

# 美國成人의 四象體質音聲分析機를 이용한 體質別 音響特性 研究 신미란 · 김달래\* · 유준상\*\*

세명대학교 한의과대학 사상체질과, \*경희대학교 한의과대학 사상체질과  
\*\*상지대학교 한의과대학 사상체질과

## Abstract

### A Study on the Acoustic Characteristics of the American Adults Using Phonetic System for Sasang Constitution

Shin Mi-Ran · Kim Dal-Rae\* · Yoo Jun-Sang\*\*

Dept. of Sasang Constitutional Medicine, College of Oriental Medicine, Se Myung Univ.

\*Dept. of Sasang Constitutional Medicine, College of Oriental Medicine, Kyung Hee Univ.

\*\*Dept. of Sasang Constitutional Medicine, College of Oriental Medicine, Sang Ji Univ.

#### 1. Objectives

The purpose of this study was to objectively diagnose American male and female's production of two vowels /a, i/ by Sasang Constitution.

#### 2. Methods

It was analyzed the constitutional characteristics of the American adults voices with PSSC-2004. of 134 cases of vowels /a, i/ with a duration of 2.5~3 seconds were inputted in PSSC-2004 and analyzed into 40 factors.

#### 3. Results and Conclusions

##### 1) APQ

In the male group's production of vowel /a/, the Soyangin's APQ(1), APQ(3) and APQ(4) were significantly high compared with those of Taeumin and Soeumin.

##### 2) Shimmer

In the male group's production of vowel /a/, Soeumin's Octave1 Shimmer was significantly low compared with that of Taeumin and Soeumin.

In the male group's production of vowel /i/, Soeumin's D-Shimmer was significantly low compared with that of Taeumin and Soeumin.

In the female group's production of vowel /a/, the Soyangin's C-Shimmer was significantly high compared with that of Taeumin and Soeumin.

##### 3) Octave

In the male group's production of vowel /a/, the Soyangin's Octave3, Octave4, Octave5, Octave6 and Octave1 Ratio were significantly high compared with those of Taeumin and Soeumin. In the male group's production of vowels /a, i/, the Soyangin's Octave4 was significantly high compared with that of Taeumin and Soeumin.

• 접수일 2007년 11월 12일; 승인일 2007년 11월 29일

• 교신저자 : 신미란

충북 충주시 봉방동 836번지 세명대학교 부속 충주한방병원  
사상체질의학과

Tel : +82-043-841-1734 FAX : +82-043-856-1731

E-mail : shinmr19@hanmail.net

## 4) Energy

In the male group's production of vowel /a/, the Soyangin's Time Domain Total Sum /Time Domain Count, Freq Domain Total Sum /cnt(0), 0k-4k Total Sum, Dev., A(A#, C, E, D#, E, F#) tot E, and A(C,, D#, F#) Dev. were significantly high compared with those of Taeumin and Soeumin.

In the male group's production of vowel /i/, the Soyangin's Time Domain Total Sum /Time Domain Count, Freq Domain Total Sum /cnt(0) and 0k-4k Total Sum, Dev. were significantly high compared with those of Taeumin and Soeumin.

## 5) Peak

In the male group's production of vowels /a/ and /i/, the Soyangin's Peak1 Ratio was significantly low compared with that of Taeumin and Soeumin.

In the male group's production of vowels /a/ and /i/, the Soyangin's Peak10 Ratio, Time Domain Peak Total/Total Energy Sum, Time Domain Peak Dev. and Total/Total Dev. Sum were significantly high compared with those of Taeumin and Soeumin.

## 6) It is necessary to expand the research of the acoustic analysis of American and Korean to other countries in the diagnosis of the Sasang Constitution by using the voice characteristics.

**Key Words:** American, Sasang Constitutional Medicine, PSSC, Acoustic Characteristics

## I. 緒 論

사상체질의학은 한국 고유의 독창적 의학으로 체질에 대한 생리, 병리, 진단, 치료, 예방에 이르기까지 연계를 갖고서 임상에 응용할 수 있는 새로운 방향을 제시한 우수한 의학이론이라고 할 수 있다<sup>1</sup>. 이러한 우수한 의학의 최대 관건이 바로 객관적 체질 감별이라 하겠다. 體質의 鑑別은 주로 東武가 『東醫壽世保元』에 제시한 기준으로 이루어지며 후세에 의가들에 의해서 조금씩 변형되어 운용되고 있다<sup>2</sup>. 診斷과 治療에 있어서 객관성과 재연성의 확보는 과학화를 요구하는 사람들의 과제이며, 四象醫學에서도 추상화 되어 언급된 여러 가지 기술을 객관화 시키고자 많은 노력을 하고 있다. 四象體質 鑑別의 客觀化는 이미 많은 부분에서 이루어지고 있으며, 이러한 일환으로 음성의 여러 항목들을 추출하여 체질간 유의성이 있다고 판단되는 자료들을 바탕으로 사상체질음성분석기(Phonetic System of Sasang Constitution : PSSC-2004)가 개발되어 환자 체질감별에 사용하고 있으며 객관적 유의성을 확보해 나가고 있다<sup>3-6</sup>.

음성학이나 공학, 의학 등에서는 이미 원하는 결과를 얻어내기 위해서 유의성 있는 분석

파라미터를 찾아내기 위해서 노력하고 있으며, 음성분석을 통한 사상체질분석의 객관화 작업은 이러한 연구를 바탕으로 하여 이루어 졌다.

四象體質醫學에서는 體質마다 음성이 다르며, 체질적 특성이 음성에 반영된다고 보고 음성특성을 파악, 체질구분에 사용하고자 하였다. 『東醫壽世保元』 『四象人辨證論』에서는 “太陰人は 얼굴모습, 말하는 기운, 행동거지가 의젓하고 잘 가다듬으며 공명정대하다. 少陰人の 얼굴모습, 말하는 기운은 그 몸이 생긴바 그대로 자연스럽고 성품이 까다롭지 않고 잔 숨씨가 있다”<sup>7</sup>고 하여서 말하는 투나 기세가 다르다고 하였다. 『四象臨海指南』 『四聲論』에서는 四象人の 音聲을 臟腑大小, 淸濁園方, 宮商角徵羽 음에 배속하여 체질별로 구체적으로 성음 특성에 대하여 언급을 하고 있다<sup>8</sup>. 이처럼 四象醫家들도 비교적 일관된 어조로 四象人の 音聲의 특성을 설명하고 있다.

사상의학을 국제적으로 폭넓게 적용하기 위해서는 국제적으로 응용할 수 있는 체질진단의 기준이 마련되어야 하고, 다른 나라 다른 민족에도 적용이 가능할 수 있어야 한다고 생각된다. 이러한 노력의 일환으로 고<sup>1</sup>는 세계에서 사상의학이 객관적으로 인정받을 수 있는 이론적

근거를 마련하고자 영문 사상체질분류검사지 (Questionnaire about Sasang Constitution Classification II : QSCCII)를 이용하여 미국인을 대상으로 체질감별을 시도하였고, 김<sup>9</sup>은 몽고인을 대상으로 사상체질분류검사지의 신뢰도에 대하여 연구한 바 있다.

본 연구에서는 미국인을 대상으로 사상체질 음성분석기(PSSC-2004)를 사용하여 체질분석을 시도하였고 음향 특성적 분류를 통하여 유의성 있는 요소를 찾고자 노력하였다. 미국인 남성 53명, 여성 81명을 대상으로 하여 사상체질전문문의 체질진단 및 /a, i/ 단모음에 대한 체질별 음향특성 연구를 한 결과 다음과 같은 유의한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 研究 對象 및 方法

### 1. 연구대상

#### 1) 성인남성

성인남성에서는 少陽人 4명, 太陰人 28명, 少陰人 21명으로, 총 53명을 대상으로 하였다. 평균연령은 29.9세였으며, 평균 체중은 79.5 kg,

평균 신장은 179.6 cm, 평균 BMI는 24.6이었다. BMI와 몸무게에서는 태음인이 소양인이나 소음인에 비해서 더 높은 것으로 나타났다(Table 1).

#### 2) 성인여성

성인여성에서는 소양인이 24명, 태음인이 19명, 소음인이 38명으로, 총 81명을 대상으로 하였다. 평균연령은 34.7세, 평균 체중은 61.3 kg, 평균 신장은 163.8 cm, 평균 BMI는 22.4이었다. BMI와 몸무게에서는 태음인이 소양인이나 소음인에 비해서 더 높은 것으로 나타났다(Table 2).

## 2. 연구방법

#### 1) 체질검사

사상체질 전문의가 연구대상자들의 외형, 말투, 형태 등을 살펴서 체질을 판단하고, 2차적으로 사상체질음성분석기(PSSC)로 음성을 녹음하여 분석결과를 체질별로 판별하였다. 사상체질음성분석기와 사상체질전문문의 판단이 서로 다른 경우에는 사상체질전문문의 판단에 따라 체질을 기록하였다.

Table 1. General Characteristics of Adult Male Subjects

Constitution	Number	Age(years)	BMI(kg/m <sup>2</sup> )	Height(cm)	Weight(kg)
Soyangin	4	27.3±6.2	21.5±2.7	176.8±2.8	67.0±7.7
Taeumin	28	32.0±8.4	27.1±2.8	180.8±5.0	88.6±10.0
Soeumin	21	27.6±9.6	21.8±2.2	178.7±5.9	69.7±9.5
Sum	53	29.9±8.9	24.6±3.7	179.6±5.3	79.5±13.6
P		0.073	0.000*	0.101	0.000*

Unit: Mean±S.D.

Table 2. General Characteristics of Adult Female Subjects

Constitution	Number	Age(years)	BMI(kg/m <sup>2</sup> )	Height(cm)	Weight(kg)
Soyangin	24	34.6±10.0	21.6±2.0	167.0±6.9	60.3±5.0
Taeumin	19	37.8±8.9	25.6±3.2	158.1±23.7	69.8±12.0
Soeumin	38	33.3±10.5	21.4±3.2	164.6±6.0	57.7±7.3
Sum	81	34.7±10.5	22.4±3.3	163.8±13.0	61.3±9.4
P		0.284	0.000*	0.066	0.000*

Unit: Mean±S.D.

## 2) 측정기구

- (1) 사상체질음성분석기(PSSC-2004)
- (2) 마이크로폰  
Model: TM75(AUDIO-TECHNICA)  
Frequency Response: 60-15,000 Hz  
Signal to Noise Ratio: 58 dB, 1 kHz at 1 Pa
- (3) Sound Card  
Model: Sound Blaster DE5.1 Lite  
Signal to Noise Ratio: 91 dB  
Bit/Sampling Rate: 16 bit/48 kHz

## 3) 측정방법

김<sup>14</sup>의 방법을 따라서 하였으나, /a, i/의 단모음과 문장을 녹음하여 자료를 얻었고, 이들 자료 중 단모음 부분만 분석하였다.

## 4) 분석항목

- (1) 주파수
  - ① 주파수 관련 항목
    - ㉠ Pitch란 문장 음성파형 중에서 모음 성분의 평균 Pitch 값이다.
    - ㉡ Center Pitch는 문장 음성파형 중 안정된 모음구간에 대한 평균 Pitch값이다.
    - ㉢ Center freq.(1)이란 0~64Hz의 주파수 평균값이다.
    - ㉣ Center freq.(2)이란 64~128Hz의 주파수 평균값이다.
    - ㉤ Center freq.(3)이란 128~256Hz의 주파수 평균값이다.
    - ㉥ Center freq.(4)이란 256~512Hz의 주파수 평균값이다.
    - ㉦ Center freq.(5)이란 512~1024Hz의 주파수 평균값이다.
    - ㉧ Center freq.(6)이란 1024~2048Hz의 주파수 평균값이다.
    - ㉨ Center freq.(7)이란 2048~4096Hz의 주파수 평균값이다.

Pitch는 음성의 기본 진동수를 의미하는 것으로 음성의 고저를 판단하는 데 사용되며, 중심주파수는 음성의 주파수 에너지 분포의 중앙

값을 의미하는 것으로 보다 세밀한 음성의 특징을 추출하기 위하여 사용하였다.

## (2) APQ 관련 항목

- ① APQ(1)란 Amplitude Perturbation Quotient의 약어로, 음성파형의 시간축(time domain)에서 진폭 변동률을 구한 것이다. 시작과 끝부분의 잡음부분을 제거하고 삼등분하여 중간부분
- ② APQ(2) 시작과 끝부분의 잡음부분을 제거하고 삼등분하여 앞부분
- ③ APQ(3) 시작과 끝부분의 잡음부분을 제거하고 삼등분하여 뒤부분
- ④ APQ(4) 시작과 끝부분의 잡음부분을 제거한 전체부분

APQ 값이 높으면, 음성은 탁하게 들리며, 낮으면 음성은 맑게 들린다.

## (3) Octave 관련 항목

- ① Octave1이란 0~64Hz까지의 음성 에너지 값이다.
- ② Octave2이란 64~128Hz까지의 음성 에너지 값이다.
- ③ Octave3이란 128~256Hz까지의 음성 에너지 값이다.
- ④ Octave4이란 256~512Hz까지의 음성 에너지 값이다.
- ⑤ Octave5이란 512~1024Hz까지의 음성 에너지 값이다.
- ⑥ Octave6이란 1024~2048Hz까지의 음성 에너지 값이다.

사람마다 주로 사용하는 음성의 옥타브 에너지가 다르며, 음성의 고저, 강약, 음색과 관련이 있다고 볼 수 있다.

## (4) Shimmer 관련항목

- ① Total shimmer란 음성파형의 전체 Shimmer 값이다.
- ② Octave 1 shimmer란 0~64Hz 구간의 음성파형 Shimmer값이다.
- ③ Octave 2 shimmer란 64~128Hz 구간의 음성파형 Shimmer값이다.
- ④ Octave 3 shimmer란 128~256Hz 구간의

음성파형 Shimmer값이다.

- ⑤ Octave 4 shimmer란 256~512Hz 구간의 음성파형 Shimmer값이다.
- ⑥ Octave 5 shimmer란 512~1024Hz 구간의 음성파형 Shimmer값이다.
- ⑦ Octave 6 shimmer란 1024~2048Hz 구간의 음성파형 Shimmer값이다.
- ⑧ 0k~2k Shimmer란 0~2000Hz 범위의 Shimmer 값이다.
- ⑨ 2k~4k Shimmer란 2001~4000Hz 범위의 Shimmer값이다.

본 실험에서는 주파수축(Frequency domain)에서 주파수 에너지의 편차를 Shimmer라고 하며, 주파수에너지 특징을 관찰하기 위해 사용하였으며, 주파수 에너지의 편차를 정량화한 값이다.

(5) Energy 관련항목

- ① Total energy란 음성파형 분석구간의 전체 에너지 값이다.
- ② Time Domain Total Sum/Time Domain Count (Sample 수)란 음성파형 분석구간의 평균 에너지 값이다.
- ③ 0k~2k total sum이란 0~2,000Hz의 에너지 합이다.
- ④ 0k~2k dev.(편차합)이란 0~2,000Hz에서의 파형의 변화분이다.
- ⑤ 2k~4k total sum이란 2001~4,000Hz의 에너지 합이다.
- ⑥ 2k~4k dev.이란 2001~4,000Hz에서의 파형의 변화분이다.

(6) 기타 항목

- ① [음계명-Shimmer]는 각 음계에 해당하는 주파수 에너지를 갖고 처리한 Shimmer값이다.
- ② [음계명 tot E]는 각 음계에 해당하는 주파수 에너지의 합이다.
- ③ [음계명 Dev. Sum]은 각 음계에 해당하는 주파수 에너지의 편차합이다.
- ④ [음계명 S.D.]은 각 음계의 편차합을 각 음계의 에너지 합으로 나눈 값이다.
- ⑤ Peak1~10은 음성의 주파수 분포에서 기

본 배음을 포함하여 10개의 배음성분의 주파수 값이다.

- ⑥ Peak1~10 비율은 음성의 주파수 분포 (frequency domain)에서 기본 배음을 포함하여 10개의 배음성분의 비율을 나타낸다.

### 3. 통계처리

#### 1) Kruskal-Wallis분석

각 체질간의 음향특성을 분석하기 위해, 독립변수를 체질로 하고, 종속변수를 각 음향변수(parameter)로 하였다. 소양인의 숫자가 적어서 비모수검정을 사용하였고, 집단이 셋 이상인 경우이므로 Kruskal-Wallis분석을 사용하였다. 각 변수의 값에서 평균과 분포에 큰 영향을 주는 이상치(outliers)는 데이터탐색을 통해 확인하고, 제거한 뒤 통계분석을 시행하였다. 통계분석 프로그램은 SPSS(10.0 한글판)를 사용하였고, 유의수준은 0.05로 하였다.

## Ⅲ. 研究結果

### 1. 성인남성 /a/

#### 1) Pitch

Pitch에서는 체질별로 유의한 차이는 없었다.

#### 2) APQ

APQ(1), APQ(3), APQ(4)에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다(Table 3).

#### 3) Shimmer

Octave1 Shimmer에서 소음인이 태음인과 소양인 보다 유의성 있게 높았다(Table 4).

#### 4) Octave

Octave3, 4, 5, 6과 Octave1 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다 (Table 5).

Table 3. APQ in Adult Male Subjects /a/

Constitution	Soyangin N1=4	Taeumin N2=27	Soeumin N3=21	SUM N=52	P
APQ1	0.550±0.070	0.405±0.093	0.416±0.069	0.421±0.089	0.019*
APQ3	0.557±0.074	0.398±0.093	0.435±0.104	0.425±0.104	0.015*
APQ4	0.549±0.085	0.397±0.102	0.392±0.087	0.406±0.102	0.021*

Unit: Mean±SD \*p<0.05

Table 4. Shimmer in Adult Male Subjects /a/

Constitution	Soyangin N=4	Taeumin N=28	Soeumin N=21	SUM N=53	P
Octave1 Shimmer	0.0004±0.0002	0.0008±0.0004	0.0029±0.0096	0.0016±0.0060	0.042*

Unit: Hz \*p<0.05

Table 5. Octave in Adult Male Subjects /a/

Constitution	Soyangin N1=4	Taeumin N2=26	Soeumin N3=20	SUM N=50	P
Octave3	41178.1±10371.2	24426.4±12307.7	19503.3±11629.7	23797.3±12988.9	0.023*
Octave4	25196.7±3176.5	13131.4±7372.9	11998.2±7055.2	13643.3±7732.6	0.011*
Octave5	66422.1±10537.2	25052.3±15152.1	20461.6±12818.8	26525.6±18268.8	0.004*
Octave6	21132.3±8007.6	7361.6±4666.8	5919.0±4038.3	7886.2±611.3	0.004*
Octave1 Ratio	0.0066±0.0021	0.0132±0.0053	0.0330±0.0901	0.0206±0.0574	0.033*

Unit: dB \*p<0.05

5) Energy

Time Domain Total Sum /Time Domain Count, Freq Domain Total Sum /cnt(0), 0k~2k Total Sum, 0k-2k Dev., 2k-4k Total Sum, 2k~4k Dev., A tot E, A# tot E, C tot E, D# tot E, F# tot E, A Dev., C Dev., D# Dev., F# Dev.에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다(Table 6).

6) Peak

Peak1 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 낮았다. Peak10 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다.

Time Domain Peak Total/Total Energy Sum, Time Domain Peak Dev. Total/Total Dev. Sum에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다(Table 7).

2. 성인남자 /i/

1) Pitch

Pitch에서는 체질간 유의성 있는 차이가 없었다.

2) APQ

APQ에서는 체질간 유의성 있는 차이가 없었다.

3) Shimmer

D Shimmer에서 소음인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다(Table 8).

4) Octave

Octave4에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다(Table 9).

Table 6. Energy in Adult Male Subjects /a/

Constitution	Soyangin N1=4	Taeumin N2=27	Soeumin N3=21	SUM N=52	P
TimeDomain					
Total Sum /TimeDomain Count	1369.3±91.8	617.6±307.0	551.8±353.6	648.8±377.7	0.004*
FreQDomain					
Total Sum /cnt(0)	21297.6±4665.7	8995.1±5351.5	7240.8±4567.5	9233.0±6094.4	0.004*
0k~2k					
Total Sum	18256396.3±2952016.5	8084520.0±4571309.3	6654758.5±4158355.4	8289568.3±5182759.3	0.004*
0k~2k Dev.	8024661.3 ±417928.5	3463534.2 ±1829142.5	3030182.7 ±1791808.9	3639382.8 ±2156961.4	0.004*
2k~4k					
Total Sum	3528912.1 ±2228644.0	1116070.7 ±1795501.3	751541.7 ±611015.7	1154460.2 ±1609944.0	0.011*
2k~4k Dev.	762920.0±366302.4	260347.8±375462.1	178370.4±142288.9	265901.0±332033.5	0.010*
A tot E	24862.9±19915.9	7991.1±8886.6	5251.6±4672.0	8182.6±9875.8	0.032*
A# tot E	10176.8±4146.3	6236.6±5838.2	4516.5±4324.7	5845.0±5291.7	0.037*
C tot E	27670.5±28006.4	10533.4±13682.7	6516.8±7647.8	10229.5±13932.0	0.036*
D# tot E	26534.6±9933.1	11175.3±8853.4	9713.5±6997.1	11766.4±9164.6	0.022*
F# tot E	33059.6±14307.3	9787.2±8805.9	8737.4±7295.9	11153.4±10652.6	0.021*
A Dev.	882736.1±454835.8	323343.1±375391.3	195735.2±182704.0	314839.4±358154.5	0.0168*
C Dev.	945450.9±896024.9	270427.1±339691.2	186059.7±226431.7	288280.6±405590.4	0.023*
D# Dev.	958187.2±530799.9	335124.1±301058.8	293757.4±271998.2	366346.2±349215.6	0.031*
F# Dev.	1621772.4±1037855.5	376782.5±345240.4	360942.4±363455.0	466154.0±538012.3	0.031*

Unit: dB \*p<0.05

Table 7. Peak in Adult Male Subjects /a/

Constitution	Soyangin N1=4	Taeumin N2=28	Soeumin N3=21	SUM N=53	P
Peak1 Ratio	0.143±0.028	0.277±0.086	0.254±0.075	0.258±0.086	0.006*
Time Domain Peak Total /Total Energy Sum	0.299±0.032	0.241±0.052	0.232±0.030	0.242±0.046	0.019*
Time Domain Peak Dev. Total /Total Dev. Sum	0.951±0.018	0.822±0.115	0.873±0.069	0.852±0.100	0.010*

Unit: dB \*p<0.05

Table 8. Shimmer in Adult Male Subjects /i/

Constitution	Soyangin N1=3	Taeumin N2=28	Soeumin N3=20	SUM N=51	P
D Shimmer	0.499±0.116	0.438±0.117	0.509±0.131	0.469±0.125	0.031*

Unit: Hz \*p<0.05

5) Energy

Time Domain Total Sum /Time Domain Count,  
Freq Domain Total Sum /cnt(0), 0k-2k Total Sum,

0k~2k Dev., 2k~4k Total Sum, 2k~4k Dev.에  
서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게  
높았다(Table 10).

Table 9. Octave in Adult Male Subjects /i/

Constitution	Soyangin N1=3	Taeumin N2=27	Soeumin N3=21	SUM N=51	P
Octave4	38062.9±24644.8	16536.1±12050.1	13801.4±11094.9	16676.4±13415.1	0.048*

Unit: dB \*p&lt;0.05

Table 10. Energy in Adult Male Subjects /i/

Constitution	Soyangin N1=3	Taeumin N2=27	Soeumin N3=21	SUM	P
Time Domain					
Total Sum /Time Domain Count	1346.3±363.8	595.2±389.4	512.0±275.2	605.2±388.7	0.029*
Freq Domain					
Total Sum /Time Domain Count	9592.0±2757.7	4256.1±2759.2	3412.8±1781.5	4222.7±2745.6	0.021*
0k-2k					
Total Sum	5511373.4±854737.7	3009211.8±1745347.2	2509881.7±1297483.0	2950791.3±1662389.1	0.042*
0k-2k Dev.	4129410.0±844661.1	2149588.1±1433552.2	1698568.6±884363.5	2080334.3±1313674.5	0.037*
2k-4k					
Total Sum	4299987.5±3049841.0	1343304.5±1485974.3	980003.1±746105.3	1367632.3±1523910.2	0.038*
2k-4k Dev.	1088323.3±372730.3	351367.6±372026.5	245052.7±190340.4	350941.2±385099.5	0.035*

Unit: dB \*p&lt;0.05

Table 11. Peak in Adult Male Subjects /i/

Constitution	Soyangin N1=4	Taeumin N2=28	Soeumin N3=21	SUM N=53	P
Peak1 Ratio	0.143±0.028	0.277±0.086	0.254±0.075	0.258±0.086	0.006*
Peak10 Ratio	0.061±0.031	0.034±0.042	0.038±0.013	0.038±0.033	0.012*
Time Domain Peak Sum /Total Energy Sum	0.299±0.032	0.242±0.052	0.232±0.030	0.242±0.046	0.019*
Time Domain Peak Dev. Sum /Total Dev. Sum	0.951±0.018	0.822±0.115	0.873±0.069	0.852±0.100	0.010*

Unit: dB \*p&lt;0.05

## 6) Peak

Peak1 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 낮았다. Peak10 Ratio, Time Domain Peak Total/Total Energy Sum, Time Domain Peak Dev. Total/Total Dev. Sum에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다(Table 11).

## 3. 성인여자 /a/

## 1) Pitch

Pitch에서는 체질간 유의성 있는 차이가 없었다.

## 2) APQ

APQ에서는 체질간 유의성 있는 차이가 없었다.

Table 12. Shimmer in Adult Female Subjects /a/

Constitution	Soyangin N=23	Taemin N=19	Socumin N=35	SUM N=77	P
C Shimmer	0.438±0.082	0.386±0.082	0.388±0.114	0.402±0.099	0.050*

Unit:Hz \*p<0.05

3) Shimmer

C-Shimmer에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다(Table 12).

4) Octave, Energy, Peak에서 체질간 유의성 있는 차이가 없었다.

4. 성인여성 //

Pitch, APQ, Shimmer, Octave, Energy, Peak에서 체질간 유의성 있는 차이가 없었다.

였으며, 평균 체중은 79.5 kg, 평균 신장은 179.6 cm, 평균 BMI는 24.6이었다. 성인여성에서는 소양인이 24명, 태음인이 19명, 소음인이 38명, 총 81명 이었다. 평균연령은 34.7 세, 평균 체중은 61.3 kg, 평균 신장은 163.8 cm, 평균 BMI는 22.4이었다. BMI와 몸무게에서는 태음인이 소양인이나 소음인에 비하여 유의성 있게 높게 나타났다. 이것은 기존의 논문들에서 태음인의 BMI가 다른 체질에 비하여 높다고 한 것과 일치한다.

Ⅳ. 考 察

四象體質과 音聲分析에 관한 연구에 주로 이용된 분석항목으로는 CSL(computerized speech lab)을 이용해서 기본주파수(pitch), 기본주파수의 범위(pitch range), 포먼트 주파수(formant frequency), 포먼트 폭(formant bandwidth), 단위시간당 발화속도, 성대의 개방시간 및 폐쇄시간, 사상체질음성분석기(PSSC)를 통한 APQ, Shimmer, Octave, Energy, Peak 관련 항목 등의 음성변수들(parameters)을 이용한 음성분석 등이 있다<sup>3,6, 10-15</sup>.

본 연구에서는 미국인을 대상으로 사상체질 음성분석기(PSSC-2004)를 사용하여 체질분석을 시도하였고 음향 특성적 분류를 통하여 유의성 있는 요소를 찾고자 노력하였다. 미국인 남성 53명, 여성 81명을 대상으로 하여 남녀별로 음향분석을 통해 체질적 분석을 시도하고 음향분석의 특징을 살펴보았다. 성인남성에서는 太陽人 0명, 少陽人 4명, 太陰人 28명, 少陰人 21명, 총 53명을 대상으로 하였다. 평균연령은 29.9세

1. Pitch

Pitch는 음성의 높낮이로 성대 진동주기에 대한 청자의 지각적인 개념으로 강세, 억양, 감정 등의 요인에 따라 변한다. 성대의 진동에 의해서 만들어지는 공기의 짧은 분사는 일정한 Ratio로 진동을 일으키는데. 모든 모음은 성대 진동에 의하여 일어난다. 이 진동은 고정되어 있지 않고 변하는데 성대의 긴장을 통제하는 근육의 힘과 성대 밑의 기압에 의해서 결정되며, 이것은 음의 높이 즉 pitch로 인식된다. 모든 사람들에게는 후두구조에 의해서 제약되는 pitch의 범위가 있다. 남자는 보통 50~250 Hz, 여자는 120~500 Hz이다. 이는 최대범위로 보통은 자연스럽게 말할 때 평균적으로 사용하는 습관적인 pitch level을 가지고 있다<sup>16,17</sup>.

pitch는 말하는 사람의 특징을 가장 잘 반영한다고 알려져 있어, 공학, 심리학, 의학 음성학 등의 여러 가지 분야에서 다양하게 응용되고 있다. pitch는 이와 같은 특징 때문에 체질별 특징을 가장 잘 나타내 줄 것으로 여겨졌던 항목이다. 후<sup>12</sup>, 金<sup>4,14</sup>, 崔<sup>5</sup>, 尹<sup>6</sup>의 연구에서는 pitch

가 유의성 있는 항목으로, 楊<sup>16</sup>, 朴<sup>19</sup>의 연구에서는 체질별로 유의성 없는 항목으로 보고 되었다. 본 연구에서 성인남성 성인여성 모두에서 pitch가 체질간 유의성을 나타내지 않았다.

## 2. APQ

APQ는 amplitude perturbation quotient의 약어로 장-단기 음성강도 변이 관련정보로서 진폭의 섭동을 %로 나타내준다. Pitch period와 period 간 11개 길이 내에서의 음성강도 변이정도에 대해 상대적으로 평가하는 변인이다<sup>19</sup>. APQ는 대체로 기식성 음성(breathy voice)이나 애성(hoarse voice)인 경우 그 수치가 증가하며 수치가 증가 할수록 성대의 주기적 진동이 어렵다는 뜻이다. APQ값이 높으면 음성이 탁하게 들리며 낮으면 음성이 맑게 들린다.

金<sup>3</sup>은 성인남성 APQ(3)가 소음인이 다른 체질에 비해 유의성 있게 낮았다고 보고하였고, 崔<sup>5</sup>는 성인남성에서 APQ가 체질간 유의한 차이가 없었다고 보고하고 있다. 본 연구에서는 성인남성 /a/음의 APQ(1)(3)(4)에서 소양인이 태음인, 소음인에 비해서 유의하게 높게 나타났다. 성인남성 /i/음, 성인여성 /a, i/음에서는 체질간 유의성 있는 차이가 없었다. 金<sup>4</sup>, 尹<sup>6</sup>은 성인여성에서는 APQ값에서 체질간 유의성을 찾지 못했다고 보고하고 있다. 본 연구에서도 성인여성에서는 APQ에서 체질간 유의성 있는 차이가 없었다. 기존의 태음인의 목소리가 탁하고 소양인의 목소리가 맑다는 견해와 徵음을 先淸候淸이라 보는 음악성의 견해와는 불일치하는 결과를 보이고 있다. 소양인의 목소리가 맑은가에 대해서는 다시 고려를 해보아야 할 것으로 생각된다. 소리가 가볍고 급하기 때문에 淸으로 표현 되어 있지만, 태음인 보다는 매끄럽지 못하고 탁한 부분을 포함할 수 있다고 판단된다.

## 3. Shimmer

Shimmer는 장-단기 음성강도 변이의 규칙성과 불규칙성을 상대적으로 평가하는 변인이다. Pitch period와 period 간 11개 길이 내에서의 음성강도 변이정도에 대해 상대적으로 평가하는 변인이다<sup>18</sup>. 음파의 진폭(amplitude)이 얼마나 변동적인지를 말해준다. 발생동안 불규칙한 음성강도를 측정하기 위해서 한주기당 진폭의 변화를 dB SPL로 나타낸다<sup>19</sup>. 음성의 조조성(roughness)을 잘 표현해주는 항목이라고 평가받고 있다<sup>20</sup>.

朴<sup>16</sup>, 金<sup>3</sup>의 연구에서는 體質과 Shimmer 값에는 유의성이 없는 것으로 보고된 바 있다. 崔<sup>5</sup>의 연구에서는 성인남성의 Shimmer F(과1,2)에서 태음인이 소양인과 태양인보다 유의성 있게 높게 나타났다고 보고하고 있다. 본 연구에서는 성인남성 /a/음의 Octave1 Shimmer와 성인남성 /i/음의 D-Shimmer에서 소음인이 태음인과 소양인 보다 유의성 있게 높았다. 소음인의 목소리가 완만하고 부드럽게 들린다는 기존의 견해와는 불일치하는 결과이다. 성인여성 음성에 있어서는 金<sup>4</sup>의 연구에서는 Octave3, 5-Shimmer에서 태양인이 다른 체질보다 유의성 있게 높게 나타났다고 보고하고 있다. 본 연구에서는 성인여성 /a/음의 C-Shimmer에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다. 소양인의 목소리가 조조도가 높아서 거칠게 들릴 수 있다고 생각된다.

## 4. Octave

Octave란 음계에서, 어떤 음에서 위나 아래로 완전 8도의 간격을 가진 음, 또는 그 간격을 말한다. 즉 두개음의 상호적인 높이로서 음정을 나타내는 단위이다. 음정을 표시하는 데는 몇 가지 방법이 있으며, 가장 일반적인 것은 서양 음악의 장음계를 기준으로 하여 ‘도(度)’를 단위로 표시하는 방법이다. 음정은 2음의 진동수의 비례이며, 물리적으로 엄밀한 표시를 필요

로 할 때는 음정비(音程比), 혹은 음정비에서 산출한 음정치(音程值)로 나타내게 된다. Octave는 음성의 고저 강약 음색과 관련이 있다고 보고 있다<sup>17</sup>.

金<sup>3</sup>, 崔<sup>5</sup> 연구에서 성인남성의 octave는 유의성 있는 부분이 없었다고 보고되고 있다. 본 연구에서는 성인남성 /a/음의 Octave3, 4, 5, 6과 성인남성 /i/음의 Octave4에서 소양인이 태음인, 소음인보다 유의하게 높게 나타났다. 소양인이 Octave3, 4, 5, 6 영역 즉 256-2,048 Hz의 음성에 너지를 많이 사용하고 있다고 생각된다. 그러므로 다른 체질에 비하여 소양인이 고음을 사용할 가능성이 높다. 金<sup>4</sup>의 연구에서는 성인여성의 octave에서 체질간 차이를 보이지 않는다고 보고하고 있고, 尹<sup>6</sup>의 연구에서는 Octave 6에서 태양인이 소음인 집단보다 유의성 있게 높게 나타나고 있다고 보고하고 있다. 본 연구에서는 성인여성 /a, i/음에서 체질간 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다.

## 5. Energy

Energy는 음의 강도, 세기를 나타낸다. 金<sup>3</sup>의 연구에서는 성인남성의 energy를 분석한 항목에서는 유의성 있는 부분이 없다고 보고하였고, 崔<sup>5</sup>의 연구에서는 성인남성의 2~4K total sum, 2k~4k Dev., C(도) 편차합, C(도)# 편차합, D(레) S.D.에서 태양인이 다른 체질보다 유의성 있게 높게 나타났다고 보고하고 있다. 본 연구에서는 성인남성 /a/음에서 Time Domain Total Sum /Time Domain Count, Freq Domain Total Sum /cnt(0), 0k~2k Total Sum, 0k~2k Dev., 2k~4k Total Sum, 2k~4k Dev., A tot E, A# tot E, C tot E, D# tot E, F# tot E, A Dev., C Dev., D# Dev., F# Dev.에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다. 성인남성 /i/음의 Time Domain Total Sum /Time Domain Count, Freq Domain Total Sum /cnt(0), 0k~2k Total Sum, 0k~2k Dev., 2k~4k Total Sum, 2k~4k Dev.에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의하게 높게

나타났다. 소양인이 /a, i/음에서는 0k~4k에서 태음인과 소음인보다는 음의 강도가 세다는 것과, 특정 음계 영역(A, A#, C, D#, F#)에서는 소양인이 태음인과 소음인보다 음의 강도가 세다는 것을 의미한다. 이는 소양인이 소음인보다 음의 강도가 세다고 하는 기존의 견해와 일치한다. 소양인의 음성이 태음인의 음성보다 강도가 강한지에 대해서는 더 연구가 필요할 것으로 보인다. 金<sup>4</sup>의 연구에서는 성인여성에서 energy를 분석한 항목에서는 유의성 있는 부분이 없다고 보고하였고, 尹<sup>6</sup>의 연구에서는 성인여성에서는 소양인 집단이 A# S.D., G# 편차합과 Max평균에서 태음인과 소음인 보다 유의성 있게 높게 나타났다고 보고하고 있다. 본 연구에서는 성인여성 /a, i/음에서 체질간 차이를 보이지 않았다.

## 6. Peak 관련 항목

성인남성 /a/음의 Peak1 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 낮았다. Peak10 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다. Time Domain Peak Total/Total Energy Sum, Time Domain Peak Dev. Total/Total Dev. Sum에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다. 성인남성 /i/음의 Peak1 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 낮았다. Peak10 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다. Time Domain Peak Total/Total Energy Sum, Time Domain Peak Dev. Total/Total Dev. Sum에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다. 성인여성에서는 /a/ /i/음 모두에서 체질간 차이를 보이지 않았다.

Pitch가 개인 특성을 잘 반영할 것으로 보았으나 많은 연구에서 그렇지 못하다는 것을 알 수 있다. 특히 이번 연구에서는 Pitch는 성인남성, 성인여성 모두에서 체질간 차이를 보이지 않았다. Pitch는 강세 억양 감정 등의 요인에 따라 변하는 것으로 영어와 한국어의 차이를 고

려하지 않은 데이터 분석으로 인하여 나타난 결과일 수도 있다고 사려 된다. APQ에서는 성인여성에서는 체질간 차이를 보이지 않았고 남성에서만 체질간 차이를 보이고 있다. APQ는 음성의 청탁을 나타내는 것으로 남성의 특성과 목소리에 더 잘 반영되어 구분되는 것으로 생각된다. Shimmer는 성인남성 성인여성 모두에서 체질간 특성을 나타내고 있는 것으로, 미국인의 음성특성을 이용한 체질구분 지표로 활용도가 높아 보이는 것으로 앞으로 더 깊이 연구되어야 할 항목으로 생각된다. octave, energy, peak는 성인남성에서는 많은 항목에서 체질간 차이를 나타내고 있으나, 성인여성에서는 차이를 나타내고 있지 않다. 음성의 높낮이와 강도는 여성보다 남성에서 특성과 체질적 차이를 더 잘 구분할 수 있는 항목으로 여겨진다. 이번 연구에서 특히 octave, energy, peak 부분에서 많은 항목에서 체질적 차이를 보인 것으로 보아 영어나 미국인의 음성특성으로 체질을 구분하는 지표로 더욱 연구 개발 되어져야 할 부분이라고 생각된다.

본 연구는 우리나라에서 뿐 아니라 다른 나라, 다른 언어에서 사상체질음성분석기를 적용해 체질관별을 시도해 보았고, 음향분석으로 체질감별을 하는 데에 있어서의 특징과 장점을 재확인 하였으며, 외국인도 사상체질별 특성을 보이며 음성분석기로 유의성 있는 결과가 있어 의미 있는 연구라고 생각된다.

그러나 다른 나라, 다른 언어에 적용하는데 있어서 문제점이 나타났고, 보완되어야 할 사항도 많이 있다고 생각한다.

첫째, 음성학에서는 음운, 음소 등 그 나라 음성의 특징을 다른 나라와 객관화 시켜서 구별지게 하는 지표를 설정하게 해준다.<sup>21</sup>고 하였다. 앞으로 단모음 및 문장 속에서 분석하고자 할 때에는 언어적 특성을 충분히 고려해야 할 것으로 생각된다.

둘째, 외국인에서 체질을 설명하기 위하여 외국인이 이해할 수 있는 그 나라에 잘 알려진 사람을 모델을 제시하는 것이 좋다고 생각된

다. 체질 특성을 설명하는 단어도 관념적 단어 보다는 구체적 단어들로 접근하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

셋째, 외국인의 체질에 관한 논문 부족으로 외국인의 체질에 대한 특성을 좀 더 면밀히 파악하는데 어려움이 있었다. 외국인의 체질 특성에 관한 연구가 다방면으로 진행 되어야 할 것으로 생각된다. new QSCC II+ 등 음성분석 이외의 기준과 함께 동시에 적용하여 체질진단 정확도를 높이고 상호 비교 분석 해 보는 것이 필요할 것으로 생각된다.

넷째, 연구대상이 일부 연령, 일부 지역, 일부 직업군을 중심으로 이루어 졌기 때문에 체질별로 치우친 성향을 보이고 있다. 표본 집단의 수를 늘려 좀 더 다양한 계층별 연령별 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## VI. 要約 및 結論

본 연구는 미국인 성인남녀의 목소리를 대상으로 사상체질음성분석기(PSSC-2004)를 이용하여 40개 항목을 분석하여, 사상체질과의 연관성을 살펴보고 나아가 사상체질 진단의 객관화를 시도해 보고자 노력하였다. 음성분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

### 1. Pitch

성인남성 /a, i/, 성인여성 /a, i/의 Pitch에서는 체질별 유의성 있는 차이가 없었다.

### 2. APQ

성인남성 /a/음의 APQ(1), APQ(3), APQ(4)에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다.

성인남성 /i/, 성인여성 /a, i/음의 APQ에서 체질간 유의성 있는 차이가 없었다.

### 3. Shimmer

성인남성 /a/음의 Octave1 Shimmer에서 소음인이 태음인과 소양인 보다 유의성 있게 높았다.

성인남성 /i/음의 D-Shimmer에서 소음인이 태음인과 소양인 보다 유의성 있게 높았다.

성인여성 /a/음의 C-Shimmer에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다.

4. Octave

성인남성 /a/음의 Octave3, 4, 5, 6과 Octave1 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다.

성인남성 /i/음의 Octave4에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다.

성인여성에서는 /a, i/음 모두에서 체질간 차이를 보이지 않았다.

5. Energy

성인남성 /a/음의 Time Domain Total Sum /Time Domain Count, Freq Domain Total Sum /cnt(0), 0k~2k Total Sum, 0k~2k Dev., 2k~4k Total Sum, 2k~4k Dev., A tot E, A# tot E, C tot E, D# tot E, F# tot E, A Dev., C Dev., D# Dev., F# Dev.에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다.

성인남성 /i/음의 Time Domain Total Sum /Time Domain Count, Freq Domain Total Sum /cnt(0), 0k~2k Total Sum, 0k~2k Dev., 2k~4k Total Sum, 2k~4k Dev.에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다.

성인여성에서는 /a, i/음 모두에서 체질간 차이를 보이지 않았다.

6. Peak

성인남성 /a/음의 Peak1 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 낮았다. Peak10 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다. Time Domain Peak Total/Total Energy Sum, Time Domain Peak Dev. Total/Total Dev. Sum에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다.

성인남성 /i/음의 Peak1 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 낮았다. Peak10 Ratio에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다. Time Domain Peak Total/Total Energy Sum, Time Domain Peak Dev. Total/Total Dev. Sum에서 소양인이 태음인과 소음인보다 유의성 있게 높았다.

성인여성에서는 /a, i/음 모두에서 체질간 차이를 보이지 않았다.

본 연구는 美國成人의 四象體質音聲分析機를 이용한 體質別 音響特性 研究를 통하여 음성분석을 사용한 체질감별의 특징과 장점을 확인하는 기회가 되었다. 앞으로 외국인을 대상으로 체질을 감별하는데 있어서 객관적인 지표로 활용하기 위해서는 각 나라의 언어적 특성을 고려한 더 많은 연구가 진행 되어져야 할 것으로 생각된다.

Ⅶ. 參考文獻

1. 고병희, 김선호, 박병관, Jonathan D. Lavelle, D.C., Maranne Tecun M. Ed., Anthony Ross Jr., Ph.D., Ron Hobbs, N.D., Frank Zolli, D.C., Ed D., Kyung-Hee Chin, D.D.S. 북미지역 주민의 사상체질 분포에 관한 연구. 사상체질의학회지. 1999;11(2):119-150.
2. 김종렬, 김경요, 송정모. 체질판별표를 이용한 체질판별의 객관화 진단. 사상의학회지. 1998;10(1):181-213.
3. 김동준, 정운기, 최재완, 김달래, 전종원. 사상체질음성분석기를 통한 성인남성의 체질별 음향특성. 사상체질의학회지. 2005;17(1):67-83.
4. 김선형, 한동윤, 윤지영, 김달래, 전종원. 사상체질음성분석기를 통한 성인여성의 체질별 음향특성. 사상체질의학회지. 2005;17(1):84-102.
5. 최재완, 송학수, 한동윤, 조성언, 왕향란, 전종원, 유준상, 김달래. 사상체질음성분석기를 통한 한국인 성인남성의 체질별 음향특성 연구-단문을 중심으로-. 사상체질의학회지. 2006;18(3):64-74.
6. 윤지영, 윤우영, 조성언, 왕향란, 전종원, 유준상, 김달래. 사상체질음성분석기를 통한 한국인 성인여성의 체질별 음향특성연구-단문을 중심으로-. 사상체질의학회지. 2006;18(3):

- 75-93.
7. 이재마. 동의수세보원. 행림출판, 서울, 1986: 137-142.
  8. 김달래 역. 사상입해지남. 정담, 서울, 1999: 134.
  9. 김경수, 이수경, 신현규, 고병희, 송일병, 이의주. 몽고인을 위한 사상체질분류검사지의 신뢰도 연구. 사상체질학회지. 2006;18(2): 96-104.
  10. 양승현, 김달래. 성문과 사상체질과의 상관성에 관한 연구. 사상의학회지. 1996;8(2): 191-201.
  11. 김달래, 박성식, 권기록. 성문분석법에 의한 사상체질진단의 객관화 연구(I). 사상의학회지. 1998;10(1):65-80.
  12. 신미란, 김달래. CSL을 통한 음향특성과 사상체질간의 상관성 연구. 사상체질의학회지. 1999;11(1):137-158.
  13. 양상목, 김선형, 유준상, 김형석, 이영훈, 김달래. Pitch Range와 Bandwidth를 이용한 음성특성과 사상체질간의 상관성 연구. 사상체질의학회지. 2001;13(3):31-39.
  14. 김선형, 신미란, 김달래, 권기록. Laryngo-graph와 EGG를 이용한 음향특성과 사상체질간의 상관성 연구. 사상체질의학회지. 2000;12(1):144-156.
  15. 유준상. 청각적 음성분석 통한 사상체질에 관한 연구. 상지대학교 대학원 박사학위 논문. 2002:1-29.
  16. 박성진, 김달래. Harmonics(배음)와 Formant Bandwidth(포먼트 폭)를 이용한 음성특성과 사상체질간의 상관성 연구. 사상체질의학회지. 2004;16(1):191-201.
  17. 고도홍, 구회산, 김기호, 양병근. 음성언어의 이해. 한신문화사, 서울, 1995:99-102,170.
  18. 구회산, 고도홍, 양병근, 김기호, 안상철. 음성학과 음운론. 한신문화사, 서울, 1998: 15-16.
  19. 고도홍, 정옥란 외 공편. 음성 및 언어 분석 기기 활용법. 한국문화사, 서울, 2001:171-175.
  20. 양윤수. 음향학적 변수에 기초한 음성장애 중등도 지표. 전북대학교 대학원. 2003;55.
  21. 광경수. 한국어 모음의 음향음성학적 분석 및 포먼트 분포 상황에서 본 한국어 모음과 영어 모음의 비교. 충남대학교 어학연구소 학술저널. 1998;9:93-98.