

전문조작원 유무에 따른 사상체질 음성진단의 신뢰성 분석

박현준 · 김종열* · 장준수*

충남대학교 정보통계학과, *한국한의학연구원 한의기반연구부

Abstract

A Study about Reliability of Sasang Constitutional Voice Diagnosis according to Operator Presence

Hyun Jun Park, Jong-Yeol Kim*, Jun-Su Jang*

Department of Information and Statistics, Chungnam National University

**Korean Medicine Fundamental Research Division, Korea Institute of Oriental Medicine*

Objectives

This study was aimed to analyze the reliability of vocal features and probabilities for being in Sasang constitutional types calculated from Sasang constitutional voice diagnosis system according to operator presence.

Methods

We acquired 96 voice recordings from one male and one female for 4 days. For the first 2 days, the subjects recorded their voice by themselves. For the last 2 days, they recorded according to the instruction of an operator following the standard operating procedure. We analyze the standard deviations of vocal features, probabilities for being three constitutional types, Tae-Eum (TE), So-Yang (SY), and So-Eum (SE)

Results

In the case of the female, coefficients of variations of the voice variables and the probabilities for being each constitutional type were all within 20%. In the case of the male, coefficients of variations were all within 20% except one variable. Even if there was no instruction from the operator, standard deviations of the probability did not increase for both genders. When recorded without the operator, for male, the probability for being SE decreased by 3.2%. For female, the probability for being TE increased by 5.438%, and that of SE decreased by 3.057%, and that of SY decreased by 2.394%.

Conclusions

When recorded without operators, for men, there was a significant difference in the probability for being SE. And for women, there were significant differences in the probabilities for all constitutional types.

Key Words : Sasang Constitution, Voice Diagnosis System, Operator presence, Reliability

I. 緒論

사상의학은 조선시대 이제마 선생으로부터 창안되어 개개인의 특성을 4가지(‘태양인’, ‘태음인’, ‘소양인’, ‘소음인’)로 분류하여 특성에 맞게 치료하는 의학이다. 따라서 개개인을 체질별로 정확하게 구별하는 것이 중요한데, 한의학에서 주로 체형, 얼굴, 음성, 피부를 파악하여 구별한다. 예전부터 개인에 대한 사상체질 진단은 한의사의 경험에서 나오는 주관적인 판단 기준에 의해서 결정되기에 현대 한의학에서는 사상체질과 과학, 공학기술을 접목하여 체질을 객관적이고 정량적으로 표현하고자 하는 연구가 계속 진행되고 있으며¹, 한국한의학연구원에서는 웹기반 체질진단툴 서비스를 제공하고 있다². 본 연구는 체질진단툴에서 음성진단 부분에 관한 것이다.

이³는 사상임해지남(四象臨海指南)의 사성론(四聲論)에서 “태양인은 호흡기가 크므로 소리가 높다. 성음이 맑고 원만하니 상음(商音)과 화합한다. 태음인은 성량이 풍부하여 소리가 무겁다. 성음이 탁하고 방정하니 궁음(宮音)과 화합한다. 음은 양을 이기므로 음량이 풍성하다. 소양인 호흡기가 작으므로 소리가 가볍고 낮다. 성음이 급하고 멀리가니 징음(徵音)과 화합한다. 소음인은 성량이 넓으므로 소리가 활발하다. 성음은 느리고 평안하니, 우음(羽音)과 화합한다. 음은 양을 이기므로 음향이 풍성하다”라고 사상체질별 음성 특징을 밝히고 있는데, 표현이 추상적이어서 객관적인 진단에 활용하기에는 어려움이 있다.

음성분석을 바탕으로 체질진단을 하기 위해 많은 선행연구가 있었는데, 음성대의 기본 진동수, 피치, 발생지속 시간 등으로 체질을 분류하려는 연구가 있었다^{4,5}. 신⁶은 문장의 발음속도, 포먼트, 대역폭을 분석하여 체질을 분류하기도 하였다. 권⁷은 음원에 대한 변수뿐만 아니라 음성 공학 분야에서 음성의 특성을 연구하는데 주로 사용하는 성도 필터에 관계된 변수와 음성분야에서 널리 사용하고 있는 MDVP(Multi-Dimensional Voice Program)변수까지 모두 포함하여 분석을 하기도 하였다.

하지만 많은 연구에도 불구하고 체질진단툴과 체질전문가의 진단 일치율은 70% 내외로 어느 정도 한계가 있었다⁸. 그리고 체질진단툴에서 특히 음성은 다른 판단 요소인 안면, 체형 등과 비교해보면 이들보다 시간과 환경에 따른 가변적인 요인이 많이 작용하기에 음성을 이용하여 특정 체질정도를 정량적으로 제시하기는 어려움이 있다⁹. 체질진단을 하는데 있어서 동일인에 대한 진단지표 수치의 반복성이 떨어지게 된다면 그 결과 값은 신뢰하기 어렵게 된다. 이를 보완하고자 음성진단을 반복적으로 재현하는데 있어서 안정적인 변수를 찾기 위해 많은 연구가 있었다. 김¹⁰은 반복 녹음을 통해 많은 변수들 중 안정적인 변수를 찾으려고 하였고, 김¹¹은 음성녹음 표준작업지침 개선을 통해 반복성 있는 안정적인이고 신뢰성 있는 변수를 추출하는 연구를 하였다. 또한 체질진단툴의 음성진단이 녹음환경변화에 얼마나 강인한지 알아보기 위한 연구도 있었다¹². 동일 피험자에 대해서 반복 측정된 음성 특징들의 CV(Coefficient of Variation)값이 크거나 서로 다른 전문조작원(operator)에 의해 수행된 음성진단의 결과값이 상이하다면 체질진단의 신뢰성에 문제가 있을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 체질진단툴의 음성진단 부분의 신뢰성을 검증하기 위해서, 전문조작원의 유무에 따라 음성 특징 변수들과 체질 확률값의 변화 정도를 살펴보기로 한다.

II. 本論

체질진단툴 음성진단의 신뢰성 검증에 있어서 전문조작원간의 차이보다 전문조작원이 있을 경우와 없을 경우 오차가 더 크기 때문에 본 연구에서는 전문조작원이 있는 경우와 없는 경우에 대한 실험을 진행하였다. 20대 남녀 각각 1명씩 총 4일간 24번씩 반복측정하여 96번의 음성데이터를 얻었다. 4일중 2일은 전문조작원 없이 피험자가 직접 자신의 음성을 녹음하여 분석하였고, 나머지 2일은 표준작업지침을 충분히 숙지하고 있는 전문조작원의 지시에 따라서 녹음을 하

였다. 피험자는 평상시 음성으로 5개의 모음('아', '에', '이', '오', '우')와 문장 ("우리는 높은 산에 올라가 맑은 공기를 마시고 왔습니다.")을 각각 2번씩 녹음 하였다.

표준작업지침은 마이크와 입의 간격 4-5cm유지, 목 소리 크기 일정구간 유지, 처음 시작시 묵음 1초간유지 등의 내용을 포함하고 있으며, 자가 녹음시에 피험자는 녹음 방법이 기술되어 있는 안내문을 보고 녹음을 진행 하였다(Figure 1). 주변환경은 50dB이하의 조용한상태가 유지되는 실험실에서 주변잡음을 최소화 하였다. 마이크로소프트 윈도우 7 환경의 PC에 외장형 사운드 카드와 마이크를 연결하여 녹음을 하였다. 사운드카드는 Sound Blaster Live 24-bit External을 사용 하였다. 사용된 마이크는 Sennheiser e-835s이며, 마이크의 주파수 응답은 40~16,000Hz이고, 민감도는 2.7mV/Pa 이다. 마이크를 스탠드에 고정하는 등 전문조작원 유무를 제외한

다른 설정은 동일하게 하였다. 음성 녹음을 위해서는 GoldWave¹³ 프로그램을 이용하여 mono, 샘플링 주파수 44,100Hz 설정으로 녹음하였다.

기존 연구들과의 동일한 음성 녹음 절차를 따라서 모음과 문장을 모두 녹음하였지만, 본 연구에서는 현재 체질진단틀에서 활용하고 있는 문장 부분만 대상으로 분석하였다¹⁶. 음성 변수는 2회 녹음된 문장에서 추출하여 평균값을 사용하였다. 본 논문에서 사용한 변수들은 총 24개 이다 (Table 1).

MFCC는 소리의 단구간 파워 스펙트럼 값을 비선형 멜스케일(Mel scale)을 적용한 후 로그 파워 스펙트럼의 선형 코사인 변환을 하여 만들어진 계수값으로, 음성신호를 효율적으로 압축하여 저차원의 특징으로 분석할 수 있는 장점이 있어서, 음성분석에 가장 많이 사용되는 특징이다¹⁴.

1. Record the following contents with minimal noise in the room and check for ambient noise before recording.
- ※ Practice: Practice 5 vowels and a sentence once before recording.
- ※ The distance between microphone and mouth should be 4 ~ 5cm.
2. Start silence interval: Keep silence interval for 1-2 seconds before vowel speaking.
3. 5 vowels: "아", "에", "이", "오", "우"
Each vowel is pronounced for about 2 seconds with a constant power.
4. Sentence: "우리는 높은 산에 올라가 맑은 공기를 마시고 왔습니다." (repeat 2 times)
5. Pronounce the vowels first, repeat the sentence twice. In a sentence, do not make silence interval for more than 2 seconds.
6. Last silence interval: Keep silence for 1-2 seconds and finish recording. Create a single wav file with vowels and sentences recorded.

Figure 1. Standard operating procedure

Table 1. The Vocal Variables

Variables	Description
sF10, sF50, sF90	10, 50, 90 percentile of average fundamental frequency distribution
sFHL	Ratio of average fundamental frequency percentile (sF90 - sF50) / (sF50 - sF10)
sF0	Average fundamental frequency
sFCV	Coefficient of variation of average fundamental frequency
sDT	Duration time
sHNR	Harmonics-to-noise ratio
sCPP	Cepstral peak prominence
sMFCC1 ~ 12	12 Mel-Frequency Cepstral Coefficients
p(TE, SE, SY)	Probability of constitution (Taeum, Soeum, Soyang)

체질별 확률값을 계산하기 위한 과정을 설명한다. 각 체질별 점수 η_k 는 다음 식을 통해 표현된다.

$$\eta_k = \hat{\beta}_{k0} + x^T \hat{\beta}_{k,lasso}(\lambda) \dots\dots\dots (1)$$

여기서 x^T 벡터는 Table 2에 정리한 음성특징벡터이다. 음성특징벡터는 비슷한 연령대 특징값들의 평균과 표준편차로 정규화 하여 사용하였다. $k=\{1,2,3\}$ 는 각각, 태음, 소음, 소양 그룹을 나타내고, $\{\hat{\beta}_{k0}, \hat{\beta}_{k,lasso}(\lambda)\}$ 는 각 그룹에 대해 회귀 계수를 추정하는 것이다. 남녀 구분하여 독립적으로 회귀 계수 추정을 수행하였다 (Table 2).

η_k 를 구한 후 각 최종 체질 그룹 분류를 식(2)를 이용하여 표현한다.

$$\log\left(\frac{\pi_l}{\pi_{k^*}}\right) = \gamma_{l0} + c^T \gamma_l \dots\dots\dots (2)$$

여기서 c^T 는 η 와 나이를 포함하는 벡터이다. Table 3에 최종 회귀모델의 계수값을 정리하였다. 계수값 $\{\gamma_{l0}, \gamma_l\}$ 는 최종 회귀모델의 계수이다. 각 체질그룹일 확률 π_k 을 식(3)을 통해 구한다.

$$\pi_k = \frac{\exp(\gamma_{k0} + c^T \gamma_k)}{\sum_{k=1}^3 \exp(\gamma_{k0} + c^T \gamma_k)} \dots\dots\dots (3)$$

마지막으로, 사상체질 진단은 각 체질 확률값 π_k 가 가장 큰 것을 택한다²⁾.

Table 2. The Vocal Feature Coefficients According to Gender

	Male			Female		
	Taeumin	Soeumin	Soyangin	Taeumin	Soeumin	Soyangin
(Intercept)	0.10	0.02	-0.12	-0.47	0.25	0.22
AGE_real		0.00	0.00	0.02		0.00
sF10	0.11	-0.38		0.17		-0.15
sF50	-0.46	0.04			0.19	-0.42
sF90			0.23		0.40	-0.44
sFHL	-0.20	0.20			-0.06	0.08
sFO	0.17		-0.37		-0.26	0.95
sFCV		-0.22	0.00		-0.13	0.12
sDT		-0.01	0.06	0.02	-0.02	
sMFCC1	0.11		-0.25	0.04	0.00	
sMFCC2		-0.16	0.15		0.21	-0.08
sMFCC3		0.01	-0.18	-0.15	0.10	
sMFCC4		-0.03	0.07	0.02	-0.09	
sMFCC5	-0.06	0.17		0.05	-0.08	
sMFCC6		0.25	-0.12		-0.03	0.09
sMFCC7		0.24	-0.23	-0.05	0.19	
sMFCC8	0.12		-0.20	0.18		-0.20
sMFCC9	0.21	-0.16		0.22	-0.08	
sMFCC10		-0.20	0.13	0.02		-0.01
sMFCC11	0.01	-0.18		-0.12	0.04	
sMFCC12		-0.11		-0.13		0.11
sHNR		0.01	-0.18		-0.02	0.10
sCPP	0.00		0.08		0.01	-0.06

sF10, sFF50, sF90 : 10, 50, 90 Percentile of average fundamental frequency distribution. ; sFHL : Ratio of average fundamental percentile (sF90-sF50)/(sF50-sF10). ; sFO : Average fundamental frequency. ; sFCV : Coefficient of variation of average fundamental frequency. ; sDT : Duration time. ; sMFCC 1~12 : 12 Mel-Frequency Cepstral Coefficient. ; sHNR : Harmonics-to-uoise. ratio. ; sCPP : Cepstral prak prominence.

III. 研究結果

1. 음성변수와 체질 확률값의 CV(Coefficient of Variation)

성별에 따른 음성 변수의 CV값을 살펴보면, 남성의 경우 sFHL(Ratio of average fundamental frequency percentile((sF90-sF50)/(sF50-sF10)))변수를 제외하고 모든 변수의 CV값이 20% 이내로 나오는 것을 확인 하였다. CV값을 비교해보면 가장 큰 차이는 sFHL변수에서 74.59%(전문조직원 무)에서 65.02%(전문조직원 유)로 9.57%만큼 가장 많이 감소하였고 sFCV(Coefficient

of variation of average fundamental frequency)변수에서 14.15%에서 16.14%로 1.99%만큼 가장 많이 증가 하였으나 그 차이는 크지 않다. 여성의 경우에도 sFHL변수만 제외하고 모든 변수의 CV값이 20% 이내로 나오는 것을 확인하였다. CV값을 비교 했을 때 가장 큰 차이는 pTE(태음 확률값)에서 18.63%(전문조직원 무)에서 12.03%(전문조직원 유)로 6.61%만큼 가장 많이 감소하였고, pSY(소양 확률값)에서 7.98%에서 12.41%로 4.42%만큼 가장 많이 증가 하였다. 전체적으로 전문조작원이 있을 때 CV가 줄어드는 경향을 확인할 수 있었다 (Table 4).

Table 3. The Final Regression Model Coefficients of Sasang Constitutional Diagnosis

Variables	Taeum	Soyang	Socum
Intercept	-0.00028	-0.00155	0
AGE_real	7.50E-06	5.34E-05	0
η_1	1.033993	0.005622	0
η_2	0.006752	1.023052	0
η_3	-1.04177	-1.02639	0

Table 4. Coefficient of Variation of Vocal Variables According to Gender.

Variables	Male(N=48)		Female(N=48)	
	Non_Operator(%) (N=24)	Operator(%) (N=24)	Non_Operator(%) (N=24)	Operator(%) (N=24)
sF10	0.81	0.51	9.81	7.61
sF50	1.54	1.06	2.47	3.04
sF90	18.35	15.66	4.23	3.52
sFHL	74.59	65.02	19.47	21.11
sFO	2.73	3.02	2.79	3.16
sFCV	14.15	16.14	10.23	7.34
sDT	7.25	2.68	4.75	4.97
sHNR	6.62	5.43	5.61	4.53
sCPP	3.17	2.14	2.28	2.20
pTE	9.56	8.24	18.63	12.03
pSE	13.17	11.40	11.22	9.11
pSY	18.70	14.03	7.98	12.41

sF10, sFF50, sF90 : 10, 50, 90 Percentile of average fundamental frequency distribution. ; sFHL : Ratio of average fundamental percentile ((sF90-sF50)/(sF50-sF10)). ; sFO : Average fundamental frequency. ; sFCV : Coefficient of variation of average fundamental frequency. ; sDT : Duration time. ; sMFCC 1~12 : 12 Mel-Frequency Cepstral Coefficient. ; sHNR : Harmonics-to-uoise. ratio. ; sCPP : Cepstral prak prominence.

2. 남성 음성변수들 등분산 검정

전문조작원이 표준작업지침을 준수하여 실험할 때 음성변수와 체질 확률 값들의 표준편차가 더 줄어드는 지를 검정하기 위해 등분산 검정(Levene)을 하였다. 체질 확률값 계산에 사용되는 모든 음성변수에 대한 등분산 검정결과, 남성은 전문조작원이 있을 때 sDI(Duration time), sMFCC(Mel-Frequency Cepstral Coefficients)1, 2, 3, 4, 10 변수의 표준편차가 작게 나타났다. 하지만 변수들의 회귀모형을 통해 나온 체질 확률 값인 pTE, pSE, pSY

는 표준작업지침 대로 음성진단을 하더라도 표준편차가 작게 나타나지 않았다 (Table 5).

3. 여성 음성변수들의 등분산 검정

체질 확률값 계산에 사용되는 모든 측정변수에 대한 등분산 검정결과, 여성은 전문조작원이 있더라도 모든 변수(24개)의 표준편차가 작게 나타나지 않았다. 마찬가지로 회귀모형을 통해 나온 pTE, pSE, pSY 값의 표준편차도 작게 나타나지 않았다 (Table 6).

Table 5. Levene Test According to Operator Presence in Male

Male	Standard deviation		Levene statistic	p-value
	Non_Operator (N=24)	Operator (N=24)		
sF10	0.816	0.514	1.575	0.216
sF50	1.728	1.169	1.953	0.169
sF90	27.185	23.626	.000	0.990
sFHL	2.423	2.659	.073	0.788
sFO	3.429	3.787	.542	0.465
sFCV	0.020	0.023	.831	0.373
sDT	0.270	0.104	10.609	0.002
sMFCC1	1.001	0.406	12.076	0.001
sMFCC2	1.439	0.451	35.702	<0.001
sMFCC3	1.443	0.650	12.818	0.001
sMFCC4	1.596	0.636	12.642	0.001
sMFCC5	1.802	1.164	2.384	0.130
sMFCC6	0.879	0.549	4.020	0.051
sMFCC7	1.460	1.396	.030	0.863
sMFCC8	0.527	0.711	3.132	0.084
sMFCC9	1.055	0.933	.644	0.427
sMFCC10	0.960	0.473	20.357	<0.001
sMFCC11	0.906	0.750	.052	0.821
sMFCC12	0.977	0.746	.660	0.421
sHNR	1.685	1.342	2.929	0.094
sCPP	0.615	0.429	2.531	0.119
pTE	4.670	3.896	.655	0.424
pSE	4.366	4.147	.063	0.805
pSY	3.368	2.293	2.116	0.151

sF10, sF50, sF90 : 10, 50, 90 Percentile of average fundamental frequency distribution. ; sFHL : Ratio of average fundamental percentile (sF90-sF50)/(sF50-sF10). ; sFO : Average fundamental frequency. ; sFCV : Coefficient of variation of average fundamental frequency. ; sDT : Duration time. ; sMFCC 1~12 : 12 Mel-Frequency Cepstral Coefficient. ; sHNR : Harmonics-to-uoise. ratio. ; sCPP : Cepstral prak prominence.

Table 6. Levene Test According to Operator Presence in Female

Female	Standard deviation		Levene statistic	p-value
	Non_Operator (N=24)	Operator (N=24)		
sF10	11.505	0.757	0.024	0.757
sF50	6.409	0.417	0.847	0.417
sF90	9.531	0.547	0.251	0.547
sFHL	0.226	0.278	1.529	0.278
sFO	6.758	0.806	0.122	0.806
sFCV	0.012	0.246	1.064	0.246
sDT	0.179	0.647	0.172	0.647
sMFCC1	0.770	0.212	1.418	0.212
sMFCC2	0.990	0.092	2.618	0.092
sMFCC3	1.229	0.757	0.193	0.757
sMFCC4	1.133	0.433	0.435	0.433
sMFCC5	0.982	0.525	0.331	0.525
sMFCC6	0.798	0.035	4.024	0.035
sMFCC7	0.744	0.070	2.893	0.070
sMFCC8	0.795	0.170	1.929	0.170
sMFCC9	0.999	0.149	2.545	0.149
sMFCC10	0.827	0.370	0.646	0.370
sMFCC11	0.732	0.582	0.509	0.582
sMFCC12	0.882	0.186	1.519	0.186
sHNR	1.261	0.188	1.463	0.188
sCPP	0.494	0.669	0.072	0.669
pTE	3.598	0.246	.0950	0.246
pSE	3.416	0.532	0.271	0.532
pSY	4.040	0.260	1.601	0.260

sF10, sF50, sF90 : 10, 50, 90 Percentile of average fundamental frequency distribution. ; sFHL : Ratio of average fundamental percentile (sF90-sF50)/(sF50-sF10). ; sFO : Average fundamental frequency. ; sFCV : Coefficient of variation of average fundamental frequency. ; sDT : Duration time. ; sMFCC 1~12 : 12 Mel-Frequency Cepstral Coefficient. ; sHNR : Harmonics-to-noise ratio. ; sCPP : Cepstral peak prominence.

4. 남성의 음성변수, 체질 확률값 T-test

유의확률 0.05 기준으로 남성의 경우 체질 확률값을 보면 pSE가 유의하게 차이가 나타났고, 변수들은 11개(sF50, sDT, sMFCC2, 3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, sCPP)에서 유의하게 차이가 나타났다. sMFCC2, 3, 6, 8, 10, 12값은 유의확률이 0.001이하였다. 소음체질 확률값(pSE)만 유의하게 차이가 나타났다. $\pi_2(=pSE)$ 구할 때 계수값을 보면 알 수 있듯이 가중치가 큰 4개(sMFCC6, 9, 10, 12)의 변수들에서 전부 차이가 나타났다 (Table 2, Table 7).

5. 여성의 음성변수, 체질 확률값 T-test

여성의 경우 음성변수들은 13개(sF50, sF90, sFHL, sFO, sFCV, sMFCC1, 6, 7, 9, 10, 12, sHNR, sCPP)에서 유의하게 차이가 나타났다. 14개 변수중 sFHL, sMFCC9 값을 제외한 모든 변수에서 유의확률이 0.001 이하였다. 체질 확률값을 보면 pTE, pSE, pSY값 모두 유의하게 차이가 나타났다. $\pi_k(k=1,2,3)$ 를 구할 때 계수값을 보면 알 수 있듯이 $\pi_1(=pTE)$ 구하는 식에서 가중치가 큰 sF10, sMFCC12 변수에서 차이가 나타났고, $\pi_2(=pSE)$ 와 $\pi_3(=pSY)$ 구하는 식에서는 가중치가

Table 7. T-test of Variables According to Operator Presence in Male

Male	Assumption of Variance	Mean		Mean difference	p-value
		Non_Operator (N=24)	Operator (N=24)		
sF10	homoscedasticity	100.934	100.633	0.302	0.132
sF50	homoscedasticity	112.031	110.616	1.415	0.002
sF90	homoscedasticity	148.124	150.865	-2.741	0.711
sFHL	homoscedasticity	3.248	4.090	-0.841	0.258
sFO	homoscedasticity	125.502	125.308	0.194	0.853
sFCV	homoscedasticity	0.140	0.145	-0.005	0.435
sDT	heteroscedasticity	3.726	3.871	-0.145	0.020
sMFCC1	heteroscedasticity	-1.026	-1.347	0.321	0.156
sMFCC2	heteroscedasticity	3.580	4.838	-1.258	<0.001
sMFCC3	heteroscedasticity	0.584	3.248	-2.664	<0.001
sMFCC4	heteroscedasticity	0.205	0.496	-0.291	0.413
sMFCC5	homoscedasticity	-1.776	-1.967	0.191	0.665
sMFCC6	homoscedasticity	4.070	5.332	-1.262	<0.001
sMFCC7	homoscedasticity	-6.998	-7.366	0.368	0.376
sMFCC8	homoscedasticity	3.502	4.778	-1.276	<0.001
sMFCC9	homoscedasticity	1.435	0.727	0.708	0.018
sMFCC10	heteroscedasticity	0.725	-0.168	0.893	<0.001
sMFCC11	homoscedasticity	-3.218	-2.630	-0.588	0.018
sMFCC12	homoscedasticity	-3.739	-4.752	1.013	<0.001
sHNR	homoscedasticity	25.446	24.735	0.711	0.113
sCPP	homoscedasticity	19.426	20.033	-0.607	<0.001
pTE	homoscedasticity	48.829	47.267	1.562	0.214
pSE	homoscedasticity	33.154	36.375	-3.221	0.012
pSY	homoscedasticity	18.008	16.346	1.663	0.052

sF10, sF50, sF90 : 10, 50, 90 Percentile of average fundamental frequency distribution. ; sFHL : Ratio of average fundamental percentile (sF90-sF50)/(sF50-sF10). ; sFO : Average fundamental frequency. ; sFCV : Coefficient of variation of average fundamental frequency. ; sDT : Duration time. ; sMFCC 1~12 : 12 Mel-Frequency Cepstral Coefficient. ; sHNR : Harmonics-to-noise ratio. ; sCPP : Cepstral peak prominence.

큰 sF50, sF90 변수들에서 차이가 나타났다 (Table 2, Table 8).

IV. 考察

본 연구는 체질진단틀의 음성진단 부분의 신뢰성을 알아보고자 전문조작원의 유무에 따라 측정 변수들의 표준편차와 체질 확률 값의 차이를 분석하였다.

남성의 경우 전문조작원 유무에 따른 변수들의 CV 값이 sFHL 변수만 제외하고 모든 변수들이 20% 이내로 들어오는 것을 확인하였다. 체질 확률값은 회귀모

형을 통해 계산되는 값인데 sFHL이 체질 확률값을 구할 때 가중치가 낮은 변수이고 나머지 변수들이 안정적인 변수였기 때문에 체질 확률값 또한 CV 값이 20% 이내로 나타났다. 여성의 경우는 전문조작원 유무에 따른 변수들의 CV 값이 모든 음성변수들에서 20% 이내로 나왔다. 마찬가지로 체질 확률값도 역시 CV 값이 20% 이내로 나타났다. 남성과 여성 모두 전문조작원이 없더라도 체질 확률값의 표준편차가 커지지 않고, CV 값도 안정적으로 나오는 것을 보아 현재 체질 진단에 사용되는 음성변수들이 안정적인 변수임을 확인하였다.

Table 8. T-test of Variables According to Operator Presence in Female

Female	Assumption of Variance	Mean		Mean difference	p-value
		Non_Operator (N=24)	Operator (N=24)		
sF10	homoscedasticity	148.299	151.249	-2.950	0.444
sF50	homoscedasticity	226.043	210.967	15.075	<0.001
sF90	homoscedasticity	293.191	270.473	22.718	<0.001
sFHL	homoscedasticity	0.928	1.072	-0.145	0.020
sFO	homoscedasticity	229.035	213.863	15.171	<0.001
sFCV	homoscedasticity	0.184	0.164	0.021	<0.001
sDT	homoscedasticity	3.620	3.606	0.014	0.788
sMFCC1	homoscedasticity	-7.076	-5.373	-1.703	<0.001
sMFCC2	homoscedasticity	-3.173	-2.654	-0.518	0.153
sMFCC3	homoscedasticity	-1.463	-1.358	-0.106	0.768
sMFCC4	homoscedasticity	-12.631	-12.744	0.113	0.758
sMFCC5	homoscedasticity	-1.000	-1.057	0.057	0.860
sMFCC6	heteroscedasticity	-11.093	-9.173	-1.920	<0.001
sMFCC7	homoscedasticity	-5.263	-7.064	1.802	<0.001
sMFCC8	homoscedasticity	-3.749	-4.132	0.383	0.216
sMFCC9	homoscedasticity	-5.902	-6.702	0.800	0.003
sMFCC10	homoscedasticity	-7.086	-8.683	1.597	<0.001
sMFCC11	homoscedasticity	-7.880	-7.565	-0.315	0.108
sMFCC12	homoscedasticity	-2.407	-3.910	1.503	<0.001
sHNR	homoscedasticity	29.836	27.836	2.000	<0.001
sCPP	homoscedasticity	21.847	22.473	-0.627	<0.001
pTE	homoscedasticity	24.491	29.929	-5.438	<0.001
pSE	homoscedasticity	40.570	37.513	3.057	0.012
pSY	homoscedasticity	34.957	32.563	2.394	0.023

sF10, sF50, sF90 : 10, 50, 90 Percentile of average fundamental frequency distribution. ; sFHL : Ratio of average fundamental percentile (sF90-sF50)/(sF50-sF10). ; sFO : Average fundamental frequency. ; sFCV : Coefficient of variation of average fundamental frequency. ; sDT : Duration time. ; sMFCC 1~12 : 12 Mel-Frequency Cepstral Coefficient. ; sHNR : Harmonics-to-uoise. ratio. ; sCPP : Cepstral prak prominence.

하지만 전문조직원 유무에 따른 음성변수들과 체질 확률값의 차이는 남성, 여성 모두 나타났는데, 남성의 경우 pSE값이 전문조직원이 있을 때, 평균값의 차이가 3.221%만큼 유의하게 증가하였고 여성의 경우 모든 확률값이 유의하게 차이가 나타났다. 전문조직원이 있을 경우 pTE값이 가장 크게 5.438%만큼 증가했고, 그 다음으로는 pSE이 3.057%, pSY이 2.394%만큼 감소했다. 변수들의 차이도 살펴본 결과 남성 여성 공통적으로 전문조직원이 있을 경우 sF50값이 감소하고 sCPP값은 증가하였다. 즉 기본주파수가 감소하고 주기성의 강도는 증가하였다. 그리고 sMFCC6 에서는

공통적으로 증가 하였고, sMFCC9, 10, 12 에서는 공통적으로 감소하였다. 여성의 경우 전문조직원 유무에 따라 많은 변수들이 차이가 나타나서 3개의 체질 확률값 전부 차이가 나타났다.

흥미로운 점은 남성은 전문조직원이 있을 때 6개의 변수들의 표준편차가 줄어들었지만 체질 확률값은 하나만 차이가 나타났고, 여성은 변수들의 표준편차는 변동이 없었지만 체질 확률값은 모두 유의하게 차이가 나타났다. Table 2, Table 3의 계수들은 모두 표준작업지침을 따라 녹음한 데이터를 바탕으로 만들어진 식이기 때문에 전문조직원 없이 측정할 경우 체질 확

를값을 정확하게 측정하지 못한다. 이번 연구에서 여성은 체질 확률값 중 가장 큰 값이 전문조작원이 있을 때 평균 37.513% 이었다. 이렇게 가장 큰 체질 확률값이 37% 수준일때는 3~5%정도만 확률값이 달라져도 체질 판별을 잘못 할 수 있기 때문에 전문조작원의 역할이 중요하다고 볼 수 있다.

본 연구는 자가 녹음이 가능한 일반인에 한정되어 있는데, 음성 녹음 절차가 복잡하지 않기 때문에 대부분의 일반인은 자가 녹음이 가능하다고 볼 수 있다. 앞으로 사상체질진단 전용 음성 녹음 프로그램의 사용자 편의성 향상 등을 통하여 표준작업절차가 간소화 되면 더 많은 사람들이 쉽게 자가 녹음을 할 수 있을 것이며, 또한 표준작업절차의 간소화는 전문조작원 유무에 따른 음성 특징값 및 체질 확률값의 변화를 더욱 최소화할 수 있을 것으로 생각된다.

V. 結 論

본 연구는 현재 사용되는 체질진단용 음성진단 부분에 있어서, 음성변수들이 전문조작원 유무에 따라서 얼마나 반복성 있게 측정되는지 보기위해, 남성과 여성에 대해서 각각 24회 반복 측정하여 통계 분석을 수행하였다. 또한 음성변수들로부터 계산되는 체질 확률값의 변화에 대해서도 분석하였다.

결과로 체질 확률값의 표준편차는 전문조작원의 영향을 받지 않았지만, 체질 확률값의 차이는 T-test 결과 유의미하게 나타났다. 남성은 소음 체질 확률값에서 유의미한 차이가 나타났고 여성은 태음, 소음, 소양의 모든 체질 확률값에서 유의미한 차이가 나타났다. 유의확률 0.05 기준으로는 유의미한 차이로 나타났다지만 확률값의 차이는 3~5% 정도로 변화폭은 크지 않았다.

향후 음성진단에 있어서 본 연구의 결과를 바탕으로 전문조작원 유무와 같은 환경변화에 강인한 변수 추출, 진단 알고리즘, 표준작업지침이 개선되어 자가 음성 모니터링이 필요한 U(Ubiquitous)헬스 시대에 성

공적으로 활용되기를 희망한다.

VI. Acknowledgement

이 논문은 2016년도 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단 바이오의료기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015M3A9B6027138)

VII. References

1. Do JH, Jang E, Ku B, Jang JS, Kim H, Kim JY. Development of an integrated Sasang constitution diagnosis method using face, body shape, voice, and questionnaire information. *BMC Complement Altern Med.* 2012;12(1):85.
2. So JH, Kim JW, Nam JH, Lee BJ, Kim YS, Kim JY, et al. The Web Application of Constitution Analysis System - SCAT (Sasang Constitution Analysis Tool) -. *J. of Sasang Constitutional Medicine.* 2016;28(1):1-10.(Korean)
3. Lee JM: Longevity and life preservation in oriental medicine (東醫壽世保元). Seoul, Korea: Kyung Hee Univ. Press; 1996.(Korean)
4. Kim DR. A study about five-sounds of Sasang constitutional sound analysis, *J. of Sasang Constitutional Medicine.* 2003;15(1):50-59.(Korean)
5. Yang SH, Kim DR. A study on the correlation between voice print and Sasang constitution. *J. of Sasang Constitutional Medicine.* 1996;8(2):191-202.(Korean)
6. Shin MR, Kim DR. A study on the correlation between sound characteristics and Sasang constitution by CSL. *J. of Sasang Constitutional Medicine.* 1999;11(1): 137-157.(Korean)
7. Kwon CH, Kim JY, Kim KH, Han SM. A Study on Correlation between Sasang Constitution and

- Speech Features. Korea Institute of Oriental Medicine. 2011;19(2):219-227.(Korean)
8. Jang ES, Jin HJ, Do JH, Lee SW, Kim JY. The Preliminary Study on the Coincidence between Sasang Constitutional Analysis Tool β -version and Expert of Sasang Constitution. Sasang Constitutional Medicine. 2012;24(2):1-7.(Korean)
 9. Kang JH, Yoo JH, Lee HJ, Kim JY. Automated speech analysis applied to Sasang constitution classification. Phonetics and Speech Sciences. 2009;1(3):155-163. (Korean)
 10. Kim KH, Kim SG, Kang NS, Kim JY. Study for Extraction of Stable Vocal Features and Definition of the Features. Korea Journal of Oriental Medicine. 2011;17(3):97-104.(Korean)
 11. Kim KH, Jang JS, Kim YS, Kim JY. Study of Developing SOP for Extracting Stable Vocal Features for Accurate Diagnosis. Korean J. Oriental Physiology & Pathology. 2011;25(6):1108-1112.(Korean)
 12. Kim YS, Nam JH, Kim JY, Jang JS. Robustness Evaluation of Sasang Constitutional Voice Diagnosis System in Different Recording Environments. Proc. of the Institute of Electronics Engineers of Korea Summer Conf. 2013:1817-1819.(Korean)
 13. <http://www.goldwave.com>
 14. http://en.wikipedia.org/wiki/Mel-frequency_cepstrum