

四象體質音聲分析機(PSSC-2004)를 이용한 한국인 소아의 體質別 音響特性

김 혁 · 양상묵 · 심규현 · 유준상 · 김달래

삼지대학교 한의과대학 사상체질의학교실

Abstract

Sound Characteristics of Sasang Constitutional Type Using PSSC-2004 in the Korean Children

Kim Hyuk, Yang Sang-Muk, Shim Gyu-Heoun, Yoo Jun-Sang, Kim Dal-Rae

Dept. of Sasang Constitutional Medicine, College of Oriental Medicine, Sangji University

1. Objective & Method

The purpose of this study was to objectify the diagnosis of Sasang constitution. 163 children's voices were analyzed with 74 factors using PSSC-2004.

2. Results

- (1) In male children group, Taeumin's APQ₄ was significantly low compared with the others.
- (2) In male children group, Taeumin's octave 5 & octave 6 were significantly low compared with the others. It was significant distinction between Taeumin and Soeumin at the result of post hoc.
- (3) In male children group, Taeumin's Time Domain Total Sum / Time Domain Count & Frequency Domain Total Sum / count(0) were significantly low compared with the others. It was significant distinction between Taeumin and Soeumin at the result of post hoc.
- (4) In male children group, Taeumin's 0k-2k total sum & 2k-4k total sum were significantly low compared with the others. It was significant distinction between Taeumin and Soeumin at the result of post hoc.
- (5) In male children group, Taeumin's 2k-4k deviation was significantly low compared with the others. It was significant distinction between Taeumin and Soeumin at the result of post hoc.
- (6) In male children group, Taeumin's D# Total Energy & F# Total Energy were significantly low compared with the others. It was significant distinction between Taeumin and Soeumin at the result of post hoc.
- (7) In male children group, Taeumin's D# deviation & F# deviation were significantly low compared with the others. It was significant distinction between Taeumin and Soeumin at the result of post hoc.
- (8) In female children group, Soyangin's center frequency (7) was significantly high compared with the others. It was significant distinction between Taeumin and Soyangin at the result of post hoc.

3. Conclusion

With these results, we got some information for standardization of the clinical diagnosis guideline of Sasang constitutional type classification using PSSC-2004 in the Korean children

Key Words : Sasang Constitution, Sound, PSSC-2004

I. 序 論

사상의학은 조선 후기 동무(東武 이제마 선생 (1837-1900)에 의해서 정립된 한국의 독자적인 의학으로, 사람마다 각기 다른 性情의 차이로 臟腑의 크기가 결정되고 이에 따른 각각의 생리 병리

• 접수일 2006년 06월 25일; 승인일 2006년 07월 31일
• 교신처자 : 유준상
강원도 원주시 우산동
삼지대학교 한의과대학 사상체질의학교실
Tel: +82-33-741-9202 FAX: +82-33-743-7184
E-mail : hiruk@sangji.ac.kr

에 맞춰 그 치료법을 달리 한다는 소위 '맞춤의학'이라 할 수 있다.

동무는 『東醫壽世保元』·『四象人辨證論』에서 사상인의 구분법으로 體型氣像, 容貌詞氣, 性質材幹, 病證藥理의 원칙을 제시하였다. 그러나 실제 임상에서의 사상인 감별은 많은 어려움이 있으므로 현대에 와서는 체형¹, 두면부², 생화학³, 유전자⁴, 진단기기⁵, 설문지⁶, 지문⁷, 음성⁸ 등의 다양한 객관화 작업이 시도되고 있다. 그 중 음성은 폐, 인후, 성대, 구강의 이상을 반영하고, 몸 전체의 특징이나 이상 징후를 밖으로 나타내주며, 음성학의 발달로 인간의 음성을 수치나 그래프를 이용하여 보다 객관적으로 분석 재생하는 것이 가능하며 이를 통한 사상인 감별 연구가 계속 발전적으로 진행되고 있다.

사상체질과 음성 분석에 관한 연구로는 CSL (computerized speech lab)⁹, laryngograph, EEG¹⁰ 등을 이용한 것이 있다. 이러한 선행 연구에서 체질별 음향 특성이 존재한다고 밝혀진 항목들은 기본주파수(pitch)¹⁹, 기본주파수의 범위(pitch range)^{10,19}, 포먼트 폭(forma -nt bandwidth)¹⁸, 단위시간당 발화 속도, 성대의 개방시간 및 폐쇄시간¹⁰ 등이었다.

이러한 선행 연구 결과를 토대로 개발된 software가 사상체질 음성분석기(Phonetic System of Sasang Constitution-2004)이다. 기존 음성분석기가 음성의 특징을 분석하기 위한 기초 연구용 시스템이거나 언어장애 진단 및 치료를 위한 시스템으로 음성분석기에 의한 기계적인 판단보다는 사용자의 경험적 판단을 도와주는 보조기구의 성격을 갖는 반면에, PSSC-2004는 체질을 진단하는 것이 목적이므로 이에 따른 고유의 음성 분석과 체질 진단에 적합한 독특한 처리과정을 거쳐 개발한 진단 시스템이라는 점이 기존 음성분석 시스템과 다르다고 할 수 있다.

본 연구에서는 사상체질음성분석기를 통해서만 6~12세까지의 건강한 한국인 남아 8명과 여아 75명을 대상으로 pitch, APQ, shimmer, octave, energy 영역에서 74개 항목으로 차별화 하여 체질별로 분석하였다. 이에 유의한 결과를 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 研究對象 및 方法

1. 연구대상

2004년 3월부터 2005년 3월까지 강원도 원주시에 소재한 우산초등학교에 재학 중인 만 6세에서 12세까지의 변성기 전 88명의 남아와 75명의 여아를 상지대학교 부속 한방병원 사상체질의학과에 내원하게 하여 실험에 참가하도록 하였다.

남아에서는 少陽人 12명, 太陰人 42명, 少陰人 34명 총 88명을 대상으로 하였다.

여아에서는 少陽人 13명, 太陰人 36명, 少陰人 26명 총 75명을 대상으로 하였다. 남아·여아 집단의 연령분포, 평균 신장, 평균 체중은 Table 1. 과 같다.

2. 연구방법

1) 체질검사

연구대상자들의 체질 분석은 상지대학교 사상체질의학교실 전문의가 시행하였다.

2) 측정기구

(1) 사상체질음성분석기

· (Phonetic System for Sasang Constitution-2004)¹⁾*

(2) 마이크로폰 EMC-909A (JAPAN)

(3) Samsung Sound Card가 내장된 Computer

· 신호대 잡음비 : 91 dB

· Bit/ Sampling Rate : 16bit/48KHz

· Model : 사운드블러스터 DE 5.1 Lite

· 음성녹음과 분석 program은 PSSC-2004를 이용하였다.

· PSSC-2004는 (주)Voice one과 상지대학교 사상체질의학교실에서 함께 개발한 program으로 음성과 기본정보를 입력하면 음성의 특징을 pitch, APQ, octave, shimmer, energy 등을 분석하여 체질과 처방을 판별해준다.

여기서는 컴퓨터에 내장된 PSSC-2004를 이용하여 음성을 입력하고 분석하여 체질이 나오기

* 이하는 PSSC-2004라 칭함

Table 1. General Characteristics of Experimental Participants

		Soyangin	Taeumin	Socumin	
Male	Age	≤ 7	4 ^a	8	6
		8~9		2	2
		10~11	2	4	7
		≥ 12	6	28	19
		average	9.4±3.7	10.5±2.6	10.6±2.2
	Height	129.9±18.4	136.0±12.0	136.4±12.1	
Weight		30.1±8.9	38.9±10.8**	31.1±6.9	
Female	Age	≤ 7	1	2	1
		8~9		3	
		10~11	2	5	2
		≥ 12	10	26	23
		average	11.5±1.4 ^b	11.2±1.6	11.7±1.0
	Height	140.1±9.0	136.0±12.0	143.6±11.5	
Weight		36.9±7.3	40.3±10.7	36.8±8.0	

a : frequency b: Mean±S.D. ** : p < 0.01

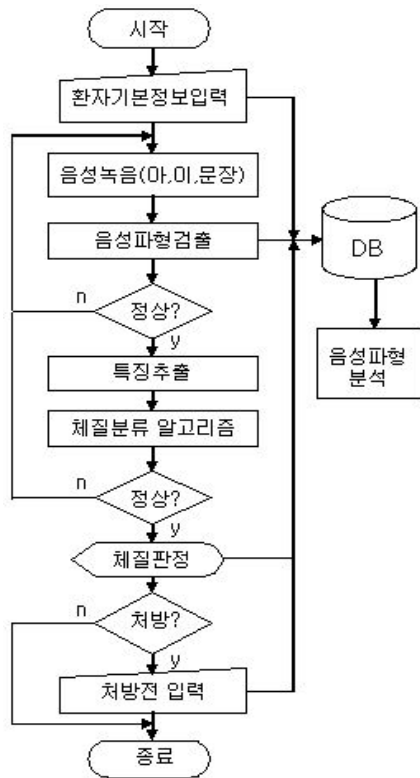


Fig. 1. Flow Chart of PSSC-2004

전 중간단계에서 원하는 74개 항목의 수치를 출력하였다.

3) 측정방법

김²⁷의 논문에 있는 방법을 따라서 음성녹음 및 분석을 하였다.

4) 분석항목

이번 논문에서는 “아~”, “이~”, “우리는 높은 산에 올라가 맑은 공기를 마시고 왔습니다.”의 녹음 내용 중 “아~”에 관계된 음향 factor만을 분석하였다.

분석항목은 Pitch 관련 항목, APQ 관련항목, Octave 관련 항목, Shimmer관련 항목, Energy관련 항목으로 하였다.

5) 통계처리

四象體質에서 각 체질간에 음성 특성 차이를 알기 위해 체질 분류에 따라 표본들의 수치간의 유의적인 차이가 있는지를 SPSS 10.0(한글판) package¹¹를 이용하여 ANOVA, χ^2 검정, Fisher's exact test를 사용하였고, 사후분석은 등분산인 경우에는 scheffe 법을 사용하였고, 등분산이 아닌 경우에는 Tamhane 법을 사용하였다.

Table 2. Center Pitch in Male Children Group (Unit : %)

	Soyangin	Taumin	Soeumin	p-value
center pitch	250.9±49.7	237.4±29.7	233.6±33.6	0.328

Table 3. APQ in Male Children Group (Unit : %)

	Soyangin	Taumin	Soeumin	p-value
APQ(center)	0.648±0.129	0.562±0.128	0.623±0.155	0.068
APQ1	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000	1.000
APQ2	0.667±0.137	0.585±0.139	0.639±0.159	0.128
APQ3	0.650±0.130	0.575±0.135	0.636±0.164	0.118
APQ4	0.643±0.133	0.556±0.129	0.636±0.172	0.039*
APQ5	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000	1.000

Ⅲ. 研究結果

1. 남아

少陽人 12명, 太陰人 42명, 少陰人 34명 총 88명을 대상으로 하였다.

1) 남아에서 Pitch

center pitch는 남아 집단 간에 유의한 차이가 없었다.

2) 남아에서 APQ

APQ4는 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

3) 남아에서 Shimmer

shimmer는 남아 집단 간에 유의한 차이가 없었다.

4) 남아에서 Octave

octave 5는 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다. 또한 octave 6도 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었다.

5) 남아에서 Energy

시간영역 평균 에너지(Time Domain Total Sum /

Time Domain Count)는 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

주파수영역 평균 에너지(FreQ Domain Total Sum / count(0))는 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

0~2000Hz의 energy 합(0k-2k total sum)은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

2000~4000Hz의 energy 합(2k-4k total sum)은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

2000~4000Hz에서의 파형의 변화분을 합한 값(2k-4k dev.)은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

D# 음의 총 에너지 합(D# Tot E)은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

F# 음의 총 에너지 합(F# Tot E)은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

D# 음의 주파수 영역에서의 파형의 변화분을 합한 값(D# dev.)은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보

Table 4. Shimmer in Male Children Group (Unit : %)

	Soyangin	Tacumin	Soeumin	P-value
shimmer	30.5 ±8.6	33.7 ±7.3	32.9 ±7.5	0.442
total shimmer	0.30552 ±8.6233E-02	0.33740 ±7.3361E-02	0.32937 ±7.5404E-02	0.442
0k-2k shimmer	0.30111 ±9.6705E-02	0.33891 ±8.1977E-02	0.32904 ±8.4193E-02	0.399
2k-4k shimmer	0.32353 ±3.1739E-02	0.31683 ±4.0051E-02	0.31833 ±4.0325E-02	0.873
octave2 shimmer	4.2356E-03 ±1.2443E-02	8.5149E-04 ±5.3286E-04	3.8281E-03 ±1.8021E-02	0.490
octave3 shimmer	2.0459E-02 ±2.3261E-02	5.9506E-02 ±5.6169E-02	5.1725E-02 ±4.9400E-02	0.066
octave4 shimmer	4.7167E-02 ±3.5487E-02	5.1757E-02 ±2.3862E-02	4.4780E-02 ±2.1850E-02	0.475
octave5 shimmer	8.8794E-02 ±2.9975E-02	9.8765E-02 ±3.3758E-02	0.10169 ±3.9366E-02	0.560
octave6 shimmer	0.13349 ±7.1585E-02	0.12147 ±3.8551E-02	0.11979 ±4.6502E-02	0.676
A shimmer	1.997 ±0.358	2.079 ±0.416	1.895 ±0.321	0.108
A# shimmer	1.928 ±0.378	2.034 ±0.371	1.976 ±0.520	0.715
B shimmer	1.853 ±0.491	1.960 ±0.348	1.986 ±0.639	0.730
C shimmer	1.691 ±0.418	1.958 ±0.603	1.930 ±0.534	0.335
C# shimmer	2.046 ±0.903	2.012 ±0.485	1.857 ±0.403	0.376
D shimmer	1.721 ±0.381	1.912 ±0.437	1.810 ±0.462	0.346
D# shimmer	2.055 ±0.420	1.879 ±0.338	1.909 ±0.470	0.414
E shimmer	1.839 ±0.366	2.122 ±0.770	1.939 ±0.423	0.076
F shimmer	1.850 ±0.519	1.978 ±0.408	1.918 ±0.476	0.651
F# shimmer	1.926 ±0.500	1.978 ±0.427	1.994 ±0.536	0.914
G shimmer	2.023 ±0.344	2.141 ±0.508	2.037 ±0.455	0.563
G# shimmer	2.02729 ±.49486	2.03041 ±.35342	1.94696 ±.39243	0.626

Table 5. Octave in Male Children Group (Unit : dB)

	Soyangin	Tacumin	Soeumin	p-value
octave 2	19531.4 ±19587.8	16170.6 ±13491.2	22318.5 ±26765.0	0.427
octave 3	103795.7 ±109987.1	133644.1 ±117097.6	136373.0 ±73952.5	0.613
octave 4	94399.3 ±44334.3	81497.6 ±44976.9	94066.9 ±44624.8	0.419
octave 5	132239.8 ±71320.9	93647.4 ±57459.6	136271.6 ±90830.9	0.035*
octave 6	107881.4 ±71151.1	60439.3 ±36306.6	98761.2 ±100979.2	0.039*

Table 6-1. Energy in Male Children Group (Unit : dB)

	Soyangin	Tacumin	Soeumin	p-value
Time Domain				
Total Sum / Time Domain Count	2602.5 ±1039.8	2013.4 ±956.2	2786.9 ±1746.4	0.039*
Frequency Domain Total Sum / count(0)	63616.5 ±28363.7	42602.2 ±21435.2	62587.7 ±45010.9	0.021*

Table 6-2. Energy in Male Children Group (Unit : dB)

	Soyangin	Tacumin	Soeumin	p-value
0k-2k total sum	55285115.5 ±24480467.5	38014453.0 ±19631372.5	54598296.3 ±38851435.5	0.031*
2k-4k total sum	8750044.4 ±5510818.5	4875985.8 ±3032232.5	8414688.7 ±7603745.8	0.012*
2k-4k dev.	2824563.6 ±1915021.3	1571606.4 ±1048881.9	2765069.0 ±2568770.5	0.014*

Table 6-3. Energy in Male Children Group (Unit : dB)

	Soyangin	Tacumin	Soeumin	p-value
D# Tot E	346420.1 ±502564.6	160624.7 ±141273.3	323240.0 ±326630.3	0.027*
F# Tot E	312379.9 ±248986.5	192769.5 ±176467.9	388344.6 ±424876.8	0.024*
D# dev.	10701120.3 ±18918835.8	3927061.3 ±3495775.5	8324359.9 ±9324811.2	0.034*
F# dev.	9040287.2 ±6626748.4	6562167.2 ±7740578.1	13104397.4 ±14408696.7	0.035*

Table 7. Pitch in Female Children Group (Unit : Hz)

	Soyangin	Tacumin	Soeumin	p-value
center pitch	250.0 ± 19.1	247.5 ± 20.5	247.3 ± 20.2	0.915
center freq. (total)	248.2 ± 19.2	245.5 ± 19.6	245.3 ± 17.9	0.893
center freq.(1)	34.6 ± 7.6	33.6 ± 5.4	34.3 ± 5.8	0.863
center freq.(2)	97.4 ± 3.0	98.5 ± 3.0	97.7 ± 2.5	0.318
center freq.(3)	232.9 ± 12.6	233.4 ± 11.6	236.5 ± 12.9	0.554
center freq.(4)	432.1 ± 66.7	434.1 ± 63.3	434.9 ± 70.7	0.992
center freq.(5)	901.7 ± 58.2	872.1 ± 56.1	864.5 ± 69.5	0.199
center freq.(6)	1375.3 ± 46.9	1341.6 ± 91.5	1362.5 ± 72.8	0.352
center freq.(7)	3211.8 ± 138.9	3037.9 ± 226.7	3093.9 ± 204.6	0.039*

Table 8. APQ in Female Children Group (Unit : %)

	Soyangin	Tacumin	Soeumin	P-value
APQ(center)	0.591 ± 0.157	0.542 ± 0.140	0.521 ± 0.146	0.367
APQ(2/5)	0.603 ± 0.169	0.552 ± 0.147	0.543 ± 0.146	0.737
APQ(3/5)	0.583 ± 0.156	0.537 ± 0.151	0.526 ± 0.154	0.622
APQ(4/5)	0.577 ± 0.151	0.524 ± 0.157	0.508 ± 0.155	0.876

다 유의성 있게 낮았다.

F# 음의 주파수 영역에서의 파형의 변화분을

합한 값(F# dev.)은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보

Table 9. Shimmer in Female Children Group (Unit : %)

	Soyangin	Tacumin	Soeumin	p-value
shimmer	35.8 ±7.3	33.5 ±6.8	34.7 ±7.5	0.573

Table 10. Octave in Female Children Group (Unit : dB)

	Soyangin	Tacumin	Soeumin	P-value
octave 2	11937.6±3067.9	13293.0±6289.6	14112.6±6229.3	0.551
octave 3	107236.5±63124.7	111032.0±68967.3	124159.8±74004.0	0.698
octave 4	64319.3±25879.5	69666.1±34858.8	77897.4±35661.9	0.449
octave 5	73844.6±47726.3	68252.3±43477.8	74166.7±41704.2	0.847
octave 6	54056.5±30917.1	54065.2±33093.5	48874.6±46275.7	0.853

Table 11-1. Energy in Female children Group (Unit : dB)

	Soyangin	Tacumin	Soeumin	p-value
Time Domain Total Sum / Time Domain Count	1632.4±626.2	1638.6±674.7	1750.1±733.5	0.795
Frequency Domain Total Sum / count(0)	35936.1±17265.7	35276.7±15448.7	35644.6±19459.3	0.992

Table 11-2. Energy in Female Children Group (Unit : dB)

	Soyangin	Tacumin	Soeumin	p-value
0k-2k total sum	31595573.2 ±15371169.0	31413876.5 ±13838899.6	31832981.0 ±16529500.1	0.994
0k-2k dev.	10826329.0 ±4500625.2	10094633.7 ±4095441.3	10862268.9 ±5159051.8	0.774
2k-4k total sum	4571880.0 ±2683150.4	4094244.4 ±2216149.3	4050170.6 ±3446515.5	0.841
2k-4k dev.	1484618.6 ±851493.7	1337166.4 ±765958.1	1282097.2 ±1056892.4	0.799

다 유의성 있게 낮았다.

기타의 에너지 항목은 유의확률이 0.05 이상으로 유의성이 없었다.

2) 여아에서 APQ, Shimmer, Octave, Energy

모든 항목에서 여아 집단 간에 유의한 차이가 없었다.

2. 여아

少陽人 13명, 太陰人 36명, 少陰人 20명 총 79명을 대상으로 하였다.

1) 여아에서 Pitch

중심주파수 (7)은 여아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 소양인이 태음인보다 유의성 있게 높았다.

Ⅳ. 考 察

사상의학에서는 사람의 臟腑性理에 따라 태양인, 소양인, 태음인, 소음인으로 나누어 생리, 병리 및 예방에 관한 부분을 언급하고 있으며, 현재에까지 논란이 많은 부분이 우선적으로 체질을 감별하는 문제이다. 체질을 나눌 때는 體型氣像, 容貌詞氣, 性質才幹, 病證藥理를 살피고 종합하

여 체질을 진단하고, 그 체질에 맞는 약을 투약하여 적절한 반응을 보이는지를 보고 최종적인 결정을 할 수 있다. 특히 체질 진단에 사용되는 容貌詞氣중 詞氣란 ‘말하는 기세’라고 해석될 수 있으며, 이것은 말투나 말하는 자세로서 표현된다.

이제마 선생의 『東醫壽世保元』에는 詞氣라는 부분을 제외하고는 음성에 관한 직접적 언급을 찾을 수 없지만, 김구익이 쓴 『四象臨海指南』·『四聲論』¹²에서 사상인의 음성을 “태양인은 호흡기가 크므로 소리가 높다. 태음인은 성량이 풍부하여 소리가 무겁다. 소양인은 호흡기가 작으므로 소리가 가볍고 낮다. 소음인은 성량이 넓으므로 소리가 활발하다. 태양인은 성음이 맑고 원만하니 商音과 화합한다. 소양인은 성음이 급하고 멀리 가니 徵音과 화합한다. 소음인의 성음은 느리고 평안하니, 느리고 평이함은 羽音과 화합한다. 태음인 소음인의 陰은 陽을 이기므로 음량이 풍성하다. 태양인 소양인은 근육이 수척하고 탄탄하므로 성질이 강(剛)하다. 태음인 소음인은 근육이 살찌고 부드러우므로 성질이 부드럽다(柔).”라고 하여, 사상인의 음성에 대해 구체적으로 언급하고 있다. 오늘날에는 음성연구를 통해서 얼굴의 생김새나 성질, 체형을 유추하는 것이 과학 수사 및 음성언어연구회 등에서 이루어지고 있으며, 이것은 음성연구를 통해서 사상체질을 진단하는 것이 가능하다는 것을 뒷받침한다고 볼 수 있다.

이러한 것을 바탕으로 하여서 음성분석기기를 이용하거나 성문파형(glottal waveform)을 분석하여 사상체질간의 상관성을 찾으려는 시도가 있어 왔는데, CSL(computerized speech lab)을 이용한 경우에는 기본주파수(pitch), 기본주파수의 범위(pitch range), 포먼트 주파수(formant frequency), 포먼트 폭(formant bandwidth), 단위시간당 발화속도, 성대의 개방시간 및 폐쇄시간, 기타 음성변수들(parameters)을 분석항목으로 삼았다^{13,14,15,16,17}.

포먼트 주파수와 포먼트 폭(formant bandwidth)에 관한 선행연구에서는 /a/를 분석하여 formant frequency 1에서는 太陽人이, bandwidth 1에서는 少陰人과 太陽人이 다른 체질에 비하여 유의성 있

게 낮으며, bandwidth 2와 formant frequency 5에서는 太陽人이 유의성 있게 높았다. pitch maximum과 pitch maximum-pitch minimum에서는 少陰人과 太陽人이 유의성 있는 차이를 나타내었다. energy mean에서는 太陽人과 太陰人에서 유의성 있는 차이를 나타내었다.”라는 보고⁹가 있으며, 또 다른 연구 보고에는 pitch shimmer harmonics의 h1-h2와 formant frequency, formant bandwidth 등의 항목을 연구하여서 “少陰人 집단이 formant frequency 1에서 少陽人 집단보다 유의성 있게 낮으며, formant bandwidth 1에서 유의성 있게 높다는 것을 알아냈다. 이것으로 少陽人의 音聲이 少陰人보다 상대적으로 명랑하고 맑으며 少陰人의 목소리는 완만하고 평이하다.”¹⁸고 하고 있다.

기본 주파수에 관한 선행 연구에서는 성대 진동을 분석한 결과 “少陽人 남성의 기본주파수 범위(pitch range)가 다른 體質보다 높게 나타나며 성대의 폐쇄시간과 개방시간에 일정한 차이를 나타내었다는 것과, 특히 少陽人 집단이 少陰人 집단보다 발성 시에 성대가 천천히 닫히고 빨리 열리는 특성이 있다.”¹⁰는 보고가 있으며, 반면에 다른 연구에서는 CSL을 이용해서 “기본주파수의 범위(pitch range), 폭(bandwidth)을 분석한 것에서 사상체질과는 관계가 있으나 유의성 있는 항목은 없었다.”¹⁹라고 보고하고 있다.

四象體質診斷에 音聲의 청각적 평가를 사용하여 四象體質音聲의 개념을 정립하고자 하는 연구도 있었는데, “少陽人은 힘이 있는 빠른 목소리 太陰人은 힘이 있는濁한 低音의 목소리, 少陰人은 힘이 없는 느린 목소리”²⁰라고 정의한 보고가 있으며, 또 다른 연구에서는 “太陰人의 음성은 강하면서 탁하고, 少陰人의 음성은 낮으면서 약하며, 少陽人의 음성은 맑으면서 빠른 경향이 있다.”⁸라고 정의하고 있다.

소아와 성인 간에는 발성기관의 해부 생리학적 차이에 의해 음성의 특징이 다르게 나타난다. 음성은 성장에 따라 변화하며, 특히 사춘기에는 남자에게서 제 2차 성징의 발현에 일치하여 성대의 형태적 변화로 인해 현저한 변화를 보인다. 신생아의 성도는 인두강이 좁고, 후두의 위치가 높

다. 연령이 증가함에 따라 후두가 하강하고 인두강의 길이가 늘어난다. 6~7세에서 후두의 높이는 제 5 경추 상연에 위치하고, 10~12세에서는 제 5 경추 중앙에 위치한다. 성대의 길이(軟骨間部 포함)도 생후 6.5년에 8mm, 15년에 9.5mm이고 성인에 가서는 여자 12.8~17mm, 남자 17~23mm로 늘어나며, 성대길이의 신장에 수반하여 음성이 낮아진다. 남자의 경우 후두는 13세 경에 남성 호르몬의 영향하에 전후경, 좌우경이 모두 급격히 확대되어 후두용기가 두드러지게 된다. 그리고 후두의 이러한 구조적 성장에 따라 성대길이도 증대된다²¹.

1953년 초기 연구에서 Peterson & Barney는 성도의 크기가 다르면 공명하는 주파수도 다르다는 것을 전체로 영어 모음에 대해 남자 33명, 여자 28명, 소아 15명의 포먼트 주파수를 측정하였다. 그 결과 소아가 가장 높은 포먼트 주파수를 나타냈고, 남자는 가장 낮은 포먼트 주파수를 나타냈다. 그 이유는 소아가 성인 남성에 비해 상대적으로 구강 영역에 대한 인두 영역이 좁기 때문이다²².

변성이 정상으로 경과한 경우, 남자에게서는 성역 전체에 걸쳐 약 1옥타브의 저하를 볼 수 있으나, 여자의 경우 변화가 심하지 않으나 저음역이 약 3도 정도 넓어지는 정도의 변화를 보인다.

일본에서는 생리적 성역의 정상치 조사를 한 결과 3~5세의 성역 폭은 약 1옥타브, 초등학교 고학년(11~13세)에서 1.5~2 옥타브, 성인남자에서는 약 3 옥타브, 성인 여자에서는 약 2.5 옥타브로 나타났다²³.

이렇듯 소아의 음성은 성인과 구별되는 특징이 뚜렷하므로 음성분석에 있어서도 소아의 음성 특성을 반영해야 정확한 체질 감별로 이어질 수 있다.

여기서는 PSSC-2004를 통해서 음향학적으로 유의성이 있다고 추측되어지는 74개 항목으로 소아의 四象體質을 구별하는데 유의성이 있는지 분석하여 보았다.

소아 163명을 전체로 하고 88명의 남아와 75명의 여아를 대상으로 74개 항목의 음향분석의 특징을 살펴보았다. 이중에서 각 體質別 입력자수

가 뜻하는 바는 의미가 없다. 음향을 분석하는 도중 잡음이 많이 포함 된 것과 음성파형이 불규칙한 것은 제외하였기 때문이다. 전체 분석된 남아 88명은 少陽人 12명, 太陰人 42명, 少陰人 34명으로 구성된다. 여아는 少陽人 13명, 太陰人 36명, 少陰人 26명 총 75명을 대상으로 하였다.

APQ (Amplitude Perturbation Quotient)는 장단기 음성강도 변이 관련지수로서 진폭의 섭동을 퍼센트(%)로 나타내준다.

pitch period와 period간 11개 길이 내에서의 음성강도 변이정도에 대해 상대적으로 평가하는 변인이다²⁴. APQ는 대체로 기식성 음성(breathy voice)이나 애성(hoarse voice)인 경우 그 수치가 증가하며 수치가 증가할수록 성대의 주기적 진동이 어렵다는 뜻이다.

의학에서는 APQ 분석을 통해 성대에 관련되어 병적인 음성을 분석하고 있다. 발성장애를 가진 환자의 50% 이상에서 성대는 초과된 무게(성대결절, 부종 등)로 괴로움을 받게 되는데, 이러한 추가적인 덩어리는 성대를 따라서 이질적으로 분포하면서 성대의 불규칙한 진동을 야기하고 결국 amplitude perturbation을 가져온다²⁵.

APQ(center)는 음성 파형 중 양끝의 0.375초를 자른 중간의 안정적 부분의 APQ 값이다.

APQ1 이란 음성 파형 중 0-1/5 부분의 APQ값이고, APQ2 이란 음성 파형 중 1/5-2/5 부분의 APQ값, APQ3 이란 음성 파형 중 2/5-3/5 부분의 APQ값, APQ4 이란 음성 파형 중 3/5-4/5 부분의 APQ값, APQ5 이란 음성 파형 중 4/5-5/5 부분의 APQ값이다.

본 연구에서 남아 그룹의 APQ4는 少陽人, 太陰人, 少陰人 집단간에 유의성 있는 차이가 있었으며, 태음인 집단이 유의성 있게 낮았다.

octave란 음계에서, 어떤 음에서 위나 아래로 완전 8도의 간격을 가진 음, 또는 그 간격을 말한다. 즉 두개 음의 상호적인 높이로서 음정을 나타내는 단위이다²⁶.

음정을 표시하는 데는 몇 가지 방법이 있으며, 가장 일반적인 것은 서양음악의 장음계를 기준으로 하여 '도(度)'를 단위로 표시하는 방법이다. 이

방법에서는 음계에서 똑같은 단계 위에 있는 2음의 음정을 1도 혹은 같은 도라고 하며, 인접한 다른 단계에 있는 2음의 음정을 2도라고 한다. 그리고 다시 거리가 1단계, 즉 2도씩 넓어짐에 따라서 차례로 3도·4도라 하며, 8도는 octave라고도 한다. 8도는 질적으로는 1도와 똑같은 것으로 간주된다. 음정은 2음의 진동수의 비례이며, 물리적으로 엄밀한 표시를 필요로 할 때는 음정비(音程比), 혹은 음정비에서 산출한 음정치(音程值)로 나타내게 된다.

음정비는 보통 적은 쪽의 진동수를 분모로 한 분수로 표시되며, 완전8도는 2/1 즉 2, 순정률(純正律)에서의 완전4도는 4/3, 완전5도는 3/2이다.

음정값은 로그값이나 밀리 octave값 등 몇 가지 있으나 가장 많이 보급되고 있는 것이 J.A.엘리스에 의한 센트값으로, 완전8도를 1,200센트, 평균 음에 있어서의 반음을 100센트로 한다²⁶.

남아에서 octave 5는 少陽人, 太陰人, 少陰人 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후 분석 결과 태음인이 소음인보다 낮았다.

또한 octave 6도 少陽人, 太陰人, 少陰人 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후 분석 결과 태음인이 소음인보다 낮았다.

energy는 음의 강도 세기를 나타낸다.

에너지 항목에 관한 선행 연구를 살펴보면, CSL을 통한 연구에서 energy mean에서는 太陽人 이 유의성 있게 높았고 기타 energy standard deviation에서는 유의적인 차이는 없다는 보고⁹가 있으며, PSSC-2004를 통한 연구에서는 성인 여성의 zero over energy sum(0보다 큰 에너지 합)과 성인 여자 55세 미만에서 total energy값은 각 체질 집단 간에 유의성있는 차이가 있었고, 그 중 태양인이 유의성 있게 높았다²⁷.

시간 영역 평균 에너지(Time Domain Total Sum / Time Domain Count)는 시간영역에서의 전체 음성에너지를 전체 음성구간으로 나눈 것으로 즉, 시간영역에서 계산한 평균음성에너지(강도)를 말한다.

본 연구에서는 남아에서 시간 영역 평균 에너지(Time Domain Total Sum / Time Domain Count)는

少陽人, 太陰人, 少陰人 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후 분석 결과 태음인이 소음인보다 낮았다.

주파수 영역 평균 에너지 (Frequency Domain Total Sum / cnt(0))는 주파수영역에서의 전체에너지를 전체 주파수 구간으로 나눈 것으로 즉, 주파수 영역에서 계산한 평균음성에너지를 말하고 음성의 강약을 의미한다.

본 연구에서 주파수 영역 평균 에너지는 少陽人, 太陰人, 少陰人 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후 분석 결과 태음인이 소음인보다 낮았다.

0~2,000Hz의 energy 합(0k-2k total sum)은 2,000Hz 이하의 저음을 어느 정도 사용하고 있는가를 알아보는 척도로 음성의 특징을 분류하기 위한 항목이다.

본 연구에서 0~2,000Hz의 energy 합(0k-2k total sum)은 少陽人, 太陰人, 少陰인 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후 분석 결과 태음인이 소음인보다 낮았다.

2000~4000Hz의 energy 합(2k-4k total sum)은 상대적으로 어느 정도 고음을 많이 사용하는지를 평가하는지를 도출하기 위한 척도이다.

본 연구에서 2000~4000Hz의 energy 합(2k-4k total sum)은 少陽人, 太陰人, 少陰인 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후 분석 결과 태음인이 소음인보다 낮았다.

2000~4000Hz에서의 파형의 변화분을 합한 값(2k-4k dev.)은 고음역에서 개인의 음색을 측정하기 위한 항목이다.

본 연구에서 2000~4000Hz에서의 파형의 변화분을 합한 값(2k-4k dev.)은 少陽人, 太陰人, 少陰인 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후 분석 결과 태음인이 소음인보다 낮았다.

X음의 총 에너지 합(X Tot E)은 X음계에 해당하는 음의 크기(강도)를 합한 것으로 오음계의 공상각치우의 특성을 살펴보기 위한 특징 파라미터이다. 다시 말해서 공상각치우 중에서 어느 음을 가장 많이 사용하고, 어느 음계를 가장 적게 사용하는지 알아보는 척도이다.

본 연구에서 D# 음과 F# 음의 총 에너지 합은 少陽人, 太陰人, 少陰人 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후 분석 결과 태음인이 소음인보다 낮았다.

또한 F# 음의 총 에너지 합은 少陽人, 太陰人, 少陰人 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후 분석 결과 태음인이 소음인보다 낮았다.

X음의 주파수 영역에서의 파형의 변화분을 합한 값(X dev.)은 음계에너지가 저음에서 고음으로 올라가면서 어느 정도 편차가 발생하는가를 알아보는 척도이며 음계 편차는 음계에너지와 어느 정도 비례관계가 있다

본 연구에서 D# 음과 F# 음의 주파수 영역에서의 파형의 변화분을 합한 값편차합은 少陽人, 太陰人, 少陰人 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후 분석 결과 태음인이 소음인보다 낮았다

이상의 남자의 연구 결과에서 볼 수 있듯이, 유의성 있는 모든 항목에서 사후 분석 결과 공통적으로 태음인과 소음인 간에 유의성 있는 차이를 발견할 수 있었는데, 이는 이제마가 『東醫壽世保元』·「四象人辨證論」에서 “태음인은 얼굴모습, 말하는 기운, 행동거지가 의젓하고 잘 가다듬으며 공명정대하다. 소음인의 얼굴 모습, 말하는 기운은 그 몸이 생긴바 그대로 자연스럽게 성품이 까다롭지 않고 잔습씨가 있다.”²⁸ 고 하며 태음인과 소음인간에 말하는 투나 기세가 다르다고 한 것과 일치한다.

pitch는 음성의 높낮이로 성대 진동주기에 대한 청자의 지각적인 개념이다. pitch는 강제 억양 감정 등의 요인에 따라 변한다. 지금까지 알려진 바에 따르면 pitch를 조절하는 가장 큰 요소는 성대 근육의 장력이다. 성대의 진동에 의해서 만들어지는 공기의 짧은 분사는 일정한 비율로 진동을 일으킨다. 이와 같은 성대진동을 통하여 폐로부터 흘러나오는 공기에 의해서 만들어지는 음성은 모든 모음과 모음과 유사한 소리를 포함한다. 이 진동은 고정되어 있지 않고 변하는데 성대의 긴장을 통제하는 근육의 힘과 성대 밑의 기압에 의해서 결정된다. 이것은 음의 높이 즉 pitch로 인식된다. 사람에 따라 성도의 길이가 다른데 어린

이나 여자가 그 길이가 짧아져 주파수가 높듯이 모든 사람들에게는 후두구조에 의해서 제약되는 pitch의 범위가 있다. 남자는 보통 50-250Hz, 여자는 120-500Hz 이다. 이는 최대범위로 보통은 자연스럽게 말할 때 평균적으로 사용하는 습관적인 pitch level을 가지고 있다^{15,24,29}.

pitch는 말하는 사람의 특징을 가장 잘 반영한다고 알려져 있어, 여러 가지 방면에서 다양하게 응용되고 있다. 공학적으로는 음성의 인식 코딩 합성에, 음성학적으로 운율정보를 나타내고 심리학적으로 정서 상태의 판정에 쓰인다. 또 의학 분야에서는 음성장애상태를 판단하고 성악에서 가창력과 성량 측정 및 개선 등에 이용된다.

pitch는 이와 같은 특징 때문에 체질별 특징을 가장 잘 나타내 줄 것으로 여겨졌던 항목이다.

pitch에 관한 선행 연구를 살펴보면, /a/를 CSL을 통해서 분석한 연구에서는 pitch maximum이 소음인은 낮고 태음인은 높은 것으로, pitch maximum-pitch minimum은 태음인이 높은 것으로 유의성 있는 차이가 있으며, 기타 pitch mean, pitch S.D. pitch minimum, pitch maximum에서는 체질간의 유의성 있는 차이가 없었다고 보고하였다⁹. laryngograph와 EEG를 이용한 연구에서는 남자 /a/(2.5sec)에서는 소음인과 태음인보다 소양인의 pitch range가 더 높은 것으로, 여자/e/(0.5sec)에서는 소음인보다 태음인의 pitch range가 더 높은 것으로, 남자/a/(2.5sec)에서는 소음인과 태음인보다 소양인의 pitch range가 더 높은 것으로, 소양인보다 태음인의 pitch Maximum이 더 높은 것으로 소음인과 소양인보다 태음인의 pitch standard deviation이 더 높은 것으로 체질적으로 유의성 있는 차이가 있다고 보고되었다¹⁰.

여기서는 이러한 pitch의 분석을 좀더 세분화하였다.

center pitch의 항목은 음성 파형 중 1/3-2/3 부분의 pitch값으로 양옆의 오류를 제거한 정제된 값이며, center frequency의 각 항목은 주파수를 영역 대별로 나눈 것이다.

성인 여자를 PSSC-2004를 통해 분석한 선행 연구 결과에서는 소음인 집단이 성인여자 전체의

center pitch, 55세 미만의 center frequency(4), 55세 이상의 center pitch에서 유의성 있게 높았고, 태양인 집단이 55세 미만의 center frequency(3), 55세 이상의 center frequency(4)에서 유의성 있게 높았다²⁷.

본 연구에서 여아에서 center frequency(7)은 소양인, 태음인, 소음인 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후 분석 결과 소양인이 태음인보다 높았다.

향후 연구 방향은 첫째, 태양인 집단의 인원 확보 및 그 외의 각 체질별 인원을 더욱 보강하고 연령별로 좀 더 세분화하여 분석이 이루어진다면 좀 더 많은 parameter를 찾을 수 있을 것 같다. 둘째, 소리에 영향을 주는 기본요소들 말속도, 말의 크기, 발생유형, 운율 등과 말의 명료도에 영향을 미치는 분절적 요소 즉 모음과 자음등을 고려해 준다. 즉 말 속도는 분절발성시간 휴지시간으로 나누어서 분석하거나 모음과 자음을 나누고 사투리 등을 나눈다. 셋째, 학력의 차이를 포함하고 있는 단어나 문장 등을 분석항목에 포함하는 것이 필요하다. 즉 지각적으로 느끼는 발생유형을 객관적으로 정리하기는 매우 힘든 작업이므로 이것들을 객관화 할 수 있는 분석 척도가 요구된다.

V. 結 論

본 연구는 소아의 목소리를 대상으로 사상체질음성분석기(PSSC-2004)를 통하여 74개 항목을 분석하여, 사상체질과의 연관성을 살펴 본 결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

1. APQ4는 남아 그룹에서 태음인 집단이 유의성 있게 낮았다.
2. octave 5와 octave 6은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 octave 5에서 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.
3. 시간 영역 평균 에너지 (Time Domain Total Sum/Total Sum Count)는 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

4. 주파수 영역 평균 에너지(Frequency Domain Total Sum/count(0))

는 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

5. 0~2000Hz의 energy 합(0k-2k Total Sum)은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

6. 2000~4000Hz의 energy 합(2k-4k Total Sum)은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

7. 2000~4000Hz 편차합은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 octave 5에서 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

8. D# 음의 총 에너지합, F# 음의 총 에너지합은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

9. D#음의 편차합 F# 음의 편차합은 남아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 태음인이 소음인보다 유의성 있게 낮았다.

10. 중심주파수 (7)은 여아 집단 간에 유의한 차이가 있었으며, 사후분석 결과 소양인이 태음인보다 유의성 있게 높았다.

이상의 결과를 토대로 한국인 소아의 체질 진단의 표준화에 관한 유의성 있는 정보를 PSSC-2004를 이용하여 얻을 수 있었으며, 향후의 연구에서 체질을 진단할 수 있는 유효한 기준으로 제시되리라 사료된다.

VI. 參考文獻

1. 허만희, 송정모, 김달래, 고병희. 사상인의 형태학적 도식화에 관한 연구. 사상의학회지. 1992;4(1):107-148.
2. 홍석철, 고병희, 송일병. 사상인의 이목비구의 형태학적 특징 연구. 사상의학회지. 1998;10(1):161-170.

3. 조황성, 지상은, 이의주, 홍석철, 고병희, 권건혁 외 2인. 체질진단의 객관화에 관한 연구- 생화학적 분석자료를 중심으로-. 사상의학회지. 1997; 9(1):147-162.
4. 조동욱, 이창수, 고병희, 조황성. 유전자지문법을 이용한 사상체질의 유전적분석 연구. 사상의학회지. 1996;8(2):151-164.
5. 김종원, 고병희, 송일병. EAV측정치와 사상체질유형 및 중풍과의 상관성에 관한 연구. 사상의학회지. 1995;7(2):59-88.
6. 김선호, 고병희, 송일병. 사상체질분류검사(QSCC)의 타당화 연구. 사상의학회지. 1993;5:61-80.
7. 박성식, 최재영, 정민석, 김이석, 이제단, 이경애 외 3인. 사상체질유형과 지문 손바닥문의 관련성에 대한 연구. 사상의학회지. 1998;10(1): 81-100.
8. 김달래, 박성식, 권기록. 성문분석법에 의한 사상체질진단의 객관화 연구(I). 사상의학회지. 1998;10(1):65-80.
9. 신미란, 김달래. CSL을 통한 음향 특성과 사상체질간의 상관성 연구. 사상체질의학회지. 1999; 11(1): 137-158.
10. 김선형, 신미란, 김달래, 권기록. Laryngograph와 EEG를 이용한 음향특성과 사상체질간의 상관성 연구. 사상의학회지. 2000;12(1):144-156.
11. 박종구, 장세진. SPSS/PC+ 를 이용한 보건통계학. 도서출판 우현. 1997:111-137.
12. 김달래. 사상임해지남. 정답, 서울, 1999:134.
13. 안성윤. 성악인과 일반인 발성의 음향학적 및 공기역학적 특성에 대한 연구. 연세대학교 대학원. 석사학위 논문. 2003:33.
14. 김성지. 내담자 정서에 따른 음성 정보 특성. 가톨릭대학교 대학원. 문학 석사 학위논문. 2002: 37.
15. 고도홍, 구희산, 김기호, 양병근. 음성언어의 이해. 한신문화사, 서울, 1995;170:99-102.
16. Stoicheff ML. Speaking fundamental frequency characteristics of nonsmoking female adults. JSpeech Hear Res 1981;24:437-41.
17. Segre R. Scnescence of the voice. Eye Ear Nose Throat Mon 1961;33:62-8.
18. 박성진, 김달래. Harmonics(배음)와 Formant Bandwidth(포먼트 폭)를 이용한 음성특성과 사상체질간의 상관성 연구. 사상체질의학회지 2004; 16(1):191-201.
19. 양상묵, 김선형, 유준상, 김형석, 이영훈, 김달래. Pitch Range와 Bandwidth를 이용한 음성특성과 사상체질간의 상관성 연구. 사상체질의학회지. 2001;13(3):31-39.
20. 유준상. 청각적 음성분석 통한 사상체질 진단에 관한 연구. 상지대학교 대학원. 박사학위 논문, 2002:1-29.
21. 일본음성언어의학회. 음성검사법(기초편). 군자출판사, 서울, 1996:187-192.
22. Gloria J. Barden, Katherine S. Harris, Lawrence J. Raphael. 음성과학. 한국문화사, 서울, 2004:125.
23. 일본음성언어의학회. 음성검사법(임상편). 군자출판사, 서울, 1996:53-54.
24. 고도홍, 정옥란. 음성 및 언어 분석기기 활용법. 한국문화사, 서울, 2001:171-175.
25. 윤성희. 성대용종의 양상과 음향지수의 상관관계 연구. 전북대학교 대학원. 박사학위 논문. 2003:11.
26. 국립언어연구원. 표준국어대사전(중). 두산동아, 서울, 1999:4510.
27. 김선형, 한동윤, 윤지영, 김달래, 전종원. 사상체질음성분석기(PSSC-2004)를 통한 성인여성의 체질별 음향 특성 연구. 사상체질학회지 2005; 17(1):84-102.
28. 고병희, 김경요, 김달래, 김종원, 김진성, 박성식 외 10인. 사상의학. 집문당, 서울, 1997:495.
29. 구희산, 고도홍, 양병근, 김기호, 안상철. 음성학과 음운론. 한신문화사, 서울, 1998:15-16.