

파킨슨병 환자와 정상 노인의 음성비교

A Comparison of the Voice Differences of Patients with Idiopathic Parkinson's Disease and a Normal-Aging Group

강 영 애¹⁾ · 김 용 덕²⁾ · 반 재 천³⁾ · 성 철 재⁴⁾

Kang, Youngae · Kim, Yongduk · Ban, Jeachun · Seong, Cheoljae

ABSTRACT

In view of the hypothesis that the effects of Parkinson disease on voice production can be detected before pharmacological intervention, the voice differences of patients with Idiopathic Parkinson's disease and a healthy aging group were diagnostically analyzed with the long term object of establishing, for clinical purposes, early disease-progression biomarkers. Fifteen patients with Idiopathic Parkinson's disease (prior to pharmacological intervention) and a healthy control group of 15 were selected and every voice was recorded three times using praat (ver. 5022) with a headset mic. Relevant parameters - acoustic measure of /a/ phonation, F0 related parameters, MPT related parameters, articulatory ratio, VOT - were then analyzed by MANOVA. Significant differences were found in the F0 related (low F0, high F0, F0 range) and MPT related parameters. There were also significant differences in acoustic measurements (intensity, shimmer, HNR, jitter), AMR (/tʌ/,/kʌ/) and VOT (/ta/). The findings indicated that the voice production of patients with Idiopathic Parkinson's disease have normal pitch but bad quality. In particular, with slow articulatory ratios and VOT values, the tongue tip functioning of patients was lower than for the healthy group.

Keywords: idiopathic Parkinson's disease, normal aging group, voice

1. 서 론

사람의 말소리는 미세한 몸의 상태 변화에 민감하게 반응하기도 하며 연령에 따라서 보편적으로 관찰되는 특징도 보여준다. 말소리를 운동 기능적 관점에서 보면, 대뇌피질(cortex)-대뇌기저핵(basal-ganglia)-소뇌(cerebellum)-대뇌피질회로(cortex circuit)로 긴밀하게 연결되어 있다. 말소리 생성(speech generation)을 위해서는 보완 운동 영역(supplementary motor area)과 전대상피질(anterior cingulate cortex)이 작동하고 조음 운동 계획을 위해서는 좌섬엽(left insula)이 관여한다. 중추와 말초 신경계의 병소로 인

한 파킨슨병은 말소리-기관 운동 조절(speech-organ motor control) 결함이므로 마비말장애(dysarthria)라고 불린다[1]. 파킨슨병 환자들의 운동 조절 능력 결함인 신체적 조건은 호흡, 발성, 조음에 영향을 준다. 파킨슨병은 신경전달물질인 도파민의 결핍으로 신체의 운동기능이 점진적으로 퇴행되는 대표적 신경계 퇴행성 질환이다. 평균 수명이 50년에서 70년으로 증가함에 따라 발병률은 10만명 당 약 20명에서 90명대로 증가하였으며 평균 발병 연령은 60세 초반이다[2][3]. 사지 근육 경직, 휴지기 진전(3-6Hz, 움직이면 사라짐), 운동 완만(bradykinesia), 또는 자세 불안정의 특징적인 임상증상 중 두 가지가 있는 경우 파킨슨 증후군으로 진단할 수 있다. 이외에도 병이 진행될수록 작은 글씨(micrographia, 세 필), 가면양 얼굴(얼굴 표현 감소, hypomimia), 및 눈깜빡임 횟수, 보행시 팔 흔들기 감소, 발을 끄는 걸음걸이, 불분명한 어투(hypophonia) 등의 다양한 운동 장애 증상이 나타날 수 있다[4].

일반적으로 노인의 성대구조는 상피세포층은 노화에 따른 차이를 보이지 않으나, 고유층의 섬유세포와 탄성 섬유, 그리고 교원섬유의 수는 노화에 따라 감소하면서 두꺼워진다. 또한 고

- 1) 충남대학교 redoffice1@yahoo.co.kr
- 2) 건양대학교병원 yongduk@kyuh.co.kr
- 3) 충남대학교 jban@cnu.ac.kr
- 4) 충남대학교 cjseong@cnu.ac.kr, 교신저자

접수일자: 2009년 2월 6일
수정일자: 2009년 3월 10일
게재결정: 2009년 3월 15일

유층의 중간층에서는 탄성섬유가 위축과 이완이 되면서 얇아지며, 고유층의 심층에서는 섬유화가 진행되고 교원섬유가 두꺼워지면서 심층 자체가 두꺼워진다[6]. 정상적인 노화는 후두의 구조, 후두 운동력, 혀 운동력, 말 속도, 호흡 등에 영향을 준다[7]. 이런 변화를 설명하는 두 가지 생리학적 요소는 피부의 탄성력 감소와 근육의 약함이다[8]. 퇴행성 질환은 분명한 발병 시기를 모르는 것이 특징이고 파킨슨병도 예외는 아니다. 파킨슨병은 첫 증상 발현 후 진단까지 대개 1~2년 정도가 걸릴 정도로 다른 형태의 증상이나 약간의 경직을 동반한 노인 증상과의 구별에 어려움이 있다. 이런 점 때문에 발병 초기에 있는 환자들의 발견이 어렵다[3].

파킨슨병에서 보이는 구어장애로는 입술과 턱 위치의 강직으로 인해 조음 범위 축소로 인하여 명료도가 감소하는 조음장애, 호흡 문제와 진전으로 인한 단조로운 음도, 거친 음성, 성대 떨림 등의 음성장애를 들 수 있다[5]. 하지만 이런 변화는 신체 전반에 영향을 미치는 정상적인 노화로 인한 음성 변화와 구별하기 쉽지 않다. 이에 본 연구는 파킨슨병으로 확진을 받았지만 항파킨슨 약물 복용전인 초진 환자와 정상 노인의 음성을 비교하여 병의 유무로 인해 음성에 어떤 변화가 초래되는지 음향음성학적 관점에서 확인하고자 한다.

2. 선행 연구

파킨슨병 연구에서 자주 등장하는 단어는 레보도파(levodopa) 약물⁵⁾과 LSVT(Lee Silverman Voice Treatment) 치료법⁶⁾으로 많은 연구와 문헌에서 소개되고 있다. 하지만 본 연구는 약물과 치료법에 의한 음성 변화가 초점이 아니므로, 파킨슨병 환자의 음성에 단순 초점을 둔 선행연구만을 살펴보고자 한다.

[9]는 레보도파 약물을 복용중인 파킨슨병 환자 50명(남: 32, 여: 18, 평균연령=70.2±6.2)과 정상군 21명(남: 9, 여: 12, 평균연령=62.3±8.6)을 대상으로 최대발성지속시간(Maximum phonation Time, MPT), 기본주파수(F0), 주파수변동률(jitter), 강도(intensity), 소음 대 배음비(Harmonic to Noise Ratio, HNR), 양순 파열음(바, 빠, 파)의 유성개시시간(Voice Onset Time, VOT) 7)파라미터를 사용하여 음성과 운동영역의 파킨슨병 척도(UPDRS) 점수별 상관을 살펴본 것인데 MPT는 정상군에 비해 환자군에서 유

의하게 감소를 하였고, pitch, jitter, shimmer, HNR은 환자군에서 감소하였으나 통계적으로 유의미하지 않았다고 보고하였다. VOT와 F0가 통계적으로 유의미하지 않았지만 정상군보다 환자군에서 연장되는 소견을 보였고, 환자군에서 UPDRS 점수가 높아짐에 따른 MPT와 F0의 감소 VOT 증가를 보고하였다.

[10]은 파킨슨병 환자 9명(남: 2, 여: 7)과 정상군 8명(남: 2, 여: 6)을 대상으로 양순 파열음의 폐쇄구간과 기식구간을 비교하였는데, 환자군에서 폐쇄구간이 유의미하게 짧고, 기식구간은 길다고 보고하였다. 환자군에서 입술 운동이 느려져서 모음-양순음-모음 환경에서 모음에서 양순음으로 넘어가는 순간 폐쇄구간이 길어졌고, 성대의 휨(bowing)으로 인해 기식구간이 증가되었다고 설명하였다.

[11]은 환자군 7명(남: 4, 여: 3)을 대상으로 레보도파 약효과 유무 조건에서 뇌심부 자극이 발생과 조음에 미치는 관계를 연구하였다. 약물에 대해서 발성은 부분적으로 영향을 받았으나 약물 효과의 유무와 상관없이 교호운동 속도인 조음에는 영향을 주지 못하였다고 보고하였다.

[12]는 한 연구에서 두 가지 실험을 설계하였다. 첫번째 실험은 2명의 파킨슨병 환자의 발병 전 5~10년 사이의 음성부터 발병 후 2~3년까지의 음성의 중단적 연구를 통제군과 비교분석하였다. 자발화를 이용하여 음성신호의 25ms 마다 나타나는 억양 곡선 상에서의 F0 변화 양상과 치조 파열음인 'to', 'two', 'too' 단어에서의 VOT 그리고 파열 자음을 산출할 수 있을 만큼의 성문하 압력이 요구되는 200ms 시간을 초과하는 휴지 시간(pause time)의 비율을 구하였다. 발병 전에는 환자군 F0 변화성은 통제군보다 낮았으나 발병후 환자군 F0 변화성이 통제군과 비슷하게 증가하였고, 환자군 VOT가 발병 전에는 유의미하게 낮은 수치를 보였으나 발병 후 통제군과 차이를 보이지 않는다고 보고하였다. 이런 결과는 발병 후 약물 중재의 영향으로 판단하였다. 휴지 시간은 환자군과 통제군에서 유의미한 차이를 보이지 않았다. 자발화를 이용한 분석이므로 발화의 실질적인 내용을 통제하기 어려우며 그로 인해 말소리 샘플이 다른 점 때문에 유의한 결과 도출이 안되었다고 보고하였다. 두 번째 실험은 항파킨슨 약물 복용 전 4 명의 파킨슨병 환자(남: 2, 여: 2)와 나이와 성별을 일치시킨 통제군을 대상으로 자발화에서 F0 변화와 VOT 그리고 교대운동 비율(diadochokinetic rate, DDK)의 상관을 연구하였다. DDK 비율은 5초간 발화 가능한 /p/의 수를 의미하고 VOT의 샘플은 DDK의 5번째 것으로 사용하였다. F0는 통제군보다 환자군에서 유의미하게 낮았다. 하지만 VOT와 DDK 비율에서는 차이점이 없었다. 이를 바탕으로 초기 환자군은 VOT와 DDK로 측정 가능한 발생과 조음 본래의 능력을 가지고 있다고 보고하였다. 여기서 재미있는 것은 파킨슨병에 대한 VOT 평균값의 증가와 감소에 대한 다른 연구자들의 주장이 다르지 않고 같다는 것이다. [13]은 환자군의 평균 VOT 증가는 진전과 시간 면에서 후두근육의 불협응

- 5) Levodopa는 파킨슨병 치료제로 세계적으로 널리 사용되고 있으며 아직까지 이것을 뛰어넘는 다른 성분의 약은 없다.
- 6) LSVT는 1987년 미국 콜로라도 대학의 Ramig에 의해 고안된 것으로, 'think loud, think shout'라는 단서 하에 파킨슨병 환자의 음성 강도 증가를 목적으로 하는 집중적인 음성 치료법이다.
- 7) VOT는 폐쇄(closure)의 개방(release)에서 성대 진동의 시작 시점사이의 시간이다. 즉, 파열음이 개방한 후에 후행모음을 위해 성대가 진동하기 시작하는 시점까지의 걸리는 시간을 말한다.

때문이라고 하였으며, [14]는 VOT 감소는 성대 열림 감소를 야기하는 후두 근육조직의 강직 때문이라고 주장하였다.

이상의 선행연구에서는 VOT 측정 시 양순음만을 이용하였다. 양순음은 구륜근(*orbicularis oris m.*)의 운동성이 어느 정도 필요한 것이므로 양순음만 측정한 VOT는 성대와 하악 내림으로 인한 입술 개폐라는 두 변수가 작용한다. 하지만 치조음과 연구개음의 VOT는 양순음에 비해 비록 혀의 움직임이라는 새로운 변수가 추가되지만 활동성이 큰 입술 개폐 변수를 제거할 수 있기에, VOT 수치를 알아보고자 한다면 양순음뿐 아니라 치조음, 연구개음 측정도 함께 이루어져야 한다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 양순 파열음 VOT 와 더불어 치조 파열음과 연구개 파열음 VOT를 모두 확인하고자 한다.

3. 연구 대상 및 방법

3.1 연구 대상

본 연구에 참가한 대상자는 신경과 전문의로부터 파킨슨병으로 확진을 받고 항파킨슨 약물을 복용하기 전 상태인 특발성 파킨슨병 환자(*Idiopathic Parkinson's Disease, IPD*) 15명(남: 6, 여: 9)과 통제군(*control group*)으로 신체 활동에 불편이 없는 정상 노인 15명(남: 6, 여: 9)이다<표1>. 환자군과 통제군에서 모두 고혈압과 당뇨 관련 약물을 복용하는 경우가 많아 다른 약물복용유무를 대상자 선정기준에 고려하지 않았다. 대상자 모두 일상생활에 어려움을 초래하는 청력문제는 없었다.

표 1. 대상자 정보

Table 1. Information of subject characteristics

	통제군	환자군
전체수(남:여)	15(6:9)	15(6:9)
평균 연령	66.5 ± 6.9 (66.3±6.1 : 66.6±7.6)	69 ± 5.6 (70.6±5.8 : 67.3±5.6)
평균 발병시기		2005.7
평균 유병기간		1.7 ± 4.8(년)
유병기간 범위		4 ~ 84(개월)
진단명		특발성(모두)
평균 H-Y 단계		1.6
평균 UPDRS		22.2
K-MMSE		24.8

H & Y stage : Hoehn-Yahr stage

UPDRS : United Parkinson Disease Rating Scale-III motor section

K-MMSE : Korea-Mini-Mental State Examination

3.2 연구 방법

본 연구는 2007년 8월부터 2008년 10월까지 병원에 내원하

여 파킨슨병으로 진단 받은 환자를 대상으로 이루어졌다. 환자 음성 녹음은 입원중인 경우에는 병원내 조용한 방에서 이루어졌으며 퇴원한 경우에는 연구자가 직접 방문하여 자택에서 실시하였다. 통제군 음성 녹음은 연구자가 개별적으로 직접 방문하여 조용한 방에서 실시하였다.

비교 파라미터로는 /아/ 연장 발성에서 F0, intensity, jitter, shimmer, HNR, 최저 기본주파수(*low F0*), 최고 기본주파수(*high F0*), 기본주파수 범위(*range F0*), MPT, 최대발성지속시간의 기본주파수(*MPT F0*), 일련운동속도(*SMR/퍼,터,커/*), 교대운동속도(*AMR/퍼/,터/,커/*), VOT(/바,빠,파,다,따,타,가,까,카/)를 선택하였다. 모든 수치는 3번 녹음 평균값이며, F0를 측정하기 위하여 대상자에게 각자의 이름을 넣은 『저는 000입니다』라는 문장 뒤에 바로 /아/ 연장 발성을 하도록 요구하였다. /아/발성을 최고 낮은 음도에서 시작하여 최고 높은 음도까지 도달하는 글리산도(*glissando*) 방식으로 가성을 포함한 발성을 하도록 유도하였으며 최저 음도를 *low F0*, 최고 음도를 *high F0*, 두 값의 차이를 *range F0*로 하였다. SMR과 AMR은 5초 동안의 조음 회수를 기준으로 하였으며 시간 기준을 엄격히 지키기 위하여, 부득이 SMR/퍼터커/ 회수 측정을 AMR과 동일하게 한 음절씩 세는 방식으로 하였다. VOT는 『이것은 ___이다』 문장에 양순음, 치조음, 연구개음에서의 평음, 경음, 격음의 9개 음소를 /아/와 결합시켜 일음절로 읽을 수 있도록 목차를 만들어 대상자에게 제시하고, 연구자가 사전 시현을 해주었다.

녹음은 카디오이드 다이내믹형 헤드셋 마이크(*Shure WH20 XLR*)와 *praat* (ver. 5022)을 이용하였으며 22,050Hz 표본화율, 16bit 양자화 조건에서 디지털화하였다. 통계 분석은 관련 있는 파라미터 별로 분류하였고<표2>, SPSS 12.0을 이용하여 5% 유의수준에서 다변량 분석(MANOVA)을 실시하였다.

표 2. 다변량 분석 파라미터 분류

Table 2. Acoustic parameters for MANOVA

다변량 분류	파라미터
/아/ 연장 발성 음향변수	F0, intensity, jitter, shimmer, HNR
기본주파수 범위 관련	low F0, high F0, Range F0
최대발성지속시간 관련	MPT, MPT F0
조음 속도 관련	SMR(/퍼,터,커/), AMR(/퍼/,터/,커/)
유성개시시간 관련	VOI(/바, 빠, 파, 다, 따, 타, 가, 까, 카/)

본 연구에서는 집단 간 차이분석을 할 때 성별을 하나의 요인으로 포함하여 분석하였다. 그렇지만 남녀는 해부학적 구조와 생활습관적인 근력에서 차이가 나므로 이를 통계적으로 검정하는 것은 의미가 없다. 따라서 본 연구에서는 성별에 따른 차이분석이 주 관심사항이 아니다. 다만, 환자군과 통제군간 차이를 비교할 때 성별에 따른 기본 주파수와 조음 속도 차이를 통제하여 다른 종속변인들의 차이 검정 시 통계적 검정력을 향상시키고자 하는 목적으로 포함시켰다.

4. 연구 결과

4.1 /아/ 연장 발성 음향 파라미터

통계군 F0는 169.6(±43.6) Hz이고, 환자군은 163.49(±33.9) Hz로서 집단 간 차이를 크게 보이지 않는다. 하지만 intensity에서 통계군은 52.9(±5.2) dB이고 환자군은 47.6(±5.1) dB이며, 통계군 shimmer는 3.41(±1.7) %이고 환자군은 5.57(±3.0) %, 통계군 HNR은 20.4(±3.4) dB이고 환자군은 16.6(±4.8) dB, 통계군 jitter는 0.33(±0.14) %이고, 환자군은 0.75(±0.70) %로 나타났다. shimmer와 jitter는 환자군에서, HNR은 통계군에서 높은 평균을 보이고 있다<표3>. /아/ 연장 발성 관련 5 개 파라미터를 동시에 고려한 다변량 분석에서는 집단 간 차이를 보이지 않았고 성별 간 비교에서 유의한 차이를 보였다(F=1.687, p<.001)<표4>. 개별 종속변수의 차이를 알아보는 일변량 분석에서는 집단 간에 따라 intensity, shimmer, HNR, jitter에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났고(F=7.026, F=5.258, F=5.859, F=6.755, p<.005), 성별 간 비교에서 F0가 유의미한 차이를 보였다(F=42.677, p<.01). 하지만 집단과 성별 간 상호작용 효과는 없는 것으로 나타나서 단순효과에 대한 분석은 하지 않았다.<표5>. 병의 유무로 인하여 intensity, shimmer, HNR, jitter의 음향파라미터가 주효과로 각각 변화를 보이는 것을 알 수 있다.

표 3. /아/ 연장 발성 음향 파라미터 기술 통계량
Table 3. Descriptive statistics of the acoustic parameters for the sustained /a/ phonation

		Mean ± SD				
		F0 (Hz)	intensity (dB)	shimmer (%)	HNR (dB)	jitter (%)
통 계 군	남	129.3±22.3	52.8±6.2	3.70±1.5	20.7±3.4	0.31±0.93
	여	196.4±31.6	53.0±4.9	3.21±1.9	20.6±3.6	0.34±0.17
	합	169.6±43.6	52.9±5.2	3.41±1.7	20.4±3.4	0.33±0.14
환 자 군	남	135.2±25.0	47.6±5.4	5.94±3.9	15.5±6.3	1.08±0.92
	여	188.2±16.3	47.6±5.2	5.24±2.1	17.5±3.1	0.46±0.21
	합	163.4±33.9	47.6±5.1	5.57±3.0	16.6±4.8	0.75±0.70

표 4. /아/ 연장 발성 음향 파라미터의 다변량 분석
Table 4. MANOVA results of the acoustic parameters for the sustained /a/ phonation

효과	값	F	가설 자유도	오차 자유도	유의 확률	
group	Wilks의 람다	.723	1.687(a)	5.000	22.000	.180
sex	Wilks의 람다	.232	14.566(a)	5.000	22.000	.000(***)
group * sex	Wilks의 람다	.774	1.288(a)	5.000	22.000	.305

a 정확한 통계량 *p<.05 **p<.01 ***p<.001

표 5. /아/ 연장 발성 음향 파라미터의 일변량 분석
Table 5. ANOVA results of the acoustic parameters for the sustained /a/ phonation

소스	종속 변수	제 III 유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의 확률
group	F0	10.426	1	10.426	.017	.898
	intensity	207.406	1	207.406	7.026	.013(*)
	shimmer	33.490	1	33.490	5.258	.030(*)
	HNR	107.407	1	107.407	5.859	.023(*)
	jitter	1.495	1	1.495	6.755	.015(*)
sex	F0	26471.106	1	26471.106	42.677	.000(***)
	intensity	.070	1	.070	.002	.962
	shimmer	2.570	1	2.570	.404	.531
	HNR	12.834	1	12.834	.700	.410
	jitter	.637	1	.637	2.878	.102
group * sex	F0	363.330	1	363.330	.586	.451
	intensity	.055	1	.055	.002	.966
	shimmer	.087	1	.087	.014	.908
	HNR	3.984	1	3.984	.217	.645
	jitter	.780	1	.780	3.522	.072

*p<.05 **p<.01 ***p<.001

4.2 기본주파수 범위와 최대발성지속시간

4.2.1 기본주파수 범위

통계군 low F0는 161.7(±40.7) Hz, 환자군은 152.5(±33.2) Hz이고, 통계군 high F0는 323.4(±77.4) Hz, 환자군은 295.3(±122.3) Hz을 나타내었다. 환자군 남성의 high F0가 210(±58.6) Hz으로 통계군의 283.3(±32.8) Hz보다 낮은 수치를 보이며 이것은 range F0에 영향을 주었다<표 6>. 병으로 인하여 남성의 high F0가 영향을 우선 받는 것으로 나타났다. 3개 파라미터(low F0, high F0, range F0)를 동시에 고려한 다변량 분석에서는 집단 간 유의미한 차이를 보였고(F=4.991, p<.01), 성별 간 고려에서도 유의미한 차이가 나타났다(F=6.856, p<.01)<표7>. 개별 파라미터를 종속변수로 본 일변량 분석에서는 집단 간 비교에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았으나, 성별 간 비교에서 low F0와 high F0에서 유의한 차이가 나타났다(각 F=12.776, F=13.176, p<.01)<표8>. 일변량 분석에서 각 파라미터가 집단 간 차이를 나타내지 못하였으나 다변량 분석에서는 3개 파라미터를 동시에 고려하였을 때는 병의 유무로 인한 집단 간 차이를 보였다. 하지만 집단과 성별 간 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다. 성별 간 유의한 차이는 남녀 성대와 성도 크기 그리고 길이에 대한 해부학적 차이에 대해서 정규화(normalization)를 하지 않았기에 당연한 결과로 여겨진다.

표 6. 기본주파수와 최대발성지속시간 관련 기술통계량
Table 6. Descriptive statistics of the F0 & MPT related parameters

		Mean±SD				
		low F0 (Hz)	high F0 (Hz)	range F0 (Hz)	MPT (sec)	MPT F0 (Hz)
통계	남	135.8±30.3	283.3±32.8	147.4±50.7	15.2±4.0	153.7±37.7
계	여	178.9±38.7	350.2±88.3	171.3±75.1	11.1±6.0	258.1±35.4
군	합	161.7±40.7	323.4±77.4	161.7±65.5	12.8±5.5	216.3±63.4
환	남	130.9±32.4	210.7±58.6	66.1±57.6	11.7±4.1	147.3±32.6
자	여	171.4±20.9	369.2±116.5	149.2±99.6	12.5±4.4	214.0±26.2
합	합	152.5±33.2	295.3±122.3	110.5±90.7	12.2±4.1	185.4±44.2

표 7. 기본주파수 관련 다변량 분석
Table 7. MANOVA results of the F0 related parameters

효과	값	F	가설 자유도	오차 자유도	유의 확률	
group	Wilks의 랏다	.616	4.991(a)	3.000	24.000	.008(**)
sex	Wilks의 랏다	.538	6.856(a)	3.000	24.000	.002(**)
group * sex	Wilks의 랏다	.879	1.103(a)	3.000	24.000	.367

*p<.05 **p<.01 ***p<.001

표 8. 기본주파수 관련 일변량 분석
Table 8. ANOVA results of the F0 related parameters

소스	종속 변수	제 III 유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의 확률
group	low F0	280.192	1	280.192	.280	.601
	high F0	5254.604	1	5254.604	.744	.396
	range F0	19566.275	1	19566.275	3.449	.075
sex	low F0	12777.514	1	12777.514	12.776	.001(**)
	high F0	93082.136	1	93082.136	13.176	.001(**)
	range F0	20947.816	1	20947.816	3.693	.066
group * sex	low F0	12.265	1	12.265	.012	.913
	high F0	15394.200	1	15394.200	2.179	.152
	range F0	6440.486	1	6440.486	1.135	.296

*p<.05 **p<.01 ***p<.001

4.2.2 최대발성지속시간과 기본주파수

통계군 MPT는 12.8(±5.5) 초이고 환자군은 12.2(±4.1) 초, 통계군 MPT F0는 216.3(±35.4) Hz이고 환자군은 185.4(±44.2) Hz로 나타났다. 두 집단 간 MPT 차이가 크지 않으나, MPT F0에서는 통계군보다 환자군 남녀 모두에서 낮은 수치를 나타냈다. 특별히, 환자군 여성 평균 MPT F0가 214(±26.2) Hz로 통계군 여성 평균 258.1(±35.4) Hz 보다 낮은 것을 알 수 있다<표6>. 2개 파라미터(MPT, MPT F0)를 동시에 고려한 다변량 분석에서 성별 간 유의미한 차이를 보이고 있으며(F=23.511, p<.001)<표9>, 개별 파라미터에 대한 일변량 분석에서도 MPT F0에 대한 성별 간 비교에서 유의미한 차이가 나타났다(F=46.886, p<.001)

<표10>. 하지만 집단과 성별 간 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다. MPT F0의 차이는 남녀의 해부학적 차이에 대한 정규화(normalization) 처리를 하지 않은 결과이다.

표 9. MPT와 MPT F0의 다변량 분석
Table 9. MANOVA results of MPT & MPT F0

효과	값	F	가설 자유도	오차 자유도	유의 확률	
group	Wilks의 랏다	.855	2.040(a)	2.000	24.000	.152
sex	Wilks의 랏다	.338	23.511(a)	2.000	24.000	.000(***)
group * sex	Wilks의 랏다	.848	2.143(a)	2.000	24.000	.139

*p<.05 **p<.01 ***p<.001

표 10. MPT와 MPT F0의 일변량 분석
Table 10. ANOVA results of MPT & MPT F0

소스	종속 변수	제 III 유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의 확률
group	MPT	7.803	1	7.803	.327	.572
	MPT F0	4476.613	1	4476.613	4.086	.054
sex	MPT	18.122	1	18.122	.760	.392
	MPT F0	51372.281	1	51372.281	46.886	.000(**)
group * sex	MPT	43.140	1	43.140	1.810	.191
	MPT F0	2504.065	1	2504.065	2.285	.143

*p<.05 **p<.01 ***p<.001

4.3 일련운동속도와 교대운동속도

통계군 SMR은 29.8(±6.2) 회, 환자군 27.0(±5.4) 회로 환자군이 통계군보다 다소 낮은 수치를 보인다. AMR 양순음/피/, 치조음/터/, 연구개음/커/ 모든 자리에서 환자군이 통계군보다 낮은 수치를 보이고 있다<표11>. 환자군과 통계군에서의 남녀차이를 <그림1>와 <그림2>에 도식화 하였다. SMR과 AMR(/피/,/터/,/커/) 파라미터를 동시에 비교한 다변량 분석에서는 집단 간, 성별 간 유의미한 차이가 나타나지 않았지만<표12>, 각 파라미터를 종속변수로 둔 일변량 분석에서는 집단 간 비교에서 AMR/터/와 AMR/커/에서 유의미한 차이를 보였다(각 F=6.614, p<.05; F=8.010, p<.01). 집단과 성별 간 상호작용 효과는 없었다<표13>.

표 11. SMR 과 AMR (/피/,/터/,/커/) 기술통계량
Table 11. Descriptive statistics of SMR & AMR(/p/,/t/,/k/)

		Mean±SD			
		SMR	AMR /피/	AMR /터/	AMR /커/
통계	남	27.6±7.9	27.2±5.1	28.0±3.2	27.4±4.1
계	여	31.2±4.7	24.8±5.3	24.9±4.8	25.3±4.9
군	합	29.8±6.2	25.8±5.1	26.2±4.4	26.1±4.6
환	남	25.3±7.3	21.6±7.2	21.8±5.0	20.6±5.7
자	여	28.5±2.9	23.2±5.3	22.7±4.1	22.0±4.1
합	합	27.0±5.4	22.4±6.1	22.3±4.4	21.3±4.8

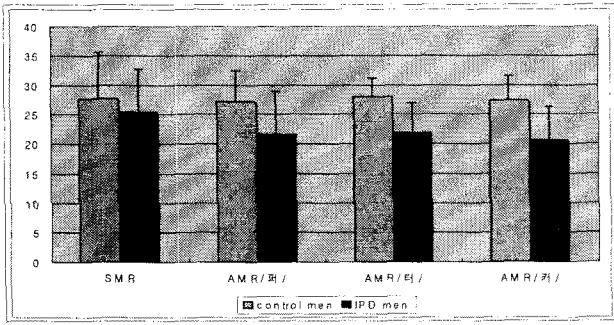


그림 1. 남성 SMR 과 AMR
Fig. 1. SMR & AMR for males

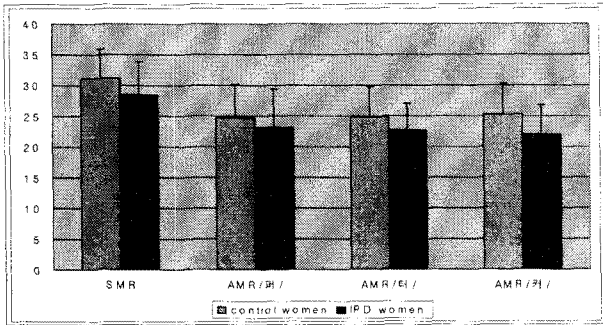


그림 2. 여성 SMR 과 AMR
Fig. 2. SMR & AMR for females

표 12. SMR 과 AMR (/피/,/티/,/키/)의 다변량 분석
Table 12. MANOVA results of SMR & AMR

효과	값	F	가설 자유도	오차 자유도	유의 확률	
group	Wilks의 람다	.714	2.299(a)	4.000	23.000	.090
sex	Wilks의 람다	.815	1.304(a)	4.000	23.000	.298
group * sex	Wilks의 람다	.922	.483(a)	4.000	23.000	.748

표 13. SMR과 AMR (/피/,/티/,/키/)의 일변량 분석
Table 13. ANOVA results of SMR & AMR(/p/,/t/,/k/)

소스	종속변수	제 III		F	유의 확률	
		유형	자유도			
group	SMR	46.808	1	46.808	1.376	.251
	AMR/피/	94.766	1	94.766	2.828	.105
	AMR/티/	132.130	1	132.130	6.614	.016(*)
	AMR/키/	184.941	1	184.941	8.010	.009(**)
sex	SMR	85.676	1	85.676	2.519	.125
	AMR/피/	1.353	1	1.353	.040	.842
	AMR/티/	9.083	1	9.083	.455	.506
	AMR/키/	1.044	1	1.044	.045	.833
group * sex	SMR	.321	1	.321	.009	.923
	AMR/피/	27.825	1	27.825	.830	.371
	AMR/티/	28.297	1	28.297	1.417	.245
	AMR/키/	21.476	1	21.476	.930	.344

*p<.05 **p<.01 ***p<.001

4.4 유성개시시간

9개 파열음(바, 빠, 파, 다, 따, 타, 가, 까, 카) 각각의 VOT 평균값이 통제군보다 환자군에서 증가하는 것을 각 위치별로 <표14>, <표15>, <표16>에 정리하였고, <그림3>에 도식화 하였다. 9개 VOT 수치의 다변량 분석에서는 집단과 성별 간에 유의미한 차이를 보이지 않았으나<표17>, 개별 파라미터를 종속변수로 잡는 일변량 분석의 집단 간 비교에서는 치조 파열음 /타/(/tavot) 파라미터에서 유의미한 차이가 나타났고(F=10.286 p<0.01), 성별 간 비교에서는 /다/(/davot) 파라미터에서 유의미한 차이를 보였다(F=3.501, p<0.01)<표18>. 그런데 성별간 /다/(/davot) 파라미터의 유의미한 결과에 대해서는 남녀 생리적 호흡량과 조음 작용에 관련이 되므로 본지에서는 논의하지 않을 것이다. 집단과 성별 간 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다.

표 14. 양순 파열음의 VOT 기술통계량
Table 14. Descriptive statistics of VOT for bilabial-plosives

		Mean±SD (단위 : msec.)		
		/바/	/빠/	/파/
통제군	남	68.27±16.33	16.60±8.47	102.16±23.51
	여	76.75±19.64	10.91±5.90	106.08±21.83
합		73.11±18.14	13.35±7.41	104.40±21.75
환자군	남	63.87±18.82	15.76±5.79	107.40±39.83
	여	81.60±38.39	19.31±7.61	114.20±14.05
합		73.32±31.19	17.63±6.83	111.03±28.12

표 15. 치조 파열음의 VOT 기술통계량
Table 15. Descriptive statistics of VOT for alveolar-plosives

		Mean±SD (단위 : msec.)		
		/다/	/따/	/타/
통제군	남	70.16±14.85	18.44±4.55	96.27±18.16
	여	79.16±28.19	11.47±4.23	98.37±14.64
합		75.30±23.11	14.45±5.51	97.47±15.60
환자군	남	63.27±18.45	17.33±7.87	112.61±16.69
	여	96.56±11.44	18.32±4.96	122.53±18.13
합		83.24±21.93	17.86±6.25	117.90±17.60

표 16. 연구개 파열음의 VOT 기술통계량
Table 16. Descriptive statistics of VOT for velar-plosives

		Mean±SD (단위 : msec.)		
		/가/	/까/	/카/
통제군	남	93.05±11.93	29.99±10.37	125.05±16.61
	여	104.25±23.02	29.58±15.07	119.99±22.32
합		99.45±19.32	29.76±12.80	122.16±19.52
환자군	남	94.38±21.10	36.23±13.61	128.71±21.22
	여	100.76±17.90	31.65±13.03	136.93±19.20
합		97.78±19.03	33.79±13.03	133.09±19.88

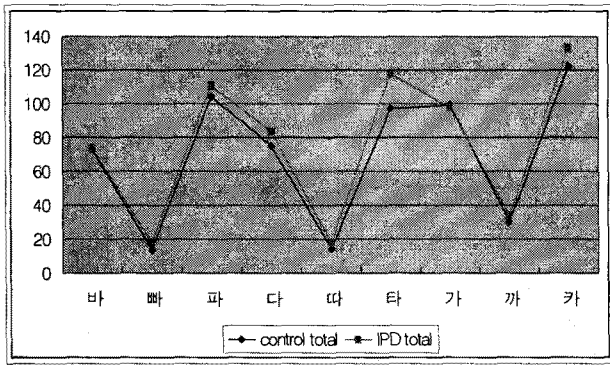


그림 3. 통제군과 환자군 파열음 VOT의 비교

Fig. 3. Comparison of VOT for 9 plosives between control & patients group

표 17. 9개 파열음 VOT 다변량 분석

Table 17. MANOVA results of VOT for 9 plosives

효과	값	F	가설 자유도	오차 자유도	유의 확률	
group	Wilks의 람다	.540	1.606(a)	9.000	17.000	.191
sex	Wilks의 람다	.508	1.828(a)	9.000	17.000	.136
group * sex	Wilks의 람다	.522	1.728(a)	9.000	17.000	.159

표 18. VOT 일변량 분석

Table 18. ANOVA results of VOT for 9 plosives

종속 변수	제 III 유형 계합	자유도	평균 제곱	F	유의 확률	
bavot	.359	1	.359	.001	.982	
b*avot	102.163	1	102.163	2.111	.159	
pavot	319.252	1	319.252	.469	.500	
davot	3364.631	1	3364.631	1.628	.214	
group	d*avot	58.945	1	58.945	1.906	.180
tavot	2931.306	1	2931.306	10.286	.004(**)	
gavot	8.322	1	8.322	.022	.883	
g*avot	123.494	1	123.494	.697	.412	
kavot	757.881	1	757.881	1.866	.184	
bavot	1226.496	1	1226.496	1.860	.185	
b*avot	8.172	1	8.172	.169	.685	
pavot	205.330	1	205.330	.302	.588	
davot	7235.750	1	7235.750	3.501	.008(**)	
sex	d*avot	63.934	1	63.934	2.067	.070
tavot	257.912	1	257.912	.905	.351	
gavot	552.383	1	552.383	1.478	.098	
g*avot	44.608	1	44.608	.252	.620	
kavot	17.883	1	17.883	.044	.836	
bavot	152.971	1	152.971	.232	.634	
b*avot	152.851	1	152.851	3.158	.088	
pavot	14.873	1	14.873	.022	.884	
group	davot	3720.935	1	3720.935	1.800	.192
* d*avot	113.400	1	113.400	3.666	.067	
sex	tavot	109.235	1	109.235	.383	.541
gavot	41.331	1	41.331	.111	.742	
g*avot	30.978	1	30.978	.175	.680	
kavot	314.955	1	314.955	.775	.387	

*p<.05 **p<.01 ***p<.001

5. 맺음말

본 연구는 약물복용을 하지 않은 파킨슨병 환자군과 정상 노인군을 대상으로 음성에 나타나는 차이점을 다양한 변수를 이용하여 살펴본 것이다. 결론을 정리하면 다음과 같다.

첫째, /아/ 연장 발성 음향 파라미터인 F0, intensity, shimmer, HNR, jitter에서 모든 파라미터를 동시에 고려한 경우에는 환자군과 정상 노인과의 유의미한 차이를 보이지 않았으나 intensity, shimmer, HNR, jitter 파라미터에서 개별적으로는 집단 간 차이를 나타내었다. 발병 초기 환자군 음성은 습관적 기본주파수 (habitual F0)에서의 변화를 보이지 않았다. 이는 환자군의 발병 기간이 상대적으로 짧았기 때문으로 여겨진다. 즉, 초기 환자군의 평상시 발성은 통상적인 음도를 유지하고 있는 반면, 강도와 음질에서는 차이가 나는 것을 알 수 있다. 파킨슨병 환자들의 성대 휨(bowing)과 성대의 불완전한 수축력의 정도(degree of glottal incompetence)를 보고한 선행연구[5][15]에서와 같이 본 연구에서의 jitter와 shimmer 상승도 같은 맥락으로 설명될 수 있다.

둘째, 기본주파수 변화 관련 low F0, high F0, range F0를 동시에 고려한 경우 집단 간, 성별 간 유의한 차이를 나타내었다. 또한 환자군에서 high F0가 낮아지는 변화를 보였으며 이는 병의 초기부터 환자의 음도가 낮은 주파수대에 머무는 것을 의미한다. 이것은 음도를 결정짓는 윤상갑상근과 성대 강직(stiffness) 때문으로 여겨진다. 윤상갑상근의 수축은 성대의 길이와 긴장도를 증가시키게 되고 이때 갑상피열근이 수축하면서 발생시 음도를 조절하는데 가성에서는 갑상피열근의 수축 없이 단지 윤상 갑상근만 수축하여 발성이 이루어진다[6]. 윤상갑상근이 수축하여 성대 길이를 늘리는 것을 시도할지라도 성대근 강직으로 단면적의 양이 줄지 않는다면 고음이 나오지 않을 것이다. 이에 본 연구에서 환자군의 high F0와 range F0가 정상 노인보다 감소하는 기전은 후두근인 윤상갑상근과 갑상피열근의 강직으로 생각한다. 이런 생각의 근거는 파킨슨병 환자의 후두 구조와 운동성에 대한 여러 선행연구가 뒷받침해주고 있다[5].

셋째, 파킨슨병 초기에는 환자군과 정상 노인군 사이에 MPT 차이를 보이지 않는다. 그러나 동일시간대로 나타났어도 지각적 측면에서 환자군의 음성은 힘이 없이 발성이 되는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 맺음말 첫째 내용에 언급한 세기(intensity) 약화와 관련지어 생각해보면 현상이다.

넷째, SMR 과 AMR 비교에서, 환자군은 치조음 /티/와 /키/에서 집단 간 유의미하게 낮은 차이를 보이고 있다. 이는 통제군보다 환자군의 VOT 값이 더 크며 9개의 VOT 파라미터 중 치조 파열음인 /타/에서 집단 간 유의미한 차이를 보인 것과도 같은 의미로 해석할 수 있다. 이는 양순 파열음의 VOT 만을 확인한 선행연구와는 달리, 치조음과 연구개음의 VOT 비교로 파킨슨병 초기에는 하악 내림으로 인한 구강 개폐보다 혀의 운동

성 감소가 먼저 나타난다는 기술로 정리될 수 있다. 이는 임상에서 파킨슨병 초기 진단에 유용한 정보가 될 수 있다고 판단된다.

AMR과 VOT에서 치조음과 연구개음에 수치 차이를 보이고 있으므로 혀 첨단(tongue tip)과 혀 후반부(tongue posterior dorsal) 운동성 감소로 판단할 수 있다. 이는 혀의 전반적인 운동성 감소를 말할 수 있으나, 특별히 치조 파열음 VOT에서 유의한 차이를 보이므로 혀 전반부 영역의 운동성 감소가 후반부 영역보다 더 크다고 판단할 수 있다. stage I 인 병 초기부터 미주신경의 운동 신경핵(dorsal motor nucleus)과 장 운동체계(enteric nervous system)의 신경 변화가 보고되었기에[16] 신체 말단 부분인 혀 자체의 근육 문제로 보기보다는 상위의 신경변화와의 연관성을 생각해 볼 여지가 있다.

혀 첨단의 활동이 감소한다는 것은 조음 속도가 느려짐을 의미하며 조음 속도가 느려진다는 것은 단순하게 생각하면 동일 호흡량으로 조음할 수 있는 발화수가 적어지는 것으로 해석할 수 있다. 낱말의 증가로 인한 역행단음화(anticipatory compensatory shortening) 현상이나[17] 조음의 경계를 위한 동시조음(coarticulation) 등에서 알 수 있듯이, 사람의 뇌는 전달 내용을 고려하여 호흡과 혀(혀로 대표되는 조음기관)를 시간축에 따라 상호 유기적으로 묶고 지배한다고 볼 수 있으므로 정상인들은 조음 속도가 변한다고 하더라도 조음들간의 협응에 지장이 없다. 하지만 파킨슨병 환자들은 전반적 신체 강직으로 인해 복근과 호흡량 그리고 말 생성의 협응을 이루어내지 못하며 이는 마비말장애군에서 흔히들 호소하는 어눌한 조음의 원인이 된다[5]. 즉, 뇌에서는 발병전과 동일한 속도로 발화를 생성하도록 신호를 보내지만 신체 강직으로 인한 근육 기능 저하로 뇌의 지시와 조음 동작의 수행 시간차가 발생하게 되고 이것은 파킨슨병 환자들의 조음에 큰 영향을 주는 것으로 판단된다.

본 논문은 약물중재 전후 파킨슨병 환자 음성의 종단적 연구 중, 약물중재 전 상황의 일부 연구이다. 후속 연구로 약물 복용 전후의 운율 특성, 환자의 주관적 음성 평가와 전문가의 객관적 음성 평가사이의 차이, 그리고 병의 진행에 따른 음성변화 연구가 이루어질 예정이다. 본 논문은 약물중재전의 환자군 음성과 정상군 음성의 음향적 특징만을 살펴 본 것이다. 위에 든 후속 연구들 외에, 호흡 패턴과 호흡량을 정밀하게 측정할 수 있는 후속 연구도 진행할 필요가 있다. 마지막으로 도파민 양과 뇌의 파괴 정도가 음성에 어떠한 변화로 나타나는가의 상관관계를 알아보는 연구도 절실히 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] S. Pino, C. Ozsanocak, E. Tripoliti, S. Thobois, P. L. Dowsey, P. Auzou, "Treatments for dysarthria in Parkinson's disease", *Lancet Neurology*, 3, pp. 547-56, 2004.
- [2] A. Y. Lee, "A Study on the Behavioral Neurology of Parkinson's Disease", PhD thesis, *Chungnam National University*, 1996.
- (이예영, "파킨슨씨병 환자의 행동신경학적 특성에 관한 연구", 충남대학교 대학원 박사 학위 논문, 1996.)
- [3] S. A. Choi, J. H. Kim, M. S. Lee, "Status of Korean Patients with Parkinson's Disease before Diagnosis", *Journal of Korean Neurological Association*, 18(6), pp. 687-693, 2000.
- (최선아, 김진호, 이명식, "한국 파킨슨병 환자의 진단전 상황", *대한신경과학지*, 18권 6호, pp.687-693, 2000.)
- [4] Medicine school of Chung-Ang University(trans), Joseph T. Dipiro, PharmD, FCCP et al., *Pharmacotherapy a pathophysiologic approach*, 6th ed., Seoul: JoyunCommunication, 2005.
- (중앙대학교 의과대학 학술연구모임(역), T. Joseph, Dipiro, PharmD, FCCP 외 다수, *임상약물백과사전* 6판, 조윤커뮤니케이션, 2005.)
- [5] J. R. Duffy, *Motor Speech Disorders: substrates, differential diagnosis and management*. St Louis: Mosby, 2005.
- [6] Korean Otolaryngological Society(edit), *Otorhinolaryngology- head and neck surgery*, Seoul: Iljogak, 2002.
- (대한이비인후과학회(편), *이비인후과학-두경부외과학*, 일조각, 2002.)
- [7] K. H. Pae, J. H. Wang, S. H. Choi, S. Y. Kim, S. Y. Nam, "Glottal Characteristics and Voice Complaint in the Elderly", *Journal of Korean society of logopedics & phoniatrics*, 16(2), pp. 135-139, 2005.
- (배기훈, 왕중환, 최승호, 김상윤, 남순열, "노인 환자에서의 음성학적 특성", *대한음성언어의학회지*, 16권, 2호, pp. 135-139, 2005.)
- [8] S. E. Linville, *Vocal Aging*, Singular, 2001.
- [9] J. Y. Lee, "Acoustic analysis of speech in patients with idiopathic Parkinson's disease", MA thesis, *Chungnam National University*, 2007.
- (이준영, "파킨슨병 환자 언어의 음성학적 분석", 충남대학교 대학원 석사 학위 논문, 2007.)
- [10] S. H. Park, "Production Ability of Korean Bilabial stops in Parkinson's Disease", MA thesis, *Ewha womans University*, 2002.
- (박성혜, "파킨슨병 환자의 양순 파열음 산출 능력에 관한 음향학적 연구", *이화여자대학교 대학원 석사 학위 논문*, 2002.)
- [11] J. E. Sung, H. H. Kim, H. S. Kim, S. H. Oh, J. M. Hong, M. S. Lee, "Effects of Subthalamic Nucleus Deep Brain Stimulation on the phonation and Articulation of the Patients with Parkinson's Disease", *Journal of Korean Neurological Association*, 22(5), pp. 472-477, 2004.
- (성지은, 김향희, 김현숙, 오승현, 홍지만, 이명식, "시상하핵 뇌심부자극이 파킨슨병 환자들의 발성과 조음에 미치는 영향", *신경과학학회지*, 22권 5호, pp. 472- 477, 2004.)
- [12] B. Harel, M. Cannizzaro, H. Cohen, N. Reilly, P. Snyder. "Acoustic characteristics of Parkinsonian speech: a potential biomarker of early disease progression and treatment". *Journal of Neurolinguistics*, 17, pp. 439-453, 2004.
- [13] K. Forest, G. Weismer, G. Tumer, "Kinematic, acoustic and perceptual analyses of connected speech produced by Parkinsonian and normal geriatric males", *Journal of the*

Acoustical Society of America, 85, pp. 2608-2622, 1989.

- [14] A. Flint, S. Black, I. Taylor, G. Gailey, C. Levinton, "Acoustic analysis in the differentiation between Parkinson's Disease and major depression", *Journal of Psycholinguistic Research*, 21, pp. 383-399, 1982.
- [15] P. Kathe, L. Ramig, M. Smith, C. Dromey, "The Parkinson Larynx: Tremor and Videostroboscopic Findings", *Journal of Voice*, 10(4), pp. 354-361, 1996.
- [16] H. Braak, U. Rüb, W. Gai, K. Tredici, "Idiopathic Parkinson's disease: possible routes by the which vulnerable neuronal types may be subject to neuroinvasion by an unknown pathogen", *Journal of Neural Transmission*, 110, pp. 517-536, 2003.
- [17] C. J. Seong, "The Experimental Phonetic Study of Korean Prosodic-Structure-with respect to its Durational Aspect", *Journal of Korean Linguistics*, 27, pp. 179-201, 1996.
(성철재, "한국어 운율구조의 실험음성학적 연구: 지속시간과 관련하여", *국어학*, 27, pp. 179-201, 2004.)

• **강영애 (Kang, Youngae)**

충남대학교 대학원 언어병리학과
대전광역시 유성구 궁동 220
Tel: 042) 821-6391
E-mail: redoffice1@yahoo.co.kr
관심분야 : 신경 언어장애, 음성장애
현재 충남대학교 언어병리학과 박사과정 재학중

• **김용덕 (Kim, Yongduk)**

건양대학교병원 신경과
대전광역시 서구 가수원동 685
Tel: 042) 542-0214
E-mail: yongduk@kyuh.co.kr
관심분야 : 파킨슨병, 두통
현재 건양대학교병원 신경과 교수

• **반제천 (Ban, Jeachun)**

충남대학교 인문대학 교육학과
대전광역시 유성구 궁동 220
Tel: 042) 821-6346
E-mail: jban@cnu.ac.kr
관심분야 : 교육 측정, 평가
현재 충남대학교 인문대학 교육학과 교수

• **성철재 (Seong, Cheoljae) 교신저자**

충남대학교 인문대학 언어학과
대전광역시 유성구 궁동 220
Tel: 042) 821-6395
E-mail: cjseong@cnu.ac.kr
관심분야 : 운율분석, 장애음성분석
현재 충남대학교 인문대학 언어학과 교수