

정상 한국인의 성별 체형정보와 MDVP 변수간의 상관관계 연구*

A Study on the Correlation between Body-Size and MDVP Parameters
in the Normal Male and Female Korean Population

강재환** · 유종향** · 김종열**

Jae-Hwan Kang · Jong-Hyang Yoo · Jong-Yeol Kim

ABSTRACT

This paper intends to investigate the correlation of 12 MDVP measurements with age, sex and body-size of sampled healthy patients. In order to extract pitch and 12 MDVP parameters efficiently and display the correlation of each parameter easily, we developed the speech analysis program using C/C++ and MFC development tool. The sample group consists of 205 males and 343 females with ages 9-81. We collected vowel voices /a/ and 8 body-size measurements from them. Body-size values were taken at 8 different torso positions of each person. We analyzed the matched voice samples and body-size measurements by the developed speech analysis program and SPSS program. The result shows that a typical characteristic age-F0 pattern that F0 of male subjects are rapidly decreased after mutational period and have stable state with age and that of female subjects are slowly changed by overall age. In MDVP, age-STD in males, age-sPPQ in females relationships are especially similar to the age-F0 relationship. In case of male group, sPPQ(0.316%), Jitt(0.04%), Shim(0.25%), APQ(0.28%) variables are increased with age after mutational period. And Jitt(0.042%), sPPQ(0.219%) of females group are increased with age too. In cases of height, weight and BMI there exists a weak correlation with MDVP, which shows a correlation coefficient below 0.25 about male and female groups. The survey of correlation relationship between 8 body-size measurements and MDVP shows a insignificant statistical result by only just having the correlation coefficient maximum in M8-8 and F0(-0.394%) for males and M8-6,7(-0.368%, -0.364%) for females.

Keywords: voice quality assessment, MDVP, body-size, traditional Korean medicine

1. 서론

인간의 목소리는 성대(vocal folds)의 진동에 의해서 발생하는 공기의 흐름이 구강, 입천장, 혀, 입술 등으로 구성되어 있는 성도(vocal tract)를 지나면서 변조되어 다양한 형태의 음성으로 표현되

* 본 연구는 2008년도 정부(지식경제부)의 재원으로 한국산업기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(10028438).

** 한국한의학연구원 의료연구부

기에 각종 조음 기관과 이를 조절하는 신경과 근육의 상태와 같은 구조적 정보뿐만 아니라 감정, 생리 및 심리 상태까지도 유추할 수 있다. 이러한 복합적이고 다변적인 음성의 특성을 고려해볼 때 음성 분석에서는 유효적절한 다차원적인 접근이 필수적이며 MDVP(Multi-Dimensional Voice Program)는 명칭에서도 잘 나타나듯이 음성의 다양한 측면에 대한 분석을 가장 큰 장점으로 하여 최근 들어 가장 많이 활용되고 있는 음성 기기/변수 중의 하나이다(고도홍, 2001).

MDVP는 현재 음질에 대한 정량적 지수로 사용되기도 하고(안철민, 1995), 발성장애 여부를 판단하는 데에 중요한 지수로 사용되기도 한다(Ferrand, 2006). 성별, 나이별, 신체크기(body-size)와 음성과의 연관성에도 다양한 연구가 진행되었다. Markus는 2007 년에 모음에 대해서 3 가지 음향학적 변수(F_0 , H_1-H_2 , H_1-A_3)를 가지고 성별, 나이별로 모음의 특성이 음원(voice source)에 의해서 어떻게 변화하는지에 대한 연구에서 남성은 나이에 대해서 여성은 모음에 대한 상관성이 높고, 성별로는 F_0 에서 모음에서는 $H_1^*-A_3^*$ 변수의 의존성이 높다고 보고하였다(Markus, 2007). Rendall는 사람과 바비원숭이 두 집단을 대상으로 F_0 , 포만트(formant)와 신체크기간의 연관성에 대한 연구에서 성별로 F_0 에서는 신체크기와 별 상관성이 없고, 여성보다는 남성에게서 포만트와 키와 상관성이 있다고 발표하였다(Randall, 2005). Manifold는 발음 시 호흡량과 피험자들의 체형(body type)을 3 가지 주요 범주(major subdivision)인 첫 번째 단계와 13 가지로 구분한 두 번째 단계로 나누어 조사한 결과, 첫 번째 단계에서는 의미 있는 구분이 없었지만 두 번째 단계에서는 각 그룹간의 의미 있는 상관성이 발견되었으며, 이에 대한 좀 더 깊은 연구가 필요함을 발표하였다(Manifold, 1993).

이러한 연구노력의 일환으로 본 연구에서는 음성분석에 가장 기본이 되는 피치(pitch)와 함께 MDVP변수 이용하여 건강한 한국인을 대상으로 성별, 나이별, 체형별로 이들 간의 상관관계가 어떻게 되는지를 조사하여 이러한 변수가 차후 인체의 특성을 표현할 수 있는 음향지표로 유용할 수 있는지를 살펴보고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상 및 데이터 수집

본 연구에서는 2008 년에 실시된 “체질진단 과학화를 위한 체질정보 수집 체계 구축” 연구과제의 일환으로 사상체질과 피험자 음성과의 상관관계를 위해 정상인 남녀를 대상으로 수집한 약 800 여건의 데이터를 사용하였다. 이 데이터에는 피험자 신상정보와 함께 목에서 엉덩이까지를 8 부분으로 나누어 각 부위의 둘레를 측정한 8 부위 체형데이터 그리고 피험자의 /아//에//이//오//우/ 5 모음 음성데이터가 포함되어 있다. 측정된 음성데이터는 아래와 같은 조건과 지시사항에 의해 수집되었다.

- 1) 실험장비 : 마이크 Sennheiser e-835s, 마이크 고정 스탠드
- 2) 녹음 프로그램 : Goldwave Ver 5.08
- 3) 피험자는 편안한 자세로 의자에 앉아서 마이크 원통 측과 지면은 나란하게, 피험자의 입과는 수직이 되게 하며 입과 마이크 사이는 4-6 cm 범위를 유지.

- 4) 녹음이 시작되면 발음 전에 약 1-5 초간의 묵음 유지.
- 5) 편안히 의자에 앉은 상태에서 일정한 성량으로 약 2-3 초간 /아/ 모음 발음.
- 6) 약 1-2 초간을 쉬고 /아/모음과 같은 조건으로 차례대로 /에/,/이/,/오/,/우/ 모음을 발음.

측정된 모든 데이터에 대해서 키, 몸무게, 나이와 같은 신상정보와 8 부위 체형측정데이터, 음성 데이터가 모두 일치하는지를 조사하여 이를 만족치 못한 데이터를 일차로 제외시켰다. 이후 나머지 음성데이터 전체에 대해서 피치 추출을 실시하여 이 중에 /아/모음에서 음도 일탈(pitch break)이나 음성 일탈(voice break)현상이 보이는 데이터를 이차로 제외하여 안정적인 범위의 피치를 가지는 548 건의 데이터만을 대상으로 본 연구를 실시하였다.

2.2 5 모음 분석용 프로그램

수집된 대량 음성데이터에 대한 음성분석을 위해 자동으로 모음 분절(segmentation)과 12 개의 MDVP 변수들을 계산하고 이를 피험자 신상정보, 8 부위 체형변수와 비교할 수 있는 프로그램을 Microsoft Visual Studio 2005 개발환경에서 MFC와 C/C++언어를 사용하여 구현하였다.

2.2.1 피험자 정보 관리

피험자의 아이디, 이름, 키, 나이, 몸무게와 같은 신상정보와 몸통 8 부위 체형 둘레 값 등 분석에 필요한 정보는 남녀별로 MS-Excel 2003 파일 형식으로 정리하였고 각 피험자들의 음성데이터는 PCM signed 16 bit, mono형식으로 44,100 Hz의 샘플링로 수집되었다. 프로그램에서는 Microsoft사의 DAO(Data Access Objects)를 이용하여 MS-Excel 파일의 정보를 읽어들이고 지정된 폴더에 Excel파일의 피험자 ID에 대응하는 음성 wav파일 존재 여부를 확인한 다음 연결된 wav 파일을 읽어들이고 후 음성분석을 실시하였다.

2.2.2 단모음 분절(Segmentation)

음성데이터는 사이마다 약 1-2 초의 공백을 두고 5 모음이 연속해서 저장되어 있는 형태로 분석에 앞서 각 모음 구간 설정을 위해 단일 역치값(single threshold)을 이용한 자동 모음 분절 기능을 구현하였다. 먼저 44 kHz의 음성신호를 11 kHz로 다운 샘플링하고 맨 처음부터 0.5 초간의 공백신호에 대해 평균값(Avg_{0.5})과 표준편차(Std_{0.5})를 구하고, 이 두 가지 값을 다음과 같은 식 (1)을 이용하여 유효신호 역치값(Th, threshold)을 구하였다.

$$Th = Avg_{0.5} + 3 \cdot Std_{0.5} \quad (1)$$

그리고 음성신호에 대해서는 그의 절대값에 0.1 초의 이동평균(moving average)을 적용시킨 후 이 값이 Th를 넘기는 점을 첫 번째 모음 시작점(onset) 후보(candidate)로 정하였고 이후 0.5 초 동안에 Th이하 내려가는 경우가 없을 시 이를 모음 시작점으로 확정하였다. 끝점(offset) 역시 시작점과 마찬가지로 시작점이 정해진 후 0.5 초 이후에 Th이하로 내려가는 부분을 모음 끝점 후보로 정하고 이후 0.5 초 동안 Th이상으로 올라가는 경우가 없을 시 이를 끝점으로 확정하였다. 이러한 작

업을 5 번 걸쳐서 5 모음에 대한 첫 번째 시작 및 끝점을 찾아내었고, 분석에는 안정된 발성이 되는 부분만을 대상으로 하기 위하여 계산된 시작점과 끝점 사이 간격에서 12.5% - 75%되는 부분만을 유효 모음 구간으로 설정하였다.

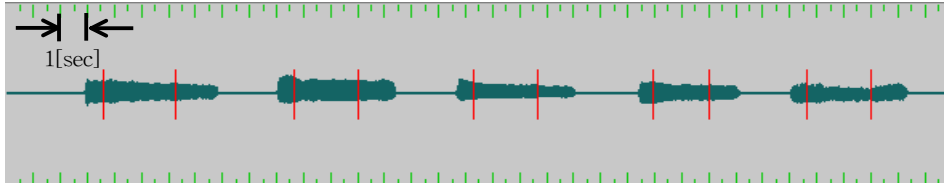


그림 1. 5 모음에 대한 자동 분절(segmentation)

그 결과 <표 1>에서처럼 이번 연구에서 사용되는 /아/모음 분절구간이 대부분이 1 초 이상을 넘기고, 평균이 1.8 초 이상으로 MDVP 측정 시 전체 지속시간의 길이를 3 초로 하였을 때 1.5 초의 길이가 가장 적합하다는 기존의 연구 기준을 만족하였다(표화영, 2006).

표 1. /아/모음 분석 구간 평균 및 표준편차

	남(N=205)	여(N=343)
평균 [sec]	1.834	1.881
표준편차 [sec]	0.755	0.724

2.2.3 Pitch Detection Algorithm(PDA)

음성신호의 기본 주파수(fundamental frequency)를 의미하는 피치는 음성인식, 음성분석 등 여러 음성신호처리 분야에서 필수, 기본적으로 사용되는 변수로 이를 추출하는 다양한 방법들이 존재한다.

본 연구에서는 기존의 자기상관함수(autocorrelation) 방법에서 frame window의 autocorrelation 함수와 두 가지 보간법(interpolation)을 사용하여 잡음에 강하고 훨씬 더 정확성을 높인 Boersma의 방법(Boersma, 1993)을 사용하였는데 이는 동일 저자에 의해 개발되어 음성분석에 범용적으로 이용되고 있는 praat 프로그램에도 적용된 방법이다(Boersma, 2005). 피치검출은 단모음 세그먼트로 분석구간이 정해진 /아/모음의 시작점을 시작으로 일정한 크기의 프레임 단위로 피치를 검출하는 short-time analysis를 실시한다. 프레임의 크기는 기대하는 최소 피치값과 이때에 한 프레임 안에 들어갈 주기의 개수를 정하여 결정한다. 본 연구에서는 최소 피치값으로 50 Hz, 한 프레임 내에 들어갈 주기 개수는 2 개로 하여 한 프레임의 크기를 40 msec로 정하였고 한 프레임에서 피치값을 검출하면 그 크기의 1/4인 10 msec만큼 이동하도록 하였다. 프레임에는 Hanning 윈도우를 사용하였고 윈도우를 적용시킨 음성신호의 자기상관함수와 Hanning 윈도우 자기상관함수를 이용하여 피치값 검출을 위한 정규자기상관(normalized autocorrelation) 신호를 구하였다.

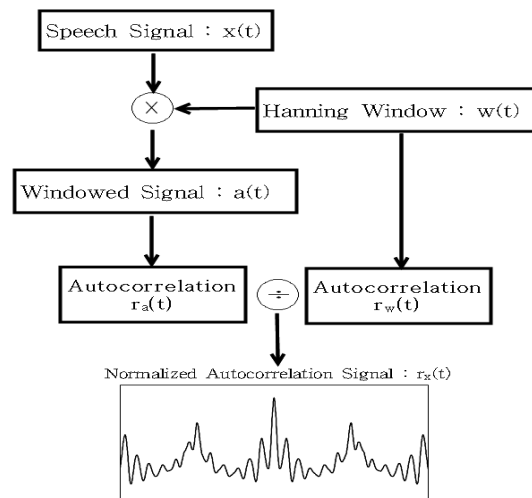


그림 2. 음성신호의 정규 자기상관함수

피치검출은 <그림 3>와 같이 첫 번째 단계로 normalized autocorrelation에서 일정한 threshold(2)를 넘는 피크점을 찾아 이들을 피치 후보(candidate)로 등록하고 이중에 가장 큰 값을 가질 때의 x축값을 피치로 y축값을 이 피치의 강도(strength)로 추정하였다. 이번 연구에서는 voicingThreshold를 0.45로 설정하여, threshold값은 0.225를 사용하였다.

$$Th = 0.5 * voicingThreshold \quad (2)$$

일차로 추정된 피치 및 피치후보들에 대해서는 좀 더 정확성을 높이기 위하여 두 가지 보간법을 사용하였다. 이는 피치를 포함한 피치후보들 즉, 검출된 피크에 대해서 이 피크와 앞 뒤 점에 대해서 <그림 4>와 같이 피치를 의미하는 x축에 대해서는 Parabolic Interpolation을 사용하여 보정하고 이때의 강도를 의미하는 y축에 대해서는 Hanning Window가 적용된 Sinc Interpolation방법으로 피치의 강도를 보정하였다.

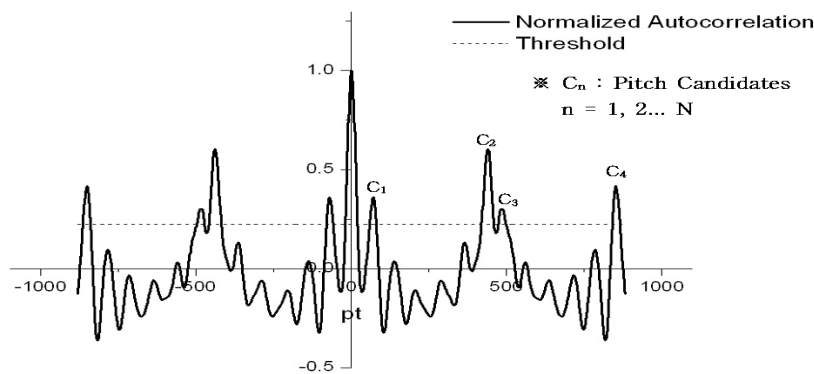


그림 3. Normalized Autocorrelation 신호와 Pitch Candidates

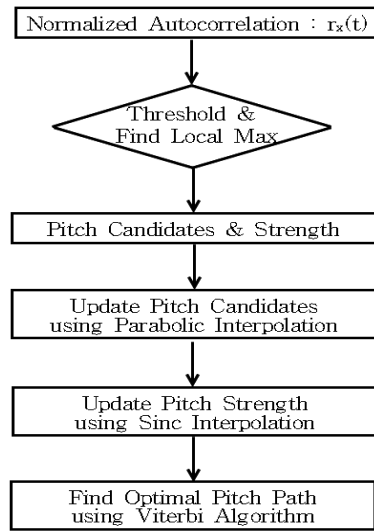


그림 4. 피치 검출 순서도

검출된 프레임별 피치와 피치후보들에 대해서는 Viterbi 알고리즘을 사용한 Dynamic Programming 을 이용하여 한 프레임의 피치에서 다음 프레임 피치로 연결되는 가장 효율적인 경로(path)를 찾아내어 최종적으로 전체 음성분석구간에서의 피치를 검출하였다. <그림 5>에서는 동일한 음성데이터에 대해 본 연구에서 구현한 프로그램과 범용 음성분석프로그램인 praat으로 검출한 피치 결과를 보여주고 있다. 그림에서도 나타나듯이 같은 알고리즘을 적용시켰기에 동일한 결과를 확인할 수 있었다.

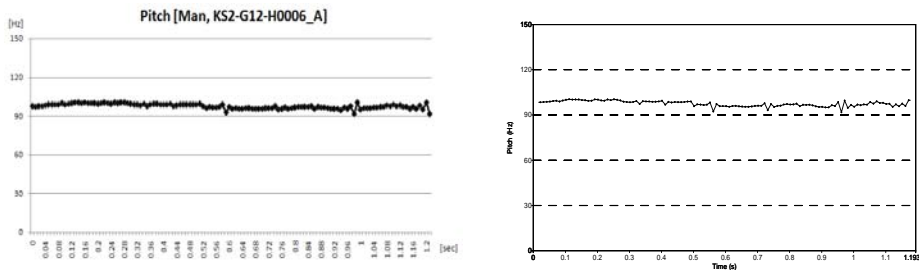


그림 5. 구현한 프로그램에서의 피치 검출 결과(왼쪽).
praat 프로그램에서의 피치 검출 결과(오른쪽) 비교.

2.2.4 12 개 MDVP Parameters 추출

피치검출이 끝난 /아/모음에 대해서는 부적절한 음도 수준으로 발음하여 정상적인 음성보다 한 옥타브 내지 두 옥타브 정도 갑자기 높거나 낮은 일탈을 보이는 음도일탈이나 발음 시 피험자가 일정치 못한 성량을 유지하지 못한 음성일탈이 발생한 데이터가 있는지를 확인하고 이러한 데이터는 음성질환이 없고 각 집단의 표본을 대표할 수 있는 정상범위를 가진 피험자를 대상으로 하는 본 연

구에서는 제외시켰다. 정확한 피치 검출을 확인한 후에는 이 피치를 이용하여 3 개 그룹 12 개의 MDVP 변수를 계산하였고 각 변수에 대해서 남녀별 평균과 표준편차는 <표 2>와 같다.

표 2. 남녀별 평균 MDVP

Group	변수이름	단위	남 (N=205)	여 (N=343)
F ₀	F ₀	Hz	131.45±31.65	204.573±32.659
	T ₀	msec	7.931±1.677	5.011±0.802
	STD	Hz	1.452±0.792	1.878±0.783
Jitter	JITA	usec	20.547±0.207	9.797±3.805
	JITT	%	0.253±0.098	0.194±0.059
	RAP	%	0.093±0.044	0.071±0.018
	PPQ	%	0.155±0.064	0.116±0.033
	sPPQ	%	0.690±0.354	0.558±0.227
Shimmer	ShdB	dB	0.270±0.112	0.254±0.099
	Shim	%	1.337±0.555	1.261±0.485
	APQ	%	1.022±0.476	0.923±0.397
	sAPQ	%	4.237±1.927	4.142±1.860

2.2.5 출력 화면

<그림 6>은 구현된 단모음 음성프로그램의 최종 출력화면으로 피험자 신체정보와 음성분석에 필요한 각종 계수를 설정할 수 있고 선택된 데이터의 신호와 모음 구간 상태를 확인할 수 있도록 그래프 기능을 추가한 주 화면과 다수의 모음데이터에 대해서 피치와 MDVP를 계산하고 이를 리스트로 출력해주며 관심 있는 변수를 선택하여 이들끼리의 상관관계를 살펴볼 수 있는 산점도 (scatterplot)와 함께 두 변수의 상관계수(correlation coefficient)와 p-value 그리고 공분산행렬 (covariance matrix)을 이용한 분포 외형(contour) 그래프 기능이 구현된 모음 분석 화면으로 구성 되어 있다. 각 변수들 간의 상관도는 Pearson 상관계수를 이용하였다.

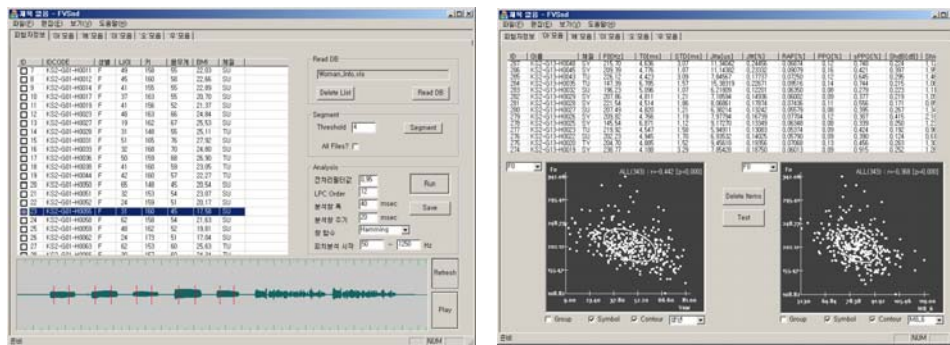


그림 6. 구현된 프로그램(FVSnd) 주 화면(왼쪽) 및 분석 화면(오른쪽)

3. 결과 및 분석

3.1 나이, 키, 몸무게, BMI와 MDVP

피험자 나이와 F_0 의 남녀별 상관관계는 아래 <그림 7>에서 보이듯이 남성 집단에서는 상대적으로 다른 연령대보다 훨씬 높은 $F_0(179.97\pm49.91)$ 를 가지는 사춘기 이전(15 세 이하, 14 명) 집단과 변성기로 인해 급격한 감소 후 안정적인 $F_0(129.03\pm27.08)$ 를 유지하는 사춘기 이후 집단(191 명)으로 잘 구분이 된다. 남성의 사춘기 이전과 이후 집단의 기준을 16 세로 한 이유는 한국 남성의 경우 16 세에 접어들면 정상 성인 남성의 평균 F_0 에 매우 근접하다고 볼 수 있다는 기존의 연구 결과를 따랐다(김선훈, 2007). 여성의 경우는 전체 343 명에 대한 F_0 의 평균 및 표준편차는 204.57 ± 32.66 이며 남성과는 달리 급격한 변화가 없이 연령에 비례하여 상대적으로 선형 감소하는 현상을 보이고 있다.

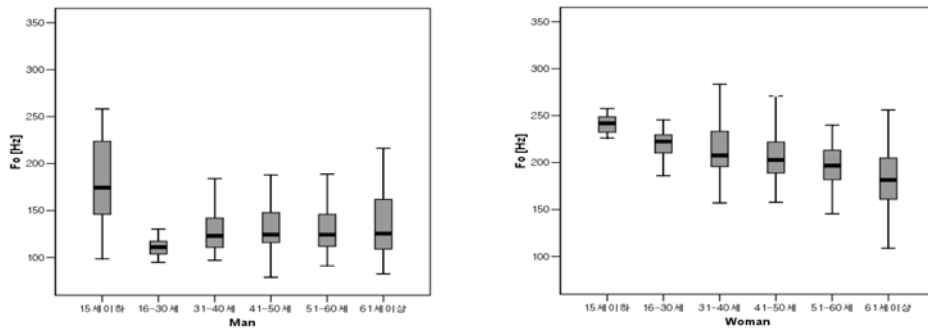


그림 7. 남녀별 나이에 따른 F_0 의 변화

피치의 불규칙성을 나타내는 Jitter-나이의와의 관계에서는 남성의 경우 sPPQ와 Jitt가 사춘기 이전 집단을 제외한 대상에서 최대값과 최소값의 차이가 각각 0.316%, 0.04%로 증가한 형태를 보였으며 이에 비해 PPQ와 RAP는 나이에 따른 변화가 적어 일정한 범위를 유지하였다. 진폭의 변화량을 표현하는 Shimmer변수에서는 Shim과 APQ가 최대치를 보인 50 대 이상에서 최소치인 2-30 대에 비해 각각 0.25%, 0.28% 증가하였다.

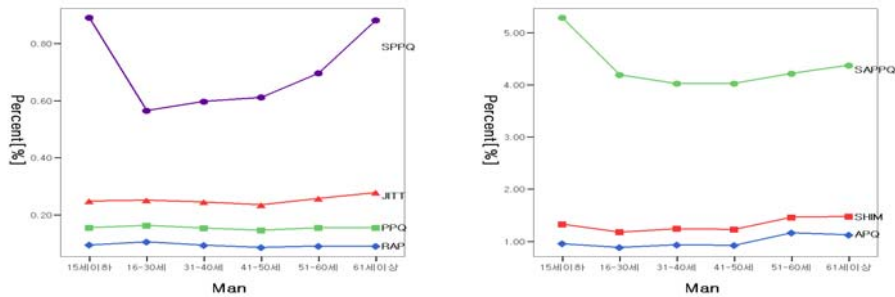


그림 8. 남성 나이별 Jitter(왼쪽) 및 Shimmer(오른쪽)

여성의 경우 Jitter변수에서는 사춘기 이전을 제외한 남성 집단과 동일하게 sPPQ와 Jitt가 나이에 비해 증가하며 PPQ와 RAP 역시 각각 0.12%, 0.71%로 0.15%, 0.93%의 남성보다 상대적으로 조금 낮지만 나이와 상관없이 일정한 값을 유지하는 동일한 형태를 보여주고 있다. Shimmer변수에서는 sAPQ에서 가장 낮은 30 대 집단과 가장 높은 10 대 집단 간에 약 1.78%로 1.26%를 보인 남성 집단보다 더 큰 차이를 보여주었다.

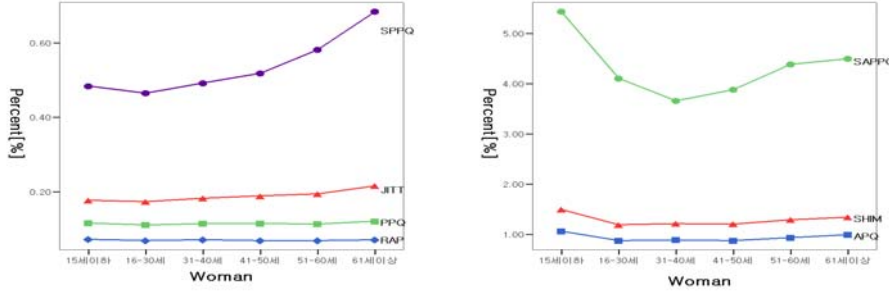


그림 9. 여성 나이별 Jitter(왼쪽) 및 Shimmer(오른쪽)

키, 몸무게, BMI와 MDVP간의 상관관계에서는 남성의 경우 총 191 건의 사춘기 이후 데이터만을 대상으로 하였고 여성의 경우 343 건의 모든 데이터에 대해서 그 상관성을 조사하였다. 그 결과 남녀 모두 대부분의 상관계수들이 0.25 이하의 낮은 상관성을 가지지만 이중에 남성은 키에서 여성은 BMI에서 F₀그룹 변수와 상대적으로 높은 상관성을 가지는 것으로 조사되었다. 남성의 경우 사춘기 이전집단을 포함하게 되면 다른 집단에 비교하여 상대적으로 높은 F₀와 낮은 키, 몸무게로 인해 전체적으로 F₀그룹의 상관도는 증가한다.

표 3. 키, 몸무게, BMI와 MDVP 상관계수

	남자 (N=191)			여자 (N=343)		
	키	몸무게	BMI	키	몸무게	BMI
F ₀	-0.238**	-0.180*	-0.098	0.077	-0.184**	-0.236**
T ₀	0.229**	0.195**	0.114	-0.122*	0.186**	0.261**
STD	-0.245**	-0.082	0.018	-0.013	-0.034	-0.030
Jita	0.094	0.065	0.031	-0.122*	0.041	0.104
Jitt	-0.004	-0.039	-0.040	-0.077	-0.031	0.005
RAP	0.081	-0.021	-0.059	0.029	-0.105	-0.129*
PPQ	0.047	-0.085	-0.117	0.001	-0.076	-0.081
sPPQ	-0.174*	-0.029	0.050	-0.114*	0.024	0.081
ShdB	-0.052	0.103	0.149*	0.029	0.008	-0.006
Shim	-0.046	0.093	0.136	0.025	0.002	-0.010
APQ	-0.039	0.106	0.146*	0.055	0.008	-0.016
sAPQ	-0.023	0.902	0.118	-0.034	-0.002	0.006

3.2 8 부위둘레와 MDVP

신체크기와 음성과의 상관성을 확인하기 위하여 전체 피험자를 대상으로 체질 진단 연구에서 많이 사용되고 있는 8 부위 측정방법, 즉 피험자의 상반신을 8 부위로 나누고 각 부위의 둘레를 측정하는 방법을 이용하여 이 측정치와 MDVP간의 관계를 조사하였다.

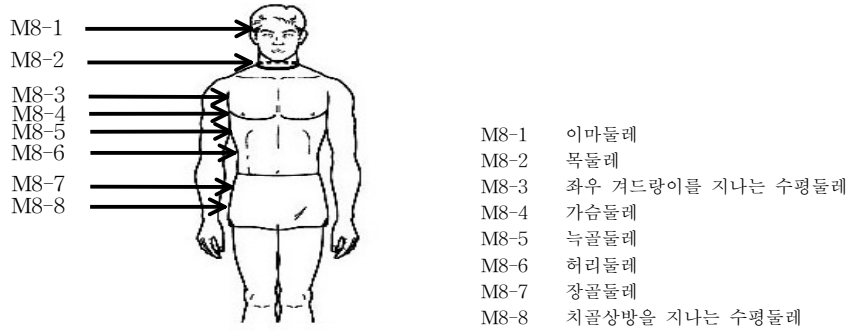


그림 10. 8 부위 측정 위치

그 결과 <표 4>에서 보이듯이 남자는 M8-8 지점과 여성은 그보다 좀 더 높은 위치인 M8-6, M8-7 부위에서 F₀, T₀와 약 0.35-0.39로 가장 높은 상관성을 가지는 것으로 조사되었다. 하지만 남성의 경우 사춘기 이전 데이터를 제외하면 가장 상대성이 높았던 F₀와 M8-8이 -0.394에서 -0.215, T₀와 M8-8이 0.355에서 0.219로 나머지 상관계수들도 감소하게 된다.

표 4. 8 부위 둘레와 MDVP 간의 상관관계 남성(위), 여성(아래)

	M8-1	M8-2	M8-3	M8-4	M8-5	M8-6	M8-7	M8-8
F0	-.282(**)	-.274(**)	-.311(**)	-.285(**)	-.191(**)	-.174(*)	-.299(**)	-.394(**)
T0	.279(**)	.221(**)	.250(**)	.231(**)	.139(*)	.135	.260(**)	.355(**)
STD	-.215(**)	-.060	-.177(*)	-.138(*)	-.065	-.007	-.045	-.111
JITA	.092	.081	.076	.057	.013	.043	.173(*)	.225(**)
JITT	-.031	-.014	-.034	-.049	-.058	-.011	.086	.106
RAP	.029	-.081	-.047	-.082	-.123	-.077	.026	.086
PPQ	-.041	-.106	-.077	-.110	-.135	-.090	.012	.056
sPPQ	-.041	.037	-.051	-.036	.012	.061	.104	.062
SHDB	-.011	.083	.083	.090	.039	.082	.116	.137(*)
SHIM	-.013	.070	.076	.082	.033	.073	.110	.129
APQ	-.003	.089	.111	.113	.069	.105	.137	.156(*)
sAPQ	.059	.040	.010	-.021	-.025	.007	.071	.073
	M8-1	M8-2	M8-3	M8-4	M8-5	M8-6	M8-7	M8-8
F0	.022	-.214(**)	-.187(**)	-.226(**)	-.249(**)	-.368(**)	-.364(**)	-.280(**)
T0	-.023	.224(**)	.206(**)	.258(**)	.287(**)	.388(**)	.359(**)	.265(**)
STD	.015	.058	.090	.097	.130(*)	.013	-.020	-.026
JITA	-.019	.140(**)	.144(**)	.166(**)	.181(**)	.199(**)	.184(**)	.118(*)
JITT	.006	.080	.091	.091	.095	.052	.041	.014
RAP	.020	-.044	-.048	-.067	-.099	-.114(*)	-.106(*)	-.113(*)
PPQ	.017	.006	-.008	-.018	-.041	-.065	-.052	-.060
sPPQ	-.015	.098	.122(*)	.141(**)	.191(**)	.161(**)	.147(**)	.109(*)
SHDB	.041	.026	.006	-.018	.039	.072	.046	.059
SHIM	.040	.026	.001	-.023	.034	.066	.041	.051
APQ	.018	.012	-.012	-.043	.007	.050	.045	.052
sAPQ	.013	.039	.021	.021	.089	.079	.022	.022

4. 고 찰

4.1 나이, 키, 몸무게, BMI와 MDVP

나리와 F_0 와의 관계는 남녀 집단 모두 기존의 연구와 거의 동일한 결과(Ferrand, 2006)를 보이고 있다. 즉, 남자의 경우 변성기를 거치기 이전인 15 세 이하 그룹에서는 여성, 아동과 비슷한 정도로 높은 F_0 를 유지하다가 사춘기를 지난 직후 F_0 의 갑작스러운 하강이 발생하고 그 이후에는 평균적으로 안정적이지만 F_0 가 약간씩 증가하는 경향을 보이고 있다. 여성의 경우는 남성과는 달리 급격한 성대의 성장이 일어나는 변성기가 없기 때문에 급격한 증가형태는 보이지 않으며 나이가 들면 들수록 선형적으로 F_0 는 감소하는 경향성을 본 연구에서도 확인할 수 있었다.

Jitter 변수 중에서는 비교적 장시간 동안의 피치의 변화량을 보여주는 sPPQ와 STD변수가 남성의 경우에서 F_0 와 유사한 형태를 보이고 있으며 이는 상대적으로 증가하는 폭은 적지만 여성 집단에서도 뚜렷이 나타나고 있다. Shimmer 변수에서는 Jitter 변수만큼 확연한 차이는 아니지만 대부분의 Shimmer 변수에서도 남녀 모두 15 세 이상에서는 상대적으로 높은 값을 가지다가 20-30대 에서 최소를 유지하다가 나이가 들수록 증가하는 동일한 현상을 보이고 있었다.

이러한 Jitter와 Shimmer 변수들은 Titze(1994)의 연구에서 언급되었듯이 인간 몸에 내재되어 있는 소음으로 가정한다면 본 연구에서 행한 특정한 모음을 긴 시간동안 발성하기 위해서 성대진동을 조정하는 근육이 특정 주파수와 강도 수준을 유지하여야 하지만 이를 유지하는 힘이 나이가 들수록 떨어져 상대적으로 Jitter와 Shimmer값들이 증가하는 현상을 보이고 있는 걸로 결론지을 수 있다. 키, 몸무게, BMI와의 관계에서는 남성의 경우는 키에서 여성의 경우는 BMI에서 각각 -0.238 과 -0.236 정도의 F_0 와 상관성을 가지고 있었을 뿐 다른 경우는 대부분 0.2 이하의 낮은 상관관계만이 있는 것으로 조사되었다.

4.2 8 부위 둘레와 MDVP

8 부위 신체 둘레와 음성변수와의 상관관계는 남성의 경우 F_0 와 영덩이부위인 M8-8에서 -0.394, 여성의 경우는 T_0 와 허리부위인 M8-6에서 0.388로 가장 높은 상관값을 보였듯이 모든 경우의 상관계수가 0.6이하로 이들과는 통계적으로 유의한 관계가 없는 걸로 결론지을 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 인간의 신체정보, 크기와 음성변수 중에서도 피치와 이로 파생되는 MDVP 변수와의 관련성을 살펴보고자 하였다. 특히 차후 관련 연구 확장과 여러 형태의 대량 음성 데이터 분석을 위해 상용 음성분석기기를 사용하지 않고 신뢰성 높은 피치 및 MDVP 분석기능과 손쉽게 이들의 상관성을 볼 수 있도록 특화된 프로그램을 자체적으로 개발하여 연구에 적용시켜 보았다.

그 결과 여러 연구를 통해 밝혀졌던 나이와 F_0 의 전형적인 특징들이 남녀 500 여 이상의 많은 데이터를 대상으로 한 본 연구에서도 뚜렷하게 나타났었다. MDVP의 경우 남성에서는 STD변수가

여성의 경우에는 sPPQ변수가 나이별 F_0 와 유사한 형태를 가지는 것으로 조사되었다. 키, 몸무게, BMI, 8 부위체형과 12 개의 MDVP간에는 모든 경우 상관계수가 0.4 이상을 넘지 못한 통계적으로는 유의미한 관련성을 보여주지 못하였다. 하지만 이런 상관성 낮은 변수들 역시 이들 간의 산점도를 남녀/나이별로 살펴보면 어느 정도 특정범위(일정한 최대범위와 최소범위)를 가지는 현상이 보이고 있다.

이는 차후 더 깊은 연구를 통하여 밝혀야 할 문제라고 생각된다. 또한 이번 연구에서는 /아/모음에 대한 피치계열의 음성변수만을 대상으로 하였지만 차후에는 다양한 모음에 대해서 포먼트, HNR(Harmonics to Noise Ratio), Energy 등 여러 가지 음성변수에 대한 다각적인 연구로 신체적 특성과 음성변수간의 상관성을 밝혀 보고자 한다.

참 고 문 헌

- 고도홍, 정옥란. 2001. *음성 및 언어 분석기기 활용법*. 서울: 한국문화사.
- 김선혜. 2007. “변성기 일반 아동 음성의 기본주파수 연구.” *음성과학* 14(4), 251-260.
- 안철민, 이종혁, 강현국, 이용배. 1995. “애성환자에서 음향지표인 RAP, PPQ 및 APQ의 유용성.” *대한음성언어의학회지* 6(1), 22-26.
- 표화영, 심현섭, 임성은. 2006. “음성 Sample의 길이 변화에 따른 MDVP 측정치와 GRBAS 척도간의 상관관계 변화 비교.” *음성과학* 7(2), 71-81.
- Boersma, P. 1993. “Accurate short-term analysis of the fundamental frequency and the harmonics-to-noise ratio of a sampled sound.” *Proceeding Institute of Phonetic Sciences* 17. 97-110.
- Boersma, P. & Weenink, D. 2005. Praat: doing phonetics by computer (Version 4.3.14) Retrieved May 26, 2005, from <http://www.praat.org/>
- Ferrand, C. T. 2006. *Speech Science*. Allyn & Bacon.
- Manifold, J. A. & Murdoch, B. E. 1993. “Speech Breathing in Young Adults: Effect of Body Type.” *Journal of Speech and Hearing Research* Volume 36, 657-671.
- Markus, I., Yen, L. S. & Aberr, A. 2007. “Age, sex, and vowel dependencies of acoustic measures related to the voice source.” *The Journal of the Acoustical Society of America* 121(4), 2283-2295.
- Rendall, D., Kollias, S. & Ney, C. 2005. “Pitch(F_0) and formant profiles of human vowels and vowel-like baboon grunts: The role of vocalizer body size and voice-acoustic allometry.” *The Journal of the Acoustical Society of America* 117(2), 944-955.
- Titze, I. R. 1994. *Principles of voice production*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

접수일자: 2008. 10. 24

수정일자: 2008. 11. 28

게재결정: 2008. 12. 8

▲ 강재환

대전광역시 유성구 전민동 461-24번지 (우: 305-811)
한국한의학연구원 의료연구부
Tel: +82-42-868-9301 (O) Fax: +82-42-868-9480
E-mail: doskian@kiom.re.kr

▲ 유종향

대전광역시 유성구 전민동 461-24번지 (우: 305-811)
한국한의학연구원 의료연구부
Tel: +82-42-868-9591 (O) Fax: +82-42-868-9480
E-mail: jhyoo@kiom.re.kr

▲ 김종열

대전광역시 유성구 전민동 461-24번지 (우: 305-811)
한국한의학연구원 의료연구부
Tel: +82-42-868-9489 (O) Fax: +82-42-868-9480
E-mail: ssmmed@kiom.re.kr