

# 心臟 疾患 診斷을 위한 한의학적 聽診 기반의 舌音 분석

정회원 김 봉 현\*, 조 동 욱\*\*°, 허 성 호\*\*\*

## A Lingual Sound Analysis based on Oriental Medicine Auscultation for Heart Diseases Diagnosis

Bong-hyun Kim\*, Dong-uk Cho\*\*°, Sung-ho Her\*\*\* *Regular Members*

### 요 약

다양한 진단 기기들의 개발로 인해 발전을 거듭하고 있는 서양의학에 비해, 한의학은 임상의의 직관에 의존하여 환자들에게 시각적이며 객관적으로 질환 상태를 표현해줄 수 있는 정량화된 진단 데이터들이 부족한 실정이다. 이를 위해 본 논문에서는 한의학적 진단 방법의 시각화를 통한 객관화를 구현하기 위해 먼저, 한의학에서 몸을 다스리는 중심기관이며 생명과 정신의 근원처로 간주하고 있는 심장과 음성 신호와의 관계를 한방에 기초하여 규명하고 분석하였다. 따라서 심장은 오관 중 혀와 관련이 되어 있어 음성과 연계하여 생각하면 심장 질환자는 설음(舌音), 즉 혀소리의 발음이 불명확하다는 것에 초점을 맞추어 심장 질환의 유무를 판단하는 방법을 설계하였다. 이를 위해 심장 질환자와 정상인으로 피실험자 집단을 구성하고 이들의 음성에서 혀소리에 해당하는 부분에 대한 제2포먼트 주파수의 통계적 대역폭 분석과 형태적 모델링 분석을 수행하여 상호간의 비교, 분석을 수행하였다. 최종적으로 설계한 방법에 대해 실험 결과를 통한 상관성을 분석하였다.

**Key Words** : Heart Diseases, Auscultation, Oriental Medicine, Tongue, Speech Analysis

### ABSTRACT

Oriental medicine lacks diagnosis data in fixed quantity possible to express visually to patients by depending on clinician's intuition than Western medicine that continues to development by various diagnosis devices. For that, this paper intends to examine relation between heart and voice signal regarded as center organ and source of life and mind in order to implement objectification through the visualization of oriental diagnosis method above all. According to because the heart is related to the tongue among five organs, by thinking with sounds, we would design the way of identifying existence of heart diseases focused on the fact that lingual sound pronunciation of heart patient is inexact. For this, we achieved a comparison, analysis of statistical bandwidth and morphological modeling of the second formants frequency about a lingual sound for their voice constituted subject group of heart diseases and normal people. Finally, we analyzed interrelationship to the result of experiment by designed method.

### I. 서 론

한의학(韓醫學)은 우리나라 고유의 전통 의학으로

서양의학과는 대응적인 관계로 발전을 하고 있는 의료 형태이며 동양적인 철학을 기본으로 종합적인 생명 현상을 동적으로 관찰함으로써 내적 생명력을

\* 한밭대학교 컴퓨터공학과 (bhkim@hanbat.ac.kr)

\*\* 충북도립대학교 정보통신학과 (ducho@cbpc.ac.kr) (° : 교신저자)

\*\*\* 카톨릭대학교 대전성모병원 순환기내과 (hhhsungho@naver.com)

논문번호 : KICS2009-03-100, 접수일자 : 2009년 03월 10일, 최종논문접수일자 : 2009년 07월 08일

근본적으로 배양하고 건강을 증진하는 의료 기술을 보유하고 있다. 이와 같은 한의학의 우수성을 표현하고 있는 진단 이론은 인체 장기들의 상태나 건강 상태 등이 생체 신호로 얼굴이나 음성, 맥 등에 나타나고 이를 분석하여 질병을 진단하는 방법을 사용하고 있다. 즉, 생체 신호 유형에 따라 진단 방법을 크게 4가지로 분류하여 적용하고 있으며 이를 각각 망진(望診), 청진(聽診), 맥진(脈診), 문진(問診)이라 한다<sup>[1],[2]</sup>. 그러나 한의학은 우수성에도 불구하고 서양의학에 비해 신호도가 떨어지는 것이 사실이다. 이는 한의학은 서양의학과 달리 의료 보험 혜택이 되는 진단 기기가 적고 진단 방법도 임상과의 직관에 기반하고 있어 객관적이며 시각화된 진단 결과를 제공해 주는 서양의학에 비해 환자들의 신뢰도가 뒤지기 때문이다. 따라서 한의학의 진단 방법인 임상과의 직관에 의한 생체 신호의 결과 제시가 아닌 진단 기기로 구현하여 객관화, 시각화된 결과를 표현해준다면 한의학에 대한 신호도 상승 및 한의학의 세계화, 표준화에 따른 경제적 부의 창출 효과가 매우 높아 질 것으로 전망되고 있다. 특히 한의학의 진단 방법은 인체의 생체 신호를 분석하는 것이므로 채택 기반으로 질환 진단 및 건강관리 가능하기 때문에 예방의학, 대체의학 차원에서 효율성을 증대시킬 수 있는 방법으로 여겨진다<sup>[3],[4]</sup>.

따라서 한의학도 서양의학과 마찬가지로 IT 기술과의 연계 등을 도입한 학제간의 공동 연구를 통해 시각적인 진단기기를 개발함으로써 진단 방법의 객관화를 행할 필요성이 증대되고 있다. 이를 위해 본 논문에서는 한의학과 IT 기술의 융합 연구로 한의학의 질환 진단 방법 중에서 음성을 기반으로 한 청진(聽診) 이론을 기초하여 IT기술로 구현하는 방법에 대해 제안하였다<sup>[5]</sup>. 특히, 인간의 오장 육부 가운데 가장 중요한 장기라 할 수 있는 심장 질환이 미치는 영향에 대해 음성분석학적 요소 기술의 적용을 연구하였다. 이러한 심장 질환의 조기 진단에 대한 한의학적 진단 이론의 공학화, 융합화 연구 과정에서 가장 중요한 것이 진단 결과의 정확성 및 신뢰성의 향상이며 기존의 임상과의 직관에 의존하는 주관적인 진단 방식에서 계량화, 정량화하는 것이 절실히 필요하고 이를 공학적 입증 방법에 적용하여 객관적 진단 지표를 마련하는 것이 필요한 실정이다<sup>[6]</sup>.

이를 위해 본 논문에서는 음성 분석에 대한 결과 추출 및 이를 이용한 심장 질환과의 상관성 도출에

목적지를 두었으며 이를 위해 피실험자 집단을 심장 질환자들과 정상인들로 분류·구성하고 선정된 피실험자의 음성에서 심장 질환과 관련된 음성 분석 요소인 포먼트 파형 및 주파수 대역폭을 분석하고 결과의 정성적·정량적 분석으로 심장 질환에 대한 청진 구현에 필요한 자료를 구축하였다. 또한 한의학에서 제시하고 있는 심장의 소리와 기운을 통한 질환의 유무 판단을 기반으로 음성 신호를 분석하고 이에 대한 부언어적 정보값을 출력하고 결과 파형 및 수치값을 통해 심장 질환자와 정상인 집단간 비교 및 분석으로 심장 질환의 조기 진단학적 방법론을 제안하였다.

## II. 심장 소리의 의미

### 2.1 한의학적 심장의 소리

한의학은 학문적인 체계를 형성할 때 동양의 음양오행설을 기본으로 하는 학문으로 인체를 소우주로 비유하며, 해부학적으로 관찰하면서 동시에 동양의 자연철학의 음양오행설로 검토, 조사, 연구하여 하나의 학문으로 발전시킨 자연의학이다. 또한, 한의학은 다분히 철학적이고 가설적인 학문의 일종으로 생각할 수가 있다. 생리를 단순히 인체 하나의 순환으로 보지 않고 전체가 동시에 활동·순환하는 전일사상(全一思想)으로 설명한 학문이다<sup>[7]</sup>. 한의학에서는 심장을 생명의 근원처, 또는 정신이 깃든 곳, 지혜가 나오는 곳으로 간주한다. 또한 심장은 심(心)을 대표하는 장기로 온 몸에 혈액을 순환시키는 역할을 한다. 그러므로 심(心)은 모든 장기의 임금이라고 하며, 몸이 부지런할 수 있느냐 없느냐, 강하나 약하냐가 심장에 달려 있고, 기쁘고 슬프고 노하고 근심하는 모든 감정의 움직임이 심장에 달려있다고 보고 있다<sup>[8]</sup>. 본 논문에서는 이러한 심장의 중요성을 인식하고 한의학적인 진단 이론 중 오장과 오음과의 관계 이론에 음성학적인 분석 요소를 접근시켜 심장과 혀소리와의 관련성 여부를 연구하였으며 또한, 혀소리와 음성학적 분석 요소인 제2포먼트와의 관련성 여부를 연구하여 심장과 음성과의 상관성을 규명하였다.

즉, 한의학에서 심장의 소리는 오음(五音) 중 “치음(織音)”에 속하며, 발음상 설음(舌音), 즉 혀소리에 해당한다. 혀소리라 함은 “ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㄷ”에 속하는 발음으로 한방에서는 심장이 혀와 관계가 있고 심장에 이상이 발생시 설음(舌音)에 문제가 있음을 가지고 심장 질환 여부를 판단하고 있다. 따라서

한의학적 심장은 혀와 연계되어 있어 심장에 이상이 있을 때 혀소리가 불분명함에 초점을 두어 음성 분석을 수행하였으며 이러한 오장(五臟)과 관련된 소리를 아래 표 1에 음령오행표로 나타내었다<sup>9)</sup>.

표 1. 음령오행(音靈五行)표

오행(五行)	목(木)	화(火)	토(土)	금(金)	수(水)
오장(五臟)	간	심	비	폐	신
소리음	1,2획	3,4획	5,6획	7,8획	9,10획
소리	ㄱ, ㅋ	ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅌ	ㅇ, ㅎ	ㅅ, ㅆ, ㅈ	ㅁ, ㅂ, ㅍ
발음	아음(牙音)	설음(舌音)	후음(喉音)	치음(齒音)	순음(唇音)
오음(五音)	각(角)	치(徵)	궁(宮)	상(商)	우(羽)

2.2 언어학/음성학적 설음의 의미

언어학적 이론에 의하면 설음은 “ㄴ”에 해당하며 혀끝이 윗 잇몸에 닿아 소리나는 자음을 의미한다. 즉, 설음은 혀가 윗입천장에 닿는 모양을 본떠 만든 글자로 혀소리라고 하며 음운학에서는 성모(聲母, 두자음)를 분류한 오음(五音) 중의 하나를 의미한다. 또한, 훈민정음에서 발음 기관의 모양을 상형(象形)하여 만든 초성체계에서 “ㄷ(全清), ㅌ(次清), ㅌ(全濁), ㄴ(不清不濁)”의 4 자모가 설음에 해당한다고 되어 있으며 대표음은 “ㄴ”에 해당한다<sup>10)</sup>. 이러한 설음인 “ㄴ”은 소리의 강도가 세어짐에 따라 획을 더해 가서 가획자를 생성하는데 이를 통해 만들어진 가획자가 “ㄷ, ㅌ”이며 혀가 이에 닿으며 만들어지는 이체자가 반설음에 해당하는 “ㄷ”이다. 따라서 설음이라 하면 “ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅌ”을 의미한다<sup>11),12)</sup>. 또한 소리의 성질에 따라 혀소리인 설음은 발음위치가 설단음(舌端音)에 해당하며 예사소리인 “ㄷ”과 거센소리인 “ㅌ”, 된소리인 “ㄷ” 그리고 울림소리인 “ㄴ”으로 분류할 수 있다. 이와 같이 설음은 혀의 모양에 따라 구분할 수 있으며 발음 위치와 강도에 따라 생성할 수 있다.

표 2. 음성학적 기본5음의 의미

기본 5음	상형원리	명칭	가획자	이체자
“ㄱ”	혀뿌리가 목구멍을 막는 모양	아음	ㅋ	ㅇ
“ㄴ”	혀끝이 윗 잇몸에 닿는 모양	설음	ㄷ, ㅌ	ㄷ(반설음)
“ㅁ”	입의 생긴 모양	순음	ㅂ, ㅍ	
“ㅅ”	이의 생긴 모양	치음	ㅆ, ㅈ	ㅆ(반치음)
“ㅇ”	구멍의 동글게 생긴 모양	후음	ㅎ, ㅎ	

또한, 언어학적 이론에 의한 혀소리의 특징 분석은 일반적으로 에너지의 정점을 나타내는 포먼트에 의해 행해지고 있다. 즉, 단모음의 특징적 요소는 처음 두 개의 포먼트 주파수로 확인되는데 제1포먼트(F1)는 입의 개방 정도에 의하여 결정되며 고모음이면 제1포먼트 주파수가 낮게 되고 저모음이면 제1 포먼트의 주파수는 높게 된다. 또한 제2포먼트(F2)는 혀의 앞·뒤 위치에 따라 결정된다. 전설모음이면 제2포먼트 주파수가 높게 되고 후설모음이면 제2포먼트 주파수가 낮게 된다. 입술의 원순 정동에 따라서도 제2포먼트 주파수가 달라진다. 즉, 입술의 원순이 되면 성도의 길이가 길어져 제2포먼트 주파수가 낮게 되고 평균일수록 성도의 길이가 짧아져 제2포먼트 주파수가 높게 된다<sup>13),14)</sup>.

III. 연구 과정 및 방법

3.1 임상자료 수집 및 분류

본 논문에서는 연구에 필요한 실험 대상자들을 정상인과 심장 질환자로 분류하여 동일한 조건과 형태로 음성을 녹음하여 비교, 분석을 행하였다. 동일 실험에 대한 환경은 잡음이 없는 공간에서 실험 대상자의 입과 마이크를 10cm로 유지한 후 설음에 해당하는 “ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅌ” 발음이 많이 포함된 “우리나라를 사랑합니다.”를 3초 이내에 평상시 음성으로 3회 이상 반복·녹음하여 분석하였다. 결국 실험은 위의 사실에 입각하여 정상인들과 심장 질환을 앓고 있는 환자들의 “우리나라를 사랑합니다.”라는 음성을 비교, 분석하였으며 한의학에서의 청진 이론을 기반으로 수행하였다.

실험에 사용할 임상 자료는 카톨릭대학교 대전성모병원 임상연구지원센터와의 IRB(Institutional Review Board) 수행에 대한 승인 절차를 거쳐 수집하였으며 순환기 내과 전문의의 검토 과정을 통해 연구에 필요한 피실험자 집단을 남·녀 각각 30명씩 총 60명을 선정하였으며 평균 연령은 남성이 55.13세이며 여성이 53.60세이다. 또한 정상인들은 심장 질환자 집단과 비슷한 연령으로 구성하였으며 이들의 평균 연령은 남성이 54.57세이며 여성이 53.80세이다. 연구 결과의 정확성을 향상시키기 위해 다양한 연령대를 기반으로 실험이 진행되어야 하나 심장 질환에 대한 특이성으로 인해 20-40대 정도의 연령층의 확보가 어렵기 때문에 임상자료 수집 기관을 통해 입원 및 내원환자를 대상으로 수집하였으며 질병 특성상 90% 이상이 50대 이상으로 구성되어 부득이하게

제한적인 연령층으로 실험을 진행하였다. 따라서 지표 데이터의 연령층을 40대 후반 이상으로 구성하였으며 실험의 정확성을 위해 정상인 집단도 동일한 연령층으로 구성하여 실험을 수행하였다. 또한, 실험의 정확성을 위해 대상자들에게 실험의 목적을 간단히 설명함으로써 화자 내에서는 동일한 목소리로 발음하도록 하였으며 총 실험대상은 정상인과 심장 질환자로 분류하여 실험을 수행하였다. 아래 그림 1은 본 논문에서 수행한 카톨릭대학교 대전성모병원과의 IRB 진행 절차를 나타낸 것이며 표 3에서 표 6은 피실험자 집단군에 대한 임상 소견을 나타내었다.

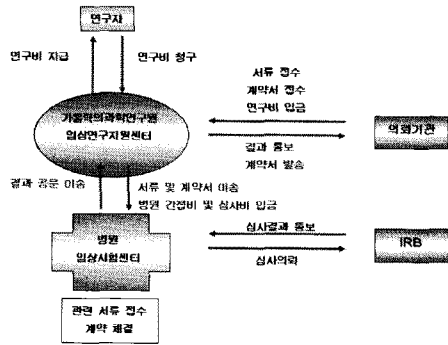


그림 1. IRB 업무 진행 절차도

표 4. 정상인 남성 집단 구성표

순번	성별	나이	심장 질환	병력 사항
NM-01	남성	65	없음	
NM-02		59	없음	비염
NM-03		56	없음	간염
NM-04		60	없음	
NM-05		58	없음	당뇨
NM-06		42	없음	
NM-07		65	없음	
NM-08		53	없음	
NM-09		46	없음	중이염
NM-10		61	없음	
NM-11		64	없음	당뇨
NM-12		49	없음	
NM-13		55	없음	
NM-14		59	없음	
NM-15		47	없음	편도염
NM-16		52	없음	천식
NM-17		41	없음	
NM-18		63	없음	고혈압
NM-19		52	없음	
NM-20		57	없음	신우염
NM-21		55	없음	
NM-22		48	없음	
NM-23		48	없음	
NM-24		51	없음	
NM-25		63	없음	
NM-26		64	없음	
NM-27		45	없음	
NM-28		49	없음	지방간
NM-29		57	없음	당뇨
NM-30		53	없음	
피실험자수	30명	평균연령	54.57세	

표 3. 심장질환자 남성 집단 구성표

순번	성별	나이	병명	비고
HM-01	남성	50	심근경색	시술 1회
HM-02		63	협심증	약물 치료
HM-03		65	심근경색	약물 치료
HM-04		56	판막증	약물 치료
HM-05		61	협심증	시술 2회
HM-06		51	부정맥	약물 치료
HM-07		57	심근경색	시술 1회
HM-08		58	협심증	시술 1회
HM-09		66	심부전	약물 치료
HM-10		64	심근경색	약물 치료
HM-11		46	급성심근경색	약물 치료
HM-12		50	협심증	약물 치료
HM-13		60	심근경색	시술 2회
HM-14		56	협심증	시술 1회
HM-15		48	판막증	약물 치료
HM-16		56	심근경색	시술 1회
HM-17		44	부정맥	약물 치료
HM-18		50	협심증	약물 치료
HM-19		61	심근경색	시술 2회
HM-20		55	심근경색	시술 1회
HM-21		58	심부전	약물 치료
HM-22		60	협심증	약물 치료
HM-23		50	심근경색	약물 치료
HM-24		51	심근경색	시술 1회
HM-25		59	판막증	약물 치료
HM-26		48	협심증	약물 치료
HM-27		57	심근경색	시술 1회
HM-28		64	부정맥	약물 치료
HM-29		42	판막증	약물 치료
HM-30		48	협심증	시술 1회
피실험자수	30명	평균연령	55.13세	

표 5. 심장질환자 여성 집단 구성표

순번	성별	나이	병명	비고
HF-01	여성	60	심근경색	시술 1회
HF-02		64	판막증	약물 치료
HF-03		50	협심증	시술 2회
HF-04		53	부정맥	약물 치료
HF-05		59	협심증	시술 1회
HF-06		42	심근경색	약물 치료
HF-07		46	판막증	약물 치료
HF-08		55	협심증	시술 1회
HF-09		45	심근경색	시술 2회
HF-10		43	심근경색	시술 1회
HF-11		64	심부전	약물 치료
HF-12		49	협심증	시술 2회
HF-13		52	협심증	시술 2회
HF-14		57	심근경색	약물 치료
HF-15		47	협심증	시술 1회
HF-16		59	부정맥	약물 치료
HF-17		51	심근경색	시술 1회
HF-18		62	심부전	약물 치료
HF-19		44	협심증	약물 치료
HF-20		49	심근경색	시술 2회
HF-21		58	협심증	시술 2회
HF-22		41	협심증	약물 치료
HF-23		59	판막증	약물 치료
HF-24		62	심근경색	약물 치료
HF-25		64	협심증	약물 치료
HF-26		57	심근경색	약물 치료
HF-27		62	심부전	약물 치료
HF-28		46	협심증	시술 1회
HF-29		53	부정맥	약물 치료
HF-30		55	심근경색	시술 2회
피실험자수	30명	평균연령	53.60세	

표 6. 정상인 여성 집단 구성표

순번	성별	나이	심장 질환	병력 사항
NF-01	여성	65	없음	신우염
NF-02		61	없음	동맥경화
NF-03		48	없음	
NF-04		52	없음	폐렴
NF-05		55	없음	
NF-06		63	없음	천식
NF-07		42	없음	
NF-08		47	없음	
NF-09		59	없음	
NF-10		59	없음	
NF-11		52	없음	
NF-12		64	없음	당뇨
NF-13		49	없음	
NF-14		66	없음	
NF-15		62	없음	신우염
NF-16		58	없음	당뇨
NF-17		47	없음	
NF-18		42	없음	
NF-19		51	없음	
NF-20		55	없음	천식
NF-21		57	없음	
NF-22		52	없음	
NF-23		61	없음	천식
NF-24		63	없음	폐렴
NF-25		42	없음	
NF-26		52	없음	
NF-27		48	없음	간염
NF-28		51	없음	
NF-29		43	없음	
NF-30		48	없음	위염
피실험자수	30명	평균연령	53.80세	

3.2 연구 과정

본 논문에서는 한의학적 청진 이론에 대한 공학적 입증 및 이를 통한 객관적 진단 지표를 마련하기 위한 연구와 기술 개발이 미비한 실정에서 음성 신호를 분석하여 심장 질환과의 상관성 분석을 통해 심장 질환에 대한 조기 진단이 가능한 객관적 지표를 추출하기 위한 연구를 수행하였다. 따라서 본 연구의 수행은 한의학적 청진 이론과 언어학적 이론, 음성학적 분석 요소를 각각 분석하여 심장 질환과 관련된 음성 분석 결과값을 도출하였으며 분석 결과의 정확성을 위해 피실험자의 선정을 심장 내과 전문기관에 의뢰하였다.

첫째로, 본 논문의 연구는 한의학적 청진 이론을 기반으로 연구 배경 및 진행 과정을 선정하였으며 이에 대한 기초 자료 수집 및 분석 결과를 한의학 전문가들에 의해 검증받았다. 둘째로, 검증 결과를 토대로 실험을 수행하기 위해 임상 자료에 대한 수집 과정을 진행하였으며 이를 위해 카톨릭대학교 대전성모병원 임상연구지원센터와의 IRB 수행에 대한 승인 절차를 수행하였다. 또한, 임상 자료 수집 과정에서 중요한 부분이 동일한 환경과 조건으로

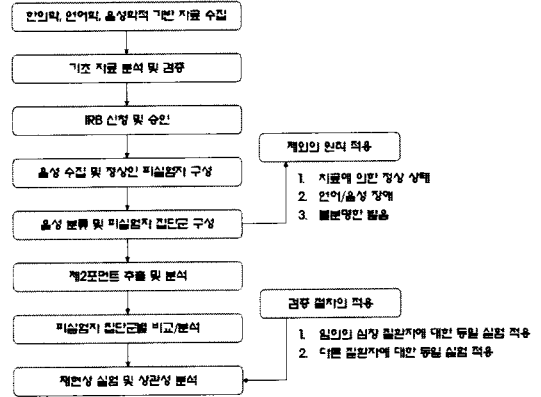


그림 2. 연구 절차 진행도

음성을 녹음하는 것이기 때문에 카톨릭대학교 대전성모병원 순환기내과에서 일괄적으로 동일 장비를 통해 외부와의 잡음을 배제한 상황에서 음성 자료를 수집하였다. 셋째로, 수집된 임상 자료에서 전문의의 소견을 토대로 수술과 약물치료 등의 방법에 의해 심장 질환자가 정상인과 동일하다고 판명된 자료, 언어 및 음성 장애가 있다고 판명된 자료 및 고령, 시력감퇴 등의 이유로 인해 발음이 불분명한 자료 등을 제외하고 나머지 임상 자료를 기반으로 남성 30명, 여성 30명 등 심장 질환자 집단을 총 60명으로 분류·구성하였으며 비교 대상으로 심장 질환과 무관한 동일 성별, 연령대로 정상인 집단을 심장 질환 피실험자 집단과 동일하게 남성 30명, 여성 30명으로 각각 구성하였다. 넷째로, 구성된 피실험자 집단의 음성에서 심장과 연관성이 있는 제2포먼트에 대한 주파수 대역폭을 추출·분석하고 한의학적, 언어학적 및 음성학적 이론과의 연관성을 도출하여 음성을 통해 심장 질환에 대한 조기 진단이 가능한 분석 결과를 추출하였다. 마지막으로, 심장 질환자에 대한 임의의 선정 및 실험을 통한 1차 검증 과정을 수행하였으며 다른 인체 장기에 대한 질환자를 임상 자료로 수집하여 동일한 연구 과정을 수행하여 2차 검증을 하였다. 이와 같은 재현성 실험을 통해 제2포먼트의 정성적, 정량적 분석 결과에 따른 심장 질환과의 상관성 분석 결과를 최종적으로 규명하였다.

3.3 포먼트 분석 방법

인체 내부에는 소리가 진동할 수 있는 관처럼 생긴 모양의 성도(Vocal track)가 있어 공기가 이 부분을 지날 때 소리가 생성되며 말단(성대, 혀, 이빨, 입술) 등에 의해서 최종음이 발생한다. 이와 같은

성도의 공명을 포먼트(Formant)라 하며 이곳에서 생성되는 파형을 포먼트 주파수라 한다. 즉, 성도의 공명 특성을 분석하기 위해서 주파수를 띠 영역으로 세밀하게 구분하여 그 속의 에너지의 시간 변화를 나타낸 것을 스펙트로그램(성문, 聲紋)이라 하며 스펙트로그램에서 검게 표현된 곳에 에너지가 큰 것이며 성도에서 공명한 주파수에 해당한다<sup>15)</sup>. 또한, 포먼트는 음형대라는 말로도 사용되는데 이는 특정 주파수대에서 에너지가 응집되어 나타나는 것으로 주로 광역 스펙트로그램에서 살펴본다. 즉, 모음은 각각 고유의 포먼트 분포를 가지고 있으며 이 분포를 가지고 해당 모음을 눈으로 추측할 수 있다. 모음에서 제1포먼트의 경우 혀의 높낮이와 관계가 있고 제2포먼트는 혀의 앞뒤 위치와 관련이 있다. 즉, F1 값이 높을수록 저모음을 나타내며 F2 값이 높을수록 전설모음을 나타낸다.

이와 같이 음성 분석에 대한 파라미터 중에 에너지가 집중적으로 나타나는 영역에 대한 분석을 수행할 때 포먼트 분석 요소를 사용한다. 포먼트 주파수는 음성 신호의 LPC를 이용해서 추출할 수 있다. LPC는 현재의 출력음성 신호를 과거의 입력 신호와 과거의 출력 신호와의 선형적 결합에 의해 예측할 수 있다. 이것은 음성발생모델과 연관이 있어서 음성에 관한 특징을 적은 수의 파라미터만으로 표현할 수 있고 정확도와 계산속도면에서도 좋은 성능을 보이고 있다<sup>16)</sup>. 즉, 음성의 일정구간을 N개의 표본으로 나누면 음성 신호  $s(1), \dots, s(N)$ 에서 한 시점의 음성 신호  $s(n)$ 을 그 이전  $M(M < N)$ 개의 신호  $s(n-1), \dots, s(n-M)$ 에 의해 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$s(n) = \sum_{i=1}^M a_i s(n-i) + e(n) \quad M+1 \leq n \leq N \quad (1)$$

$$e(n) = \sum_{i=0}^M a_i s(n-i) = s(n) + \sum_{i=1}^M a_i s(n-i) \quad (2)$$

위의 수식 (1)과 (2)에서  $s(n)$ 은 음성 신호이며  $a_i$ 는 예측계수이고  $M$ 은 예측차수이고  $e(n)$ 은 예측오차를 의미한다. 본 논문에서는 LPC 값을 이용해서 포먼트 주파수 값을 구하는 방법으로 역필터  $A(z)$ 의 근을 계산하여 포먼트 주파수와 대역폭의 모든 후보를 추출할 수 있으며 어떤 복소근  $z$ 에 대한 대역폭  $\hat{B}$ 와 주파수  $\hat{F}$ 는  $s$ -평면에서  $z$ -평면으로의 변환에 의해 얻어진다.

$$z = e^{sT} \quad (3)$$

$s = -\pi \hat{B} \pm j2\pi \hat{F}$ 이고  $z = R_c(z) \pm jI_m(z)$ 는 복소근의 실수부와 허수부로 정의된다. 그러면 포먼트는 수식 (4)와 같이 구할 수 있으며 대역폭은 수식 (5)와 같이 구할 수 있다.

$$\hat{F} = \left(\frac{f_s}{2\pi}\right) \tan^{-1} \left[ \frac{I_m(z)}{R_c(z)} \right] \quad (4)$$

$$\hat{B} = -\left(\frac{f_s}{\pi}\right) \ln|z| \quad (5)$$

#### IV. 시뮬레이션 결과 분석

##### 4.1 주파수 대역폭의 통계적 신뢰성 분석

심장과 음성과의 상관성을 분석하기 위한 1차 실험으로 음성에 대한 포먼트 파형의 수치학적 분석을 행하였다. 이를 위해 피실험자 집단군의 음성 분석에서 추출한 제2포먼트 파형에서 주파수 평균값 및 주파수 대역폭을 추출하여 비교 분석하였다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 설음과 연관된 제2포먼트의 주파수 대역폭에서 남성 심장 질환자 집단의 경우 808.0664Hz의 평균값을 나타낸 반면 남성 정상인 집단의 경우는 427.3398Hz의 평균값을 나타냈다.

또한 여성 심장 질환자 집단의 경우 812.9534Hz의 평균값을 나타낸 반면 여성 정상인 집단의 경우는 426.4485Hz의 평균값을 나타냈다. 즉 정상인 집단보다 심장 질환자 집단에서 제2포먼트 주파수 대역폭이 비교적 넓게 형성되어 있음을 알 수 있다.

이와 같은 제2포먼트 주파수에 대한 대역폭 추출 시뮬레이션 결과를 기반으로 통계적 유의성 분석에 관한 측정을 수행하였다. 아래 표 7과 표 8은 F-검정을 이용하여 분산에 대한 남성 및 여성 집단의 P 단측 검정을 분석한 결과를 나타낸 것이다. 남성 피실험자 집단의 경우 P 단측 검정 결과값이 0.02771로 0.05보다 작게 측정되어 이분산 가정에 의한 유의성 분석을 수행하였으며 여성 피실험자 집단의 경우는 P 단측 검정 결과값이 0.26738로 0.05보다 크게 측정되어 등분산 가정에 의한 유의성 분석을 수행하였다.

이를 기반으로 최종 통계적 유의성 분석을 수행한 결과를 아래 표 9에 나타냈다. 통계적 분석 결과에서 알 수 있듯이 심장 질환자 집단과 정상인 집단간의 유의확률인 P 양측 검정 결과가 0.05보다 작게 측정됨으로써 실험 결과가 통계적으로 유의한 분석 결과임을 도출할 수 있다.

표 7. F-검정 : 분산에 대한 남성 집단 분석 결과

	심장 질환자 집단	정상인 집단
평균	808.0664067	427.3398333
분산	21471.11902	10396.83771
관측수	30	30
자유도	29	29
F 비	2.06515862	
<b>P(F&lt;=f) 단측 검정</b>	<b>0.027714639</b>	
F 기각치 : 단측 검정	1.860811434	

표 8. F-검정 : 분산에 대한 여성 집단 분석 결과

	심장 질환자 집단	정상인 집단
평균	812.9534333	426.45849
분산	12534.83828	9931.546717
관측수	30	30
자유도	29	29
F 비	1.262123477	
<b>P(F&lt;=f) 단측 검정</b>	<b>0.267382516</b>	
F 기각치 : 단측 검정	1.860811434	

표 9. t-검정에 의한 피실험자 집단간 유의성 분석

	남성 피실험자 집단	여성 피실험자 집단
t 통계량	11.68144875	14.12335401
P(T<=t) 단측 검정	0.000000000	0.000000000
t 기각치 단측 검정	1.674689154	1.671552763
<b>P(T&lt;=t) 양측 검정</b>	<b>0.000000000</b>	<b>0.000000000</b>
t 기각치 양측 검정	2.006646761	2.001717468

4.2 곡선적합을 통한 포먼트 주파수의 모델링

심장과 음성과의 상관성을 분석하기 위한 2차 실험으로 설음에 대한 제2포먼트 신호 파형의 곡선적합을 통한 모델링 분석 실험을 수행하였다. 실험은 설음(舌音)에 해당하는 문장인 “우리나라를 사랑합니다.”를 음성으로 수집한 자료에서 포먼트 파형을 추출하였으며 입력 음성 자료 중 설음에 해당하는 “나라를” 부분에 대한 곡선적합 방법을 적용하였다. 우선 그림 3과 그림 4는 심장 질환을 앓고 있는 피실험자 집단의 포먼트 파형을 추출한 결과를 나타낸 것이며 그림 5와 그림 6은 정상인 피실험자 집단의 포먼트 파형을 추출한 결과를 나타낸 것이다.

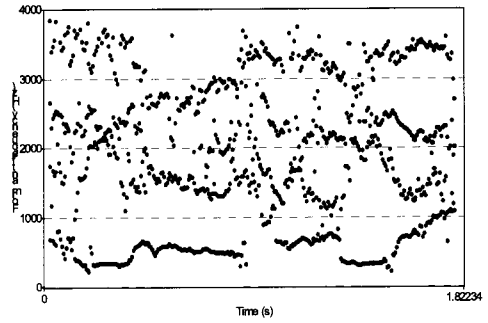


그림 3. HM-08의 포먼트 분석 파형

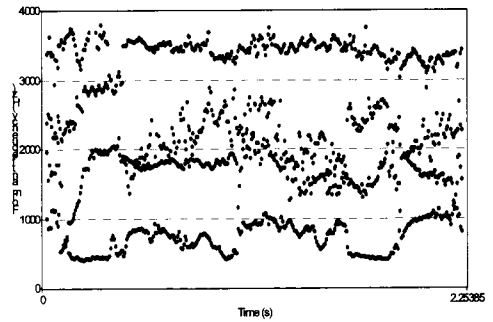


그림 4. HF-24의 포먼트 분석 파형

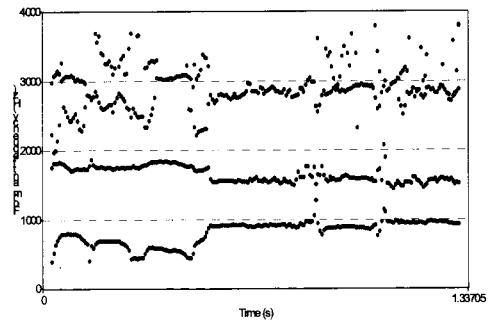


그림 5. NM-22의 포먼트 분석 파형

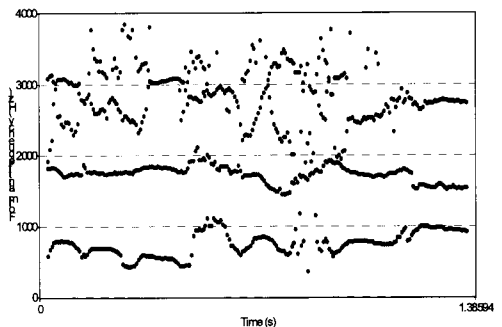


그림 6. NF-18의 포먼트 분석 파형

실험 결과에서 알 수 있듯이 전체 입력 음성에 대한 제2포먼트 주파수 파형에서 설음에 해당하는 “나라를” 부분의 결과 파형을 형태학적으로 분석했을 때 심장 질환자 집단의 경우 매우 불규칙하며 흩어진 파형을 보였으며 반면 정상인 집단의 경우 일정하게 모여진 파형을 나타내고 있다. 이와 같은 정성적 분석 결과에 대한 논리적 타당성을 제시하기 위해 곡선적합 방법을 적용하였다. 즉, 설음 부분의 제2포먼트 주파수는 시간 t에 대해 주파수 함수 F(t)로 아래와 같은 선형 함수로 모델링이 가능하다.

$$F(t) = a + bt \tag{6}$$

또한 a, b의 값을 구하기 위해 m개의 점  $P_1(t_1, y_1), \dots, P_m(t_m, y_m)$ 이 주어지면 자승오차는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$E(F(t)) = \sum_{k=1}^m [a + bt_k - y_k]^2 \tag{7}$$

이를 최소화하는 a, b를 구하기 위해 E(F(t))를 a, b에 대한 편미분  $\frac{\partial E(F(t))}{\partial a}$  과  $\frac{\partial E(F(t))}{\partial b}$  는 아래와 같다.

$$\frac{\partial E(F(t))}{\partial a} = 2[ma + b(\sum_{k=1}^m t_k) - \sum_{k=1}^m y_k] \tag{8}$$

$$\frac{\partial E(F(t))}{\partial b} = 2[a(\sum_{k=1}^m t_k) + b(\sum_{k=1}^m t_k^2) - \sum_{k=1}^m t_k y_k] \tag{9}$$

이제  $\frac{\partial E(F(t))}{\partial a} = 0, \frac{\partial E(F(t))}{\partial b} = 0$  을 구하면 다음과 같은 2x2 선형연립방정식이 되며 최종적으로 a, b는 수식 (11)과 같이 구해지며  $\sum$ 의 k값의 범위는 1 ~ m 까지이다.

$$ma + (\sum t_k)b = \sum y_k \tag{10}$$

$$(\sum t_k)a + (\sum t_k^2)b = \sum t_k y_k$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \frac{1}{m \sum t_k^2 - (\sum t_k)^2} \begin{bmatrix} -\sum t_k^2 & -\sum t_k \\ -\sum t_k & m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum y_k \\ \sum t_k y_k \end{bmatrix} \tag{11}$$

## V. 결 론

초고령화 사회를 맞아 인간의 수명은 늘어나는데 비해 이와 동반된 건강관리 및 유지에 대한 사회적 혜택은 늘어나지 않고 있는 것이 현 실정이다. 특히 우리나라의 경우 OECD 국가 중 사회적 의료 보장 혜택이 가장 낮은 국가로 파악되고 있을 정도로 건강한 삶의 증진에 대한 구체적인 방안 모색 및 논의가 진행되어야 할 시기이다. 또한 향후는 질병 치료보다는 예방과 보전이 중요시 되는 시대적 상황에서 한의학적 기술을 IT로 구현하여 네트워크 기반 의료 서비스 구축은 매우 중요하다. 이를 위해 본 논문에서는 한의학적 진단 방법을 IT로 구현하기 위한 연구 중 한의학적 청진과 공학적 이론을 기반으로 심장 질환의 조기 진단에 대해 연구를 수행하였다. 이를 위해 카톨릭대학교 대전성모병원 순환기 내과의의 IRB 승인을 통한 공동 연계 연구를 진행하였으며 임상 실험에 대한 검토를 통해 실험 결과의 신뢰성을 확보할 수 있었다.

따라서 본 논문에서는 한의학적 진단 이론에 근거하여 심장 질환자의 음성 중에서 설음에 해당하는 “ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅌ” 발음이 불분명할 것이라는 예측을 전제조건으로 연구를 진행하였다. 이를 위해 연구에 필요한 실험 대상자들을 카톨릭대학교 대전성모병원 순환기 내과 전문의의 소견을 통해 정상인 집단과 심장 질환자 집단으로 분류하여 동일한 조건과 형태로 음성을 녹음하여 비교, 분석을 행하였다. 동일 실험에 대한 환경은 잡음이 없는 공간에서 실험 대상자의 입과 마이크를 10cm로 유지한 후 설음에 해당하는 “ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅌ” 발음이 많이 포함된 “우리나라를 사랑합니다.”를 2초 이내에 평상시 음성으로 3회 이상 녹음하여 수집하였다. 또한 수집된 음성의 입력 자료를 토대로 설음과 관련된 제2포먼트 주파수 분석에 의한 결과를 추출하고 이에 대한 통계적 유의성 분석 및 곡선적합의 적용을 통한 모델링 분석을 수행하였다. 이와 같은 연구 과정을 통해 도출된 결과값을 이용하여 음성 분석에 의한 심장 질환의 조기 진단에 필요한 방법을 제안할 수 있었다. 즉, 이러한 연구를 통해 심장 질환자와 정상인의 음성 신호를 비교, 분석한 결과에서 형태학적인 차이점을 추출할 수 있었으며 또한 수치학적으로 두 집단간의 차이점을 추출하였으며 이를 통해 한의학적 이론에 기초하여 분석한 결과가 정확히 일치함을 확인할 수 있었다.

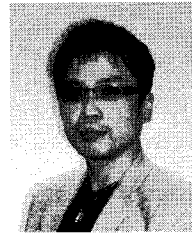


참 고 문 헌

- [1] 최형주, 황제내경소문(한의학의 성서), 자유문고, 2004.
- [2] 조현영, 통속 한의학 원론, 학원사, 2001.
- [3] 이세환 외2, “한방 찰색 구현을 위한 디지털 색체계의 피부색 분석에의 적용”, 한국통신학회논문지 Vol.33 No.2 pp.184-191, 2008.
- [4] 신동원 외, 한권으로 읽는 동의보감, 도서출판 들녘, 1999.
- [5] 김봉현 외1, “한방 기반의 감각형 u-헬스 홈 서비스 환경의 구축”, 한국정보처리학회지 제15권 제1호 pp.62-70, 2008.
- [6] 조동욱, 고품질화형 재택 기반 오감형 한방 진단 기기 개발, 한국과학기술정보연구원, 2006.
- [7] 조성만, 알기쉽게 풀어 쓴 황제내경, 청흥, 2002.
- [8] <http://blog.naver.com/gugun9.do/>
- [9] 이케다 마사카즈, 황제내경의 난경, 청흥, 2002
- [10] 전정래, 훈민정음과 문자론, 역락, 2002.
- [11] 박덕유, 문법교육의 이론과 실제, 역락, 2005.
- [12] 이기문, 국어 음운사 연구, 국어학회, 1997.
- [13] 조성문, “현대 국어의 모음 체계에 대한 음향음성학적인 연구”, 한국언어문화학회 제24집 pp.427-441, 2003.
- [14] 양병곤, 프라트를 이용한 음성분석의 이론과 실제, 만수출판사, 2003.
- [15] Lutz Welling and Hermann Ney, “Formant Estimation for Speech Recognition”, *IEEE Trans. on Speech and Audio Processing*, Vol.06, pp.1063-1076, 1998.
- [16] H. Wakita, “Direct Estimation of the vocal Track shape by Inverse Filtering of Acoustic Speech waveforms”, *IEEE Trans. A&E*, Vol.50, No.02, pp. 637-655, 1971.

김 봉 현 (Bong-hyun Kim)

정회원



2000년 2월 한밭대학교 전자계산학과 졸업  
 2002년 2월 한밭대학교 전자계산학과 공학석사  
 2009년 3월 한밭대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
 2002년 3월~현재 한밭대학교

외래강사

2005년 9월~현재 충북도립대학교 외래강사  
 <관심분야> 생체신호분석, 음성처리, 전자상거래

조 동 욱 (Dong-uk Cho)

정회원



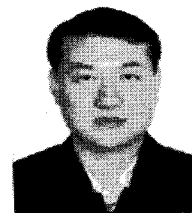
1983년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업  
 1985년 8월 한양대학교 전자공학과 공학석사  
 1989년 2월 한양대학교 전자통신공학과 공학박사  
 1991년~2000년 서원대학교 정보통신공학과 교수

보통신공학과 교수

1999년 Oregon State University 교환교수  
 2000년~현재 충북도립대학교 정보통신공학과 교수  
 2007년 기술혁신대전 대통령 표창 수상  
 2008년 한국정보처리학회 학술대상 수상  
 <관심분야> BIT융합기술, 영상 및 음성처리

허 성 호 (Sung-Ho Her)

정회원



1995년 2월 경북대학교 의과대학 졸업  
 2005년 2월 경북대학교 의과대학 의학석사  
 2007년 8월 경북대학교 의과대학 의학박사  
 2005년 5월~현재 카톨릭대학교 대전성모병원 순환기내과 전문의

대전성모병원 순환기내과 전문의

2008년 4월~현재 카톨릭대학교 순환기내과 조교수  
 <관심분야> 협심증, 심부전, 부정맥 및 기타 심질환