

## 파킨슨병 환자 대상 조음교대운동의 음향적 분석

### An Acoustic Analysis of Diadochokinesis in Patients with Parkinson's Disease

강 영 애<sup>1)</sup> · 박 현 영<sup>2)</sup> · 구 본 석<sup>3)</sup>

Kang, Young Ae · Park, Hyun Young · Koo, Bon Seok

#### ABSTRACT

The acoustic analysis of diadochokinesis(DDK) has been used to evaluate dysarthria. However, there has not been an automatic method to evaluate dysarthria. The aim of this study was to introduce a new automated program to measure DDK tasks and to apply this to clinical patients with idiopathic Parkinson's disease(IPD). Fourty-seven patients with IPD and a healthy control group of twenty participants were selected with every DDK task recorded three times. Twenty-five acoustic parameters in the program were developed. The relevant parameters were times of DDK, pitch related parameters, intensity parameters which were analyzed by 2-way ANOVA. Significant differences between the groups were found in the times of DDK, pitch related parameters, and intensity parameters. The findings indicated that the pitch of control group was more stable than that of the IPD. Even though the patients with IPD had a higher intensity value, this phenomenon was caused by the weakness of the IPD group who could not control their speech with a breath.

**Keywords:** diadochokinesis, idiopathic Parkinson disease, automatic measure

#### 1. 서 론

중뇌 흑색질의 도파민 생성 문제로 야기되는 파킨슨병 환자들은 신체 강직으로 인하여 호흡, 발성, 조음, 운율 측면에 부정적 영향을 주며, 과소운동형 마비말장애(hypokinetic dysarthria)로 분류된다. 선행연구에서 보고된 파킨슨병 환자들의 말소리에 대한 청지각적 소견으로는 숨 새는 음성(breathy voice), 거친 음성(harsh voice), 강도 변동 감소(monoloudness), 음도 변동 감소(monopitch), 부정확한 자음(imprecise consonants), 부적절한 침묵(inappropriate silence)과 분절 내 속도 증가(increased rate in segments), 전반적 속도 증가(increased of rate overall)를 들 수

있다(Darley et al., 1969; Duffy, 2005)

임상에서 사용하고 있는 마비말장애 평가방법은 구어 과제와 비구어 과제로 나누며, 구어과제 종류에는 모음연장산출(maximum phonation time), 조음교대운동(diadochokinesis, 이하 DDK), 표준문구 읽기 및 자발화 등이 있으며 이런 구어 과제를 통하여 호흡, 발성, 공명, 운율, 조음, 말 명료도를 평가한다.

DDK 과제는 동일한 음절을 연속적으로 반복하는 ‘교대운동 속도(alternating motion rate, 이하 AMR)’와 두 개 이상의 서로 다른 음절을 연속 반복하는 ‘일련운동속도(sequential motion rate, 이하 SMR)’가 있다. 일반적으로 AMR 과제는 /퍼/, /터/, /커/ 음절을 각각 사용하며 각 음절은 입술, 치조, 및 연인두 조음기관을 포함한 움직임, 속도, 규칙성 및 연인두 폐쇄 정확성, 호흡과 발성의 특성, 그리고 조음 정확성을 파악하는데 사용되는 반면, SMR 과제는 /퍼터커/ 음절을 반복하므로 한 조음 위치에서 다른 위치로 조음기관 움직임을 평가하므로 AMR 과제에서 이루지는 평가 초점 뿐 아니라 다양한 조음기관 간의 신속하고 부드러운 운동능력 평가에 유용하다(Duffy 2005; 정은영 외, 2011).

AMR 과제가 문장산출 과제보다 증상의 유형 및 손상 정도

1) 충남대학교 kangyoungae1@naver.com 제1저자

2) 원광대학교병원 hyppark@hanmail.net

3) 충남대학교 bskoo515@cnu.ac.kr 교신저자

본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었습니다.

(과제번호: NRF-2012S1A5B5A07035800)

접수일자: 2013년 11월 15일

수정일자: 2013년 12월 3일

게재결정: 2013년 12월 13일

에 높은 예측을 보이지만(Zigler, 2002), 과소운동형 마비말장애 파킨슨병 환자의 DDK 과제 수행 결과는 연구자마다 다른 결과가 보고된다. 통제군보다 느린 수행(Canter, 1965), 혹은 비슷한 수행(Ackermann, et al., 1995) 오히려 빠른 수행(Hirose, et al., 1981)을 한다고 하며 이런 불일치 결과에 대하여 다른 연구자는 AMR 과제 결과를 환자 변별적 진단에 사용하기보다 증상적도 평가로만 이용되는 것이 바람직하다고도 주장하였다(김윤정, 2003).

이런 불일치 결과보고에도 불구하고 DDK 과제 수행 평가는 마비말장애의 전통적 임상 평가법으로 현재도 널리 사용되고 있다. DDK 분석 방식은 수동과 자동으로 나눌 수 있는데 수동 방식은 임상에서 가장 널리 사용되는 방식으로 말 그대로 수작업 분석을 일컫는다. 실시간으로 들리는 음성 속도에 맞추어 임상가가 횡수세기를 하므로 임상가의 집중력과 주위 소음 정도에 따라 높은 오류를 보일 수 있고 자료 보존성 면에서 취약하다. 자료를 보존하기 위해 음성을 녹음하고 스펙트로그램을 이용한 횡수세기를 하더라도 임상가의 음향 전문지식이 없다면 횡수세기 이상의 다른 음향 분석에 어려움을 갖는다. 자동 방식은 KAY 사의 상용화된 Motor speech profile(이하 MSP) 프로그램을 이용한 분석이다. 이 프로그램에서는 음도와 강도의 평균과 표준편차 수치를 제공받을 수 있으나 기본적인 DDK 횡수세기는 제공받지 못하므로 결국 수작업으로 조음 횡수를 세어야 하는 문제가 있다.

본 연구에서는 DDK 분석 방식의 문제점을 파악하고 해결하고자 DDK 횡수세기 및 음도-강도 관련 변수를 자동으로 구할 수 있는 프로그램을 개발하였으며(강영애, 2011; 2013) 이를 이용하여 파킨슨병 환자 대상으로 조음교대운동 속도에 대한 음향적 정보를 제공하고자 한다.

## 2. 선행연구

DDK 과제 수행의 음향적 접근을 다룬 국내외 선행연구를 순차적으로 살펴보았으며 우선, 국내연구로는 경직형 마비말장애군과 통제군을 대상으로 1음절과제(/퍼/), 2음절과제(/퍼터/), 3음절과제(/퍼터커/)를 일정시간 내 반복횡수와 강도를 측정하고 역으로 1회 반복되는 음절길이를 측정한 결과 집단 간 차이를 확인하였고(황보명 등, 2000), 말실행증 환자대상으로 3-10초 동안의 반복조음을 1초씩 구간을 나누어 구간별 반복횡수와 음절길이와 강도를 확인한 결과, 시간 진행에 따라 음절길이 및 강도가 달라짐을 확인하였다(김윤정, 2003).

특발성 파킨슨병 환자군과 통제군을 대상으로 한 연구(강영애 등, 2009a; 2009b; 2011)에서는 임상의 활용도를 고려하여 SMR 횡수 계산방식을 AMR과 동일하게 음절 한 개 씩 측정하므로써 SMR과 AMR 상호간 비교를 시도하였다. 또한 DDK 과제 수행속도와 모음(/아//이//오/) 음향 공간 면적에 기반이 되는

유클리드 거리 간 상관을 조사하여 [SMR과 모음/이\_오/ 간 거리]에 높은 상관을 통계적으로 확인하여 조음 속도와 모음음향면적 간의 연관성을 음향적으로 뒷받침하였다(강영애 등, 2009b).

과소운동형 경도, 중도 마비말장애군을 대상으로 MSP 프로그램으로 수행속도 및 규칙성을 나타내는 DDKavr와 DDKsdp 변수를 조사한 결과, 환자군과 통제군 간 규칙성과 환자군 내 중도와 경도 간 /커/ 규칙성에 유의미한 차이를 통계적으로 검증하였다(정은영 등, 2011). MSP 프로그램에서는 측정 강도역치 값이 고정되어 있어 환자군에서 나타날 수 있는 중얼거림(murmur) 혹은 낮은 강도의 발화가 역치 값 이하 일 경우 분석에서 제외되는 단점이 있으므로 모든 측정 샘플의 강도역치를 조절해야 하는 신중함이 필요하다. 하지만 연구보고에서 역치 및 강도 값을 제시하지 않고 시간 변수만 조사한 것은 분명 해석의 한계를 갖게 하므로 이점은 추후 보강이 필요할 것으로 생각된다.

국의 연구에서는 DDK 과제 측정시 음절길이와 에너지 폭락선(envelope)을 음향분석 변수로 소개하였고(Kent, et al., 2000), DDK와 유사한 CV 환경에서의 음향적 분석 연구들에서는 CV 환경에서의 F2 궤적(trajecory)과 파찰음의 F2 적률(moment, 이하 M1)을 조사하여, 통제군보다 마비말장애군의 F2 궤적과 M1이 작음을 확인하여 이를 말 명료도의 예측인자로 활용가능하다고 주장하였다(Weismer, et al., 1988; Kent, et al., 1989; Kim, et al., 2009; Kim, et al., 2010).

파킨슨병 환자의 CV 환경 조음에 대한 연구에서는 모음 F2 onset frequency를 F2 target frequency로 나눈 비율(ratio)을 변수로 새롭게 소개하였다(Tjaden, 2000). 변수에 대한 부가설명을 더하면 F2 onset frequency란 F2 포먼트의 시작점을 뜻하고, F2 전이(transient) 곡선의 초기 값이다. F2 target frequency란 모음 포먼트 안정구간에서의 F2 값으로 F2 전이 이후 값을 의미한다. 그러므로 비율 = 1은 F2 전이 전 값과 목표 값이 동일하므로 모음의 조화가 완벽하게 되었다고 할 수 있고, 비율>1은 목표 조음으로 가는 조음 움직임이 상대적으로 적고, 비율<1은 목표 조음으로 가는 움직임이 더 많음을 뜻한다. 느리게 읽기, 보통 읽기, 빠르게 읽기 환경에서 이 비율을 조사한 결과, 환자군이 통제군보다 적은 비율을 보여 F2 onset frequency가 역행 모음협응(anticipatory vowel coarticulation)을 추론할 변수가 될 수 있다고 주장하였다.

McRae, et al.(2002)은 파킨슨병 환자를 대상으로 Tjaden(2000)와 동일한 조음속도 환경에서 모음(/아//이//우//애/)의 음향공간면적을 측정하여 청지각적 명료도 평가와 낮은 상관을 확인하였다. 또한 조음 속도와 분절길이 간 상관분석에서는 환자군 내 모음과 파찰음 분절길이가 ‘느리게 읽기>보통 읽기>빠르게’ 읽기 순이라고 제시하였다. 여성 환자군의 모음과 파찰음 분절 길이는 보통 읽기와 빠르게 읽기에서 짧아지지 않았고, 모

음음향공간과 속도 간에서도 통계적으로 유의한 결과는 보이지 않아 속도에 따라 모음음향공간이 변하였음을 확인하였다. 이 연구에서는 느리게 읽기에서 모음음향공간이 넓어져 좋은 명료도를 보인다는 식의 논의를 풀어갔지만 음향공간 변동을 보이는 해당 음소의 강도 값을 제시하지 않았다는 단점과 남성보다 여성이 일반적으로 좁은 음향모음공간이지만 더욱 선명한 조음점을 갖고 명료도가 높다는 점을 설명하지 못하였다.

앞서 지적했듯이 McRae, et al.(2002) 연구의 맹점을 보완하고자 마비말장애 환자를 대상으로 Tjaden, et al.(2004)는 속도와 강도에 대한 연구를 음향과 청지각적으로 접근한 후속 연구결과를 제시하였다. 음향변수로는 조음속도, 강도, 모음음향공간, M1 차이, F2 궤적을 사용하였으며, 동일 녹음 자료를 느리게, 크게, 보통 읽기로 다른 환경에서 적용한 후 청지각적 평가 점수와 음향변수 간의 검증 결과, 모음음향공간은 느리게 읽기에서 최대가 되었고, M1은 크게 읽기에서 최대 되었고, 또한 크게 읽기에서 청지각적으로 명료도가 최대가 됨을 확인하였다.

과소운동형 마비말장애에 유형인 외상성 뇌손상 환자(traumatic brain injury, TBI)를 대상으로 발화 속도와 강세를 조사한 Wang, et al.(2005)에서는 DDK 과제의 음절길이, 음절 간 쉼 길이, 규칙성을 살펴보고, 비교 문장을 두어, AMR과 문장 안에서 음절 간 음절속도를 함께 조사한 결과, 환자군의 조음속도가 통제군보다 느렸고 문장의 강세 음절과 비강세 음절 근처에 놓이는 쉼과 주파수 기울기를 확인한 결과, 환자군에서 강세 음절과 비강세 음절 간 주파수 변동에 유의한 차이와 환자군 내 경도와 심도 간 문장 쉼과 발화 속도 차이를 확인하였다.

### 3. 연구 대상 및 절차

#### 3.1 연구 대상자

본 연구의 대상자는 2009년 7월부터 2012년 10월까지 대학병원 신경과 전문의들로부터 특발성 파킨슨병(Idiopathic Parkinson Disease, 이하 IPD)으로 진단받고 항파킨슨제(성분명: Carbidopa/L-dopa, 상품명: Sinemet CR, 제조회사: Novartis)를 처방받는 환자군으로 개별 증상에 따라 추가적 약물을 복용하였다. 통제군은 환자군과 연령대를 맞추어 과거와 현재 신경학적 병력이 없고 일상생활 거동에 불편이 없는 정상인을 모집하였다. 대상자 모집시 사전에 연구에 대하여 충분히 설명을 하였고, 담당의와 환자, 그리고 환자 보호자에게 개별적으로 연구 참여 동의를 구하였다. 대상자들이 노년인 관계로 고혈압과 당뇨 관련 약물을 복용하는 사례가 많아 다른 약물복용 유무를 대상자 선정기준에 고려하지 않은 반면, 사례면담과 보호자 보고에 의해 모든 대상자들은 일상생활에 어려움을 초래하는 인지 및 청력문제가 없음을 확인하였다. 자세한 대상자 정보는 <표 1>에 제시하였다.

#### 3.2 녹음자료 및 분석방법

환자 음성 녹음은 병원 내 조용한 방에서 실시하였고, 약물 복용 후 3시간 정도 경과되어 약물 효과가 안정된(on-stage) 상태를 신경과 전문의로부터 확인하였다. 통제군 음성 녹음은 재가 방문으로 실시하였다. 녹음은 헤드셋 마이크(Sennheiser pc151, Sennheiser electronic GmbH & Co. KG, Germany)를 보이스 레코더(PCM-50, Sony Corporation, Tokyo, Japan)에 부착하여 사용하였고, 48 kHz 표본화율과 24 bit 양자화 조건에서 디지털 변환하였다. 헤드셋 마이크를 사용하였으므로 마이크와 입 간의 거리는 환자의 두상의 크기에 따라 조금의 차이가 발생하지만 대체적으로 5~10cm 내외로 유지되었다. 녹음자료는 /퍼터커/인 SMR과 /퍼/터/커/ 각각인 AMR로 구성하였으며, DDK 과제는 최대한 빠르고 정확하게 조음하는 것이 중요하므로, 이를 위해 연구자의 시현과 모방연습 시간을 녹음 전에 충분히 제공하였다. 모든 녹음은 3회씩 반복하였고, 1회당 7초 이상을 녹음하였다. 녹음자료는 <표 2>에 정리하였다. 분석은 분석구간은 과일음의 첫 유성개시(Voice onset time, 이하 VOT)의 과일선에서부터 5초간을 선택하였다.

표 1. 대상자 정보  
Table 1. Information of subject characteristics

	통제군	환자군
전체 수(남:여)	20(8:12)	47(22:25)
평균연령(남:여)	66.5±6.9 (66.3±6.1:66.6±7.6)	67.2±4.8 (67.5±5.7:66.8±4.0)
진단명	-	IPD(모두)
평균 H-Y단계	-	2.1±0.6
평균 UPDRS	-	34.2±11.6
K-MMSE	-	25.4±2.4

H-Y단계 : Hoehn-Yahr stage  
UPDRS : United Parkinson Dis. Rating unit-III motor section  
K-MMSE : Korea-Mini Mental State Examination

표 2. 조음교대운동속도 과제 녹음자료  
Table 2. Voice recording data of diadochokinesis task

	내용	녹음횟수
SMR	/퍼터커/	
AMR1	/퍼/	연습 1회
AMR2	/터/	녹음 3회
AMR3	/커/	

본 연구에 사용된 DDK 자동화 분석 프로그램은 Praat의 스크립트(script) 기능을 바탕으로 개발되었다. 또한 기식음(breathy voice) 혹은 과도한 강도 저하로 인해 음도가 잡히지 않을 경우와 빠른 발성 혹은 중얼거리는(murmur) 발성 특성으로 음도곡선이 연결될 경우에 분석 오류가 발생할 수 있으므로 점점 스크립트를 마련하였다. 본 프로그램의 변수를 간략하게 설명하

면, 자유롭게 녹음된 DDK 파일을 대상으로 분석이 가능하다. 자유롭게 녹음되었다는 의미는 마비말장애 환자들의 특성상 호흡의 문제로 5초 동안 녹음이 안 될 경우도 분석이 가능하다는 뜻이며 녹음된 파일이 5초를 초과할 경우, 전반부 5초 구간만을 분석구간으로 선택하고, 5초 미만일 경우에는 파일전체구간을 분석구간으로 자동 선택된다.

프로그램에서 제공하는 변수는 크게 6개로, 분석구간, DDK 개수, 음도와 음도표준편차, 강도와 강도표준편차의 수치를 제공한다. 각 변수의 하위 변수로는 1초별 분석구간의 음도, 음도표준편차, 강도, 강도표준편차로 총 20개를 두었다. 또한 본 프로그램에서 DDK 각 횟수 지점의 시간과 강도 수치를 결과표로 제공하는 부분은 임상에서 활용도가 높을 것으로 판단한다(강영애, 2013). 변수에 대한 이해를 돕기 위해 분석 결과 예시 화면을 <그림 1>에 제공하였다.

통계검정은 SPSS 20.0™(SPSS Inc., Chicago, IL)을 이용하였으며 파킨슨병 환자군과 통제군 간 음향학적 DDK 분석 변수의 통계검증을 위해 3회 평균값을 적용하여 2요인 분산분석(two-way ANOVA)을 실시하였다.

### 4. 연구 결과

#### 4.1 DDK 횟수

IPD 군과 통제군 간의 DDK 횟수를 정리하면 <표 3>, <그림 2>와 같으며, 통제군에 비해 환자군에서 낮은 수행을 보임을 알 수 있다. 참고로 SMR 측정방식은 선행연구(강영애 외, 2009)처럼 5초 동안의 조음횟수를 기준으로 하므로 시간기준을 엄격히 지키기 위하여 부득이 SMR/퍼터커/ 횟수측정을 AMR과 동일하게 한 음절씩 세는 방식 채택하였다.

집단과 성별을 각 요인으로 잡고 이원분산분석을 적용한 결과, 모든 DDK의 /퍼터커/, /퍼/, /터/, /커/ 조음위치에서 집단과 성

별 간 교호작용은 없었다. 하지만 주효과로 집단 간 모든 조음 위치에서 통계적으로 유의하였으며, 성별 간 AMR1( $p=0.05$ ), AMR2( $p=0.015$ ), AMR3( $p=0.049$ )에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이해를 돕기 위해 각 검증 결과들을 한 표로 정리하여 [부록 1]에 제시하였다.

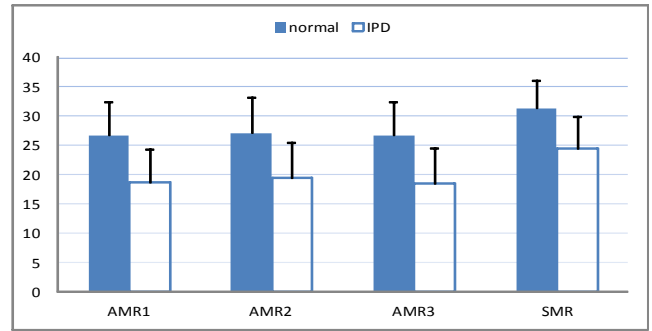


그림 2. 집단별 DDK 횟수 평균과 표준편차  
Figure 2. Means & standard deviations(SD) of times in DDK task

표 3. DDK 관련 기술통계량  
Table 3. Statistics of DDK task

	SMR	AMR1	AMR2	AMR3
Normal(mean±SD)				
M	33.29±6.91	30.20±5.33	31.45±6.67	30.37±6.07
F	30.13±2.58	24.44±5.05	24.33±3.94	24.27±4.34
T	31.40±4.89	26.75±5.80	27.18±6.18	26.71±5.82
IPD(mean±SD)				
M	24.82±6.23	18.84±5.00	19.91±6.09	18.75±6.89
F	24.16±4.95	18.59±6.22	18.99±6.38	18.37±6.56
T	24.47±5.53	18.71±5.62	19.42±6.20	18.54±6.19

M: male, F: female, T: total, unit: times

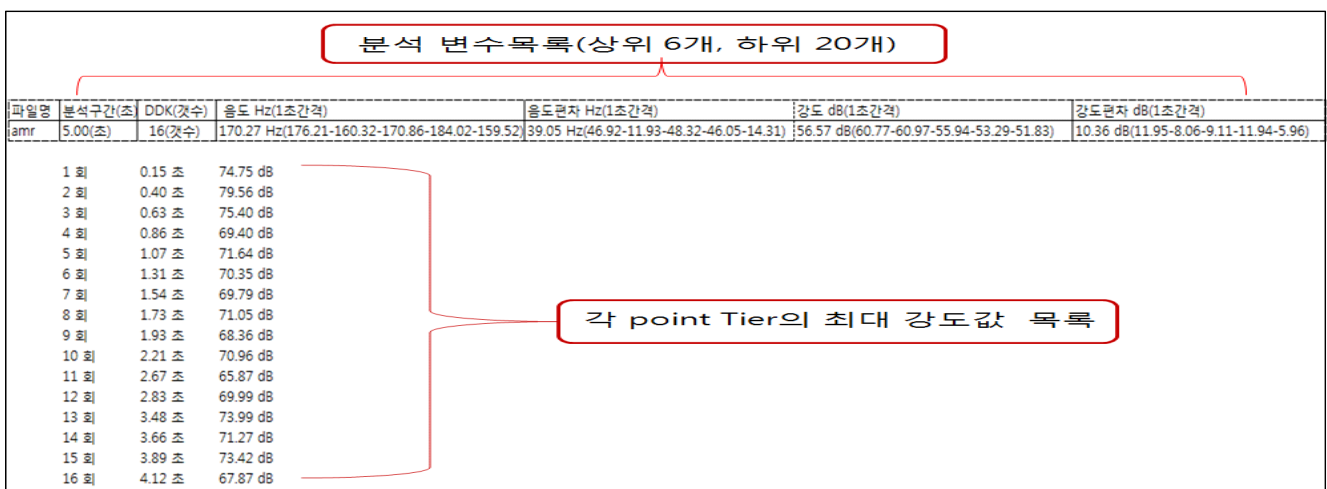


그림 1. 분석 결과 화면(강영애, 2013 재인용)  
Figure 1. Result view of analysis (from Kang, 2013)

4.2 음도관련 변수

음도관련 변수로는 5초 전구간의 음도(pitch\_All), 1초구간별 음도(pitch1, pitch2, pitch3, pitch4, pitch5), 5초 전구간의 음도표준편차(pitch\_All\_SD), 1초구간별 음도표준편차(pitch1\_SD, pitch2\_SD, pitch3\_SD, pitch4\_SD, pitch5\_SD)로 총 12개 변수이며, 이를 각각 2요인 분산분석으로 집단과 성별에 대하여 통계 검증하였다([부록 2-5] 참조).

pitch\_All과 pitch1-5 변수는 모든 조음위치에서 집단과 성별 간 유의한 교호작용을 보였으며, 성별 간 차이를 보였지만 이는 남녀의 기본주파수에 대한 차이를 반영한 것이므로 음성학적으로 해석이 불필요하다. 하지만 이는 본 연구의 분석프로그램의 자동화 분석의 신뢰도와 통계적 검증력을 뒷받침해 준다고 말할 수 있다. 특이한 점은 음도의 표준편차 양상으로 모든 조음위치에서 교호작용은 없었으나 AMR3 /키를 제외한 모든 조음위치에서 집단 간 차이를 보였다. 음도 평균을 [그림 3]에, 음도 표준편차를 [그림 4]에 도식하였고, [부록 6-7]에 음도관련 변수의 기술통계량을 제시하였다.

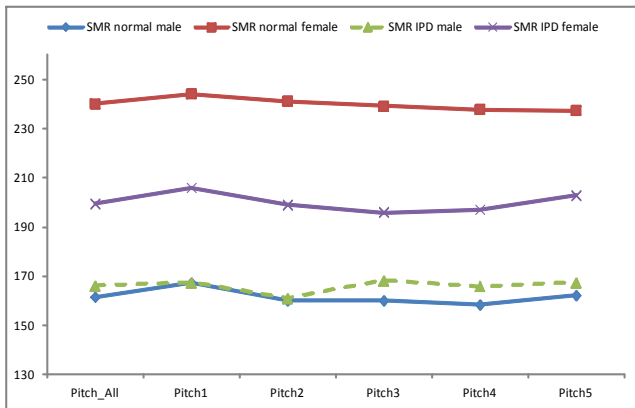


그림 3. 집단과 성별 간 음도 평균(SMR)  
Figure 3. Means of pitch each group and each sex(SMR)

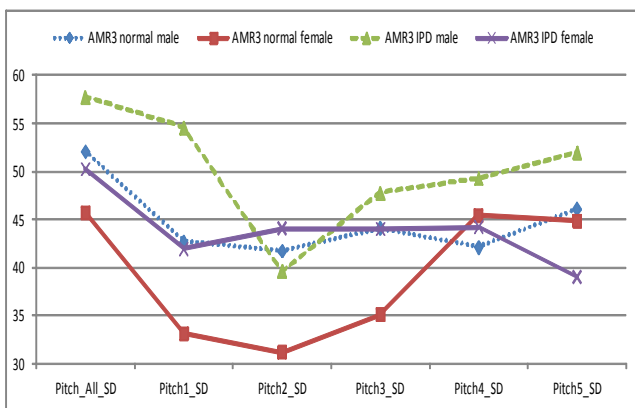


그림 4. 집단과 성별 간 음도 표준편차(AMR3)  
Figure 4. Standard deviations each group and each sex(AMR3)

4.3 강도관련 변수

강도관련 변수로는 5초 전구간의 강도(dB\_All), 1초구간별 강도(dB1, dB2, dB3, dB4, dB), 5초 전구간의 강도표준편차(dB\_All\_SD), 1초구간별 강도표준편차(dB1\_SD, dB2\_SD, dB3\_SD, dB4\_SD, dB5\_SD)로 총 12개 변수이며, 이를 각각 2요인 분산분석으로 집단과 성별에 대하여 통계 검증하였다. 모든 조음위치별 교호작용은 없었으나 주효과로 집단 간 차이가 강도변수에서 있었고, 강도 표준편차는 성별 간 통계적으로 유의한 차이를 보였다([부록 8-11] 참조). 조음위치별 강도평균과 표준편차를 [부록 12-13]에 제시하였고 강도 평균은 [그림 5]에 도식하였다. 특이한 점은 그림에서와 같이 통제군보다 환자군에서 높은 평균 강도를 보인다는 점이다.

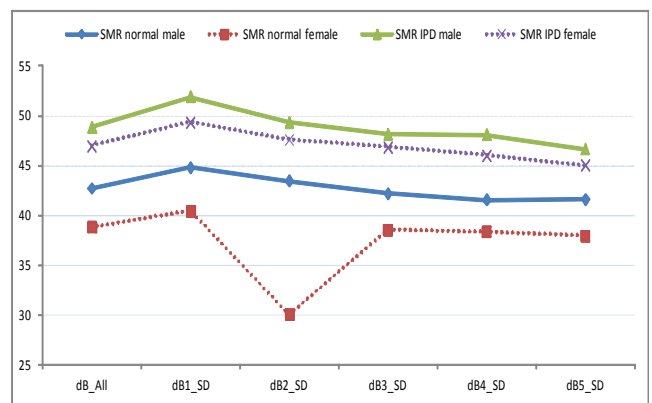


그림 5. 집단과 성별 간 강도 평균(SMR)  
Figure 5. Means of intensity each group and each sex(SMR)

5. 결론 및 논의

본 연구는 마비말장애 평가방식인 조음교대운동속도를 자동적으로 측정하는 프로그램을 개발하여, 파소운동형 마비말장애로 분류되는 파킨슨병 환자의 DDK 측정에 이를 적용하여 임상 정보를 제공하자 하였다. 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 본 프로그램이 임상에서 사용되는데 어려움이 작동될 수 있음을 임상 사례분석을 통하여 확인하였다.

둘째, 환자군의 DDK 횟수가 통제군 보다 적음을 확인하였다.

셋째, 음도관련 변수에서 여성 환자군이 여성 통제군보다 낮은 음도를 보였으며, 남성 환자군과 남성 통제군에서는 유사한 음도 대역을 보였다. 발화 후반부(pitch3, pitch4, pitch5)에서는 남성 환자군이 남성 통제군보다 약간 높은 음도를 보이기도 하였다. 음도 표준편차에서는 남성 통제군이 가장 안정적인 음도 폭을 갖고 있음이 확인되었다. 가장 안정적이라는 의미로 DDK 과제 수행시 호흡 개입이 되지 않았다는 의미로 해석할 수 있다. 5초 간의 발화 중 숨이 부족하여 숨을 쉬게 되면 음도와 강도 값의 상승을 초래할 수 있다. 그렇게 때문에 음도 표준편차

의 기록이 적은 남성 통제군이 DDK 과제수행 중 호흡의 분배를 골고루 잘 하였다는 의미로 해석할 수 있다.

넷째, 강도관련 변수에서 집단과 성별 간 통계적으로 차이를 보였다. 성별 간 차이는 남녀의 폐활량의 차이로 당연한 음성학적 해석이 되는 부분이기여 여기서 논하지 않겠다. 흥미로운 점은 환자군과 통제군 간의 집단 간 통계적인 차이를 보인 것으로 기술 통계량을 확인하여 보면 환자군의 강도값이 통제군보다 높다는 점이다. 이점은 기존에 자발화에서 환자군은 낮은 강도를 보인다는 선행연구와 상반되는 것으로 이 점을 논하기 위해서 연구전반에 걸쳐 여러 번의 확인작업을 해보았다. 일단 음향장비와 녹음 환경의 문제인가 확인 한 결과 음향장비와 녹음 장소는 환자군과 통제군이 같은 장비와 비슷한 환경에서 녹음이 이루어졌기에 원인이 될 수 없다. 대용량 파일의 스크립트 작동으로 인한 기술 에러가 있는지도 확인 작업을 하였지만 기술적 에러는 발견되지 않았다. 그렇다면 본 연구에서는 환자들의 호흡패턴을 원인으로 지목하고자 한다. 이점은 음도관련 변수에서도 논의한 것과 같은 맥락이다. DDK 과제수행시 환자들에게 주어지는 지시사항은 DDK 과제를 빠르고 정확하게 하면서 중간에 숨이 차면 숨을 쉬면서 그만이라는 신호가 있을 때까지 계속 연속조음을 수행할 것을 요구한다. 즉, 한 숨이라는 기준이 아니라 5초간 이라는 기준만 적용되므로 환자들은 5초간 여러 번 숨을 쉴 수 있다는 점이다. 호흡을 하게 되면 폐의 공기가 많아지고 성대를 내전시키는 성문하압이 높아져 결과적으로 음의 강도를 높게 된다. 이런 사전적 지식을 바탕으로 남녀 통제군에서는 발화시작전 첫 호흡을 갖고 계속적으로 조음을 하였지만 환자군에서는 중간에 숨을 쉬었다는 의미가 된다. 그래서 환자군에서 DDK 횟수가 적고 음도 편차가 심하며 강도 값을 높게 보인다고 생각한다. 이점은 분석 중 음성파일 분석 관찰 소견과도 일치한다. 즉, 통제군은 처음부터 음 강도를 조절하여 길게 발화할 것을 염두에 둔 발화를 하였지만 분석은 5초구간만 분석하므로 환자의 일관적 긴 발화분석 정보가 들어가지 않는 반면 환자군은 5초 이하 발화를 하였지만 중간중간 숨을 쉬는 발화를 많이 보였다. 동일한 지시문구로 DDK 과제를 수행을 요구하지만 통제군에서 강도값이 낮은 적은 숨으로 호흡배분을 하여 조음하였다고 설명할 수 있다. 하지만, 추후 한 숨에 발화한 DDK 횟수와 그 안에서의 음도 강도 비교를 하여 뒷받침하는 연구를 진행할 필요가 있다고 판단된다. 본 연구에서 통제군의 인지평가는 면담을 바탕으로 하였으나 노년기에 있을 수 있는 인지저하를 예민하게 파악하지 못한 점은 아쉬움으로 남는다. 또한, 다양하고 많은 환자군을 모집하여 신체평가척도(H-Y stage 혹은 UPDRS 점수)별 조음교대운동속도에 대한 정보를 제시한다면 더욱 임상적 활용도가 높을 것으로 판단한다. 본 연구는 DDK 측정 프로그램 개발과 이를 임상에 적용한 연구데이터를 보여준 것이며, 추후 DDK 횟수의 시간 값도 활용하여 심도 있는 변수개발을 계속 할 예

정이다.

## 감사의 글

녹음에 참여해주신 환자분들과 환자섭외에 도움을 주신 원광대병원 이학승 교수님 그리고 프로그램 개발에 조언을 해주신 영남대 윤규철 교수님께도 감사드립니다.

## 참고 문헌

- Kang, Y. A., Kim, Y. D., Ban, J. C., Seong, C. J.(2009a). A Comparison of the voice differences of patients with idiopathic Parkinson's disease and a normal-aging group. *Journal of the Korean Society of Speech Sciences*, 1(1), 99-107.
- (강영애, 김용덕, 반재천, 성철재(2009a). 파킨슨병 환자의 정상 노인의 음성비교. *말소리와 음성과학*, 1(1), 99-107)
- Kang, Y. A., Park, S. H., Seong, C. J.(2009b). Articulation characteristics of patients with idiopathic Parkinson's disease and normal-aging group: articulatory rate & acoustic vowel space. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 18(3), 115-135.
- (강영애, 박상희, 성철재(2009b). 파킨슨병 환자와 정상 노인의 조음 특성 연구. *언어치료연구*, 18(3), 115-135)
- Kang, Y. A.(2011). A study of speech parameters used for diagnosis for patients with idiopathic Parkinson's disease. Ph.D. dissertation, Chungnam National University.
- (강영애(2011). 특발성 파킨슨병 환자의 진단용 말 관련 변수 연구. *충남대학교 대학원, 언어병리학과, 박사학위 논문*)
- Kang, Y. A.(2013). An acoustic analysis of diadochokinesis in patients with Parkinson's disease. *Proceedings of the 2013 spring conference of the Korean Society of Speech Sciences*, 117-119.
- (강영애(2013). 파킨슨병 환자대상 조음교대운동속도의 음향적 분석, 2013년 한국음성학회 봄학술대회 논문집, 117-119)
- Kim, Y. J.(2003). Characteristics of AMR in apraxia of speech: a case study. *Communication Sciences & Disorder*. 8(1), 168-182.
- (김윤정(2003). 말실행증 환자(Apraxia of speech)의 AMR 수행 특성: 사례연구. *언어청각장애연구*, 8(1), 168-182)
- Jung, E. Y., Cho, S. R., Kim, Y. J., Kim, H. H.(2011). Characteristics of diadochokinesis in hypokinetic dysarthria: rate and regularity. *Communication Sciences & Disorder*, 16(1), 74-82.
- (정은영, 조성래, 김윤정, 김향희(2011). 운동감소형 마비말장애의 조음교대운동 특성: 속도 및 규칙성. *언어청각장애연구*, 16(1), 74-82)
- Hwang, B. M., Kang, S. K.(2000). A study of diadochokinetic rates of spastic dysarthria and normal. *Communication disorders*,

- 23(2), 295-308.
- (황보명, 강수균(2000). 경직형 마비성 구어장애 환자와 정상인의 음절교호운동율에 관한 연구. 난청과 언어장애, 23(2), 295-308)
- Ackermann, H., Hertrich, I. & Hehr, T.(1995). Oral diadochokinesis in neurological dysarthrias. *Folia Phoniatica et Logopaedia*, 47, 15-23.
- Canter, G. J.(1965). Speech characteristics of a patient's with Parkinson's disease III: articulation, diadochokinesis and overall speech adequacy. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 30, 217-224.
- Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R.(1969). Differential diagnostic patterns of dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Research*, 12, 249-269.
- Duffy, J. R.(2005). *Motor speech disorders: substrates, differential diagnosis, and management*, 2nd ed., Elsevier Mosby.
- Hirose, H., Kiritani, S., Ushijima, T., Yoshioka, H. & Sawashima, M.(1981). Patterns of dysarthric movements in patients with parkinsonism. *Folia Phoniatica et Logopaedia*, 33, 204-215.
- Kent, R. D., Kent, J. F., Weismer, G., Martin, R. E., Sufit, R. L., Brooks, B. R., & Rosenbek, J. C.(1989). Relationships between speech intelligibility and the slope of second-formant transitions in dysarthric subjects. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 3(4), 347-358.
- Kent, R. D.(2000). Research on speech motor control and its disorders: a review and prospective. *Journal of Communication Disorders*, 33, 391-428.
- Kim, Y. J., Weismer, G., Kent, R. D., & Duffy, J. R.(2009). Statistical models of F2 slope in relation to severity of dysarthria. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 61, 329-335.
- Kim, Y. J., Kent, R. D., & Weismer, G.(2010). An acoustic study of the relationships among neurologic disease, dysarthria type, and severity of dysarthria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54, 417-429.
- McRae, P. A., Tjaden, K., & Schoonings, B.(2002). Acoustic and perceptual consequences of articulatory rate change in parkinson disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45(1), 35-50.
- Tjaden, K.(2000). An acoustic study of coarticulation in dysarthric speakers with parkinson disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 6, 1466-1480.
- Tjaden, K., & Wilding, G. E.(2004). Rate and loudness manipulations in dysarthria: acoustic and perceptual findings. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47(4), 766-783.
- Wang, Y. T., Kent, R. D., Duffy, J. R., & Thomas, J. E.(2005). Dysarthria associated with traumatic brain injury: speaking rate and emphatic stress. *Journal of Communication Disorders*, 38, 231-260.
- Weismer, G., Kent, R. D., Hodge, M., & Martin, R.(1988). The acoustic signature for intelligibility test words. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84(4), 1281-1291.
- Zigler, W.(2002). Task-related factors in oral motor control: speech and oral diadochokinesis in dysarthria and AOS. *Brain and Language*, 80, 556-575.
- **강영애(Kang, Young Ae) 제1저자**  
관심분야: 음성장애, 신경말-언어장애, 장애음성분석  
현재 충남대학교 언어병리학과 시간강사
  - **박현영(Park, Hyun Young)**  
관심분야: 뇌졸중, 치매(퇴행성 질환)  
현재 원광대학교 의과대학 신경과학교실 교수
  - **구본석(Koo, Bon Seok) 교신저자**  
관심분야: 갑상선암, 후두질환, 음성장애  
현재 충남대학교 의과대학 이비인후과학교실 교수

[부록 1] DDK 횡수의 2요인 분산분석 결과표

		df	F	p <sup>§</sup>
Group*	SMR	1	0.73	0.39
	AMR1	1	3.36	0.07
Sex	AMR2	1	3.67	0.06
	AMR3	1	3.14	0.08
Group	SMR	1	24.64	0.00**
	AMR1	1	32.79	0.00**
	AMR2	1	27.27	0.00**
	AMR3	1	29.52	0.00**
Sex	SMR	1	1.71	0.19
	AMR1	1	4.01	0.05*
	AMR2	1	6.19	0.01*
	AMR3	1	4.02	0.04*

§: two-way ANOVA \*\*p<0.001, \*p<0.05

[부록 2] 음도관련변수의 2요인 분산분석 결과(SMR)

	SMR	df	F	p <sup>§</sup>		
Group*	pitch_All	1	7.16	0.010**		
	pitch1	1	5.17	0.026*		
	pitch2	1	6.03	0.017*		
	pitch3	1	7.71	0.007**		
	pitch4	1	7.71	0.007**		
	pitch5	1	4.73	0.033*		
	Sex	pitch_All_SD	1	0.927	0.339	
		pitch1_SD	1	0.314	0.577	
		pitch2_SD	1	1.754	0.190	
		pitch3_SD	1	1.541	0.219	
		pitch4_SD	1	2.120	0.150	
		pitch5_SD	1	1.294	0.260	
		Group	pitch_All	1	4.59	0.036*
			pitch1	1	5.14	0.027*
			pitch2	1	5.56	0.022*
pitch3			1	3.61	0.060	
pitch4	1		3.67	0.060		
pitch5	1		2.63	0.110		
pitch_All_SD	1		5.868	0.018*		
pitch1_SD	1		2.357	0.130		
pitch2_SD	1		4.614	0.036*		
pitch3_SD	1		5.937	0.018*		
Sex	pitch4_SD	1	5.670	0.020*		
	pitch5_SD	1	3.821	0.055		
	pitch_All	1	43.89	0.000**		
	pitch1	1	47.14	0.000**		
	pitch2	1	46.13	0.000**		
	pitch3	1	33.55	0.000**		
	pitch4	1	40.68	0.000**		
	pitch5	1	36.99	0.000**		
	pitch_All_SD	1	0.742	0.392		
	pitch1_SD	1	3.003	0.088		
pitch2_SD	1	0.053	0.818			
pitch3_SD	1	0.293	0.590			
pitch4_SD	1	0.044	0.835			
pitch5_SD	1	0.097	0.756			

§: two-way ANOVA \*\*p<0.01, \*p<0.05

[부록 3] 음도관련변수의 2요인 분산분석 결과(AMR1)

	AMR1	df	F	p <sup>§</sup>		
Group*	pitch_All	1	3.338	0.073		
	pitch1	1	6.149	0.016*		
	pitch2	1	5.396	0.024*		
	pitch3	1	5.479	0.023*		
	pitch4	1	3.949	0.051		
	pitch5	1	5.811	0.019*		
	Sex	pitch_All_SD	1	0.007	0.935	
		pitch1_SD	1	0.001	0.982	
		pitch2_SD	1	0.518	0.475	
		pitch3_SD	1	0.003	0.957	
		pitch4_SD	1	0.001	0.982	
		pitch5_SD	1	0.298	0.587	
		Group	pitch_All	1	3.593	0.063
			pitch1	1	6.373	0.014*
			pitch2	1	6.337	0.014*
pitch3			1	4.733	0.033*	
pitch4	1		4.614	0.036*		
pitch5	1		4.919	0.030*		
pitch_All_SD	1		5.929	0.018*		
pitch1_SD	1		1.561	0.218		
pitch2_SD	1		5.871	0.018*		
pitch3_SD	1		6.282	0.015*		
Sex	pitch4_SD	1	6.014	0.017*		
	pitch5_SD	1	1.306	0.258		
	pitch_All	1	45.268	0.000**		
	pitch1	1	71.770	0.000**		
	pitch2	1	52.078	0.000**		
	pitch3	1	52.664	0.000**		
	pitch4	1	47.309	0.000**		
	pitch5	1	48.049	0.000**		
	pitch_All_SD	1	0.716	0.401		
	pitch1_SD	1	0.002	0.965		
pitch2_SD	1	0.039	0.845			
pitch3_SD	1	0.832	0.365			
pitch4_SD	1	0.527	0.471			
pitch5_SD	1	2.267	0.137			

§: two-way ANOVA \*\*p<0.01, \*p<0.05



[부록 4] 음도관련변수의 2요인 분산분석 결과(AMR2)

	AMR2	df	F	p <sup>§</sup>	
Group* Sex	pitch_All	1	6.381	0.014*	
	pitch1	1	6.682	0.012*	
	pitch2	1	5.554	0.022*	
	pitch3	1	5.455	0.023*	
	pitch4	1	4.909	0.030*	
	pitch5	1	7.288	0.009*	
	pitch_All_SD	1	0.395	0.532	
	pitch1_SD	1	1.486	0.228	
	pitch2_SD	1	0.260	0.612	
	pitch3_SD	1	0.076	0.784	
	pitch4_SD	1	0.207	0.650	
	pitch5_SD	1	0.337	0.564	
	Group	pitch_All	1	4.172	0.045*
		pitch1	1	3.840	0.055
		pitch2	1	3.536	0.065
pitch3		1	3.872	0.054	
pitch4		1	3.653	0.061	
pitch5		1	3.551	0.064	
pitch_All_SD		1	9.600	0.003*	
pitch1_SD		1	9.030	0.004*	
pitch2_SD		1	8.151	0.006*	
pitch3_SD		1	5.246	0.025*	
pitch4_SD		1	5.636	0.021*	
pitch5_SD		1	5.585	0.021*	
Sex		pitch_All	1	40.377	0.000**
		pitch1	1	47.126	0.000**
		pitch2	1	35.337	0.000**
	pitch3	1	33.022	0.000**	
	pitch4	1	35.264	0.000**	
	pitch5	1	32.080	0.000**	
	pitch_All_SD	1	0.030	0.863	
	pitch1_SD	1	0.240	0.626	
	pitch2_SD	1	0.053	0.818	
	pitch3_SD	1	0.002	0.966	
	pitch4_SD	1	0.456	0.502	
	pitch5_SD	1	0.102	0.750	

§: two-way ANOVA \*\*p<0.01, \*p<0.05

[부록 5] 음도관련변수의 2요인 분산분석 결과(AMR3)

	AMR3	df	F	p <sup>§</sup>	
Group* Sex	pitch_All	1	6.026	0.017*	
	pitch1	1	5.513	0.022*	
	pitch2	1	4.090	0.048*	
	pitch3	1	5.106	0.027*	
	pitch4	1	6.666	0.012*	
	pitch5	1	5.392	0.024*	
	pitch_All_SD	1	0.004	0.950	
	pitch1_SD	1	0.038	0.846	
	pitch2_SD	1	0.894	0.348	
	pitch3_SD	1	0.076	0.787	
	pitch4_SD	1	0.168	0.684	
	pitch5_SD	1	0.355	0.553	
	Group	pitch_All	1	7.602	0.008**
		pitch1	1	7.417	0.008**
		pitch2	1	9.526	0.003**
pitch3		1	8.184	0.006**	
pitch4		1	6.101	0.016*	
pitch5		1	4.820	0.032*	
pitch_All_SD		1	0.342	0.561	
pitch1_SD		1	1.714	0.195	
pitch2_SD		1	0.465	0.498	
pitch3_SD		1	0.427	0.516	
pitch4_SD		1	0.085	0.771	
pitch5_SD		1	0.000	0.999	
Sex		pitch_All	1	34.793	0.000**
		pitch1	1	32.535	0.000**
		pitch2	1	38.209	0.000**
	pitch3	1	35.144	0.000**	
	pitch4	1	30.647	0.000**	
	pitch5	1	14.698	0.000**	
	pitch_All_SD	1	0.629	0.431	
	pitch1_SD	1	1.965	0.166	
	pitch2_SD	1	0.147	0.702	
	pitch3_SD	1	0.436	0.512	
	pitch4_SD	1	0.008	0.931	
	pitch5_SD	1	0.515	0.476	

§: two-way ANOVA \*\*p<0.01, \*p<0.05

[부록 6] 통제군의 음도관련 변수 기술통계량

		SMR	AMR1	AMR2	AMR3
Pitch_All	M	161.40±31.74	162.17±28.97	164.65±32.22	177.78±38.25
	F	240.24±33.41	249.17±33.84	252.47±39.96	263.92±38.94
Pitch1	M	167.18±31.33	163.83±28.68	165.60±32.06	181.15±41.69
	F	244.24±31.68	251.98±28.74	253.12±36.92	263.54±37.99
Pitch2	M	159.97±32.06	163.03±30.06	165.69±33.66	179.38±39.10
	F	241.27±33.80	248.19±32.48	252.30±39.46	263.06±38.48
Pitch3	M	159.95±31.75	161.92±29.57	165.76±31.46	176.63±35.91
	F	239.20±34.63	249.33±34.05	252.88±40.58	264.11±38.80
Pitch4	M	158.29±30.50	162.77±29.20	164.42±32.54	175.97±39.72
	F	237.83±33.84	248.58±37.23	251.56±40.92	266.71±34.95
Pitch5	M	162.11±33.26	159.50±27.95	162.36±30.76	175.16±39.47
	F	237.38±35.62	244.61±46.27	251.45±42.60	259.88±56.29
Pitch_All_SD	M	32.79±14.63	18.59±10.54	15.09±8.83	52.07±31.79
	F	33.51±13.86	23.50±17.33	21.64±17.61	45.73±28.67
Pitch1_SD	M	41.37±19.42	24.05±18.33	13.64±8.26	42.68±29.44
	F	26.60±10.69	24.17±17.11	18.79±7.90	33.17±14.28
Pitch2_SD	M	21.79±11.78	14.13±13±6.80	13.68±9.58	41.71±31.30
	F	31.83±15.52	18.02±14.99	16.10±13.16	31.18±19.29
Pitch3_SD	M	22.64±10.17	10.58±4.43	13.93±8.93	44.09±32.90
	F	28.66±16.51	16.16±11.71	17.01±17.62	35.09±29.83
Pitch4_SD	M	18.72±10.46	13.93±10.49	11.21±5.93	42.11±26.04
	F	28.95±15.34	18.09±12.36	21.42±22.42	45.46±41.52
Pitch5_SD	M	23.83±19.34	14.76±9.89	14.53±12.29	46.09±42.80
	F	30.78±14.41	26.19±24.39	21.14±18.91	44.89±30.58

M: male, F: female, unit: Hz

[부록 7] 환자군의 음도관련 변수 기술통계량

		SMR	AMR1	AMR2	AMR3
Pitch_All	M	165.92±29.03	161.47±26.22	169.43±28.96	174.66±34.37
	F	199.39±31.41	211.31±47.80	207.29±40.94	210.17±39.90
Pitch1	M	167.25±27.75	163.47±25.72	171.39±28.76	177.31±32.06
	F	205.94±32.92	211.70±32.98	211.03±37.05	211.65±40.23
Pitch2	M	160.83±29.77	161.27±26.30	170.66±31.47	168.53±29.62
	F	198.94±33.52	204.97±38.21	208.09±43.92	210.93±42.09
Pitch3	M	168.05±33.25	163.43±29.03	169.73±31.00	170.21±34.49
	F	195.93±34.71	208.20±37.44	206.49±47.07	209.41±43.83
Pitch4	M	165.77±31.06	161.22±28.23	167.67±33.03	177.23±39.38
	F	197.05±31.92	208.55±41.51	207.45±44.71	210.24±45.16
Pitch5	M	167.14±29.56	161.25±26.53	171.04±35.15	177.88±40.09
	F	202.75±35.46	202.44±32.95	202.62±42.58	198.44±56.61
Pitch_All_SD	M	57.82±35.56	31.91±19.22	45.53±41.42	57.70±40.59
	F	43.90±23.98	35.96±22.36	41.80±26.70	50.26±23.55
Pitch1_SD	M	48.40±32.89	31.04±22.74	43.49±40.71	54.53±40.26
	F	40.10±19.81	31.42±21.56	31.42±16.93	41.94±21.03
Pitch2_SD	M	45.28±30.89	27.47±17.83	42.73±44.41	39.62±33.88
	F	37.15±22.62	25.25±15.59	36.34±28.80	44.07±27.60
Pitch3_SD	M	55.32±42.47	25.38±20.95	38.74±46.16	47.74±41.02
	F	38.93±30.73	30.34±27.15	36.49±36.13	44.03±32.96
Pitch4_SD	M	52.00±37.60	27.69±23.30	36.77±41.66	49.42±44.33
	F	36.54±31.87	31.60±22.86	38.75±33.89	44.24±33.54
Pitch5_SD	M	52.21±40.34	24.17±17.08	36.15±34.96	51.95±39.36
	F	37.65±28.97	29.51±23.18	34.24±25.35	39.00±33.32

M: male, F: female, unit: Hz

[부록 8] 강도관련 변수의 2요인 분산분석 결과(SMR)

	SMR	df	F	p <sup>§</sup>
	dB_All	1	0.147	0.703
	dB1	1	0.108	0.744
	dB2	1	0.249	0.619
	dB3	1	0.184	0.669
	dB4	1	0.045	0.833
Group*	dB5	1	0.155	0.695
Sex	dB_All_SD	1	1.189	0.280
	dB1_SD	1	1.922	0.171
	dB2_SD	1	1.039	0.312
	dB3_SD	1	1.117	0.295
	dB4_SD	1	0.706	0.404
	dB5_SD	1	0.576	0.451
	dB_All	1	7.414	0.008**
	dB1	1	8.907	0.004**
	dB2	1	7.451	0.008**
	dB3	1	7.224	0.009**
	dB4	1	7.360	0.009**
Group	dB5	1	5.294	0.025*
	dB_All_SD	1	0.072	0.789
	dB1_SD	1	0.415	0.522
	dB2_SD	1	0.074	0.787
	dB3_SD	1	0.431	0.514
	dB4_SD	1	0.961	0.331
	dB5_SD	1	0.410	0.524
	dB_All	1	1.210	0.276
	dB1	1	1.690	0.199
	dB2	1	1.356	0.249
	dB3	1	0.877	0.353
	dB4	1	1.037	0.312
	dB5	1	1.030	0.314
Sex	dB_All_SD	1	8.128	0.006**
	dB1_SD	1	9.614	0.003**
	dB2_SD	1	10.855	0.002**
	dB3_SD	1	8.671	0.005**
	dB4_SD	1	6.575	0.013*
	dB5_SD	1	6.562	0.012*

§: two-way ANOVA \*\*p<0.01, \*p<0.05

[부록 9] 강도관련 변수의 2요인 분산분석 결과(AMR1)

	SMR	df	F	p <sup>§</sup>
	dB_All	1	0.832	0.365
	dB1	1	0.623	0.433
	dB2	1	0.580	0.449
	dB3	1	0.809	0.372
	dB4	1	0.682	0.412
Group	dB5	1	1.523	0.222
*Sex	dB_All_SD	1	0.002	0.961
	dB1_SD	1	0.129	0.721
	dB2_SD	1	0.176	0.676
	dB3_SD	1	0.005	0.944
	dB4_SD	1	0.049	0.825
	dB5_SD	1	0.015	0.904
	dB_All	1	6.931	0.011*
	dB1	1	9.961	0.002**
	dB2	1	7.531	0.008**
	dB3	1	6.382	0.014*
	dB4	1	4.616	0.036*
Group	dB5	1	5.701	0.020*
	dB_All_SD	1	0.129	0.721
	dB1_SD	1	0.421	0.519
	dB2_SD	1	0.954	0.333
	dB3_SD	1	0.710	0.403
	dB4_SD	1	0.996	0.322
	dB5_SD	1	0.580	0.449
	dB_All	1	1.165	0.285
	dB1	1	1.142	0.290
	dB2	1	0.991	0.323
	dB3	1	0.947	0.334
	dB4	1	1.251	0.268
	dB5	1	1.699	0.197
Sex	dB_All_SD	1	8.002	0.006**
	dB1_SD	1	7.024	0.010**
	dB2_SD	1	6.270	0.015*
	dB3_SD	1	6.436	0.014*
	dB4_SD	1	7.582	0.008**
	dB5_SD	1	4.315	0.042*

§: two-way ANOVA \*\*p<0.01, \*p<0.05

[부록 10] 강도관련변수의 2요인 분산분석 결과(AMR2)

	SMR	df	F	p <sup>§</sup>
	dB_All	1	0.928	0.339
	dB1	1	0.961	0.331
	dB2	1	0.877	0.353
	dB3	1	0.908	0.344
	dB4	1	0.862	0.357
Group*	dB5	1	1.162	0.285
Sex	dB_All_SD	1	0.019	0.890
	dB1_SD	1	0.267	0.607
	dB2_SD	1	0.306	0.582
	dB3_SD	1	0.003	0.957
	dB4_SD	1	0.062	0.804
	dB5_SD	1	0.005	0.944
<hr/>				
	dB_All	1	6.120	0.016*
	dB1	1	9.195	0.004**
	dB2	1	5.765	0.019*
	dB3	1	5.170	0.027*
	dB4	1	4.521	0.038*
	dB5	1	5.777	0.019*
Group	dB_All_SD	1	0.439	0.510
	dB1_SD	1	0.086	0.770
	dB2_SD	1	0.063	0.802
	dB3_SD	1	0.104	0.748
	dB4_SD	1	0.001	0.974
	dB5_SD	1	0.281	0.598
<hr/>				
	dB_All	1	0.695	0.408
	dB1	1	0.832	0.365
	dB2	1	0.617	0.435
	dB3	1	0.507	0.479
	dB4	1	0.657	0.421
	dB5	1	0.785	0.379
Sex	dB_All_SD	1	11.015	0.002**
	dB1_SD	1	13.024	0.001**
	dB2_SD	1	11.835	0.001**
	dB3_SD	1	8.678	0.005**
	dB4_SD	1	8.678	0.005**
	dB5_SD	1	10.883	0.002**

§: two-way ANOVA \*\*p<0.01, \*p<0.05

[부록 11] 강도관련변수의 2요인 분산분석 결과(AMR3)

	SMR	df	F	p <sup>§</sup>
	dB_All	1	0.966	0.330
	dB1	1	0.618	0.435
	dB2	1	0.573	0.452
	dB3	1	0.990	0.324
	dB4	1	1.410	0.240
Group*	dB5	1	1.280	0.262
Sex	dB_All_SD	1	0.172	0.679
	dB1_SD	1	0.062	0.804
	dB2_SD	1	0.000	0.983
	dB3_SD	1	0.010	0.922
	dB4_SD	1	0.014	0.905
	dB5_SD	1	0.466	0.498
<hr/>				
	dB_All	1	5.013	0.029*
	dB1	1	7.734	0.007**
	dB2	1	5.162	0.027*
	dB3	1	4.130	0.047*
	dB4	1	3.427	0.069
	dB5	1	4.463	0.039*
Group	dB_All_SD	1	1.205	0.277
	dB1_SD	1	0.886	0.350
	dB2_SD	1	0.194	0.661
	dB3_SD	1	0.222	0.639
	dB4_SD	1	0.175	0.677
	dB5_SD	1	0.661	0.419
<hr/>				
	dB_All	1	0.654	0.422
	dB1	1	0.541	0.465
	dB2	1	0.664	0.419
	dB3	1	0.424	0.518
	dB4	1	0.555	0.459
	dB5	1	1.258	0.266
Sex	dB_All_SD	1	18.500	0.000**
	dB1_SD	1	18.460	0.000**
	dB2_SD	1	23.952	0.000**
	dB3_SD	1	18.086	0.000**
	dB4_SD	1	15.096	0.000**
	dB5_SD	1	15.429	0.000**

§: two-way ANOVA \*\*p<0.01, \*p<0.05

[부록 12] 통제군의 강도관련 변수 기술통계량

		SMR	AMR1	AMR2	AMR3
dB_All	M	42.71±4.20	44.81±5.58	44.87±4.77	45.75±5.86
	F	38.83±4.04	39.61±3.67	40.07±2.88	40.96±3.30
dB1	M	44.78±4.51	45.97±4.84	46.58±4.12	46.96±5.11
	F	40.41±4.04	40.90±4.10	41.54±2.57	42.76±3.86
dB2	M	43.44±4.40	44.86±5.45	45.28±4.95	46.04±6.03
	F	39.02±4.19	40.19±4.09	40.61±3.17	41.73±3.27
dB3	M	42.17±4.48	44.61±5.86	44.67±4.90	45.53±6.25
	F	38.54±4.51	39.75±4.02	40.10±3.00	41.06±3.49
dB4	M	41.54±3.76	44.49±5.67	44.15±5.15	45.44±6.33
	F	38.33±3.70	39.25±3.47	39.41±2.84	40.28±3.32
dB5	M	41.62±4.75	44.12±6.30	43.65±5.12	44.80±5.82
	F	37.92±3.96	37.62±4.10	38.42±3.82	38.83±3.46
dB_All_SD	M	10.82±1.18	11.58±1.48	10.82±1.07	10.34±1.25
	F	11.67±0.85	13.12±1.42	12.58±0.93	12.79±1.38
dB1_SD	M	10.98±1.45	11.79±1.27	11.15±0.74	10.52±1.16
	F	11.81±0.94	13.09±1.36	12.78±0.86	12.71±1.17
dB2_SD	M	10.36±1.49	11.85±1.29	10.92±1.05	10.28±1.18
	F	11.59±0.79	13.06±1.42	12.59±0.99	12.78±1.44
dB3_SD	M	10.65±1.38	11.52±1.61	10.72±1.28	10.25±1.13
	F	11.60±0.89	13.01±1.53	12.56±1.02	12.66±1.50
dB4_SD	M	10.62±1.26	11.25±1.57	10.63±1.27	10.30±1.60
	F	11.60±0.92	13.04±1.38	12.27±1.06	12.65±1.44
dB5_SD	M	10.52±1.38	11.27±1.75	10.20±1.36	9.82±1.74
	F	11.55±1.10	12.48±1.60	12.18±1.05	12.61±1.65

M: male, F: female, unit: dB

[부록 13] 환자군의 강도관련 변수 기술통계량

		SMR	AMR1	AMR2	AMR3
dB_All	M	48.83±10.90	49.30±10.50	48.89±10.83	49.11±10.75
	F	46.95±11.27	48.87±11.46	49.24±11.85	49.57±11.78
dB1	M	51.90±11.09	52.43±11.13	52.05±10.84	52.47±10.78
	F	49.30±11.65	51.66±11.91	52.23±11.92	52.61±12.49
dB2	M	49.35±11.30	50.14±10.70	49.25±10.83	50.14±10.88
	F	47.59±11.18	49.51±11.63	49.66±12.15	49.98±12.06
dB3	M	48.17±10.77	48.83±10.35	48.29±10.86	48.34±10.77
	F	46.82±11.59	48.63±11.31	48.95±12.38	49.28±12.02
dB4	M	48.09±10.91	48.06±10.67	44.15±5.15	47.22±10.80
	F	45.98±11.38	47.27±12.02	39.41±2.84	48.40±11.63
dB5	M	46.64±11.13	47.08±10.23	47.17±11.05	47.40±11.28
	F	45.00±11.13	46.90±11.07	47.68±11.44	47.43±11.11
dB_All_SD	M	10.16±2.04	11.42±2.21	11.11±2.17	11.12±1.94
	F	12.07±1.98	12.90±2.07	13.02±2.45	13.14±2.22
dB1_SD	M	10.00±2.12	11.22±2.38	11.03±2.11	11.09±1.65
	F	12.17±1.82	12.93±2.26	13.20±2.32	13.04±2.20
dB2_SD	M	9.66±2.46	11.03±2.56	10.75±2.28	10.49±1.77
	F	11.99±2.03	12.74±2.23	13.05±2.54	13.02±2.29
dB3_SD	M	9.79±1.98	10.97±2.50	10.56±2.30	10.56±2.07
	F	11.80±2.12	12.54±2.37	12.33±2.84	12.86±2.38
dB4_SD	M	9.58±2.24	10.78±2.40	10.49±2.23	10.62±2.11
	F	11.52±2.49	12.30±2.48	12.44±2.80	12.82±2.56
dB5_SD	M	9.72±2.12	10.72±2.63	10.55±2.57	10.73±2.20
	F	11.61±2.54	12.08±2.33	12.45±2.34	12.69±2.55

M: male, F: female, unit: dB