

## 파킨슨병 환자의 음향 모음 공간 파라미터 비교

### A Comparison of Parameters of Acoustic Vowel Space in Patients with Parkinson's Disease

강 영 애<sup>1)</sup> · 윤 규 철<sup>2)</sup> · 이 학 승<sup>3)</sup> · 성 철 재<sup>4)</sup>

Kang, Youngae · Yoon, Kyuchul · Lee, Hakseung · Seong, Cheoljae

#### ABSTRACT

The acoustic vowel space has been used as an acoustic parameter in dysarthric speech. The aim of this work was to examine mathematical formulae for acoustic vowel space and to apply these to Korean speakers with idiopathic Parkinson's disease(IPD). Five acoustic parameters were chosen from earlier works and one new parameter was proposed, the pentagonal vowel space. The six parameters included triangular vowel space (3 area), irregular quadrilateral vowel space (4 area), irregular pentagonal vowel space (5 area), vowel articulatory index (VAI), formant centralization ratio (FCR) and F2i/F1u ratio (F2 ratio). An experimental group of 32 IPD patients(male:female=16:16) and a control group of twenty healthy people (male:female=8:12) participated in the study and repeated vowels (/a-i-u-e-o/) three times. A correlation analysis was performed among the six parameters, 2-way ANOVA was done with gender and groups as independent factors, and an independent sample t-test was conducted between the male and the female group as post hoc comparison. All parameters were highly correlated with each other and only the FCR showed a high negative correlation with the others. The results of ANOVA showed a significant difference in F2 ratio, 3 area, 4 area and 5 area between gender and in 4 area and 5 area between groups. For the male members of the two groups, significant statistical differences were found in all parameters whereas no such differences were found for the female members. These findings indicated that the vowel space of the female group was wider than the vowel space of the male group. These differences may have been caused by gender-specific speech styles rather than by patho-physiological mechanisms. We also claim that the pentagonal vowel space is better than the other vowel spaces at representing the disordered speech in natural speech situations.

**Keywords:** idiopathic Parkinson's disease, vowel articulatory space, formant parameters,

#### 1. 서론

파킨슨병 환자들은 조음 형태와 병소의 위치에 따라 과소운동형 마비말장애로 분류되며, 그들의 대표적인 말 특징으로는 단음도(mono-pitch)와 단강도(mono-loudness)를 들 수 있다[1]. 이런 조음의 형태는 힘 없는 목소리, 어눌한 조음, 무감정 발화 등과 같은 청지각적 인상과 함께 조음 명료도에도 영향을 준다

[2][3]. 파킨슨병 환자들의 조음은 성도의 강직과 생리학 적 과소 운동성을 기반으로 하여 입술, 혀, 턱의 움직임과 호흡 강도를 줄어 들게 하기 때문에 이런 발성 형태는 운동 측면(kinematic)과 음향 측면 모두를 고려하여 보아야 한다. 음향학적 연구 방법으로 정상인과 파킨슨병 환자를 대상으로 음향 모음 공간 연구가 최근 많이 소개되고 있다[4][5][6][7]. 성도(vocal tract)의 공명주파수인 포먼트(formant)를 2차원 좌표점으로 나타내어 성도와 혀의 위치를 고려한 포먼트 파라미터 연구가 그것이다. 한 모음에서 포먼트는 5,000Hz 아래에서 4개 혹은 5개를 일반적으로 추출할 수 있다. 스펙트로그램(spectrogram) 화면 하단에 생기는 첫 번째 검은 띠를 제 1 포먼트(F1), 그 위를 제 2 포먼트(F2) 순서로 명명한다. 즉, 가장 낮은 주파수대에 생기는 포먼트가 첫 번째 포먼트가 되는 것이다. 포먼트와 조음 간의 관계는 F1은 혀의 높낮이(턱 열림 정도), F2는 전설성/후설성, F3은 입술

1) 충남대학교 redoffice1@yahoo.co.kr 제 1저자

2) 영남대학교 kyoona@ynu.ac.kr

3) 원광대학교 병원 hypppark@hanmail.net

4) 충남대학교 cjseong@cnu.ac.kr 교신저자

접수일자: 2010년 10월 22일

수정일자: 2010년 11월 22일

게재결정: 2010년 12월 4일

돌출(혹은 원순성)과 관련지어 설명된다[8]. 저모음/아/, /에/ 조음시 하악이 내려가고 구강 개구도가 넓어지면 F1 수치는 높아진다. 반대로, 고모음/우/, /이/ 조음시 하악은 상승하여 구강 개구도는 좁아져 결과적으로 F1 수치는 작아진다. 전설모음/이/를 조음 할 때는 혀 끝(tip of tongue)은 치조에 가까이 위치하고 혀는 전체적으로 전방으로 쏠리는 반면, 후설모음/우/ 조음에서는 혀의 후방에 이동하고, 혀 뿌리(root)에 긴장성을 보인다. 결과적으로 전설모음/이/, /에/ 등은 높은 F2 수치를 보이고, 후설모음/우/, /오/, /아/ 등은 낮은 F2 수치를 가진다.

조음과 음향적 관계를 정리하면 다음과 같다. 전설모음은 높은 F2와 F2-F1 간의 큰 간격(formant space)를 보이며, 후설모음은 낮은 F2와 F2-F1 간의 작은 간격을 보여준다. 또한 저모음은 높은 F1 또는 F1-F0간 큰 간격, 고모음은 낮은 F1 또는 작은 F1-F0간 간격과 관련짓는다. 모음 중앙화(centralized)는 모든 포먼트의 수치가 모호한 모음(schwa)을 목표점으로 모이는 것으로 보고, 모음 대비 감소(reduced vowel contrasts)는 모음 삼각도 또는 사각도의 면적이 좁아지는 것과 관련을 짓고 있다. 원순화(lip rounding)는 모든 포먼트의 주파수 감소와 관련이 있다[9].

이런 음향학적 포먼트 지식을 바탕으로 파킨슨병 환자를 대상으로 하는 모음 공간 연구의 결과로는 모음 삼각형 면적 축소[7], 모음 포먼트 중앙화[6] 등을 들 수 있으며, 이는 성도의 불충분한 협착점과 확장점, 조음 운동력의 범위 감소 등으로 나타나는 조음 부정확(articulatory undershoot)과 관계가 있다[10].

본 연구는 최근 활발하게 발표되고 있는 파킨슨병 음향 모음 공간 파라미터들이 수학적으로 올바르게 유도 되었는지를 확인하는 작업과 이를 통해 검증된 파라미터를 국내 환자를 대상으로 적용하여 어떤 특징이 있는가 알아보고자 한다. 또한 새롭게 제시하는 모음 오각형 파라미터의 유용성 여부를 확인하고자 한다.

## 2. 연구 대상 및 절차

### 2.1 연구 대상

2006년 7월부터 2010년 7월까지 대학병원 신경과 전문의들로부터 특발성 파킨슨병(Idiopathic Parkinson's Disease, IPD)으로 진단받고 항파킨슨 약물 복용 중인 환자군과 신경학적 이상소견이 없는 통제군을 모집하였다. 환자군의 녹음 시간대는 약물 복용 후 3시간 정도 경과되어 약물 효과가 안정된(on-stage) 상태를 확인하였다.

환자군 모집시 사전에 연구에 대하여 충분히 설명하였고, 담당의와 환자에게 개별적으로 연구 참여 동의를 구하였다. 자세한 대상자 정보는 <표 1>에 제시하였으며, 환자군과 통제군에서 고혈압과 당뇨 관련 약물을 복용하는 경우가 많아 다른 약물복용 유무를 대상자 선정기준에 고려하지 않았다. 대상자와 보호자의 보고에 의하여 대상자 모두 일상생활에 어려움을 초

래하는 인지와 청력문제는 없음을 확인하였다.

표 1. 대상자 정보

Table 1. Information of subject characteristics

	통제군		환자군	
	남	여	남	여
전체 수	8	12	16	16
평균연령	62.2±3.0	64.6±5.4	67.7±5.7	66.8±4.0
진단명	IPD(모두)			
평균 H-Y단계			2.2±0.5	2.0±0.8
평균 UPDRS			39.9±9.3	28.5±14.0
K-MMSE			26.0±2.9	24.9±1.9

H-Y단계 : Hoehn-Yahr stage

UPDRS : United Parkinson Dis. Rating Scale-III motor section

K-MMSE : Korea-Mini Mental State Examination

### 2.2 연구 절차 및 분석 방법

환자군 음성 녹음은 병원내 조용한 곳에서 실시하였고, 통제군 음성 녹음은 연구자가 개별적으로 자택 방문 실시하였다.

카디오이드 다이내믹형 헤드셋 마이크(Shure WH20 XLR, USA)와 외장형 사운드 카드(Creative Soundblaster LIVE 24 bit 5.1, USA)를 노트북에 연결하여 녹음에 사용하였으며, Praat(ver 5.1.32, Amsterdam, Netherlands) 음성 프로그램으로 22,050Hz 표본화율, 16bit 양자화 조건에서 디지털화한 후 포먼트 분석을 실시하였다.

녹음자료는 단모음 5개 /이, 에, 아, 오, 우/로 구성하였고, 한 모음 당 3회 반복 실시하였고, 3초간 길게 조음할 것을 사전 연습하였다. 포먼트 분석은 해당 모음 전체구간을 선택하여 측정하였으며, 각 모음별 3회 값을 평균 처리하여 통계에 적용하였다. 포먼트 추출 스크립트는 [부록 1]에 제시하였다. 3회 조음 평균값을 통계에 적용한 이유는 1회 발성을 그대로 수치화하여 적용한다면 부자연스러운 상황의 조음 환경을 배제하기 어렵다고 판단하였기 때문이다. 다시 말해, 마이크 착용의 부자연스러운 환경에서 처음 발성은 호흡 조절에서 부자연스러운 호흡으로 과대발성 되거나, 그 반대의 인위적 요소가 생길 수 있기 때문이다.

분석 파라미터는 음향 모음 연구로 최근 발표된 논문 4편을 참고하여 설정하였다[4][5][6][7]. 선행연구에서 제시한 파라미터 5개와 더불어 불규칙 오각형 면적 파라미터 1개를 더 추가하여 총 6개 파라미터를 정하였고, <표 2>에 제시하였다. 모음 /이-에-아-오-우/ 5각형 면적을 추가적으로 살펴본 이유는 한국어 모음 /오/가 /우/보다 혀의 후방화 경향이 있기 때문이다. 이는 모음 공간의 추가적인 각(corner)을 뜻하며 5각형 면적이 3각형과 4각형보다 한국어의 음향 모음 공간 형태를 더욱 정밀하게 보여줄 수 있다고 판단하였다.

표 2. 파라미터 목록  
Table 2. Parameter list

모음 면적 관련	모음/이-아-우/ 삼각형 면적(3 area) 모음/이-에-아-우/ 사각형 면적(4 area) 모음/이-에-아-오-우/ 오각형 면적(5 area)
비율 관련	vowel articulatory index(VAI) formant centralization ratio(FCR) F2i/F2u ratio(F2 ratio)

모음 면적 공식과 관련하여, [7]에 나온 모음 삼각형 면적 공식의 결과값과 [5]와 [6]에 나온 모음 삼각형 면적 공식의 결과값이 다르고, 유도과정을 확인한 결과, [7]의 공식은 수리적으로 적절하지 않으며, 헤론 공식을 이용한 [5]와 좌표점을 이용한 [6]의 공식이 타당한 것으로 밝혀졌다. [5]의 공식은 (1)과 같으며, a, b, c는 두 점(즉 각 모음의 2차원 평면에서의 좌표점) 사이의 유클리드 거리를 의미한다. 삼각형의 각 변의 길이를 모두 더한 뒤 그 값을 2로 나눈 p를 알면 헤론의 공식을 이용하여 그 면적을 구할 수 있다.

$$Area_3(Heron's 공식) = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \quad (1)$$

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

$$a = \sqrt{(F1_{/우/} - F1_{/이/})^2 + (F2_{/이/} - F2_{/우/})^2}$$

$$b = \sqrt{(F1_{/아/} - F1_{/이/})^2 + (F2_{/이/} - F2_{/아/})^2}$$

$$c = \sqrt{(F1_{/우/} - F1_{/아/})^2 + (F2_{/우/} - F2_{/아/})^2}$$

[6]의 삼각형 면적 공식은 좌표 평면을 이용한다. 각 모음들은 좌표점(F1, F2)으로 표현되며, F1과 F2가 모두 양수이므로, 각 모음들은 좌표 제 1사분면에 위치한다. 각 모음의 좌표점을 이용하여 전체 직각 사각형의 넓이를 구한 후 모음 면적 이외의 공간을 제거하면 원하는 모음 삼각형 면적을 최종적으로 구할 수 있다. 상기 기술한 방식으로 유도하여 각 항 정리를 하면 (2)와 같다.

$$Area_3 = \frac{1}{2} |F1_{/이/}(F2_{/아/} - F2_{/우/}) + F1_{/우/}(F2_{/이/} - F2_{/아/}) + F1_{/아/}(F2_{/우/} - F2_{/이/})| \quad (2)$$

[4]에 나온 F1-F2 모음 사각형 공식은 불규칙 사각형의 두 꼭지점에서 안쪽으로 수선의 발을 그어 교차하는 좌표 점까지의 네 개의 직각 삼각형과 한 개의 직각 사각형으로 구역을 나누고, 각 구역의 면적 공식을 합하면 (3)이 완성된다.

$$Area_4 = \frac{1}{2} |[(F2_{/이/}F1_{/에/} + F2_{/에/}F1_{/아/}) + F2_{/아/}F1_{/우/} + F2_{/우/}F1_{/이/}] - (F1_{/이/}F2_{/에/} + F1_{/에/}F2_{/아/}) + F1_{/아/}F2_{/우/} + F1_{/우/}F2_{/이/}| \quad (3)$$

기존 선행연구와는 달리, 본 연구에서는 음향 모음 공간 연구에 후설모음 /오/를 포함시켜 모음 불규칙 오각형 면적을 구하였다. 좌표 평면의 면적을 이용한 불규칙 오각형 면적 유도과정은 불규칙 삼각형과 동일한 원리이다. 모음(F1, F2)로 나타내는 좌표점들이 위치하는 제 1사분면에서 오각형 전체 넓이를 구한 후 불필요한 부분의 면적을 삭제한다. 물론 삼각형 헤론 공식과 사각형 공식의 합으로 구하여도 결과 값은 동일하다. 공식은 (4)와 같다.

$$Area_5 = 0.5[F1_{/에/}(F2_{/이/} - F2_{/아/}) + F1_{/이/}(F2_{/우/} - F2_{/에/}) + F1_{/우/}(F2_{/오/} - F2_{/이/}) + F1_{/오/}(F2_{/아/} - F2_{/우/}) + F1_{/아/}(F2_{/에/} - F2_{/오/})] \quad (4)$$

VAI와 FCR 그리고 F2 ratio 공식은 각각 (5), (6), (7)에 제시하였다. VAI는 [7]에, FCR은 [6]에 제시된 것으로 역수 관계이다. [6]에서는 FCR과 F2i/F2u ratio 파라미터를 제안하였다. 파라미터 수치 해석은 다음과 같다. 분자의 포먼트 주파수가 감소하면 중앙 모음화(vowel centralization)가 되는 것이다. 즉, 모음이 중앙화되면 FCR 수치가 증가하고, 모음이 바깥으로 확장(vowel expansion)되면 FCR 수치가 감소한다. F2i/F2u 공식인 F2 ratio 파라미터는 조음이 부정확(articulation undershoot)할 때 감소하고, 반대로 조음 움직임이 개선될 때 증가하는 것으로 해석한다.

$$VAI = \frac{F2_{/이/} + F1_{/아/}}{F1_{/이/} + F1_{/우/} + F2_{/우/} + F2_{/아/}} \quad (5)$$

$$FCR = \frac{F2_{/우/} + F2_{/아/} + F1_{/이/} + F1_{/우/}}{F2_{/이/} + F1_{/아/}} \quad (6)$$

$$F2 Ratio = \frac{F2_{/이/}}{F2_{/우/}} \quad (7)$$

통계 분석은 한글판 SPSS 12.0(SPSS Inc., USA)을 이용하였다. 남녀 합산 전체 사례를 대상으로 파라미터 간의 상관관계를 확인하였고, 집단과 성별을 변인으로 하는 1변량 2원 분산분석(two-way ANOVA)을 실시하였으며, 변량분석의 사후비교로 남녀를 나누어 통제군과 환자군 간의 독립 표본 t-검정을 실시하였다.

### 3. 연구 결과

#### 3.1 파라미터 간 상관분석

파라미터 간의 상관은 남녀 합산한 총 사례수 52명을 대상으로 살펴보았다. <표 3>에 제시되었듯이, 6개 모든 파라미터 간 상관은 유의하게 나왔으며, 높은 상관계수를 보였다. VAI와 역수관계인 FCR 파라미터는 다른 5개 파라미터와 높은 부적상관

을 보였다.

표 3. 파라미터 간 상관계수

Table 3. Correlation coefficient of parameters

		VAI	FCR	F2 ratio	3 area	4 area
FCR	Pearson	-.986***				
	p	.000				
F2 ratio	Pearson	.929***	-.917***			
	p	.000	.000			
3 area	Pearson	.790***	-.756***	.822***		
	p	.000	.000	.000		
4 area	Pearson	.730***	-.712***	.771***	.940***	
	p	.000	.000	.000	.000	
5 area	Pearson	.737***	-.722***	.767***	.935***	.992***
	p	.000	.000	.000	.000	.000

\*\*\* p< 0.001 (양쪽)

### 3.2 남녀 합산 집단 간 분석

남녀를 합산하여 환자군 32명과 통제군 20명으로 집단별로 분리한 후에 집단과 성별을 독립변인으로 한 1변량 2원 분산 검정 결과, 6개 파라미터에서 집단과 성별 간 상호작용이 없는 것으로 나타났다.

주효과를 살펴보면, 집단 간에서는 4 area(F=4.300, p<0.05), 5 area(F=5.349, p<0.05)가 유의한 차이를 보였다. 구체적으로 평균과 표준편차를 살펴보면, 4 area에서 통제군(346870±111918)이 환자군(268923±159333)보다 크며, 5 area에서도 통제군(368463±109390)이 환자군(283651±159774)보다 큰 수치를 보임을 알 수 있다.

성별 간에서는 F2 ratio(F=6.109, p<0.05), 3 area(F=37.121, p<0.001), 4 area(F=37.559, p<0.001), 5 area(F=34.071, p<0.001)가 유의한 차이를 보였다. 구체적으로 평균과 표준편차 수치를 살펴보면, F2 ratio에서 여성(2.55±0.46)이 남성(2.140±0.51)보다 높은 수치를 가지고, 3 area에서도 여성(353176±111191)이 남성(167045±84316)보다 높은 수치를 가진다. 4 area에서 여성(391091±117732)이 남성(191350±95538)보다 높은 수치를 가진다. 5 area에서 여성(406429±114244)이 남성(211087±106672)보다 높은 수치를 가짐을 알 수 있다. 통제군과 환자군 간 5 area 면적은 <그림 1>에 도식화 하였다. 그림 작업 스크립트는 [부록 2]에 수록 하였다.

### 3.3 남녀 분리 집단 간 분석

#### 3.3.1 남성군 비교

남성 피험자만을 대상으로 환자군과 통제군으로 분리하여 평균 비교인 t-검정을 실시하였다. 이는 두 집단 간 사후검정이 안되는 이원분산분석을 보완하기 위한 사후비교이다.

남성군 관련 파라미터의 기술통계량을 살펴보면 평균과 표준편차에서 VAI(환자군: 0.92±0.13, 정상군: 1.02±0.06), FCR(환자군: 1.10±0.16, 정상군: 0.97±0.06), F2 ratio(환자군: 1.99±0.51, 정상군: 2.44±0.39), 3 area(환자군: 139964±78697, 정상군: 221206±71125), 4 area(환자군: 159016±94411, 정상군: 256017±61000), 5 area(환자군: 174038±106793, 정상군: 285185±59474)이다.

평균 검정 결과, VAI(t=-2.094, p<0.05), FCR(t=2.738, p<0.05), F2 ratio(t=-2.138, p<0.05), 3 area(t=-2.457, p<0.05), 4 area(t=-2.629, p<0.05), 5 area(t=-2.721, p<0.05)로 6개 파라미터에서 환자군과 통제군 간 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 남성군의 환자군과 통제군 간의 모음 공간 비교는 <그림 2>에 제시하였다.

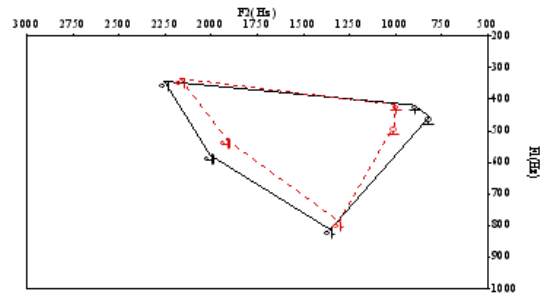


그림 1. 환자군(점선)과 통제군(실선) 모음 공간  
Figure 1. Vowel space of the patient group(dotted line) and the control group(solid line)

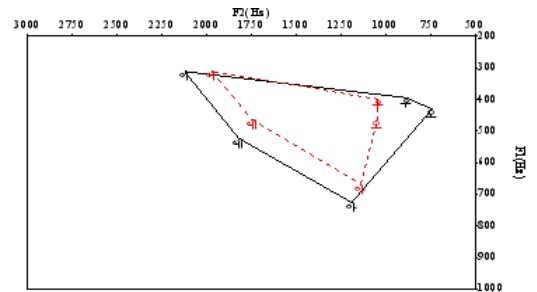


그림 2. 남성 환자군(점선)과 남성 통제군(실선) 모음 공간  
Figure 2. Vowel space of male patient group(dotted line) and male control group(solid line)

#### 3.3.2 여성군 비교

여성군 관련 파라미터의 기술통계량을 살펴보면 평균과 표준편차에서 VAI(환자군: 1.01±0.12, 정상군: 1.01±0.13), FCR(환자군: 0.99±0.12, 정상군: 1.00±0.14), F2 ratio(환자군: 2.50±0.48, 정상군: 2.61±0.46), 3 area(환자군: 353265±119468, 정상군: 353057±104326), 4 area(환자군: 378830±133354, 정상군: 407439±96239), 5 area(환자군: 393265±125380, 정상군: 423982±100057)이다.

평균 검정 결과, 6개 파라미터에서 환자군과 통제군 간 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. <그림 3>에 여성군의 환자군과 통제군 간 모음 공간을 도식화 하였다.

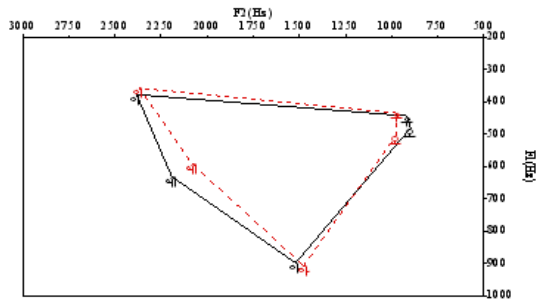


그림 3. 여성 환자군(점선)과 여성 통제군(실선) 모음 공간  
 Figure 3. Vowel space of female patient group(dotted line) and female control group(solid line)

5. 결론 및 논의

파킨슨병 환자와 정상 노인 간의 음향 모음 공간 파라미터 비교 연구를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 선행연구에서 제시된 5개 파라미터와 새롭게 제시하는 불규칙 오각형 모음 면적 파라미터에서 모든 파라미터 간 높은 상관관계가 관찰되었다. 각 파라미터들의 유도 공식은 다르지만, 보고자 하는 초점이 구강 안에서 일어나는 조음 공간에 대한 것이고, F1과 F2를 이용한 것이므로 당연한 결과로 받아들여진다.

둘째, 남녀를 합산한 환자군과 통제군 간 분산 검정결과, 집단 간 4 area, 5 area 파라미터에서 유의한 차이를 보였고, F2 ratio, 3 area, 4 area, 5 area 파라미터에서는 성별 간 유의한 차이를 나타냈다. 집단 간 유의한 차이를 보인 모음 4각형과 5각형에 비하여 모음 3각형 면적에서는 유의한 차이를 도출하지 못하였다. 통상, 모음 조음점의 비교에 있어 모음삼각도와 사각도를 이용하는 것이 상례이지만 면적의 경우는 각 모음의 조음점이 틀려지더라도 상호간 비슷해질 확률이 있으므로 가급적 많은 모음을 사용하는 것이 더 정밀하게 그 차이를 살필 수 있음을 위 분석 결과에서 알 수 있다. 본 연구에서는 음소목록 중에서 개인 모음 공간의 전반적 특징을 보여주는 5개 모음/이-에-아-오-우/로 면적을 살피는 것이 더 유리하다는 판단 하에 불규칙 5각형 면적 파라미터를 제시하였고, 분석 결과에서 이점이 통계적으로 뒷받침 되었다. 또한 여성이 남성보다 더 넓은 모음 공간을 보이고 있으며, 통제군이 환자군 보다 더 넓은 모음 공간을 보존하였음을 알 수 있다.

셋째, 남녀를 분리한 통제군과 환자군 간 평균 검정 결과, 6개 모든 파라미터가 남성 집단 내에서 평균 차이를 보인 반면, 여성 집단 내에서는 6개 모든 파라미터에서 평균 차이를 보이지 않았다.

선행연구[6]에서는 FCR과 F2i/F2u ratio(F2 ratio) 파라미터를 제안하였다. 이 연구 결과 FCR과 F2 ratio는 환자군과 통제군 간 유의한 차이를 보였지만, 성별 간 차이는 없었다. 두 파라미

터 간 높은 상관은 있지만, 발화는 모음 /이-우/ 이외 더 많은 모음을 항상 사용하므로, 연구자들은 F2 ratio 보다 FCR이 마비 말장애군의 조음 장애 수준 정보를 더 잘 표현해줄 것으로 결론지었다. 하지만 본 연구에서는 F2 ratio만 성별 간만 유의한 차이를 보여 선행연구와 차이를 보인다.

질병 단계와 신체 운동기능 간의 관련성을 확인한 선행연구[7]에서 VAI와 모음 삼각형 면적 면적 파라미터를 제안하였고, 환자군 남녀 모두 VAI 파라미터에서 환자군과 통제군 간 유의한 차이를 보인 반면 모음 삼각형 면적 파라미터에서는 남성군만 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 VAI는 전체적인 운동 기능(UPDRS-III)과 질병의 단계(H & Y stage)와 낮은 상관을 보였고, 이런 낮은 상관의 원인은 파킨슨병 환자의 모음 면적 감소와 전체적 운동 수행 악화의 원인이 신체 움직임 악화와 다른 병리생리학적 기전으로 여겨진다고 결론지었다. 본 연구에서는 VAI 파라미터는 집단과 성별 간 모두 유의한 차이를 보이지 않아, 선행연구와 반대 결과를 보이지만, 모음 삼각형 면적에서는 성별 간 유의한 차이를 보여 같은 결과를 도출하였다.

전체적으로 환자군의 모음 조음 면적이 통제군보다 좁아졌고, 여성군보다 남성군에서 더욱 좁아지는 모습을 보이고 있다. 청각각적으로 조음 명료도는 각 모음들이 바로 이웃하는 모음과 구별되는 정도에 따라 영향을 받는다는 선행연구[5]에 의하면 이런 좁아진 면적 공간은 조음 명료도에도 영향을 줄 여지가 있다고 생각한다. 일반적으로 여성이 남성보다 조음 활동이 더 활발하고 각 모음 당 집중적인 조음 초점을 가지고 있다[8]. 즉, 이웃하는 모음들과 구별되는 각자의 조음점을 뚜렷하게 가지고 있으며, 이는 청각적 조음 되먹임을 계속적으로 잘 수행하도록 하는 기반이 될 것이다. 이런 순환적 조음 활동의 영향으로 파킨슨병이 있음에도 불구하고 여성군의 모음 공간이 남성군보다 잘 보존되었다고 생각한다. 본 연구 대상자들이 UPDRS-III 점수와 H & Y stage의 편차가 심한 환자들 아니므로, [7]에서 밝힌 병리생리학적 기전(patho-physiological mechanisms) 보다는 남녀 간의 대화 생활 패턴 차이가 모음 면적 형성에 더 큰 영향을 주었을 것으로 생각한다.

본 연구에서는 기존의 음향 모음 공간 파라미터들이 수학적으로 올바르게 유도 되었는가 확인한 결과, 선행연구[7]에서처럼 이전 선행연구의 공식을 그대로 이용함으로써 수리적 오류를 범할 수 있음을 확인하였다. 또한 모음 5각형 공식이 마비말장애의 음향 모음 공간 연구에서 높은 변별력이 있는 방법임을 통계적으로 검증하였다. 적은 모음 수보다 많은 모음 수를 녹음하고 분석하는 것은 노력과 시간 면에서 더 고된 작업임을 분명하다. 하지만, 정상적인 조음 환경이란 많은 모음들이 다양한 환경에서 자연스럽게 조합이 되는 움직임이다. 그러므로 자연스러운 환경에서의 조음 활동을 평가하고자 한다면 분석에 사용되는 모음 개수를 증가시킬 필요성이 있다. 마비말장애 음향 모음 공간은 단순히 모음 조음 공간 개념만을 의미하는 것이

아니고, 청지각적 조음 명료도와 더불어 조음 근육의 운동성 측면의 관련성도 함축한다. 그러므로, 일반 생활 속에서의 자연스러운 정상 조음 활동을 평가하고자 한다면 모음 갯수를 증가시켜 정밀한 측정을 하는 것이 더욱 바람직하다고 본다.

본 연구는 약물 복용 환자군을 대상으로 살펴보았다. 이에 후속 연구로는 약물 사용 전후의 음향 모음 공간 비교와 자연스러운 발화 환경에서의 모음 추출이 되도록 적절한 녹음용 어음 자료 제작을 염두에 두고 있다. 또한 본 연구에서 살펴본 음향학적 파라미터와 청지각적 평가결과의 상관관계를 살펴보는 연구를 통하여 임상적 유용성을 확인하는 작업을 고려 중이다.

### 감사의 글

녹음에 응해주신 모든 환자분들과 환자 정보수집에 도움을 주신 원광대학교 병원 신경과 박현영 교수님, 신경외과 문성근 교수님 그리고 충남대학교 병원 신경과 이애영 교수님과 건양대학교 병원 신경과 김용덕 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

### 참고문헌

- [1] Duffy, J. (1995). *Motor Speech Disorders: substrates, differential diagnosis and management*. St Louis: Mosby. pp. 166-188.
- [2] Bradlow, A., Torretta, G. & Pisoni, D., (1996). "Intelligibility of normal speech I: Global and fine grained acoustic phonetic talker characteristics", *Speech Communication*, Vol. 20, pp. 225-272.
- [3] Hazan, V. & Markham, D. (2004). "Acoustic phonetic correlates of talker intelligibility for adults and children", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 116, pp. 3108-3118.
- [4] Vorperian, H. & Kent, R. (2007). "Vowel acoustic space development in children: a synthesis of acoustic and anatomic data". *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, Vol. 50, December, pp. 1510-1545.
- [5] Neel, A. (2008). "Vowel space characteristics and vowel identification accuracy". *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, Vol. 51, June, pp. 574-585.
- [6] Sapir, S., Ramig, L., Spielman, J. & Fox, C. (2010). "Formant centralization ratio(FCR): a proposal for a new acoustic measure of dysarthric speech". *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, Vol. 53, 1. [Epub ahead of print].
- [7] Skodda, S., Visser, W. & Schlegel U. (2010). "Vowel articulation in Parkinson's disease". *Journal of Voice*. pp. 1-6.
- [8] Seong, C. J. (2005). "A formant analysis of the Korean monophthongs of the college students speaking Chungnam dialect", *Linguistics*, Vol. 43, pp. 189-214.  
(성철재, (2005). "충남지역 대학생들의 한국어 단모음 포먼트 분석", *언어학*, 제 43권, pp. 189-214.)
- [9] Kent, R., Kent, J., Vorperian H. & Duffy, J. (1999). "Acoustic studies of dysarthric speech: methods, progress, and potential". *Journal of communication disorders*, Vol. 32, pp. 141-186.
- [10] Kent, R. & Kim, Y. (2003). "Toward and acoustic typology of motor speech disorders". *Clinical linguistics and phonetics*, Vol. 17, pp. 427-445.
- **강영애(Kang, Youngae)**, 제 1저자  
대전광역시 유성구 공동 220번지  
Email: redoffice1@yahoo.co.kr  
관심분야: 신경말-언어장애, 장애음성분석  
현재 충남대학교 언어병리학과 박사수료  
원광대학교 임상언어치료전공 초빙교수
- **윤규철(Yoon, Kyuchul)**  
경상북도 경산시 대동 214-1번지  
Tel: 053) 810-2145  
Email: kyoony@ynu.ac.kr  
관심분야: 운율분석, 전산언어  
현재 영남대학교 문과대학 영어영문학부 조교수
- **이학승(Lee Hakseung)**  
전라북도 익산시 신용동 344-2  
Tel: 063) 858-1114  
Email: hypppark@hanmail.net  
관심분야: 뇌졸중, 치매(퇴행성 질환)  
현재 원광대학교 의과대학 신경과학교실 조교수
- **성철재(Seong, Cheoljae)**, 교신저자  
대전광역시 유성구 공동 220번지  
Tel: 042) 821-6395  
Email: cjseong@cnu.ac.kr  
관심분야: 운율분석, 장애음성분석, analysis automation  
현재 충남대학교 인문대학 언어학과 교수

**부록 1. 포먼트 추출 스크립트**

```
#####
# Written by Kang Young-ae(September, 10th, 2010)
# with help from Yoon Kyu-chul(September, 11th, 2010) &
# Seong Cheol-jae(September, 12th, 2010)
# 남:10,000 여: 11,000 Hz로 downsampling 하여 low pass
# filtering을 한 후 To formant & LPC 의 To formant(burg)처리
#####

system_nocheck mkdir resultFolder
Create Strings as file list... fileList *.*.wav
select Strings fileList
numberOfFiles = Get number of strings

for ifile to numberOfFiles
    select Strings fileList
    file$ = Get string... ifile
    fileName$ = file$ - ".wav"

    Read from file... 'fileName$.wav
    Read from file... 'fileName$.TextGrid

    select Sound 'fileName$'
    plus TextGrid 'fileName$'

    Extract non-empty intervals... 1 no

    for i to 3
        select Sound ㅇ|i'
        Resample... 11000 50
# (남성 음성 적용) Resample... 10000 50
        To Formant (burg)... 0 5 5500 0.025 50
# (남성 음성 적용) To Formant (burg)... 0 5 5000 0.025 50
        f1 = Get mean... 1 0 0 Hertz
        f2 = Get mean... 2 0 0 Hertz
        fileappend.\resultFolder\'fileName$.txt
'fileName$'tab$'ㅇ|i'"tab$"f1:0"tab$"f2:0"tab$"newline$'

        Remove
        endfor

    for i to 3
        select Sound ㅇ|i'
        Resample... 11000 50
        To Formant (burg)... 0 5 5500 0.025 50
        f1 = Get mean... 1 0 0 Hertz
        f2 = Get mean... 2 0 0 Hertz
        fileappend.\resultFolder\'fileName$.txt
'fileName$'tab$'ㅇ|i'"tab$"f1:0"tab$"f2:0"tab$"newline$'

        Remove
        endfor

    for i to 3
        select Sound 우|i'
        Resample... 11000 50
        To Formant (burg)... 0 5 5500 0.025 50
        f1 = Get mean... 1 0 0 Hertz
        f2 = Get mean... 2 0 0 Hertz
```

```
fileappend.\resultFolder\'fileName$.txt
'fileName$'tab$'우|i'"tab$"f1:0"tab$"f2:0"tab$"newline$'
Remove
endfor

for i to 3
    select Sound 예|i'
    Resample... 11000 50
    To Formant (burg)... 0 5 5500 0.025 50
    f1 = Get mean... 1 0 0 Hertz
    f2 = Get mean... 2 0 0 Hertz
    fileappend.\resultFolder\'fileName$.txt
'fileName$'tab$'예|i'"tab$"f1:0"tab$"f2:0"tab$"newline$'
Remove
endfor

for i to 3
    select Sound 오|i'
    Resample... 11000 50
    To Formant (burg)... 0 5 5500 0.025 50
    f1 = Get mean... 1 0 0 Hertz
    f2 = Get mean... 2 0 0 Hertz
    fileappend.\resultFolder\'fileName$.txt
'fileName$'tab$'오|i'"tab$"f1:0"tab$"f2:0"tab$"newline$'
Remove
endfor

endfor
select all
Remove
##### 끝 #####

부록 2. 모음(/이-에-아-오-우/) 차트 그리기 스크립트
#####
# written by Kang, Young-ae(September, 29th, 2010)
# 모음/이-에-아-오-우/ 이용
# 정상군과 환자군 간 그림 겹쳐 그리기
#####
Select outer viewport... 0 6 0 4
Draw inner box
Axes... 3000 500 1000 200
Text top... yes F2(Hz)
Text right... yes F1(Hz)

Marks top every... 1 250 yes yes no
Marks right every... 1 100 yes yes no
Solid line
Black

# 정상군 포먼트 수치
af1 = 812
af2 = 1355
if1 = 343
if2 = 2254
uf1 = 418
uf2 = 901
ef1 = 576
ef2 = 2007
```

of1 = 455  
of2 = 817

Draw line... af2 af1 of2 of1  
Draw line... of2 of1 uf2 uf1  
Draw line... uf2 uf1 if2 if1  
Draw line... if2 if1 ef2 ef1  
Draw line... ef2 ef1 af2 af1

Text special... af2 centre af1+20 half Times 10 0 아  
Text special... if2 centre if1+20 half Times 10 0 이  
Text special... uf2 centre uf1+20 half Times 10 0 우  
Text special... ef2 centre ef1+20 half Times 10 0 예  
Text special... of2 centre of1+20 half Times 10 0 오

#####

# 정상군 위에 환자군 모음 오각형 겹쳐 그리기

#####

Select outer viewport... 0 6 0 4

Draw inner box

Axes... 3000 500 1000 200

Text top... yes F2(Hz)

Text right... yes F1(Hz)

Marks top every... 1 250 yes yes no

Marks right every... 1 100 yes yes no

Dotted line

Red

# 환자군 포먼트 수치

af1 = 787

af2 = 1307

if1 = 334

if2 = 2168

uf1 = 417

uf2 = 1005

ef1 = 527

ef2 = 1916

of1 = 484

of2 = 1010

Draw line... af2 af1 of2 of1  
Draw line... of2 of1 uf2 uf1  
Draw line... uf2 uf1 if2 if1  
Draw line... if2 if1 ef2 ef1  
Draw line... ef2 ef1 af2 af1

Text special... af2 centre af1+20 half Times 10 0 아  
Text special... if2 centre if1+20 half Times 10 0 이  
Text special... uf2 centre uf1+20 half Times 10 0 우  
Text special... ef2 centre ef1+20 half Times 10 0 예  
Text special... of2 centre of1+20 half Times 10 0 오

Write to Windows metafile... 집단간.emf

##### 끝 #####