2020).

선행 연구에서는 모음공간(vowel space area: VSA)에 따라 말 명료도가 달라질 수 있으며, 말 운동에 손상을 받은 사람들은 모음공간이 상대적으로 감소하고 조음기관들이 중앙화 되는 양상을 나타낸다고 보고하였다(Kim et al., 2014). 모음공간은 복잡한 인간의 성도를 XY 좌표축 그림으로 도식화하여 쉽게 볼 수 있도록 제시한 것으로 F1, F2의 값을 이용한다. 몇 개의 모음을 사용하는가에 따라 다르게 명명한다. 각 모음의 점들을 연결하여 계산한 면적을 모음공간이라 한다. 모음공간과 관련된 변수는 모음 삼각도, 모음 사각도, 모음 오각도, 모음 조음지수(vowel articulation index: VAI), 모음 중앙화 지수(formant centralization ratio: FCR), 제 2포먼트 비율(F2_ratio) 등이 있다(Jacks et al., 2010; Vorperian & Kent, 2007; Wieland et al., 2015). 일반적으로 각 모음의 조음점을 비교하는 부분에서는 모음 삼각도와 모음 사각도를 사용하지만, 모음공간 면적이라는 측면에서는 각 모음들이 오조음을 산출하더라도 3개, 4개의 포먼트 값들이 상호적으로 비슷해질 가능성이 높다. 한국어 연구에서는 모음 오각도를 추가하는데 한국어 모음/오/가 /우/보다 후방화 되는 경향이 많기 때문에 이 영향으로 모음공간에 영향을 주게 되고 모음 삼각도, 모음 사각도 보다는 더 세밀하게 표현할 수 있다고 하였다(Kang et al., 2010). 각 모음들이 정상 범주에 많이 벗어나 있어도 모음공간이 넓게 측정되기 때문에 말 명료도와 상관관계도 높지 않은 것으로 보고되었다(Kwon, 2010; Lee, 2010). 이후 이를 보완하기 위해서 다른 변수들이 새롭게 소개되었다(Janić et al., 2020). 모음 조음지수(VAI)는 모음공간 면적의 불안정성을 보완하기 위해서 제시하였고 파킨슨병 환자들의 과소운동형 마비말장애에서 좀 더 민감한 것으로 보고되었다(Roy et al., 2009; Sapir et al., 2010). 모음 중앙화 지수(FCR)는 모음 조음지수를 역수 취한 값을 의미한다. 제 2포먼트 비율(F2_ratio)은 고모음의 전후 혀 움직임의 정도를 반영한다. 모음공간에 대한 음향학적 분석은 주관적인 말 명료도 평가의 신뢰도를 지지해주는 중요한 요소라는 것이 보고되었다(Neel, 2008; Tjaden et al., 2014; Utianski et al., 2019).

본 연구에서는 다양한 원인의 말운동장애 환자들의 모음 특성들을 음향학적, 청지각적으로 분석하여 말운동장애의 증세 및 평가의 근거를 마련할 수 있는 기초 자료를 제시하고자 하였다. 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 정상과 말운동장애 환자들의 모음공간 면적, 말 명료도에 차이가 있는가?

둘째, 남성과 여성의 모음공간 면적, 말 명료도에 차이가 있는가?

셋째, 말운동장애의 유형별 모음공간 면적, 말 명료도에 차이가 있는가?

넷째, 모음공간 변수들과 말 명료도 간 상관관계는 있는가?

다섯째, 정상과 말운동장애 환자들의 말 수행력을 구분할 수 있는 최적 절단값 및 진단 예측력은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 부산지역 재활병원 재활의학과 전문의로부터 대뇌 손상으로 인한 실어증, 마비말장애로 진단받고, 7년 이상의 임상 경험이 있는 1급 언어재활사 3인에 의해 Duffy(2019)에 제시한 기준으로 말운동장애를 진단되었다. 말운동장애 환자군 35명과 정상군 43명을 대상으로 연구를 진행하였다. 평가 수행이 불가능 할 만큼 인지저하, 병의 진행 정도 등을 고려하여 평가에 적합하지 않다고 판단된 환자들은 제외되었으며, 실행증을 동반하지 않은 경도(mild)와 중도(moderate) 수준의 마비말장애 환자들을 대상으로 하였다(Duffy, 2019). 환자군(60.6±13.1세)은 전대뇌동맥, 중대뇌동맥, 대뇌기저핵, 소뇌, 교, 시상 등 다양한 뇌병변을 가진 환자들로 구성되었다(Table 1). 뇌 반구별로는 좌뇌 손상(19명), 우뇌 손상(15명), 양측 손상(1명)이었으며, 뇌손상 유형은 뇌출혈(11명), 뇌경색(24명)이었다. 마비말장애의 유형은 경직형(17명), 불수의운동형(11명), 실조형(7명)이었다. 정상군(57.3±8.3세)은 신경학적 병변이 없으며 정상적인 말 산출이 가능한 사람들을 대상으로 하였다.

Table 1. Description of normal and pathological groups

Group	Norm. (n=43)	Patho. (n=35)
Age	57.3±8.3	60.6±13.1
Gender		
Female	30 (69.8%)	17 (48.6%)
Male	13 (30.2%)	18 (51.4%)
Lesion side		
Both	0 (0.0%)	1 (2.9%)
Lt	0 (0.0%)	19 (54.3%)
Rt	0 (0.0%)	15 (42.9%)
Diagnosis		
ACA	0 (0.0%)	2 (5.7%)
BG	0 (0.0%)	11 (31.4%)
Cbl	0 (0.0%)	3 (8.6%)
MCA	0 (0.0%)	15 (42.9%)
Pontine	0 (0.0%)	1 (2.9%)
Thalamus	0 (0.0%)	3 (8.6%)
Dysarthria		
Spastic	0 (0.0%)	17 (48.6%)
Dyskinetic	0 (0.0%)	11 (31.4%)
Ataxic	0 (0.0%)	7 (20.0%)
Type		
ICH	0 (0.0%)	11 (31.4%)
INF	0 (0.0%)	24 (68.6%)

Note. Norm.=normal group; Patho.=pathological group; Both=both side; Lt=left side; Rt=right side; ACA=anterior cerebral artery; BG=basal ganglia; Cbl=cerebellum; MCA=middle cerebral artery; ICH=intracerebral hemorrhage; INF=infarction.

2. 연구 절차 및 분석 방법

음성녹음은 음성검사실 내 방음 부스, 조용한 곳에서 실시하였다. 음성분석기인 Computerized Speech Lab 4500 (Kay Electronic, USA)을 사용하여 녹음하였으며, Praat (version 6.1.09) 소프트웨어로 포먼트 및 모음공간 분석을 실시하였다. 말과제는 단모음 /아, 이, 우, 에, 오/, 산책 문단의 첫 두 문장으로 구성하였고, 모음 당 3초의 길이, 3회 반복을 수행하도록 연습하였다. 과제 순서는 먼저 모음 발성 과제를 하고 난 후 읽기 과제를 실시하였다. 모음 발성 과제는 /아, 이, 우, 에, 오/를 연속적으로 발화하면서 각 모음 간 1초의 쉬를 하도록 지시하였으며, 읽기 과제는 인쇄된 자료를 보면서 수행하였다. 포먼트 분석은 모음의 안정 구간 .5초 구간을 선택하여 측정하였고, 3회 반복의 평균값으로 결과값을 측정하였다. Praat의 매뉴얼에 따라 formant setting에서 Maximum formant를 남자는 5,000Hz, 여자는 5,500Hz로 설정하여 분석하였다(Kawitzky & McAllister, 2020). 포먼트 추출 및 모음공간 변수 계산은 Praat 스크립트를 통해 수행되었다. 포먼트 추출의 주요 스크립트는 다음과 같다.

```
select Sound soundObj
Edit
Formant settings: 5000(5500), 4.5, 0.025, 30, 1
f1 = Get first formant
f2 = Get second formant
endeditor
```

3. 모음공간 측정

측정된 포먼트 값을 통해 모음 삼각도, 모음 사각도, 모음 오각도, 모음 조음 지수(vowel articulatory index: VAI), 모음 중앙화 비율(formant centralization ratio: FCR), 제2음형대 비율(F2 ratio)을 계산하였다. 변수의 계산 공식은 선행연구(Kang et al., 2010; Sapir et al., 2010; Skodda et al., 2011)에서 제시한 것을 사용하였고 다음과 같다.

```
Area_3 (Tri)(Heron's formula) = p(p-a)(p-b)(p-c),
p = (a+b+c) / 3
a = sqrt((F1/u/-F1/i/)^2 + (F2/i/-F2/u/)^2)
b = sqrt((F1/a/-F1/i/)^2 + (F2/i/-F2/a/)^2)
c = sqrt((F1/u/-F1/a/)^2 + (F2/a/-F2/u/)^2)

Area_4 (Quad)
= [(F2/i/*F1/e/+F2/e/*F1/a/+F2/a/*F1/u/+F2/u/*F1/i/)
- (F1/i/*F2/e/+F1/e/*F2/a/+F1/a/*F2/u/+F1/u/*F2/i/)] / 2

Area_5 (Penta)
= [F1/e/*(F2/i/-F2/a/)+F1/i/*(F2/u/-F2/e/)
+ F1/u/*(F2/o/-F2/i/)+F1/o/*(F2/a/-F2/u/)
+ F1/a/*(F2/e/-F2/o/)] / 2

VAI = (F2/i/+F1/a/)/(F1/i/+F1/u/+F2/u/+F2/a/)
FCR = (F2/u/+F2/a/+F1/i/+F1/u/)/(F2/i/+F1/a/)
F2 ratio = (F2/i/)/(F2/u/)
```

4. 말 명료도

7년 이상의 언어치료 임상경험을 가진 언어재활사 3명이 말 샘플들을 듣고 5점의 등간척도로 말 명료도를 평가하였다. 평가 기준은 Screening test for aphasia and neurologic-communication disorders (STAND) 평가지에 소개된 5점 척도와 세부 기준을 적용하였다(Kim et al., 2009). 기준은 1점(정상, 말을 알아듣는데 전혀 어려움이 없음), 2점(경도, 발음은 불분명하나 알아듣는 데에는 지장이 없음), 3점(중도, 발음이 불분명하여 알아들을 수 있는 부분과 알아듣기 어려운 부분이 혼재함), 4점(심도, 발음이 매우 불분명하여 거의 알아들을 수 없음), 5점(극심도, 말을 전혀 안하거나 못함)으로 하였다. 3명의 언어재활사는 단모음과 산책 문단 읽기를 듣고 5점 척도로 평가하였다.

5. 통계 분석

말 명료도 평가의 평가자 내 신뢰도를 평가하기 위해서 전체 말 샘플 중 약 30%에 해당하는 24명의 말 샘플을 무작위로 선정하여 초기 평가 이후 2주 뒤 2차 평가를 실시하였다. 통계분석은 평가자 3명의 평가 결과값을 평균하여 수행하였다. 말 명료도 평가에 대한 신뢰도를 검증하기 위해서 급내상관계수(intraclass correlation coefficient: ICC)를 측정하였다. 측정 결과, 평가자 간 신뢰도(.733~.899, Mean=.846), 평가자 내 신뢰도(.741~.907, Mean=.858)로 높은 수준이었다.

첫째, 정상군과 말운동장애 환자군 및 남성과 여성 간의 말 샘플에 대한 음향학적 평가, 말 명료도 평가를 비교하기 위해서 독립 표본 *t*-검정을 실시하였다. 둘째, 마비말장애 유형별 음향학적 평가, 말 명료도 평가를 비교하기 위해서 일원분산분석(one-way analysis of variance: one-way ANOVA)를 실시하였다. 셋째, 음향학적 평가와 말 명료도 간의 상관관계를 확인하기 위해서 스피어만 상관분석(Spearman correlation)을 실시하였고 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다. 넷째, 정상과 말운동장애 환자군을 선별하기 위한 receiver operating characteristic curve (ROC) 분석을 실시하여 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity), 곡선 하 영역(area under the curve: AUC), 양성우도비(likelihood ratio for a positive result, LR+), 음성우도비(likelihood ratio for a negative result, LR-)를 산출하였다. 독립 표본 *t*-검정, 스피어만 상관분석, ROC 분석은 R version 3.5.3 (The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) and RStudio 1.3.959 (RStudio Inc., Boston, MA, USA)를 이용하여 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 음향학적 변수 및 말 명료도의 집단 간 비교

정상군과 말운동장애 환자군을 비교하기 위해서 독립 표본 *t*-검정을 실시하였다. 검정 결과, 대부분의 음향학적 변수들과 말 명료

도에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였으며, e_F1, o_F1($p=.394$), o_F2($p=.065$), u_F1($p=.934$)에서는 두 집단 간 유의미한 차이가 확인되지 않았다. 정상군과 말운동장애 환자군의 변수 비교는 Table 2, 모음 공간의 도식화는 Figure 1에 제시하였다.

Table 2. Independent *t*-test between normal and pathological groups

Variables	Norm. (n=43)	Patho. (n=35)	t	p
a_F1	954.0 ± 87.2	807.2 ± 116.2	6.189	.001***
a_F2	1506.4 ± 144.6	1308.1 ± 208.4	4.771	.001***
e_F1	608.1 ± 78.7	591.6 ± 90.9	.845	.394
e_F2	2148.9 ± 212.0	1986.9 ± 296.2	2.718	.009***
i_F1	351.0 ± 68.3	418.7 ± 110.3	-3.166	.003**
i_F2	2428.4 ± 318.8	2218.7 ± 372.3	2.636	.009**
o_F1	568.6 ± 93.6	544.5 ± 142.6	.859	.394
o_F2	919.3 ± 224.0	1081.5 ± 466.6	-1.887	.065
u_F1	473.9 ± 107.0	471.7 ± 123.3	.081	.934
u_F2	1036.4 ± 364.1	1342.2 ± 442.7	-3.282	.001***
Tri	357661.6 ± 183103.1	175767.5 ± 139855.6	4.972	.001***
Quad	395720.8 ± 176960.1	204889.2 ± 153174.0	5.103	.001***
Penta	449178.7 ± 150973.0	249480.7 ± 181202.7	5.212	.001***
VAI	1.0 ± .2	.9 ± .2	3.710	.001***
FCR	1.0 ± .2	1.2 ± .2	-3.696	.001***
F2_ratio	2.6 ± .8	1.8 ± .7	4.227	.001***
Int	1.2 ± .4	2.9 ± .9	-10.735	.001***

Note. Tri=triangle vowel space area; Quad=quadrilateral vowel space area; Penta=pentagonal vowel space area; VAI=vowel articulation index; FCR=formant centralization ratio; Int=speech intelligibility.

** $p<.01$, *** $p<.001$

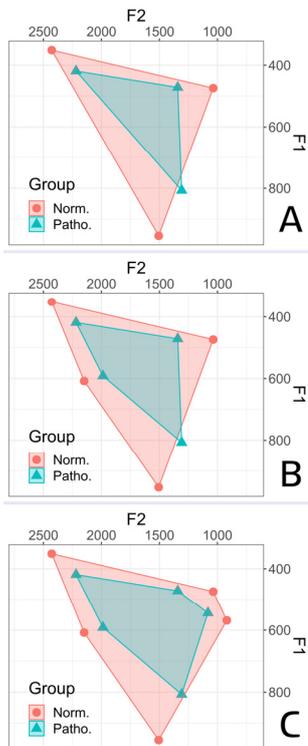


Figure 1. Vowel space area of normal and pathological group (A=3 vowels, B=4 vowels, C=5 vowels)

Table 3. Independent *t*-test between male and female in pathological groups

Variables	Male (n=18)	Female (n=17)	t	p
a_F1	741.1 ± 88.5	877.2 ± 101.3	-4.225	.001***
a_F2	1169.3 ± 104.5	1455.0 ± 190.1	-5.467	.001***
e_F1	553.6 ± 78.4	631.9 ± 87.7	-2.781	.009**
e_F2	1810.0 ± 183.6	2174.3 ± 279.5	-4.530	.001***
i_F1	380.3 ± 132.4	459.2 ± 62.1	-2.277	.032*
i_F2	2133.1 ± 243.5	2309.4 ± 463.2	-1.397	.175
o_F1	528.1 ± 142.3	561.9 ± 145.1	-.695	.492
o_F2	1055.8 ± 578.0	1108.7 ± 325.8	-.336	.739
u_F1	474.0 ± 124.7	469.3 ± 125.6	.111	.912
u_F2	1325.8 ± 533.1	1359.7 ± 337.6	-.226	.824
Tri	145025.6 ± 108240.6	208317.6 ± 164094.3	-1.339	.185
Quad	158125.3 ± 130320.7	254403.9 ± 163545.8	-1.919	.062
Penta	171806.6 ± 120959.7	331723.9 ± 200632.3	-2.836	.009**
VAI	.9 ± .2	.9 ± .2	.252	.802
FCR	1.2 ± .2	1.2 ± .3	-.356	.723
F2_ratio	1.9 ± .8	1.8 ± .7	.141	.889
Int	2.8 ± .9	2.7 ± .9	.423	.674

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

Table 4. Independent *t*-test between male and female in normal groups

Variables	Male (n=13)	Female (n=30)	t	p
a_F1	957.0 ± 83.8	952.7 ± 90.1	.152	.884
a_F2	1542.7 ± 120.0	1490.6 ± 153.2	1.198	.283
e_F1	622.1 ± 92.9	602.0 ± 72.6	.694	.448
e_F2	2227.1 ± 198.5	2115.1 ± 211.8	1.666	.112
i_F1	368.6 ± 76.3	343.4 ± 64.5	1.038	.273
i_F2	2424.0 ± 339.7	2430.3 ± 315.4	-.570	.573
o_F1	584.3 ± 102.3	561.8 ± 90.5	.685	.475
o_F2	904.7 ± 139.2	925.7 ± 254.0	-.348	.730
u_F1	479.3 ± 108.8	471.5 ± 108.0	.215	.830
u_F2	1028.9 ± 366.3	1039.7 ± 369.4	-.890	.379
Tri	350429.8 ± 189764.2	360795.3 ± 183361.6	-.166	.867
Quad	389184.8 ± 177894.4	410803.7 ± 181024.7	.362	.718
Penta	438255.7 ± 158514.1	474385.8 ± 134407.9	.766	.478
VAI	1.0 ± .2	1.0 ± .2	-.400	.689
FCR	1.0 ± .2	1.0 ± .2	.426	.655
F2_ratio	2.6 ± .9	2.6 ± .8	.184	.847
Int	1.2 ± .4	1.2 ± .4	-.133	.896

2. 음향학적 변수 및 말 명료도의 남녀 간 비교

남성 환자와 여성 환자의 말 샘플에 대한 음향학적 평가, 말 명료도 평가를 비교하기 위해서 독립 표본 *t*-검정을 실시하였다. 검정 결과, a_F1, a_F2, e_F1, e_F2, i_F1, 모음 오각도(Penta)에서 통계적으로 유의미한 차이($p<.05$)를 보였다. 모음공간에서 비교를 하면, 여성 환자들의 모음공간이 남성 환자들의 모음공간보다 크게 측정되었다. 3개의 모음 공간 중에서 모음 오각도만이 통계적으로 유의미한 차이($p<.01$)를 보였다. 말 명료도는 남성, 여성 환자들간에

유의미한 차이는 확인되지 않았다. 남성 환자와 여성 환자의 비교 결과는 Table 3에 제시하였다.

정상 남성과 정상 여성을 비교한 결과, 모든 음향학적 평가 변수 및 말 명료도 평가에서 통계적으로 유의미한 차이가 확인되지

않았다. 모음공간의 경우, 모음 삼각도, 모음 사각도, 모음 오각도 모두 정상 여성이 정상 남성보다 크게 측정되었지만 통계적으로 유의미한 차이는 없었다. 정상 남성과 정상 여성의 비교 결과는 Table 4에 제시하였다.

Table 5. One-way analysis of variance in pathological groups

Variables	Spastic	Dyskinetic	Ataxic	F	p
a_F1	812.7 ± 109.6	773.7 ± 125.2	846.4 ± 120.2	.867	.430
a_F2	1253.3 ± 205.7	1333.9 ± 224.5	1400.6 ± 172.4	1.393	.263
e_F1	577.7 ± 98.7	601.9 ± 84.1	609.4 ± 89.2	.388	.681
e_F2	1951.5 ± 305.6	1977.5 ± 296.1	2087.9 ± 293.9	.519	.600
i_F1	413.0 ± 122.3	411.5 ± 119.3	443.7 ± 66.8	.216	.807
i_F2	2174.4 ± 362.8	2304.2 ± 298.5	2192.1 ± 515.9	.414	.665
o_F1	557.2 ± 164.4	534.4 ± 138.0	529.6 ± 102.1	.126	.882
o_F2	1002.4 ± 465.8	1190.9 ± 574.8	1101.8 ± 253.4	.539	.589
u_F1	476.1 ± 125.6	468.5 ± 129.2	466.2 ± 127.2	.021	.980
u_F2	1366.2 ± 358.9	1385.1 ± 621.1	1216.7 ± 317.6	.344	.712
Tri	137395.4 ± 90704.2	214023.8 ± 168576.5	208839.7 ± 182767.3	1.267	.296
Quad	170365.5 ± 107758.2	232149.8 ± 201607.9	245894.4 ± 165963.9	.849	.437
Penta	231572.7 ± 156944.4	250858.4 ± 229167.7	290806.6 ± 173041.3	.254	.777
VAI	.9 ± .1	.9 ± .2	.9 ± .2	.083	.920
FCR	1.2 ± .2	1.2 ± .3	1.2 ± .3	.013	.987
F2_ratio	1.7 ± .5	2.0 ± 1.0	2.0 ± .8	.806	.455
Int	2.6 ± .6	3.0 ± 1.0	2.9 ± 1.2	.767	.473

Table 6. Descriptive statistics of ROC curve according to acoustic parameters

Parameters	Sensitivity	Specificity	Cutoff	AUC	95% CI	LR+	LR-
Tri	80.00	69.77	239802.3065	.783	.675~.868	2.65	.29
Quad	82.86	69.77	323695.5576	.791	.684~.875	2.74	.25
Penta	62.86	85.35	262068.3591	.799	.693~.881	5.51	.23
VAI	71.43	65.12	.9569	.724	.611~.819	2.05	.44
FCR	71.43	65.12	1.0293	.724	.611~.819	2.05	.44
F2_ratio	77.14	65.12	2.3078	.748	.636~.839	2.21	.35

3. 마비말장애 유형 간의 음향학적 변수 및 말 명료도의 비교

마비말장애 유형 간의 말 수행력 및 말 명료도를 비교하기 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 검증 결과, 경직형, 불수의운동형, 실조형 마비말장애 간에 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 못하였다. 모음공간의 크기는 경직형 마비말장애에서 가장 작은 것으로 나타났지만 다른 유형들과 유의미한 차이는 없었다. 마비말장애 유형 간의 비교는 Table 5에 제시하였다.

4. 음향학적 평가와 말 명료도 간의 상관관계

음향학적 평가와 말 명료도 간의 상관관계를 분석한 결과, 모음공간 변수(Tri, $p=-.738$; Quad, $p=-.758$; Penta, $p=-.762$; VAI, $p=-.669$; FCR, $p=.669$; F2_ratio, $p=-.670$)들은 말 명료도와 모두 유의미한 상관관계를 보였으며 Figure 2에 제시하였다. 말 명료도와와의 상관관계는 모음 오각도(Penta, $p=-.762$)가 가장 높았다.

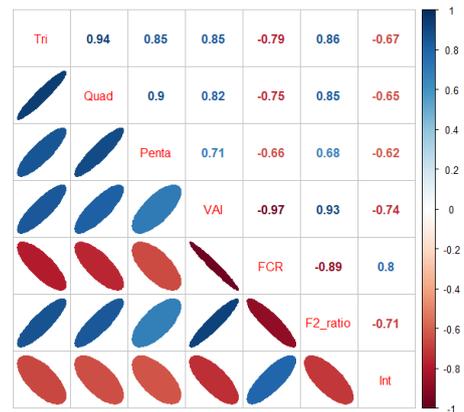


Figure 2. Correlation coefficient between acoustic measures and A-P ratings

5. ROC 분석

말운동장애 환자군을 감별하기 위한 ROC 분석 결과는 Figure 3, Table 6에 제시하였다. 모음공간에 대한 음향학적 분석의 최적 절단값은 모음 삼각도(239802.3), 모음 사각도 (323695.6), 모음 오

각도(262068.4)로 나타났으며, 그 외 변수들도 VAI(.96), FCR(1.03), F2_ratio(2.31)로 나타났다. AUC는 삼각도(.783), 사각도(.791), 오각도(.799), VAI(.724), FCR(.724), F2_ratio(.748)로 모두 중등도(fair)의 정확한 평가로 확인되었다(Muller et al., 2005). 각 변수들의 LR(+)는 2.05~5.51, LR(-)는 0.23~.44로 나타났다.

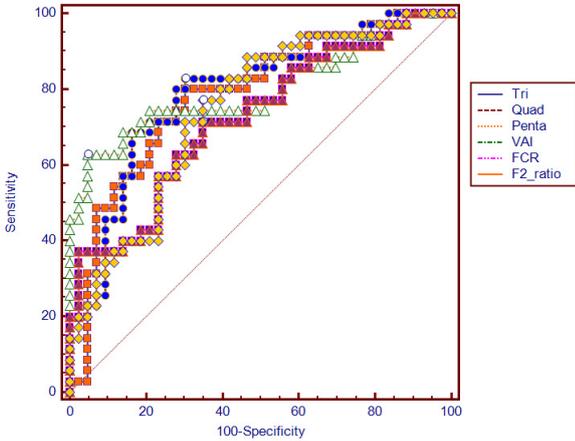


Figure 3. Receiver operating characteristic curve for motor speech disorder sensitivity and specificity

IV. 논의 및 결론

본 연구는 말운동장애 환자군(35명)과 정상군(43명), 총 78명을 대상으로 문장 읽기에서의 말 명료도와 모음에서의 모음공간 변수들을 분석하여 말운동장애 환자들에게 발생하는 말 명료도 감소와 모음공간 특성을 확인할 수 있었다. 정상군에 비해 말운동장애 환자군에서 감소된 말 명료도와 모음공간 면적들의 차이를 알 수 있었다.

집단 간 모음 수의 증가에 따른 모음공간 변수의 차이를 확인하기 위해서 RStudio를 통해서 분석하고 시각화 하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 말운동장애 환자들의 모음공간 면적은 정상군에 비해서 유의미하게 작게 측정되었다. 이런 결과는 정상군이 말운동장애 환자군보다 더 넓은 모음공간을 가지고 있으며 조음시 조음기관의 가동 범위가 더 넓을 것이라는 것을 예측할 수 있게 해준다. 모음의 수가 증가할수록 모음공간의 면적도 좀 더 넓어지는 것으로 측정되었다. 본 연구에서는 모음의 수에 따른 모음공간을 제시하였고 Figure 1과 같이 모음 삼각도는 모음 오각도에 비하여 세밀하게 표현되지 못하였다. 과거에는 모음 삼각도, 모음 사각도를 많이 사용하였지만 점차 임상현장에서 말 샘플 녹음 시 5개의 모음 /아, 에, 이, 오, 우/를 많이 사용하고 있으며 다양한 말과업들도 지속적으로 추가되고 있다. 모음을 산출할 때 혀, 입술, 턱 등의 움직임으로 구강인두공명강이 변화하여 F1, F2에 영향을 주게 된다. 이런 상황에서 말 수행력을 예측하기 위해서 변수인 모음을 추가 분석하는 것은 음향학적 분석의 정확성을 높이는 데 도움이 될 것으로 생각된다. 선행연구에서 5개 모음을 통한 모음 오각도 분석 결과, 파

킨슨병 환자들은 정상군에 비해 모음공간이 감소되었고, 모음 조음의 변화를 확인하는 좋은 지표로 사용할 수 있다고 하였다(Okada et al., 2015). 또한 후두 전적출 환자들의 모음을 분석하는데 모음 삼각도, 모음 오각도 FCR을 사용하였고, 이 외에도 포먼트 범위 비율(F1RR, F2RR), 평균 모음공간(average vowel spacing: AVS)을 분석하였다(Ng & Woo, 2021). Janic 등(2020)의 연구에서는 선천적 시각장애인들의 모음 분석을 모음 사각도, 모음 오각도, AVS 등을 사용하였다. 모음 오각도가 모음공간을 측정하기에 주요한 변수라고 언급하였다(Janic et al., 2020).

각 모음의 포먼트를 살펴보면 말운동장애 환자군은 정상군에 비해 상대적으로 저모음은 덜 낮게, 고모음은 덜 높게 조음하는 것을 확인할 수 있으며, 모음 /오, 우/의 경우 후설 쪽에 있어야 할 모음들이 전방화 된 것을 유추할 수 있었다. VAI는 말운동장애 환자군이 정상군에 비해 유의미하게 낮게, FCR은 높게 나타났다. 이러한 경향은 말운동장애 환자군의 조음 기관들이 조음 시 구강 내 넓은 가동 범위를 움직이지 못하고 중앙화가 된다는 의미로 해석할 수 있다(Naderifar et al., 2019; Sapir et al., 2010). 이러한 결과는 선행연구들의 결과를 뒷받침한다(Ferguson & Kewley-Port, 2007; Ferrand, 2001; Kim et al., 2014). F2_ratio는 말운동장애 환자군이 정상군에 비해 유의미하게 낮게 측정되었다. 이 결과는 말운동장애 환자군은 모음 /이/와 /우/의 F2가 정상군에 비해 많이 차이가 나지 않음을 의미한다. F2는 혀의 전후 운동을 반영한다고 알려져 있으며, 혀가 가장 전방화 되는 것과 가장 후방화 되는 움직임이 상대적으로 적음을 알 수 있다(Lee et al., 2016; Rudy & Yunusova, 2013; Whalen et al., 1999).

또한 마비말장애의 유형별 비교를 보면 통계적으로 유의미한 차이가 확인되지 않았다. 이러한 결과는 각 유형별 대상자의 수가 충분하지 않아 각 유형의 마비말장애 특성이 반영되기에는 부족했다고 생각된다. 후속 연구에서는 각 유형별 최소 30명 정도 모집을 하여 분석한다면 좀 더 의미 있는 결과가 나타날 것으로 생각된다. 추가적으로 정상과 말운동장애 환자들의 모음공간을 성별도 비교하였다. 분석 결과, 여성 환자의 모음공간이 남성 환자의 모음공간보다 더 큰 것으로 확인되었다. 이러한 특성은 모음 삼각도, 모음 사각도, 모음 오각도 모두에서 확인되었다. 말운동장애 환자군의 경우, 모음 오각도에서 가장 큰 차이가 두드러지게 나타났다. 앞서 기술한 것과 같이 더 많은 수의 모음을 사용하여 분석하여 말 수행력을 차이를 좀 더 정확하게 파악할 수 있었다. 이러한 결과는 선행연구들의 결과들을 뒷받침하였다(Neel, 2008; Weirich & Simpson, 2014).

둘째, 말운동장애 환자들의 말 명료도는 정상군에 비해서 낮으며, 측정된 모음공간 변수들과 말 명료도 간에는 유의미한 상관관계가 확인되었다. 모음공간 변수들을 통해서 말 명료도를 어느 정도는 예측할 수 있을 것으로 생각된다. 조음기관의 말운동 장애로 인해 구강, 혀, 입술 등의 움직임, 가동범위, 속도 등의 기능 저하가 나타났으며 말 명료도의 감소로 이어진 것으로 생각된다. 하지만 높은 수준의 상관관계를 보이지 못한 것은 단순히 모음 공간의 면적이 넓다고 말 명료도가 좋은 것은 아니기 때문이다. 우리가 흔히 볼 수 있는 모음 삼각도, 모음 사각도, 모음 오각도의 모음 위치에서 많이 벗어나 있어도 모음공간의 면적은 넓게 측정된다.

이러한 제한점을 보완하기 위해 VAI, FCR, F2_ratio 등을 참고하지만 충분하지 않다고 생각된다(Carl et al., 2020). 후속 연구에서 좀 더 다양한 모음공간 관련 변수들을 새롭게 고안해낼 필요가 있겠다.

셋째, 정상과 말운동장애 환자의 말 수행력을 구분할 수 있는 최적 절단값 및 진단 예측력(AUC)을 확인하였다. 모음공간에 대한 음향학적 분석의 최적 절단값은 모음 삼각도(239802.3), 모음 사각도 (323695.6), 모음 오각도(262068.4), VAI(.96), FCR(1.03), F2_ratio(2.31)로 확인되었다. 모음공간 변수들의 진단 예측력은 모두 .7 이상의 중증도 정확도를 나타내었다. 모음공간에 대한 ROC 분석을 한 선행연구가 없어서 비교할 수는 없지만 모음공간에 대한 정상 기준치에 대한 정보를 제공할 수 있었다. 단일 변수에 대한 최적 절단값과 진단 예측력도 중요하지만 앞으로는 다중 변수들로 구성된 통계 모형을 통해서 좀 더 정확하게 감별할 수 있는 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다(Barsties et al., 2021; Maryn et al., 2010).

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 다양한 유형의 뇌손상 환자의 말 수행력을 측정하였다. 특정 장애군을 대상으로 진행된 연구가 아니기에 특정 집단의 말 수행력을 보기에는 무리가 있었다. 후속 연구에서는 본 연구에 포함된 각각의 장애군들을 대상으로 말 수행력을 측정할 필요가 있을 것으로 생각된다. 둘째, 본 연구에서는 모음공간 변수들은 모음 과제, 말 명료도는 읽기 과제로 평가하였다. 선행 연구들에서는 읽기 또는 연속 말 과제에서 특정 모음 구간을 추출하는 방식도 사용하였다. 본 연구에서는 특정 모음 구간을 정확하게 편집하는데 연구자의 개입이 있을 수 있다고 판단하여 단 모음을 분석하는 방식을 선택하였다. 후속 연구에서는 두 방식을 모두 사용하여 비교하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

Reference

- Bang, Y. I., Min, K., Sohn, Y. H., & Cho, S. R. (2013). Acoustic characteristics of vowel sounds in patients with Parkinson disease. *NeuroRehabilitation*, 32(3), 649-654. doi:10.3233/NRE-130887
- Barsties, V. L. B., Kim, G. H., Delgado Hernandez, J., Hosokawa, K., Englert, M., Neumann, K., & Hetjens, S. (2021). The validity of the Acoustic Breathiness Index in the evaluation of breathy voice quality: A meta-analysis. *Clinical Otolaryngology*, 46(1), 31-40. doi:10.1111/coa.13629
- Carl, M., Kent, R. D., Levy, E. S., & Whalen, D. H. (2020). Vowel acoustics and speech intelligibility in young adults with down syndrome. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(3), 674-687. doi:10.1044/2019_JSLHR-19-00204
- Dromey, C., Jang, G. O., & Hollis, K. (2013). Assessing correlations between lingual movements and formants. *Speech Communication*, 55(2), 315-328. doi:10.1016/j.specom.2012.09.001
- Duffy, J. R. (2019). *Motor speech disorders e-book: Substrates, differential diagnosis, and management*. Elsevier Health Sciences.
- Ferguson, S. H., & Kewley-Port, D. (2007). Talker differences in clear and conversational speech: Acoustic characteristics of vowels. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 50(5), 1241-1255. doi:10.1044/1092-4388(2007/087)
- Ferrand, C. T. (2001). Speech science: An integrated approach to theory and clinical practice. *Ear and Hearing*, 22(6), 549.
- Gentil, M. (1992). Phonetic intelligibility testing in dysarthria for the use of French language clinicians. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 6, 179-189. doi:10.3109/02699209208985529
- Jacks, A., Mathes, K. A., & Marquardt, T. P. (2010). Vowel acoustics in adults with apraxia of speech. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 53(1), 61-74. doi:10.1044/1092-4388(2009/08-0017)
- Janić, M., Rebernik, T., Veenstra, P., Wissink, E., Wieling, M., & Proctor, M. (2020). *Vowel production in congenitally blind and sighted Australian English speakers*. Paper presented at the Proceedings of the 12th International Seminar on Speech Production.
- Kang, Y., Yoon, K., Lee, H., & Seong, C. (2010). A comparison of parameters of acoustic vowel space in patients with Parkinson's disease. *Journal of the Korean Society of Speech Sciences*, 24(4), 185-192.
- Kawitzky, D., & McAllister, T. (2020). The effect of formant biofeedback on the feminization of voice in transgender women. *Journal of Voice*, 34(1), 53-67. doi:10.1016/j.jvoice.2018.07.017
- Kim, H., Hasegawa-Johnson, M., & Perlman, A. (2011). Vowel contrast and speech intelligibility in dysarthria. *Folia Phoniatrica Et Logopaedica*, 63(4), 187-194. doi:10.1159/000318881
- Kim, H., Heo, J., Kim, D., & Kim, J. (2009). *Screening Test for Aphasia and Neurologic-communication Disorders (STAND)*. Seoul: Hakjisa.
- Kim, S., Kim, J., & Ko, D. (2014). Characteristics of vowel space and speech intelligibility in patients with spastic dysarthria. *Communication Sciences & Disorders*, 19(3), 352-360. uci:G704-000725.2014.19.3.011
- Kwon, H. B. (2010). Gender difference in speech intelligibility using speech intelligibility tests and acoustic analyses. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 2(3), 71-76. doi:10.4047/jap.2010.2.3.71
- Lansford, K. L., & Liss, J. M. (2014). Vowel acoustics in dysarthria: Speech disorder diagnosis and classification. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 57(1), 57-67. doi:10.1044/1092-4388(2013/12-0262)
- Lee, J., Shaiman, S., & Weismer, G. (2016). Relationship between tongue positions and formant frequencies in female speakers. *Journal of the Acoustical Society of America*,

- 139(1), 426-440. doi:10.1121/1.4939894
- Lee, O. (2010). Speech intelligibility and vowel space area. *Cogito*, 68, 7-26.
- Maryn, Y., De Bodt, M., & Roy, N. (2010). The Acoustic voice quality index: Toward improved treatment outcomes assessment in voice disorders. *Journal of Communication Disorders*, 43(3), 161-174. doi:10.1016/j.jcomdis.2009.12.004
- Muller, M. P., Tomlinson, G., Marrie, T. J., Tang, P., McGeer, A., Low, D. E., . . . & Gold, W. L. (2005). Can routine laboratory tests discriminate between severe acute respiratory syndrome and other causes of community-acquired pneumonia? *Clinical Infectious Diseases*, 40(8), 1079-1086.
- Naderifar, E., Ghorbani, A., Moradi, N., & Ansari, H. (2019). Use of formant centralization ratio for vowel impairment detection in normal hearing and different degrees of hearing impairment. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 44(4), 159-165. doi:10.1080/14015439.2018.1545867
- Neel, A. T. (2008). Vowel space characteristics and vowel identification accuracy. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 51(3), 574-585. doi:10.1044/1092-4388(2008/041)
- Ng, M. L., & Woo, H. K. (2021). Effect of total laryngectomy on vowel production: An acoustic study of vowels produced by alaryngeal speakers of Cantonese. *International Journal of Speech-Language Pathology*. doi:10.1080/17549507.2021.1876166
- Okada, Y., Murata, M., & Toda, T. (2015). Effects of levodopa on vowel articulation in patients with Parkinson's disease. *Kobe Journal of Medical Sciences*, 61(5), E144-E154.
- Roy, N., Nissen, S. L., Dromey, C., & Sapir, S. (2009). Articulatory changes in muscle tension dysphonia: Evidence of vowel space expansion following manual circumlaryngeal therapy. *Journal of Communication Disorders*, 42(2), 124-135. doi:10.1016/j.jcomdis.2008.10.001
- Rudy, K., & Yunusova, Y. (2013). The effect of anatomic factors on tongue position variability during consonants. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 56(1), 137-149. doi:10.1044/1092-4388(2012/11-0218)
- Sapir, S., Ramig, 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)
- Scholderle, T., Staiger, A., Lampe, R., Strecker, K., & Ziegler, W. (2016). Dysarthria in adults with cerebral palsy: Clinical presentation and impacts on communication. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 59(2), 216-229. doi:10.1044/2015_jslhr-S-15-0086
- Skodda, S., Visser, W., & Schlegel, U. (2011). Vowel articulation in Parkinson's disease. *Journal of Voice*, 25(4), 467-472. doi:10.1016/j.jvoice.2010.01.009
- Tjaden, K., Kain, A., & Lama, J. (2014). Hybridizing conversational and clear speech to investigate the source of increased intelligibility in speakers with Parkinson's disease. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 57(4), 1191-1205. doi:10.1044/2014_jslhr-S-13-0086
- Utianski, R. L., Sandoval, S., Berisha, V., Lansford, K. L., & Liss, J. M. (2019). The effects of speech compression algorithms on the intelligibility of two individuals with dysarthric speech. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 28(1), 195-203. doi:10.1044/2018_AJSLP-18-0081
- Vorperian, H. K., & Kent, R. D. (2007). Vowel acoustic space development in children: A synthesis of acoustic and anatomic data. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(6), 1510-1545. doi:10.1044/1092-4388(2007/104)
- Weirich, M., & Simpson, A. (2014). Differences in acoustic vowel space and the perception of speech tempo. *Journal of Phonetics*, 43, 1-10.
- Weismer, G., Jeng, J. Y., Laures, J. S., Kent, R. D., & Kent, J. F. (2001). Acoustic and intelligibility characteristics of sentence production in neurogenic speech disorders. *Folia Phoniatrica Et Logopaedica*, 53(1), 1-18. doi:10.1159/000052649
- Whalen, D. H., Kang, A. M., Magen, H. S., Fulbright, R. K., & Gore, J. C. (1999). Predicting midsagittal pharynx shape from tongue position during vowel production. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 42(3), 592-603.
- Wieland, E. A., Burnham, E. B., Kondaurova, M., Bergeson, T. R., & Dille, L. C. (2015). Vowel space characteristics of speech directed to children with and without hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(2), 254-267. doi:10.1044/2015_JSLHR-S-13-0250
- Winn, M. B. (2020). Manipulation of voice onset time in speech stimuli: A tutorial and flexible Praat script. *Journal of the Acoustical Society of America*, 147(2), 852. doi:10.1121/10.0000692
- Ziegler, W., & Zierdt, A. (2008). Telediagnostic assessment of intelligibility in dysarthria: A pilot investigation of MVP-online. *Journal of Communication Disorders*, 41(6), 553-577. doi:10.1016/j.jcomdis.2008.05.001

정상과 말운동장애 성인에서의 모음공간 특성 비교 연구

김근효¹, 이연우¹, 류재경², 권순복^{3*}

¹ 부산대학교병원 이비인후과 & 의생명연구원 언어재활사

² 동의의료원 재활의학과 언어재활사

³ 부산대학교 언어정보학과 교수

목적: 본 연구에서는 말운동장애 환자들의 말 수행력을 반영하는 모음공간 변수들과 말 명료도를 평가하여 정상 성인들과 비교하고자 하였다. 두 집단 간의 차이를 알아보고 말운동장애를 탐지할 수 있는 최적 절단값 및 진단 예측력도 확인하였다.

방법: 정상 성인 43명, 말운동장애 35명이 참여하였으며, 모음/아, 이, 우, 에, 오/와 산책문단 2문장을 녹음하였다. 각 모음 안정구간 .5초를 편집하여 Praat 스크립트를 이용하여 포먼트(F1, F2) 분석 및 모음공간 변수의 계산을 수행하였다. 말 명료도를 평가하기 위해서 3명의 언어재활사가 5점 척도를 사용하였다.

결과: 말운동장애 환자들은 정상 성인에 비해 더 작은 모음공간, VAI, F2_ratio, 더 큰 FCR을 나타냈으며, 말 명료도도 증증도가 더 심한 것으로 확인되었다. 말운동장애의 여성 환자의 모음공간은 남성환자보다 큰 것으로 모음 오각도에서 확인되었다. 마비말장애 유형 간의 말 수행력 및 말 명료도 비교 결과, 통계적으로 유의미한 결과가 확인되지 않았다. 모음공간 변수들과 말 명료도 간에 .73 이상의 증증도의 상관관계를 보였고, 모음 오각도와 상관관계가 가장 높았다. ROC 분석 결과, 모두 .724 이상의 AUC, 2.05 이상의 LR(+), .44 이하의 LR(-)을 나타내었다.

결론: 모음공간 변수 분석과 말 명료도 평가를 통해서 말운동장애 환자들의 말 특성을 확인하였고 음향학적 분석을 통해 말 명료도를 예측할 수 있었다. 후속 연구에서는 더욱 새로운 음향학적 변수들을 통해 분석해 볼 필요성이 있을 것으로 생각된다.

교신저자: 권순복(부산대학교)

전자메일: sbkwon@pusan.ac.kr

게재신청일: 2021. 03. 29

수정제출일: 2021. 04. 12

게재확정일: 2021. 04. 28

ORCID

김근효

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

이연우

<https://orcid.org/0000-0001-8439-6580>

류재경

<https://orcid.org/0000-0002-8469-1720>

권순복

<https://orcid.org/0000-0002-9424-0077>

검색어: 말운동장애, 모음공간, 프랏

참고 문헌

강영애, 윤규철, 이학승, 성철재 (2010). 파킨슨병 환자의 음향 모음 공간 파라미터 비교. **말소리와 음성과학**, 2(4), 185-192.
김성운, 김정환, 고도홍 (2014). 경직형 마비말장애의 말 명료도와 모음공간 특

성. **Communication Sciences & Disorders**, 19(3), 352-360.
김향희, 허지희, 김택용, 김정완 (2009). **실어증-신경언어장애 선별 검사**. 서울: 학지사.