

# Harmonics(배음)와 Formant Bandwidth(포먼트 폭)를 이용한 音聲特性과 四象體質間의 相關性 研究

박성진\* · 김달래

삼지대학교 한의과대학 사상체질의학교실

## Abstract

### A Study on the Correlation Between Sasang Constitution and Sound Characteristics Used Harmonics and Formant Bandwidth

Park Sung-Jin\* · Kim Dal-Rae

Dept. of Sasang Constitutional Medicine, College of Oriental medicine, Sangji, Univ.

This study was prepared to investigate the correlation between Sasang constitutional groups and voice characteristics using voice analysis system(in this study, CSL). I focused on the voice characteristics in terms of harmonics, Formant frequency and Formant Bandwidth.

The subjects were 71 males. I classified them into three groups, that is Soeumin group, Soyangin group and Taeumin group. The classification method of Constitution used two ways, QSCC II (Questionnaire for the Sasang Constitution Classification II) and Interview with a specialist in Sasang Constitution. So 71 people were categorized into 31 Soeumin(people), 18 Soyangin(people) and 22 Taeumin(people).

Pitch is approximately similar to the fundamental frequency(F0) in voices.

Shimmer in dB gives an evaluation of the period-to-period variability of the peak-to-peak amplitude within the analyzed voice sample.

FFT(Fast Fourier Transform) method in CSL can display sampled voices into harmonics. H1 is the first peak and h2 is the second peak in the harmonics. The amplitude difference of h1 and h2(h1-h2) can be explained as the speaker's phonation type,

And Formant frequency and bandwidth can be explained as the speaker's vocal tract.

So I checked the harmonics and Formant frequency and Bandwidth as the voice parameters.

First I have captured /e/ voices from all subjects using microphone.

And then I analyzed /e/ voices with CSL.

Power Spectrum and Formant History is the menu in the CSL which can display harmonics and Formant frequency and bandwidth.

The results about the correlation between Sasang Constitutional Groups and voice parameters are as follows;

1. There is no significant amplitude difference of harmonics(h1-h2) among three groups.
2. There is the significant difference between Soeumin Group and Soyangin Group in Formant Frequency 1 and Formant Bandwidth 1(p<0.05). Any other parameters have no significance.

I assume that Soyangin Group has clearer and brighter voice than Soeumin Group according to the Formant Bandwidth difference. And I think its result has coincidence with the context of 『Dongyi Suse Bowon』 and 『Sasangimhejinam』

**Key word:** Sasang constitutional groups, voice characteristics, fundamental frequency(F0), FFT(Fast Fourier Transform)

## I. 緒 論

東武 李濟馬(1837-1900)에 의해 창시된 사상체질의학은 장부의 性理에 따라서 네가지 체질, 태양인, 태음인, 소양인, 소음인으로 나누어 동일한 병증에 대해서도 치료의 방법을 달리하고 있다.

사상체질에 대한 진단은 『동의수세보원·사상인 변증론』에서 기술한 대로 사상인의 체형기상, 성질재간, 용모사기, 병증약리를 근거로 삼고 있으며 현대의 사상의학 임상에서는 체형<sup>1-11)</sup>, 두면부<sup>12-18)</sup>, 생화학<sup>19-25)</sup>, 유전자<sup>26-31)</sup>, 진단 기기<sup>32-34)</sup>, 설문지<sup>35-34)</sup>, O-ring Test<sup>55-56)</sup>, 지문<sup>57)</sup>, 음성<sup>58-62)</sup> 등의 다양한 방법으로 체질진단을 연구하고 있다.

이러한 다양한 방법들은 체질을 진단하는 새로운 연구로써 현재 계속해서 연구되어지고 있으나 아직까지 체질을 진단하기에는 어려운 면이 있다.

그 중 음성을 이용한 방법은 음성학의 발달로 인간의 음성을 수치나 그래프를 이용하여 보다 객관적으로 분석 재생하는 것이 가능해짐으로써 나타나게 된 분야이다.

한의학에 있어서 음성은 『황제내경(黃帝內經)』에서 五音(角, 徵, 宮, 商, 羽)<sup>63)</sup>과 五聲(呼, 笑, 歌, 哭, 呻)을 듣고 오장의 병변을 판단할 수 있다고 했으며<sup>64)</sup> 四診중 聞診으로 포함되어 환자의 상태를 파악하는데 사용되어 왔다.

『동의수세보원』에서도 ‘말하는 기운이 각 체질별로 다름을 언급하고 있으며<sup>65)</sup>, 이러한 가정하에 지금까지 음성분석에 관한 연구가 계속 진행되어 왔다.

본 연구에서는 현재까지 알려진 음성학적인 방법중 개인의 식별에 사용될 수 있는 pitch(피치), shimmer(심머), harmonics(배음)중 h1(첫 번째 배음)과 h2(두 번째 배음)의 음성세기의 차이(h1-h2 in dB)와 Formant Bandwidth(포먼트 폭)를 가지고 사상체질의 객관적인 진단을 시도하여 유의한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 研究方法

### 1. 研究對象

상지대학교 한의과대학에 재학중인 남학생과 상지대학교 부속 한방병원에 재직중인 남자직원 총 71명을 대상으로 하였다. 평균연령은 29.3±4.8세였고, 각 집단간 차이는 유의성이 없었다.

Table 1. Average rate in Sasang Constitution

Constitution	N	Age	95%CI for Mean		P value
			Lower Bound	Upper Bound	
Soeumin	31	29.0±4.2 <sup>a</sup>	27.5	30.5	0.878
Soyangin	18	29.4±6.4	26.2	32.5	
Taeumin	22	29.7±4.3	27.8	31.6	
SUM	71	29.3±4.8	28.2	30.4	

a: Mean±SD

### 2. 器具 및 方法

#### 1) 측정 기구

음성분석시에는 CSL(Computerized Speech Lab) Model 4300B(KAY, USA)를 이용하였는데 CSL의 A/D converter, Digital Anti-Aliasing Filter의 Resolution은 16bit(15bit plus sign)이고 D/A converter의 Resolution도 16bit이다. microphone은 EMC-909A(JAPAN)를 사용하였다. 음성녹음환경의 소음평가에는 2238 Mediator(Brüel & Kjær, Denmark)를 사용하였는데 측정범위는 25dB에서 140dB까지이다.

#### 2) 측정 방법

##### (1) 체질검사

연구대상자들의 체질분석을 위해 1차적으로 사상체질분류검사지(QSCC II)를 통하여 체질분석을 시행하였고, 2차적으로 사상체질의학과 교수가 대상자의 체질을 진단하였다.

##### (2) 녹음에 사용된 음운

음성분석을 하는데는 자음과 모음을 사용할 수 있다. 그런데 특히 포먼트는 성도(聲道: vocal tract)의 특성을 반영하는데 자음은 발성시에 혀나 기타 조음기관에 의해 성도를 변형시키게 된다. 자음보다는 모음이 성도의 변화를 최소화할 수 있으므로 모음을 선택해서 포먼트 연구를 하고 있다. 기본 모음( /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ )중에서 특히 /e/를

선택한 이유는 각 포먼트(Formant) 주파수가 멀리 떨어져 있어서 CSL이 포먼트 주파수를 분석하는데 특히 Formant Frequency 1과 Formant Frequency 2를 하나의 포먼트로 간주하는 폐해를 방지하기 위한 것이다. Table 2는 11개 영어 모음<sup>a)</sup>의 평균 포먼트 주파수 값을 나타내고 있다.<sup>66)</sup>

\a\의 경우는 Formant Frequency 1과 Formant Frequency 2가 730Hz와 1100Hz이므로 하나의 포먼트로 간주할 수 있으나 \e\의 경우는 Formant Frequency 1과 Formant Frequency 2가 500Hz와 1880Hz이므로 멀리 떨어져 있으므로 두 개의 포먼트로 정확하게 계산할 수 있다고 사료된다.

녹음은 상지대학교 부속 한방병원에서 실내 온도 24°C에서 하였으며, 마이크와 입과의 거리는 20~30 cm 정도의 거리를 일정하게 두어서 녹음시 음량이 너무 작아지거나 커지지 않도록 하였다. 발생시간은 대략 5초정도 \e\라고 발음하게 하였다.(소음: 40-42dB)

(3) 분석조건 및 분석 항목  
총71명(소음인 31명, 소양인 18명, 태음인 22명)의 녹음된 모음 \e\발음을 분석하였다.

음성분석기 CSL의 Sampling rate은 10KHz로 하였으며, FFT Power Spectrum과 LPC Formant History의 분석조건(분석시 Setting)은 Table 3과 같다.

분석항목은 Pitch(피치)와 Shimmer(심머), Harmonics(배음), Formant Frequency(포먼트 주파수), Formant Bandwidth(포먼트 폭)이다.

① Pitch & Shimmer의 분석방법

Pitch(피치)는 음성의 기본주파수로서 1분간 인간의 성대가 몇 번 개폐하였는지를 말하는 것으로 기본주파수와 유사하며 감성적 수치이다.

Shimmer(심머)는 음성의 세기 변화를 보여주는 표시자로서 녹음한 음성의 주기내에서의 세기(amplitude)변화를 알려준다. 특히 CSL에서 역치는 0.35이다.

이를 측정하는 방법은 Fig. 1의 상단 A화면에서

Table 2. Average Formant Frequency of English vowel

	i	I	e	ε	ae	a	o	u	oo	uh	er
F1	270	390	500	530	660	730	450	390	300	640	490
F2	2290	1990	1880	1840	1720	1100	850	1050	850	1190	1350
F3	3010	2550	2520	2480	2410	2440	2410	2240	2240	2390	1690

Table 3. Analysis setting in FFT power Spectrum and LPC Formant History

FFT Power Spectrum (Average Spectrum, Marked Region)	LPC Formant History... (Formants Marked Region)
FFT Frame Size: 1024 Power Spectrum Pre-emphasis: Yes Power Spectrum Pre-emphasis: 0.800 FFT Spectral Smoothing: None Power Spectrum Display Range(dB) Minimum: 0 Maximum: 80 Power Spectrum Display Range: Frequency Minimum: 0 Maximum: 4000 Quiet LTA Processing: No	Formant Response Frame Length(msec): 10 Formant Response Filter Order: 12 Formant Response Pre-emphasis: Yes Formant Response Pre-emphasis: 0.900 Formant Response Window Weighting: Yes Formant Response Analysis Method: Autocorrelation FMT Bandwidth cutoff(Hz): cutoff: 500 FMT Bandwidth Display: No Formant Response Display Range: Percent(%) Minimum: 0 Maximum: 80 Formant Response Vertical Axis; Linear

a) 위의 모음이 정확하게 우리의 한글모음과 같은 것은 아니지만 설명의 편의를 위해서 설명한다면 i 장모음 \이\, I 단모음 \이\, e 장모음 \에\, ε 단모음 \에\, ae \애\, a \아\, o \오\, u \우\, oo 장모음 \우\, uh \어\, er 권설음 \어\와 유사하다.

보듯이 저장된 음성신호를 Load(불러오기)하여서 음성신호의 길이를 제어본다. Fig. 1의 것은 발생시간이 대략 3.2 sec가 나왔다면 4등분하여서 앞에서 4분의 1 부분에서 3분의 4 부분까지를 표시한다.

이와 같이 하는 이유는 음성녹음의 처음과 끝부분에 고르지 못한 음이나 잡음이 들어갈 가능성이 크기 때문에 앞의 4분의 1과 뒤의 4분의 1을 제거하고 사용하기 위함이다.

상단 menu중에서 Analyze를 선택하고 Pull-Down menu중에서 Voicing Analysis를 선택하면 Average Pitch와 Shimmer가 화면의 중앙부분에 표시된다.

본 연구에서 인간의 기준치를 벗어난 shimmer가 소음인과 태음인 각각 1인에서 측정되어 해당 pitch와 shimmer값을 제거하고 69명을 대상으로 하여 분석하였다.

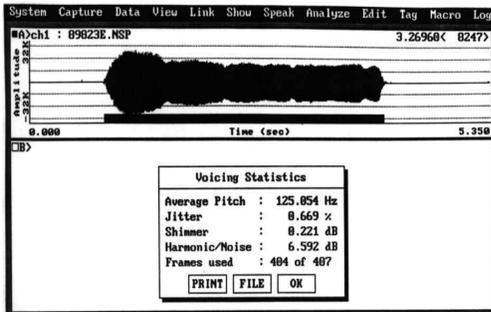


Fig. 1. Analysis method of Pitch and Shimmer

② Harmonics(배음)의 분석방법

Fig. 2의 상단 A화면에 이미 저장된 음성화일을 Load(불러오기)하여서 ①의 분석방법과 마찬가지로 음성파형의 앞쪽 1/4부분과 3/4부분을 표시한다. 그런 다음 Analyze부분에서 FFT power spectrum을 클릭하고 <Average Spectrum, Marked Region>를 클릭하면 B화면과 같은 Harmonics(배음)이 구해진다. 배음을 표시하는 화면은 가로축이 주파수(Hz)가 되고 세로축이 강도(dB)가 된다. 이 상태에서 첫 번째 피크(peak)가 h1(첫 번째 배음)이 되고 두 번째의 피크(peak)가 h2(두 번째 배음)가 된다. 커서(cursor)를 h1의 정점에 가져다 대면 음의 크기가 dB로 읽혀진다. 차례대로 h2를 구해서 기록한다.

③ Formant Frequency, Formant Bandwidth의 분석방법

Fig. 3에서 보듯이 상단 A화면에 이미 저장된 음성화일을 Load(불러오기)하여 ①의 분석방법과 마찬가지로 음성파형의 앞쪽 4분의 1부분과 4분

의 3부분을 표시한다. 그런 다음 menu의 Analyze부분을 클릭하여 Pull-Down menu중에서 Analyze를 선택하여서 LPC Formant History를 클릭하고 <Formants Marked Region>을 클릭하면 B화면과 같이 각 포먼트의 주파수가 세로로 그려진다. 아래에서부터 F1(제1포먼트), F2(제2포먼트), F3(제3포먼트), F4(제4포먼트), F5(제5포먼트)가 그려진다. 이 상태에서 Show를 클릭하고 Result Statistics를 클릭하면 Fig. 3의 화면 중심에서 보듯이 Formant History Statistics라고 해서 F1부터 F5까지의 Formant Frequency의 평균값, 표준편차, Formant Bandwidth의 평균값, 표준편차 등이 표시된다. 여기서 각 Formant Frequency의 Mean값과 Formant Bandwidth의 Mean값을 각각 기록한다.

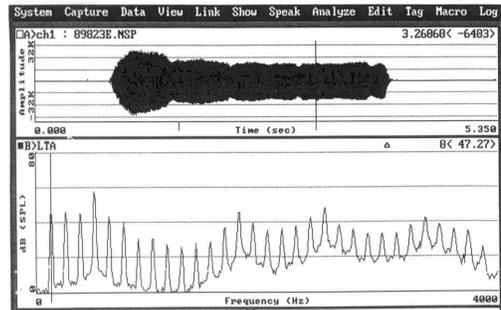


Fig. 2. Analysis method of Harmonics

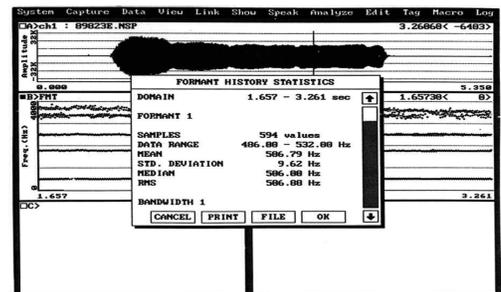


Fig. 3. Analysis method of Formant Frequency and Formant Bandwidth

3. 統計處理

각 체질그룹(소음인, 소양인, 태음인)의 harmonics(배음)중 h1과 h2차이(h1-h2)의 평균비교 및 각 체질그룹의 Formant Frequency, Formant Bandwidth의

평균값 비교를 위해서 SPSS(ver 10.0)의 one-way ANOVA를 사용하였다. 유의수준은 0.05로 하였고 post hoc은 Scheffe법을 사용하였다.

### Ⅲ. 研究結果

#### 1. Pitch(피치)와 Shimmer(심머)의 분석결과

##### 1) Pitch(피치)의 분석결과

소음인 30명, 소양인 18명, 태음인 21명의 pitch(피치)값을 보여주고 있다.

소양인, 소음인, 태음인 집단의 평균 pitch(피치)값은 123.976, 122.905, 122.495로 나타나, 소양인 집단의 평균 pitch(피치)값이 소음인이나 태음인 집단보다 높았으나 유의성은 없었다. (p=0.956)(Fig. 4)

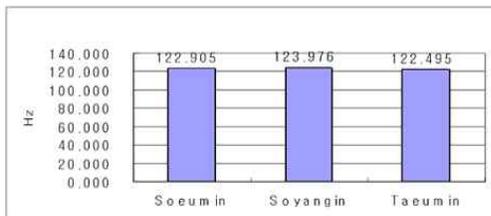


Fig. 4. Analysis results of Pitch

##### 2) Shimmer(심머)의 분석결과

소음인 30명, 소양인 18명, 태음인 21명의 Shimmer(심머)값을 보여주고 있다.

태음인, 소양인, 소음인 집단의 평균 shimmer(심머)값은 0.364, 0.321, 0.297로 나타나, 태음인 집단의 평균 shimmer(심머)값이 소양인이나 소음인 집단보다 높았으나 유의성은 없었다.(p=0.099)(Fig. 5)

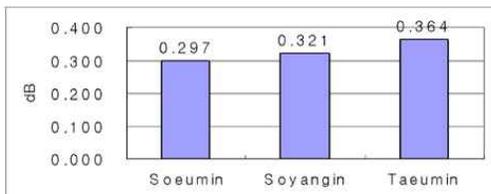


Fig. 5. Analysis results of Shimmer

소음인, 소양인, 태음인 체질 집단의 Pitch(피치)와 Shimmer(심머)를 분산형 그림으로 표시하면

Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8과 같다. x축은 Pitch를 나타내고 y축은 Shimmer를 나타낸다. 비록 각 체질별로 Pitch와 Shimmer에서 유의성 있는 차이가 인정되지 않았지만 Pitch와 Shimmer를 같은 평면상에 놓고 보면 분포가 다른 것을 볼 수 있다. 그러나 아직까지 이에 대해서 차이점을 설명할 방법은 없다.

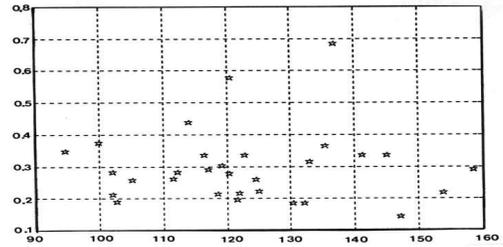


Fig. 6. Breakup of Pitch and Shimmer in Soeumin(Y(dB))

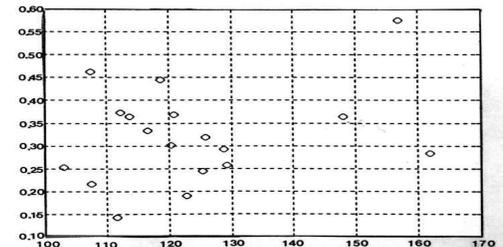


Fig. 7. Breakup of Pitch and Shimmer in Soyangin(Y(dB))

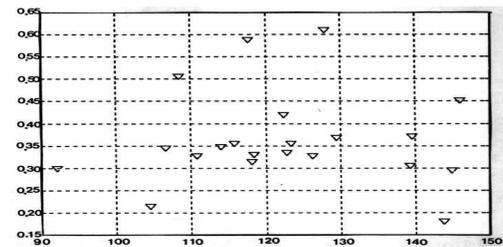


Fig. 8. Breakup of Pitch and Shimmer in Taeumin(Y(dB))

#### 2. Harmonics(배음)의 분석결과

##### 1) 소음인, 소양인, 태음인

소음인 31명, 소양인 18명, 태음인 22명을 대상으로 한 Harmonics(배음)중 h1, h2 및 h1과 h2의 음의 세기 차이(h1-h2)를 표시하면 Fig. 9와 같다.

h1의 평균값은 소음인, 소양인, 태음인 집단에서 각각 48.31, 47.71, 46.61로 나와서 소음인 집단의 평균값이 소양인, 태음인 집단보다 높게 나타

났다. 그렇지만 유의성은 없었다.( $p=0.397$ )

h2의 평균값은 소양인, 소음인, 태음인 집단에서 각각 46.92, 46.84, 45.36으로 나와서 소양인 집단의 평균값이 소음인, 태음인 집단보다 높게 나타났다. 그렇지만 역시 유의성은 없었다.( $p=0.278$ )

h1-h2의 평균값은 소음인, 태음인, 소양인 집단에서 각각 1.47, 1.25, 0.79으로 나와서 소음인 집단의 평균값이 소양인, 태음인 집단보다 높게 나타났다. 그렇지만 유의성은 없었다.( $p=0.776$ )

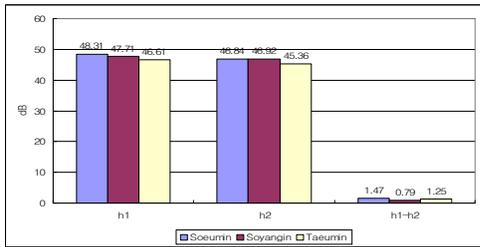


Fig. 9. Analysis results of Harmonics

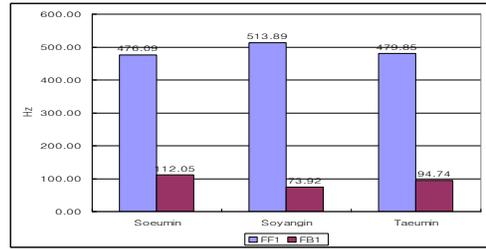
## 2. Formant Frequency, Formant Bandwidth의 분석결과

### 1) 소음인, 소양인, 태음인

Formant Frequency 1에 대한 소음인, 소양인, 태음인 집단의 평균값은 각각 476.09Hz, 513.89Hz, 479.85Hz로 나타나서 소양인 집단의 Formant Frequency 1이 타 집단보다 높게 나타났다. ( $p=0.029$ ) post-hoc(사후검정: Scheffe법)에서는 소양인 집단과 소음인 집단에서 유의성 있는 차이가 인정되었다.

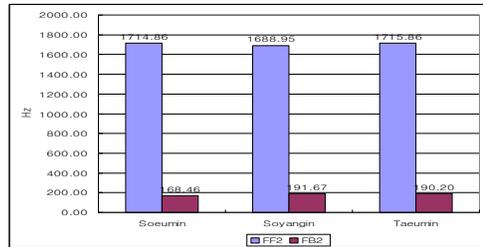
Formant Bandwidth 1에서는 소음인, 소양인, 태음인 집단의 평균값이 각각 112.05Hz, 73.92Hz, 94.74Hz로 소음인 집단의 Formant Bandwidth 1이 유의성 있게 높게 나타났다. ( $p=0.022$ ) post-hoc (사후검정)에서는 소음인 집단과 소양인 집단에서 유의성 있는 차이가 인정되었다.(Fig.10)

Formant Frequency 2의 평균값은 소음인, 소양인, 태음인 집단에서 각각 1714.86Hz, 1688.95Hz, 1715.86Hz로 태음인 집단에서 높게 나왔으나 유의성은 없었고, Formant Bandwidth 2의 평균값은 168.46Hz, 191.67Hz, 190.20Hz로 나와서 소양인 집단에서 가장 높게 나왔으나 유의성은 없었다.(Fig.11)



\*  $p < 0.05$   
 a) FF = Formant Frequency  
 b) FB = Formant Bandwidth

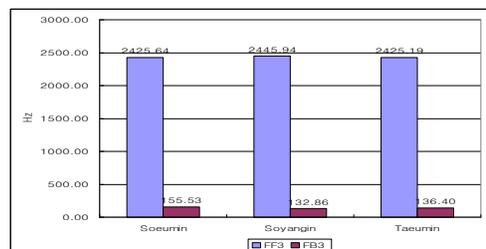
Fig. 10. Analysis results of Formant Frequency 1 and Formant Bandwidth 1



a) FF = Formant Frequency  
 b) FB = Formant Bandwidth

Fig. 11. Analysis results of Formant Frequency 2 and Formant Bandwidth 2

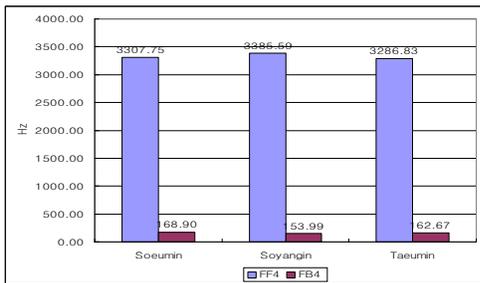
Formant Frequency 3의 평균값은 소음인, 소양인, 태음인 집단에서 각각 2425.64Hz, 2445.94Hz, 2425.19Hz로 소양인 집단에서 높게 나왔으나 유의성은 없었고, Formant Bandwidth 3의 평균값은 155.53Hz, 132.86Hz, 136.40Hz이 나와서 소음인 집단에서 가장 높게 나왔으나 유의성은 없었다. (Fig.12)



a) FF = Formant Frequency  
 b) FB = Formant Bandwidth

Fig. 12. Analysis results of Formant Frequency 3 and Formant Bandwidth 3

Formant Frequency 4의 평균값은 소음인, 소양인, 태음인 집단에서 각각 3307.75Hz, 3385.59Hz, 3286.83Hz로 소양인 집단에서 높게 나왔으나 유의성은 없었고, Formant Bandwidth 4의 평균값은 168.90Hz, 153.99Hz, 162.67Hz이 나와서 소음인 집단에서 가장 높게 나왔으나 유의성은 없었다.(Fig. 13)



a) FF = Formant Frequency  
b) FB = Formant Bandwidth

Fig. 13. Analysis results of Formant Frequency 4 and Formant Bandwidth 4

#### IV. 考 察

체질을 나눌 때는 체형기상, 용모사기, 성질계간, 병증약리를 살피고, 이 네가지를 종합분석하여 체질을 진단하고 결국 체질이 잘 분류되었는지는 그 체질에 맞는 약을 사용해 봄으로써 체질과 약의 적절한 반응을 통해서 확정지을 수 있다. 그런데 현재까지 많은 연구가 진행되고 있음에도 불구하고 체질진단을 확실하게 해 줄 수 있는 객관적인 방법은 아직 존재하지 않고 있는 실정이다.

그 중에서 容貌詞氣 부분에 초점을 맞추어 보면 詞氣는 결국 말하는 기세이며 이를 통해서 체질을 진단한다는 말이다.

말하는 기세는 두가지로 생각해 볼 수 있는데, 첫째는 말하는 투이다. 예를 들면 조용조용하게 말하는 자세나 거칠게 내뱉는 말투는 차이가 있으며 체질과 연관될 수 있다.

또 다른 하나는 목소리 부분이며 이것은 체질을 진단하는 사람의 귀를 통해서 듣게 되고 분석

되어지는 것이다.

우선 말하는 자세를 살펴보면 『동의수세보원·사상인변증론』에서는 “태음인은 얼굴 모습, 말하는 기운, 행동거지가 의젓하고 잘 가다듬으며 공명정대하다. 소음인의 얼굴모습, 말하는 기운은 그 몸이 생긴 바 그대로 자연스럽게 성품이 까다롭지 않고 잔습씨가 있다”<sup>65)</sup>고 하여 태음인과 소음인의 말하는 투나 기세가 다르다고 하였다. 결국 이 부분은 체질을 진단하는 사람이 말하는 투를 보거나 들으면서 인지적으로 또는 감성적으로 판단하는 부분이다.

둘째로 목소리에 관한 부분을 생각해 보면, 예전에는 세상만사를 분류하는데 오행을 사용하였고, 소리에 대해서도 五行을 적용시켜서 五音을 설정하였다. 그것이 곧 각(角), 치(徵), 궁(宮), 상(商), 우(羽)이다. 김구익은 그의 저서 『사상임해지남』에서 “태양인은 그릇이 커서 음성이 높다. 또한 맑고 둥글다. 그래서 商소리와 화합한다. 태음인은 양(量)이 넓어서 음성이 무겁다. 또한 탁하고 모가 난다. 그래서 宮소리와 화합한다. 소양인은 그릇이 작아서 음성이 가볍고 낮다. 또한 급하고 물러간다. 그래서 徵소리와 화합한다. 소음인은 범위가 넓어서 음성이 발동한다. 완만하고 평이하다. 그래서 羽소리와 화합한다.”<sup>67)</sup>라고 말하여 체질과 오음중 상, 궁, 치, 우와 관련된다고 하였다. 오음은 아마도 요즘의 음의 높낮이와 음색과 관련이 있다고 사려된다.

김<sup>39)</sup>은 ‘태양인은 음성이 높고 맑고 둥글며 크고 분명하고 우렁차다. 태음인은 무겁고 탁하고 모가 나고 말이 적으며 어운이 웅장한 사람이 많고 대개 침중한 기운이 있다. 소양인은 가볍고 낮으며 급하고 물러간다. 명랑하고 맑으며 말을 함부로 한다. 소음인은 완만하고 평이하며 낮고 온유한 편이다.’라고 요약하였다.

또한 사상인에 따라서 호산지기(呼散之氣), 흡취지기(吸聚之氣), 납적지기(納積之氣), 출방지기(出放之氣)의 차이가 있음<sup>61)</sup>을 설명하는데 이는 사람마다 특색 있는 성음을 가질 수 있음을 의미한다고 하겠다.

음성학적인 면에서 자주 언급되는 Pitch는 다른

사람의 목소리를 듣고 목소리가 높다, 낮다고 느끼는 것으로 결국 성대가 단위시간 동안에 몇 번 진동했는지를 말하는 것이다. 즉 성대가 열렸다 닫혔다를 반복하는데 한번 열렸다 닫혔다하는 것을 한 번이라고 했을 때 1초동안 성인 남성은 대개 125번 정도, 성인 여성은 200번 정도, 아이들은 300번 정도 반복하게 된다. 그래서 성인 남성의 목소리는 낮고 성인 여성과 어린이들은 목소리가 높게 나오는 것이다. 이러한 1초당 진동수를 기본 주파수(Fundamental Frequency, F0)라고 한다. 이 기본 주파수를 듣는 사람의 입장에서 느끼는 감성적 수치를 pitch라고 하는데 거의 같기 때문에 혼용해서 사용하고 있다.

본 연구에서 Pitch의 분석결과는 소양인, 소음인, 태음인 집단의 평균이 123.976Hz, 122.905Hz, 122.495Hz로 나와서 소양인 집단의 평균값이 가장 높게 나왔으나 유의성은 없었다.( $p=0.956$ )

Shimmer(심머)는 음성의 세기 변화를 보여주는 표시자로서 녹음한 음성의 주기내에서의 세기(amplitude)변화를 알려준다. 특히 CSL에서 역치는 0.35이다.

본 연구에서 Shimmer의 분석결과는 태음인, 소양인, 소음인 집단의 평균이 0.364, 0.321, 0.297로 나타나, 태음인 집단의 평균값이 가장 높게 나왔으나 유의성은 없었다.( $p=0.099$ )

Formant는 공명으로 해석이 되는데, 예를 들어 빈 병(아래는 막히고 위는 열린)을 불면 소리가 나는 것과 같다. 병의 길이가 짧을수록 혹은 병에 물이 차 있을 경우가 더 높은 음을 내게 된다. 이러한 것을 그 병(공명기)이 가지고 있는 고유한 공명주파수라고 한다. 사람의 목소리도 성대부터 구강을 거쳐 입술까지를 하나의 통(공명기)으로 생각한다면 성대부분이 막히고 입부분이 열린 빈 병으로 생각할 수 있다. 따라서 공명주파수를 가지고 있고, 빈 병(인간에서는 성도)의 특성을 설명해 줄 수 있는 것이다. 성인남성의 경우 성대에서 입술까지의 거리를 대략 17cm로 계산한 공명기로 생각하고 포먼트 주파수를 생각하면 500Hz, 1500Hz, 2500Hz...의 공명주파수가 생길 것이다. 그런데 혀를 비롯한 다른 조음기관들이 좁아지거

나 위치, 형태를 변화시켜서 공명주파수는 변화하게 된다. 모음을 발음할 경우 그래도 자음보다는 혀나 조음기관의 영향을 덜 받을 수 있지만 영향을 받게 되므로 이상적인 500Hz, 1500Hz, 2500Hz...의 공명주파수와 차이가 나게 되는 것이다.

여기서 소리의 맑다, 탁하다는 말은 현재 음성의 음향학적인 관점에서 Formant의 의미를 지니며 '높다', '낮다'의 의미는 Pitch와 연관지을 수 있다<sup>61)</sup>.

Formant는 성대의 공명정점<sup>68)</sup>을 이야기하는 것으로 그 값은 성도의 모양에 의해 결정된다. Formant 값은 음성 스펙트럼에 의해 발견이 가능한데 그 중 특히 모음 스펙트럼은 개별음성에 대해 유용하며 언어인지에 대한 실마리에 좋은 길잡이가 된다<sup>69)</sup>. Formant는 Formant Frequency 1과 Formant Frequency 2의 값을 중시한다.

본 연구의 Formant Frequency 분석결과는 Formant Frequency 1에서 소양인, 태음인, 소음인 집단순으로 513.89Hz, 479.85Hz, 476.09Hz로 나타났으며, 소양인과 소음인집단에서 유의한 차이가 인정되었다.( $p=0.029$ )

Formant Frequency 2에서는 태음인, 소음인, 소양인 집단순으로 1715.86Hz, 1714.86Hz, 1688.95Hz로 나타났으나 유의성은 없었다.( $p=0.721$ )

Formant Frequency 3에서는 소양인, 소음인, 태음인 집단순으로 2445.94Hz, 2425.64Hz, 2425.19Hz로 나타났으나 유의성은 없었다.( $p=0.865$ )

Formant Frequency 4에서는 소양인, 소음인, 태음인 집단순으로 3385.59Hz, 3307.75Hz, 3286.83Hz로 나타났으나 유의성은 없었다.( $p=0.246$ )

Formant Bandwidth는 각 공명정점에서 3dB 아래의 가로축의 길이를 나타내는 것으로 가로축의 단위인 Hz로 나타낸다. 같은 공명정점을 가진 소리라 할 지라도 Bandwidth의 폭에 따라 실제로 들리는 소리는 차이가 나게 되므로 Bandwidth는 음성의 구별에 중요한 요소로 작용하게 된다.

본 연구에서 Formant Bandwidth의 분석결과는 Formant Bandwidth 1에서 소음인, 태음인, 소양인 집단순으로 112.05Hz, 94.74Hz, 73.92Hz로 나타났

으며, 소음인과 소양인 집단에서 유의성있게 차이가 났다.( $p=0.022$ )

Formant Bandwidth 2에서는 소양인, 태음인, 소음인 집단순으로 191.67Hz, 190.20Hz, 168.46Hz로 나타났으나 유의성은 없었다.( $p=0.763$ )

Formant Bandwidth 3에서는 소음인, 태음인, 소양인 집단순으로 155.53Hz, 136.40Hz, 132.86Hz로 나타났으나 유의성은 없었다.( $p=0.712$ )

Formant Bandwidth 4에서는 소음인, 태음인, 소양인 집단순으로 168.90Hz, 162.67Hz, 153.99Hz로 나타났으나 유의성은 없었다.( $p=0.813$ )

총괄적으로 Formant Frequency 1과 Formant Bandwidth 1에서 유의성있는 차이가 인정되었다. 특히 소음인과 소양인 집단사이에서 소양인 집단의 첫 번째 포먼트 주파수(Formant Frequency 1)가 더 높게 나타났고 소양인 집단의 포먼트 폭(Formant Bandwidth 1)이 더 좁게 나왔다. 포먼트 폭이 좁을수록 목소리는 더욱 카랑카랑한 느낌이 드는데, 소양인의 목소리가 명랑하고 맑다는 설명과 잘 부합된다. 소양인에 비해서 소음인의 목소리는 완만하고 평이하다고 한 것은 포먼트 폭이 소양인 집단에 비해서 넓은 것과 잘 부합된다고 사료된다.

다만 Formant Frequency 1, 2, 3, 4중에서 특히 Formant Frequency 1만이 구별된 점을 가지고 어느 부분(location)의 공간이 넓다 좁다라고 말하기에는 다른 음성 연구들이 이를 뒷받침하지 못하고 있는 실정이라서 설명하기에 부족하다.

우리가 말하는 음성은 여러 단순 정현파(sine wave)의 복합에 의한 복합파(complex wave)이며, 이것을 푸리에(Fourier) 변환을 하면 다시 여러개의 단순 정현파로 볼 수가 있다. 음성분석기(여기서는 CSL)에서 FFT(Fast Fourier Transform)를 통해서 단순 정현파로 만들어 볼 수가 있다. 이때 단순 정현파는 기본주파수의 배수로써 표현되며, 이것들을 배음(harmonics)이라고 한다. 이 배음중에서 처음의 것을 편의상 h1이라고하고 두 번째 것을 h2라고 하였다.

h1과 h2의 음의 세기 차이(differences in dB)는 사람의 발성(phonation)의 형태를 설명해 줄수 있다.

일반적인 인간의 발성 형태에는 기본적으로 세 가지가 있다. 성대가 하나의 성문주기상에 열려 있는 시간에 따라서 Modal, Creaky, Breathly Phonation이 있다. Modal Phonation은 대개 각각의 성문주기에서 성대가 대략 반정도가 열려있는 경우를 말한다. 이 경우 성대는 양쪽으로 당겨지지도 않고 닫혀 있지도 않은 상태를 말한다. Creaky phonation의 경우는 각각의 성문주기때 성대가 좁게 되어있고 짧게 열리는 시간을 가지고 있다. 성대는 각각의 성문주기에서 더 긴 주기에 닫혀 있다. 이를 Power spectrum으로 보면 가파르고 갑작스럽게 기울기가 급한 곡선을 보인다. Breathly phonation은 넓은 성문을 형성하고 있는데 그래서 성대가 각각의 성문주기동안 완전히 닫히는 경우가 없이 비교적 오랫동안 열려있게 된다. 그러므로 성문에서 약간의 잡음을 만들어내게 된다. h1-h2의 값은 이런 Phonation의 방식을 결정하는 한가지 방법으로 사용되고 있다.<sup>69)</sup>

기본적으로 Modal, Breathly, Creaky의 세가지 형태의 발성양상은 거울을 후두부에 넣어서 관찰하면 볼 수 있다. 발성하는 동안 성대의 닫히고 열리는 모양을 볼 수 있지만, 거울을 넣어서 보는 것이 불편한데, 이것을 마이크에 대고 녹음한 음성을 통해서 h1-h2를 구해서 유추할 수 있다는 것이다.

그리고 아마도 h1-h2가 발성형태의 차이를 설명해 준다면 사상체질적인 특성을 나타내 줄 수 있을까 하는 점에서 h1-h2를 살펴보게 된 것이다.

본 연구에서 h1-h2의 분석결과는 소음인, 태음인, 소양인 집단순으로 1.47dB, 1.25dB, 0.79dB로 나타나서 모두 양수값을 가졌으며 유의성은 없었다.( $p=0.776$ )

본 연구를 진행하면서 문제점이라고 생각된 점이나 앞으로의 연구에서 개선되어야 할 점을 설명하면 아래와 같다.

첫째로 본 연구를 진행하면서 연구설계(research design)를 충분히 하지 못해서 나중에 다른 항목을 보고자 할 때 음성녹음을 받아놓은 것이 없어서 힘든 면이 있었다. 앞으로의 연구에서는 충분한 시간을 두고서 연구설계를 하여야 할 것이며, 되

도록 많은 문장을 체질별로 녹음하여야 하겠다. 또한 피실험자의 개인정보 예를 들면, 키, 몸무게, 사투리 등의 피실험자 개인에 대한 정보가 충분히 기록되어야 하고 차후의 실험에서는 음성과 키, 몸무게의 상관성을 음성과 체질의 상관성과 함께 분석해 보아도 의미가 있을 것이라 생각한다.

둘째로 녹음방식에서 현재는 모음(a, e, i, o, u)내지는 /a/나 /e/를 5초정도 발성하게 하였다. 그러나 이러한 것은 부자연스러운 발성이 될 가능성이 크며, 녹음실의 마이크앞에 앉아서 긴장된 상태에서 발성하게 된다. 게다가 녹음을 1회만 하여서 분석한 것은 본 연구의 부족함 면이라고 생각한다. 1회의 녹음으로 그 사람의 개인적인 전형적 목소리라고 말하기에 부족하다. 따라서 앞으로는 한 문단(5개 정도의 문장으로 구성된)을 읽게 하여서 필요한 모음을 선택해 내야 할 것이라 생각한다.

셋째로 기존의 논문은 /a/에 대한 음성분석을 하였으나 /a/의 제1포먼트와 제2포먼트 주파수가 영어의 경우 730Hz와 1100Hz이어서 매우 가까운 편이다. 따라서 컴퓨터를 이용한 음성분석기는 자동으로 계산을 해 주는 대신 2개의 서로 다른 포먼트 주파수를 하나의 포먼트로 계산하기도 한다. 따라서 그러한 폐단을 없애고자 /e/발음을 본 연구에서 도입하였다. 하지만 /e/발음에 대한 국어학적인 면을 고려하지 못했다. 예를 들면 영어에서는 [e], [ɛ], [æ]의 구별이 있다. 하지만 국어에서 [에]를 발음해 보라고 했을 때 [에]와 [애]를 구별해서 발음하는 경우가 드물다는 것을 고려해야 했는데, 이를 고려하지 못했다. 따라서 본 연구에서는 아마도 [에]와 [애]가 섞여서 분석이 되었을 것이다. 영어에서의 [e]는 국어 발음의 [에]와 가깝고 [ɛ]가 [애]에 가깝다고 본다면 [에]의 Formant Frequency 1은 500Hz, [애]의 Formant Frequency 1은 530Hz정도에 가깝다. 따라서 차이가 생길 수 있다는 것이다. 앞으로의 연구에서는 [에]를 사용한다면 이 점을 고려해야 할 것이다.

이상의 결과로 볼 때 Harmonics(배음)항목에서는 세 체질, 소음인, 소양인, 태음인간에 유의성 있는 차이가 없었으며, Formant Frequency(포먼트

주파수) 및 Formant Bandwidth(포먼트 폭)에서는 Formant Frequency 1, Formant Bandwidth 1이 유의성 있게 차이가 있으므로, 좀더 많은 대상으로 연구를 진행시켜 각 체질의 표준값을 정한다면 사상체질진단의 객관화에 도움이 되는 도구가 될 것이라고 사료된다.

## V. 結 論

본 연구는 개인의 음성특색을 구별하는데 사용될 수 있는 Pitch(피치), Shimmer(심머), harmonics(배음)의 h1과 h2의 음성세기 차이값(h1-h2)과 Formant Frequency(포먼트 주파수) 및 Formant Bandwidth(포먼트 폭)을 살펴보았다. 이를 음성특성을 반영하는 표시자와 사상체질간의 상관관계를 살펴보며 사상체질진단의 객관화를 시도해 보려고 하였다.

1. Pitch(피치)와 Shimmer(심머)에서는 소음인, 소양인, 태음인 집단간에 유의한 차이가 없었다.

2. Harmonics(배음)중 h1과 h2의 음성세기를 측정된 결과 소음인, 소양인, 태음인에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

3. 네 번째까지의 Formant Frequency(포먼트 주파수)와 Formant Bandwidth(포먼트 폭)를 측정된 결과, Formant Frequency 1과 Formant Bandwidth 1은 소음인 집단과 소양인 집단에서 유의성 있는 차이를 보였다.

4. 소음인 집단의 음성은 Formant Frequency 1에서 소양인 집단보다 유의성 있게 낮았으며, Formant Bandwidth 1에서 유의성 있게 높았다. 이것은 소양인의 음성이 소음인보다 상대적으로 명량하고 맑으며 소음인의 목소리는 완만하고 평이하다는 사상의학적 설명과 부합된다고 사료된다.

## 參考文獻

1. 이문호, 홍순용. 사상체질유형과 체격 및 신체 형태지수와의 비교연구. 사상의학회지. 1990; 2(1):71-86.
2. 허만희, 송정모, 김달래, 고병희. 사상인의 형태학적 도식화에 관한 연구. 사상의학회지.

- 1992;4(1):107-148.
3. 허반옥, 김동수. 조선족 성인 300명에 대한 사상의학적 체질측정. 사상학회지. 1994;6(1):55-66.
  4. 이수경, 이의주, 홍석철, 고병희. 신체계측 및 검사소견을 중심으로 한 사상인의 특징에 대한 분석. 사상학회지. 1996;8(1):349-376.
  5. 허만희, 고병희, 송일병. 사상체질의 형태학적 도식화. 사상학회지. 1989;1:29-40.
  6. 홍석철, 이수경, 이의주, 한기환, 조요인, 최창석 외 2인. 체간부의 사상체질별 형태학적 특징에 관한 연구. 사상학회지. 1998;10(1):101-142.
  7. 이의주, 이재구, 김정연, 송정모. 한국인 신체 분절에 관한 사상의학적 연구. 사상학회지. 1998;10(1):143-160.
  8. 홍석철, 이의주, 이수경, 한기환, 고병희, 송일병. 사상체질진단의 객관화를 위한 형태학적 연구. 사상학회지. 1998;10(1):171-180.
  9. 이의주, 고병희, 송일병. 사상인의 형태학적 특징에 관한 연구. 사상학회지. 1998;10(2):181-220.
  10. 유제훈, 김달래. 남자음경과 여자유방의 체질별 크기에 관한 연구. 사상학회지. 1999;11(1):281-294.
  11. 박은경, 박성식. 사상인 수족의 형태학적 특징. 사상학회지. 1999;11(2):195-207.
  12. 고병희, 송일병, 조용진, 최창석, 김종원, 홍석철 외 3인. 사상체질별 두면부의 형태학적 특징. 사상학회지. 1996;8(1):101-186.
  13. 김창수. 태음인과 소음인의 두면부의 체질인류학특점. 사상학회지. 1997;9(2):299-302.
  14. 김창수. 사상의학과 연변조선족 성인 두면부의 활체측량성체질 특점에 관한 연구. 사상학회지. 1994;6:127-130.
  15. 홍석철, 이수경, 송일병. 사상체질별 상안부의 형태학적인 특징에 관한 연구. 사상학회지. 1998;10(1):161-170.
  16. 홍석철, 고병희, 송일병. 사상인의 이목비구의 형태학적 특징 연구. 사상학회지. 1998;10(2):221-270.
  17. 홍석철, 이의주, 이수경, 한기환, 고병희, 송일병. 사상체질별 상안부 Morie 형태의 특징에 관한 연구, 사상학회지. 1998;10(2):271-282.
  18. 윤종현, 임규성, 김상복, 이준희, 박계수, 이수경 외 3인. 한국인 남자 30-40대와 50-60대의 사상체질별 안면형태에 관한 비교연구. 사상학회지. 2000;12(2):143-152.
  19. 김경요, 한중현, 홍순용. 태음인 남학생의 혈액변화에 대한 연구. 사상학회지. 1991;3:151-172.
  20. 조황성, 지상은, 이의주, 홍석철, 고병희, 권건혁 외 2인. 체질진단의 객관화에 관한 연구-생화학적 분석자료를 중심으로-. 사상학회지. 1997;9(1):147-162.
  21. 김대성, 김경요, 한중현. 체질에 따른 혈중 Hormone 특성에 관한 연구. 사상학회지. 1992;4:193-212.
  22. 김경용, 김달래. 체질별 혈청지질성분의 분석에 관한 실험적 고찰. 사상학회지. 1993;5:139-146.
  23. 김종원. 사상인 체질과 혈중 prostaglandin E2치와의 관계에 관한 연구. 사상학회지. 1997;9(2):245-262.
  24. 홍상훈, 김종원. 청소년의 사상체질과 체성분과의 상관성에 관한 연구. 사상학회지. 2000;12(2):132-142.
  25. 최선미, 지상은, 정봉연, 성현제, 안규석, 고병희. 사상체질분류검사에 의한 체질진단과 체성분분석과의 상관성에 관한 연구. 사상학회지. 2001;13(1):24-34.
  26. 조동욱, 이창수, 고병희, 조황성. 유전자지문법을 이용한 사상체질의 유전적 분석 연구. 사상학회지. 1996;8(2):151-164.
  27. 조동욱, 안선경, 김도균, 김대원, 지상은, 이의주 외 3인. Amp-FLP를 이용한 사상체질의 유전적 분석 연구. 사상학회지. 1997;(2):163-174.
  28. 최승훈, 임용빈, 이준우, 김홍열, 강철훈. 사상체질유형과 ACE(angiotensin converting enzyme)

- 유전자 Type(polymorphism)과의 상관관계. 사상의학회지. 1998;10(2):283-290.
29. 한성규, 지상은, 최선미. HLA typing을 이용한 체질유전자 분석에 관한 연구. 사상의학회지. 2001;13(1):97-103.
  30. 김민희, 김경석, 지상은, 최선미, 조동욱. 유전적 분석법에 의한 사상체질의 연구. 사상의학회지. 1999;11(1):169-184.
  31. 하만수, 고병희, 송일병. 유전자를 이용한 체질유형감별의 방법론에 관한 고찰. 사상의학회지. 1999;11(2):185-194.
  32. 김종원, 고병희, 송일병. EAV의 측정치와 사상체질유형 및 중풍과의 상관성에 관한 연구. 사상의학회지. 1995;7(2):59-88.
  33. 조봉관. 적외선 체열 촬영을 이용한 체질 판별의 특징 파라미터의 추출. 사상의학회지. 1995;7(2):265-270.
  34. 차철주, 이상용, 이의주, 홍석철, 김종원, 고병희 외 1인. EAV측정치의 표준화에 관한 연구(성별, 연령별, 체질별). 사상의학회지. 1996; 8(2):131-150
  35. 김종원, 고병희. 입원환자 53례의 체질변증을 위한 설문 통계분석(소양인/소음인). 사상의학회지. 1991;3:89-104.
  36. 조용태, 송일병. 입원환자 53례의 체질변증을 위한 설문통계분석(태음인/태양인). 사상의학회지. 1991;3:105-120.
  37. 김선호, 고병희, 송일병. 사상체질분류검사(QSCC)의 타당화 연구. 사상의학회지. 1993; 5:61-80.
  38. 이정찬, 고병희, 송일병. 사상체질분류검사의 준거타당화 연구. 사상의학회지. 1993;5: 81-98.
  39. 조용태, 고병희, 송일병. 사상체질분류검사의 준거타당화 연구. 사상의학회지. 1994;6:89-94.
  40. 김선호, 고병희, 송일병. 사상체질분류검사지(QSCC II)의 표준화 연구. 사상의학회지. 1996; 8(1):187-246.
  41. 이정찬, 고병희, 송일병. 사상체질분류검사지(QSCC II)의 타당화 연구. 사상의학회지. 1996; 8(1):247-294.
  42. 노성호, 이의주, 홍석철, 고병희, 송일병. 사상체질분류검사의 타당화 방안 모색을 위한 설문조사 결과분석. 사상의학회지. 1996;8(2): 239-256.
  43. 김종원. 체질진단분류에 따른 질병 및 병증유형에 관한 임상적 연구(문진표를 중심으로). 사상의학회지. 1996;8(1):337-348.
  44. 김영우, 김종원. 설문지를 통한 사상체질의 임상적 분류방안 연구. 사상의학회지. 1998; 10(1):215-234.
  45. 김달래. 설문지를 이용한 체질감별방법의 신뢰도에 관한 연구. 사상의학회지. 1994; 6:89-94.
  46. 박은경, 박성식. QSCC II 설문지 문항에서의 체질별 응답 차이 비교 분석 연구. 사상의학회지. 2000;12(2):78-93.
  47. 김상복, 이수경, 이의주, 고병희, 송일병. 사상체질분류검사지(QSCC II)에 의한 소음인 진단의 타당성 연구. 사상의학회지. 2000; 12(2): 94-103.
  48. 박효인, 이건인. 사상체질분류검사와 성격특성검사의 비교분석을 통한 사상체질별 성격 특성에 관한 연구. 사상의학회지. 2000;12(2): 104-131.
  49. 박은경, 박성식. 설문지 문항에서의 체질별 응답차이 비교분석 연구. 사상의학회지. 2000; 12(1):157-172.
  50. 김태균, 김종원. 새로운 사상체질설문지의 임상적 활용에 관한 연구. 사상의학회지. 2000; 12(1):173-185.
  51. 장현록, 이의주, 고병희, 송일병. 사상체질분류검사지(QSCC II)에 의한 태음인 진단의 타당성 연구. 사상의학회지. 2001;13(1):45-50.
  52. 박성식, 박은경, 최재영. 설문지에 의한 사상체질 판정의 일치도 분석. 사상의학회지. 1999; 11(1):103-118.
  53. 김영우, 김종원. 체질진단분류에 따른 질병 및 증상유형에 관한 임상적 연구 II(문진표를 중

- 심으로). 사상의학회지. 1999;11(1): 119-136.
54. 김영우, 김종원. 사상체질진단의 객관화에 관한 연구-기존 설문지 분석을 중심으로-. 사상의학회지. 1999;11(2):151-183.
  55. 노성호. 체질약물을 이용한 O-ring Test에 의한 체질감별에 대한 고찰. 사상의학회지. 1993;5:147-150.
  56. 김정렬, 김달래. 계측기를 이용한 O-ring Test 법의 검증에 관한 연구. 사상의학회지. 1995; 7(1):69-102.
  57. 박성식, 최재영, 정민석, 김이석, 이제만, 이경애 외 3인. 사상체질유형과 지문, 손바닥문의 관련성에 대한 연구. 사상의학회지. 1998; 10(1):81-100.
  58. 김달래, 박성식, 권기록. 성문분석법에 의한 사상체질진단의 객관화 연구(I). 사상의학회지. 1998;10(1):65-80.
  59. 김선형, 신미란, 김달래, 권기록. Laryngograph와 EGG를 이용한 음향특성과 사상체질간의 상관성 연구. 사상의학회지. 2000;12(1): 144-156.
  60. 양승현, 김달래. 성문과 사상체질과의 상관성에 관한 연구. 사상의학회지. 1996;8(2): 191-201.
  61. 신미란, 김달래. CSL을 통한 음향특성과 사상체질간의 상관성 연구. 사상의학회지. 1999; 11(1):137-158.
  62. 양상묵. Pitch Range와 Bandwidth를 이용한 음성특성과 사상체질간의 상관성 연구. 상지대학교 대학원. 석사학위논문. 2001.
  63. 양유걸 편저. 황제내경영추역해. 서울: 대성문화사. 1990:459-467, 491.
  64. 한의학 연구원 임상연구실 편. 음악과 한의학. 서울: 한의학연구원. 1998:13.
  65. 이제마. 동의수세보원. 서울: 행림출판. 1994: 137-138.
  66. 고도홍, 구희산, 김기호, 양병곤. 음성언어의 이해. 서울: 한신문화사. 1999:138.
  67. 김달래. 사상입해지남:김달래. 동의수세보원 초고. 서울: 정담. 1999:121.
  68. 고도홍, 구희산, 김기호, 양병곤. 음성과학. 서울: 한국문화사. 2000:325,331.
  69. HyunKee Ahn. Post-Release Phonatory Processes in English and Korean. The university of Texas at Austin. 1999:33-37