

# 포먼트 주파수 대역폭 추출 및 분석을 이용한 신장 질환 진단 방법의 설계

정회원 김 봉 현\*, 조 동 옥\*\*<sup>o</sup>

## A Design of Kidney Diseases Diagnosis Method Using Formant Frequency Bandwidth Extraction and Analysis

Bong-hyun Kim\*, Dong-uk Cho\*\*<sup>o</sup> *Regular Members*

### 요 약

비만으로 인해 대사증후군을 많이 앓고 있는 상황에서 후유증으로 신장 질환이 커다란 사회문제가 되고 있는 실정이다. 따라서 자각증상이 없는 신장의 이상 유무를 조기에 판단하여 적절한 조치를 취하는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 본 논문에서는 음성 분석을 통해 신장 질환을 무자각, 무구속, 무통증의 방법으로 진단할 수 있는 방법을 제안하였다. 구성하고자 하는 전체 시스템은 크게 음성 분석과 얼굴색을 살피는 방법을 결합시키는 시스템이 개발되고 있으며 이 중 본 논문은 입술소리를 기반으로 신장 질환을 진단하는 방법에 설계하였다. 이를 위해 본 논문에서는 첫째, 신장 질환을 앓고 있는 환자와 정상인을 대상으로 피실험자 집단을 각각 구성하고 입술소리의 수치학적 분석을 실험으로 출력하고 그 결과값에 대한 비교·분석을 수행하였으며 둘째, 한의학적 청진 이론과 언어학, 음성학과의 상관성을 분석하고 이를 기반으로 음성에 대한 신장의 특징 요소를 추출하여 제1포먼트 주파수와 의 연관성을 도출하였다. 실험 결과 신장 질환자 집단이 정상인 집단보다 제1포먼트 주파수 대역폭이 넓게 형성되는 결과를 추출하였으며 최종적으로 입술소리만으로 신장 질환을 진단할 때의 오진 확률에 대해 계산하였다.

**Key Words** : Kidney Diseases Diagnosis, Auscultation, Formant, Frequency Bandwidth Analysis, Oriental Medicine

### ABSTRACT

The kidney diseases is a big social problem what is suffering sequela of metabolic syndrome due to obesity. Therefore, it is most important that early to take the appropriate action; it does not have symptoms Abnormalities of the kidney. With this, in mind, this paper wish to propose the method to can diagnosis by non self-consciousness, non-imprisonment, analgesia of kidney disease through the voice analysis. To configure the entire system is developed to combines the voice analysis, watching the face color and this paper is designed the method to diagnosis kidney disease based on labial. In this paper, organized each kidney disease patients and healthy people group and we would like to analyze, compare with output in experiment morphology analysis and numerical value analysis of voice information. Secondly, auscultation theory of Oriental medicine and linguistic, phonetics analyze out interrelation to extraction peculiar elements of kidney about voice deduction deduced relation of the first formants frequency. Such result of experimentation, deduced widely to be formed the first formants frequency bandwidth value of kidney patients group than normal group. Finally, diagnosing an kidney diseases in only labial sound, calculated about misdiagnosis probability.

\* 한밭대학교 컴퓨터공학과 (bhkim@hanbat.ac.kr) \*\*충북도립대학교 정보통신학과 (ducho@cbpc.ac.kr <sup>o</sup>: 교신저자)  
논문번호 : KICS2009-02-065, 접수일자 : 2009년 2월 17일, 최종논문접수일자 : 2009년 7월 14일

## I. 서론

현대 산업사회와 고령화 사회의 도래로 다양한 질환이 발병하고 있으며 이로 인해 건강에 대한 관심이 증대되고 있는 실정이다. 특히 스트레스로 인한 생활 변화와 적응의 실패에서 오는 각종 질환에 대한 심각성이 점차 증가되고 있다. 또한 과다 영양 섭취와 운동 부족으로 말미암아 대사증후군을 앓고 있는 사람이 급격히 증가하고 있는 상황에서 그 합병증으로 당뇨 및 고혈압 등의 질환을 앓고 있는 환자수가 급격히 많아지고 있으며 이러한 질환으로 인한 합병증으로 생활 기능 수행상의 장애까지 발생하고 있다<sup>[1][2]</sup>. 특히, 최근 들어 세계적으로 신장 질환의 높은 유병율에 대해 우려와 관심이 점차 증가되고 있는 가운데 우리나라도 65세 이상 노인 2명 중 1명은 만성신장 질환을 앓고 있는 것으로 조사되고 있다<sup>[3]</sup>. 신장은 인체의 수분과 전해질을 정상적으로 유지해주고 이를 기반으로 혈압조절과 생리적 기능을 가능하게 해주는 것으로 신장의 기능이 나빠지면 몸속에 노폐물이 쌓이게 되고 신장병으로 발전되며 식욕부진, 피로감, 구토, 두통 및 여러 가지 신경 증상들이 나타나게 된다. 따라서 만성 신장염이나 다른 신장 질환으로 신장의 기능이 떨어지면 노폐물이 몸속에 쌓이게 되고 수분과 염분을 잘 배설하지 못해 몸이 쉽게 붓고 혈압이 올라가며 혈액의 전해질 균형이 파괴되어 여러 가지 신체적 이상이 발생한다. 그만큼 신장은 우리 몸에서 중요한 역할을 담당하고 있는 인체 기관이다. 따라서 신장 질환에 대한 조기 진단과 올바른 치료로 신장 질환이 진행 되는 것을 초기에 막아야 한다. 신장 질환이 생기더라도 신장 기능이 30% 이상이면 정상적인 삶을 유지할 수 있다. 하지만 신장 기능은 시간이 경과할수록 조금씩 저하되며 이는 특히 원래 신장병이 있는 환자들에게 더욱 빠르게 진행될 수 있다. 정상인도 40세 이후부터는 매년 평균 1%의 신장 기능을 잃어간다<sup>[4]</sup>. 신장은 70% 이상 기능이 파괴될 때까지 자각증상을 느끼지 못한다. 따라서 자각증세를 느껴 병원에 갔을 시 이미 신장 기능의 대부분을 상실한 상태이므로 혈액 투석 외에는 방법이 없는 상태가 된다. 따라서 자각증세가 없는 신장 질환을 간단한 방법으로 질병 유무를 알게 하기 위한 방법과 시스템 개발이 대단히 중요한 사회적 요구사항이 되고 있다. 이를 위해 본 논문에서는 신장의 이상 유무에 따른 음성의 변화를 측정하여 신장과 음성과의 관계를 정립하였다. 따라서

신장 질환을 앓고 있는 환자들을 대상으로 신장 질환자 집단군을 구성하고 이와 동일한 성별과 연령대의 정상인들을 대상으로 정상인 집단군을 구성하였다. 또한 이들 집단군을 대상으로 동일한 발음을 반복·녹취하여 신장 질환이 음성에 미치는 영향을 파악하고 이와 같은 출력 변수를 통해 신장 질환에 대한 조기 진단이 가능한 방법론을 제시하였다.

이러한 연구 과정을 통한 결과값을 추출하기 위해 본 논문에서는 1차적으로 한의학적 청진(聽診) 이론을 기반으로 신장과 음성과의 상관성을 분석하여 공통인자를 도출하였으며 2차적으로는 언어학적 이론을 기반으로 청진 이론에서 제시한 오음(五音)에 부합되는 언어 요소를 추출하였다. 이와 같은 한의학적, 음성학적 기반 이론에 대한 내용은 본 연구팀에서 참여하고 있는 차세대 신기술 개발 사업의 전문의들로 구성된 자문단의 검증을 통해 연구 과정 및 방법을 선정하였으며 이를 통해 최종적으로 신장과 음성과의 상관관계를 정립하였다.

## II. 신장의 구조와 한의학적 분석

### 2.1 신장의 구조와 기능

신장은 호흡계 및 피부계와 함께 인체 최고의 배설 기관으로서 오줌을 생산하는 100만개 이상의 신원 네프론(nephron)을 포함하고 있다. 신장의 무게는 체중의 약 0.4%에 불과한 콩 모양의 작은 기관으로 심장에서 방출된 혈액의 25% 정도가 흐르며 각종 노폐물을 제거하는 동시에 신체의 수분 및 전해질 함량과 삼투질 농도를 조절하여 산-염기평형에 기여하는 등의 신체 항상성 유지에 중요한 역할을 담당하고 있는 기관이다. 신장은 수분과 염분의 조절뿐만 아니라, 몸속에 있는 노폐물과 산의 제거, 또한 모든 전해질(칼슘, 칼륨, 인, 마그네슘 등)의 농도를 유지해 주는 역할을 한다. 그러므로 신장에 이상이 생기면 몸에 수분과 염분이 축적되어 혈압이 올라가고 몸이 부으며 칼륨이 올라가 심장의 기동에 이상이 오고 칼슘과 인의 조절이 어려워 뼈와 근육, 관절에 문제가 생기게 되며 몸이 산성이 되고 빈혈과 피곤증이 생기게 된다<sup>[5][6]</sup>.

신장은 실질성의 기관이고 후복강에 제11흉추에서 제3요추에 걸쳐서 척추의 양측에 좌우 한 쌍으로 이루어져 있다. 이러한 신장의 구조는 좌·우에 3층의 지지 조직으로 쌓여 있는데 이 조직의 가장 외층은 신장을 후복벽 등에 부착시키는 치밀결합 조직막인 신근막으로 되어 있고 중간층은 주위 기관과의 마찰이나 충격을 완화시켜주는 지방피막이며 내층은 신장을

외상이나 각종 감염으로부터 보호해주는 얇은 섬유성 결합조직인 인피막으로 구성되어 있다<sup>4),17)</sup>.

2.2 한의학적 신장 분석

한의학에서 신장은 생명의 근원으로서 빛깔에서는 검은 것이고 음(音)에서는 우(羽)이며 소리에서는 얇음 소리이고 변동(變動)에서는 떨리는 것이며 구멍에서는 귀이고 맛에서는 짠 것이며 지(志)에서는 두려워하는 것이라 명시되어 있다. 이러한 신장을 동의보감에서는 떨리 듣는 것을 주관하는 인체 장기라 하였다. 즉, 얼굴빛이 거뭇고 살결이 부드러우면 신장이 작고 살결이 거칠면 신장이 큰 것이며 귀가 높이 올라 붙었으면 신장도 제 위치보다 높이 붙어 있고 귀 뒤가 움푹 들어갔으면 신장이 아래로 처져 있다고 보고 있으며 귀가 든든하면 신장도 든든하고 귀가 얇고 든든하지 못하면 신장도 연약하며 귀가 앞에 있는 하악골 부위(牙車)에 잘 붙어 있으면 신장의 위치와 모양이 똑바르고 한쪽 귀가 올라 붙었으면 한쪽 신장이 처져 있다고 보고 있다. 또한 신장이 작으면 장(臟)들이 편안하고 잘 상하지 않으며 신장이 크면 허리 아픈 병이 잘 생기고 사기(邪氣)에 쉽게 상한다고 진단하고 신장이 올라 붙어 있으면 등심이 아파서 잘 꿇다 구부렀다 하지 못하며 신장이 내려 붙어 있으면 허리와 엉치가 아프며 혹 호산증(狐疝症)이 생기는 것으로 보고 있다. 그리고 신장이 든든하면 허리와 등이 아픈 병이 잘 생기지 않고 신장이 연약하면 소갈병이나 황달병이 잘 생기며 신장의 위치와 모양이 똑바르면 기가 고루 잘 돌기 때문에 신이 잘 상하지 않고 신장이 한쪽으로 치우쳐 있으면 허리와 엉치가 몹시 아픈 고통이 따른다고 진단하고 있다<sup>8),11)</sup>. 이와 같이 한의학에서는 얼굴 빛과 귀의 위치, 목소리 등으로 신장의 이상 유무를 진단한다. 따라서 본 논문에서는 한의학에서 제시하고 있는 음령오행표를 기반으로 신장과 우(羽)소리와 의 연관성을 입술소리 분석으로 규명하는 실험을 수행하였다. 즉, 한의학에서 신장의 소리는 오음(五音) 중 “우음(羽音)”에 속하며, 발음상 순음(唇舌), 즉 입술소리에 해당한다. 입술소리라 함은 “ㄱ, ㄴ, ㅋ”에 속하는 발음으로 한의학에서는 신장이 입술과 관계가 되어 있고 따라서 신장에 이상이 발생하면 우선적으로 순음(唇音)에 문제가 있음을 기반으로 신장 질환 여부를 청진(聽診) 방법에 의해 판단하고 있다.

또한 언어학적 이론에 의하면 순음은 “ㄱ”에 해당하며 입의 생김 모양에 따라 음이 좌우되는 것을 의미한다. 즉, 순음은 발음 시 입술의 생김 모양을 본떠 만든 글자로 입술소리라고 한다. 또한, 훈민정음에서 발

음 기관의 모양을 상형(象形)하여 만든 초성체계에서 “ㄴ(全清), ㄷ(次清), ㅁ(全濁), ㅌ(不清不濁)”의 4 자모가 순음에 해당한다고 되어 있으며 대표음은 “ㄱ”에 해당한다<sup>16)</sup>. 언어학적 이론에 의한 입술소리의 특징 분석은 일반적으로 에너지의 정점을 나타내는 포먼트에 의해 행해지고 있다. 즉, 단모음의 특징적 요소는 처음 두 개의 포먼트 주파수로 확인되는데 제 1 포먼트(F1)는 입의 개방 정도에 의하여 결정되며, 제 2 포먼트(F2)는 혀의 앞·뒤 위치에 따라 결정된다. 이와 같은 포먼트의 구조는 임의의 선으로 연결하여 나타낼 수 있다. 즉, 음성학적 분석 요소인 포먼트의 특징은 각각의 단계가 조음기관의 변화를 나타낼 수 있다는 것이다. 즉, 대체로 주파수축 아래 첫 번째 부분은 턱의 열림 정도를 나타내며 턱을 많이 내려서 입을 벌릴수록 값이 높아진다. 두 번째 띠로 연결된 부분은 주로 혀의 앞·뒤의 위치를 나타낸다. 혀가 앞으로 갈수록 높아지고 뒤로 갈수록 낮아진다<sup>17)</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, ㄷ, ㄷ	ㅇ, ㅎ	ㅅ, ㅆ, ㅈ	ㅁ, ㅂ, ㅍ
발음	이음(牙音)	설음(舌音)	후음(喉音)	치음(齒音)	순음(唇音)
오음(五音)	각(角)	치(織)	궁(宮)	상(商)	우(羽)

따라서 본 논문에서는 이와 같은 한의학적, 언어학적 및 음성학적 이론을 기반으로 음성과 신장과의 상관성을 분석하였다. 즉, 정상인과 신장 질환자를 비교·분석하면 신장에 이상이 있는 질환자의 경우는 입술소리에 문제가 발생하며 이를 정량화, 객관화하기 위한 방법으로 순음을 판단하는 음성 분석학적 요소인 제 1 포먼트에 대한 주파수 대역폭을 추출하면 입술소리에 대한 발음이 부정확한 신장 질환자가 정상인보다 넓은 대역폭을 발생한다는 한의학적 청진 이론을 실험으로 규명하고자 한다. 또한 입술소리만으로 신장 질환 유무를 진단하는 것이 어디까지 가능한지를 임상 실험을 통해 오진 확률을 계산하고자 하며 향후 최종적인 시스템은 입술소리 외에 가려있는 음성, 얼굴색 까지 분석하는 방법을 개발하여 전체 시스템을 구축할 계획이다.

### III. 피실험자 집단 구성 및 융합 방법의 제한

한의학은 음양오행설을 기본으로 하는 학문적 문화를 발전시켰으며 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>9),10)</sup>. 한의학에서 신장은 체액의 생성과 대사, 골격 형성과 보호 유지, 생식기관의 생리와 삼투압의 조절 등의 기능에 관여하고 있는 생명의 근원이라 명시되어 있다<sup>11)</sup>.

본 논문에서는 한의학적인 진단 이론 중 오장과 오음과의 관계 이론에 음성학적인 분석 요소를 접근시켜 신장과 입술소리와의 관련성 여부를 연구하였다. 즉, 입술소리와 음성학적 분석 요소인 제 1 포먼트와의 관련성 여부를 연구하여 신장과 순음과의 상관성을 규명하였다. 한의학에서 신장의 소리는 발음상 순음(唇音), 즉 입술소리에 해당한다. 따라서 신장에 이상이 발생시 순음에 문제가 있음을 가지고 신장 질환 여부를 판단하였다<sup>12)</sup>.

#### 3.1 피실험자 집단의 구성

최근 들어 IT 융합 정책의 활성화에 따라 의료 분야에서도 객관적 지표를 마련하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 생체 신호에 대한 인체 장기와의 관련성을 규명하기 위한 노력에 비해 아직까지 명확한 결론을 얻지 못하고 있는 실정이다<sup>13)</sup>. 따라서 본 논문에서는 음성에 대한 분석을 통해 언어학적 요소를 기반으로 음성 분석 요소에 대한 결과를 도출하여 신장과의 상관성을 분석하였다. 이를 위해 한의학적인 진단 이론에 근거하여 신장 질환자의 음성 중에서 순음에 해당하는 “ㄱ, ㅂ, ㄷ” 발음이 불분명할 것이라는 가설을 전제로 연구를 진행하였다. 연구에 필요한 실험 대상자들을 정상인군과 신장 질환군으로 분류하여 동일한 조건과 형태로 음성을 녹음하여 비교 분석을 행하였다. 동일 실험에 대한 환경은 잡음이 없는 공간에서 실험 대상자의 입과 마이크를 10cm로 유지한 후 “평균 박미풍 막말과 미미의 발표”를 3초 이내에 평상시 음성으로 3회 이상 반복·녹음하여 분석하였다.

본 논문의 실험에 사용한 임상 자료는 대전의 D신장전문병원과 청주의 H신장내과에서 수집하였으며 전문의의 승인과 검토 과정을 거쳐 연구에 필요한 피실험자 집단을 아래 표 2, 표 3과 같이 남·녀 각각 25명씩 총 50명을 선정하였으며 평균 연령은 남성이 55.40세이며 여성이 56.20세이다. 또한 정상인들은 신장 질환자 집단과 비슷한 연령으로 신장에 이상이 없

는 피실험자로 구성하였으며 이들의 평균 연령은 남성이 56.44세이며 여성이 55.72세이다. 실험의 정확성을 위해 대상자들에게 실험의 목적을 간단히 설명함으로써 화자 내에서는 동일한 목소리로 발음하도록 하였으며 동일한 실험 환경에서 실험을 수행하였다.

표 2. 신장질환자 집단 구성표

순번	성별	나이	병명	순번	성별	나이	병명
KidneyM-01		52	신우염	KidneyF-01		60	신부전
KidneyM-02		61	사구체신염	KidneyF-02		52	신우염
KidneyM-03		53	신부전	KidneyF-03		58	신우염
KidneyM-04		56	신우염	KidneyF-04		43	요독증
KidneyM-05		54	신우염	KidneyF-05		61	사구체신염
KidneyM-06		51	요독증	KidneyF-06		57	신우염
KidneyM-07		57	신부전	KidneyF-07		52	신부전
KidneyM-08		47	신우염	KidneyF-08		55	신우염
KidneyM-09		64	요독증	KidneyF-09		60	신부전
KidneyM-10		59	신부전	KidneyF-10		48	신부전
KidneyM-11		52	신우염	KidneyF-11		53	신우염
KidneyM-12		46	신우염	KidneyF-12		58	신우염
KidneyM-13	남성	62	신우염	KidneyF-13	여성	63	신우염
KidneyM-14		56	신부전	KidneyF-14		58	신부전
KidneyM-15		48	신우염	KidneyF-15		51	사구체신염
KidneyM-16		52	신우염	KidneyF-16		57	신우염
KidneyM-17		53	요독증	KidneyF-17		63	신부전
KidneyM-18		61	신우염	KidneyF-18		62	사구체신염
KidneyM-19		63	신부전	KidneyF-19		54	신우염
KidneyM-20		58	사구체신염	KidneyF-20		58	신부전
KidneyM-21		55	신우염	KidneyF-21		62	신부전
KidneyM-22		54	신우염	KidneyF-22		55	신부전
KidneyM-23		62	신우염	KidneyF-23		51	신우염
KidneyM-24		57	신부전	KidneyF-24		59	신우염
KidneyM-25		52	신부전	KidneyF-25		55	요독증
	25명	55.40			25명	56.20	

표 3. 정상인 집단 구성표

순번	성별	나이	병명	순번	성별	나이	병명
NormalM-01		48	정상	NormalF-01		50	장염
NormalM-02		53	정상	NormalF-02		63	위염
NormalM-03		58	간염	NormalF-03		43	정상
NormalM-04		49	비염, 천식	NormalF-04		56	정상
NormalM-05		62	정상	NormalF-05		61	정상
NormalM-06		57	폐렴	NormalF-06		62	폐렴
NormalM-07		51	정상	NormalF-07		57	정상
NormalM-08		55	폐렴, 폐결핵	NormalF-08		58	정상
NormalM-09		63	위염	NormalF-09		51	정상
NormalM-10		50	정상	NormalF-10		64	천식
NormalM-11		61	정상	NormalF-11		46	정상
NormalM-12		60	간염	NormalF-12		53	간염
NormalM-13	남성	58	정상	NormalF-13	여성	60	정상
NormalM-14		57	정상	NormalF-14		56	정상
NormalM-15		55	정상	NormalF-15		48	장염, 비염
NormalM-16		63	폐렴	NormalF-16		51	정상
NormalM-17		54	정상	NormalF-17		63	간염
NormalM-18		51	정상	NormalF-18		55	정상
NormalM-19		62	간염	NormalF-19		58	비염, 천식
NormalM-20		58	정상	NormalF-20		52	정상
NormalM-21		50	정상	NormalF-21		63	정상
NormalM-22		63	정상	NormalF-22		64	간염
NormalM-23		57	천식	NormalF-23		58	위염
NormalM-24		54	정상	NormalF-24		51	천식
NormalM-25		62	천식	NormalF-25		50	정상
	25명	56.44			25명	55.72	

### 3.2 융합 방법의 제안 및 특징

한의학적 청진 이론에 대한 공학적 기술의 융합을 통한 객관적 진단 지표를 마련하기 위한 연구가 부족한 실정에서 본 논문에서는 음성 신호를 분석하여 신장 질환과의 상관성 분석을 통해 신장 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 신장 질환과 관련된 제1포먼트 주파수 대역폭 추출값과의 연관성을 도출하였다.

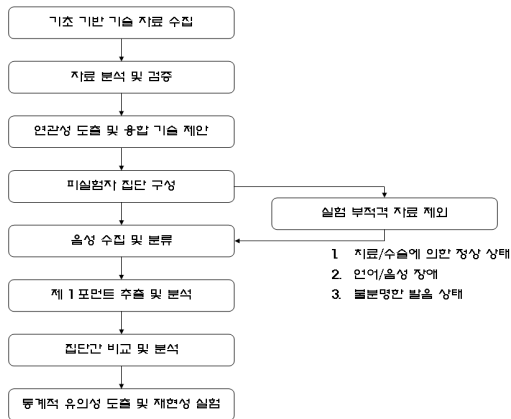


그림 1. 제안한 방법의 진행 과정도

이를 위해 본 논문에서는 첫째로, 한의학적 청진 이론을 기반으로 연구 배경 및 진행 과정을 선정하였으며 이에 대한 기초 자료 수집 및 분석 결과를 한의학 전문의들에 의해 검증받았으며 둘째로, 검증 결과를 토대로 실험을 수행하기 위해 임상 자료에 대한 수집 과정을 진행하였으며 이를 위해 대전의 D신장전문병원과 청주의 H신장내과에서 임상 자료 수집 절차를 수행하였다. 또한, 임상 자료 수집 과정에서 중요한 부분이 동일한 환경과 조건으로 음성을 녹음하는 것이기 때문에 진료실에서 일괄적으로 동일 장비를 통해 외부와의 잡음을 배제한 상황에서 녹음을 수집하였다. 셋째로, 수집된 임상 자료에서 전문의의 소견을 토대로 수술과 투석치료 등의 방법에 의해 신장 질환이 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 25명, 여성 25명 등 신장 질환자 집단을 총 50명으로 분류·구성하였으며 비교 대상으로 신장 질환과 무관한 동일 성별, 연령대로 정상인 집단을 신장 질환 피실험자 집단과 동일하

게 남성 25명, 여성 25명으로 각각 구성하였다. 넷째로, 구성된 피실험자 집단의 음성에서 신장과 연관성이 있는 제1포먼트에 대한 주파수 대역폭을 추출·분석하고 한의학적, 언어학적 및 음성학적 이론과의 연관성을 도출하여 음성을 통해 신장 질환에 대한 조기 진단이 가능한 분석 결과를 추출하였다.

마지막으로, 실험 결과에서 추출된 주파수 대역폭의 각 집단간 통계적 유의성 분석을 수행하였으며 결과의 신뢰성 확보를 위해 신장 질환자에 대한 임의의 선정 및 실험을 통한 오진 확률 계산을 위한 재현성 실험 및 검증 과정을 수행하였다.

본 논문에서는 음성 분석 및 음성 변형 프로그램인 프라트(Praat)를 사용하여 신장 질환 집단과 정상인 집단에 대한 음성의 제1포먼트 주파수 대역폭 분석을 수행하였다. 포먼트(Formant)는 에너지 정점에 해당하는 부분으로 조음기관의 변화를 나타내는 요소이다<sup>[14]</sup>. 따라서 본 논문에서는 성도 모양의 변화인 포먼트 궤적을 자동으로 추출하기 위해 해당 음성 구간에서 지정한 수의 포먼트를 추출하고 각 포먼트의 위치에 대한 기본값을 생성하는 Formant(Burg)를 사용하였으며 실험에 사용된 파라미터는 그림 2와 같다. Time step은 얼마나 자주 포먼트 값을 분석할 것인지를 지정하는 요소로서 기본 설정 방식을 이용하여 분석 창 길이의 25%와 같은 time step의 시간을 이용하여 분석하였으며 Max. number of formants는 최대 가능한 포먼트 개수를 지정하는 것으로 포먼트가 음성학적으로 의미를 전달할 수 있는 단계인 제4포먼트까지를 추출하였다. 마찬가지로 Maximum formant도 포먼트 개수마다 평균 1,000Hz를 기본으로 사용하기 때문에 Max. number of formants를 4로 지정한 것과 동일하게 하기 위해 4,000Hz로 지정하였다. 또한, Window length는 분석할 음성 구간을 지정하는 것으로 가우시안 방식을 사용하여 분석 창을 표현한다. 보통의 경우 0.025초의 Window length를 사용하는데 이것은 실제로 가우시안 같은 창을 지속시간을 0.05초로 하는 것을 말한다.

마지막으로 Pre-emphasis는 고주파로 갈수록 실제 음성의 진폭이 낮기 때문에 이를 강조하여 선명한 포먼트 값을 추출하기 위한 고역강조필터를 말하는 것으로 50Hz를 사용하면 강제적인 증폭없이 기본 음성에 대한 포먼트 값을 가장 선명하게 추출할 수 있으며 100Hz를 사용하면 6dB의 증폭이 이루어지고 200Hz를 사용하면 12dB의 증폭이 이루어진다. Pre-emphasis 각 분석 창에서 프라트는 가우시안 같은 창을 적용하고 Burg에 의한 알고리즘과 함께 LPC 계수를 산정한다.

따라서 실험에서는 포먼트 추출에 대한 왜곡을 배제하고 가장 선명한 결과 파형을 추출하기 위해 Pre-emphasis를 50Hz로 지정하여 실험을 수행하였다<sup>[14],[15]</sup>.

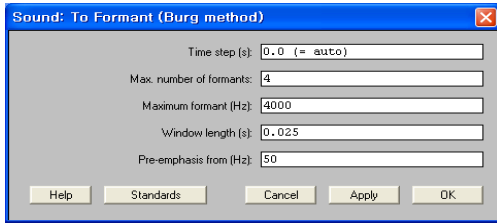


그림 2. 포먼트 분석 파라미터값

#### IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

##### 4.1 주파수 대역폭 추출 실험 결과

본 논문은 신장과 순음과의 상관성 분석을 통해 신장 질환에 대한 조기 진단의 방법을 개발하기 위한 것으로 이를 위해 순음에 해당하는 “口, ㅂ, ㅍ” 발음을 기반으로 “평민 박미풍 막말과 미미의 발표” 라는 문장을 3회 이상 녹음하여 제1포먼트의 주파수 대역폭 추출을 위한 실험으로 사용하였다. 이를 위해 본 논문에서는 음성 신호의 비교·분석을 위해 음성 분석 도구인 Praat 5.0.23의 Formant 분석 요소로 사용하였다<sup>[14]</sup>.

본 논문에서는 제1포먼트에 대한 주파수 대역폭을 추출하여 피실험자 집단간의 유의성을 추출하는 실험을 수행하였다. 아래 그림 3은 실험에서 사용한 제1포먼트 주파수의 대역폭을 추출하는 과정을 나타낸 것이다. 음성 파형에서 포먼트 분석을 행한 후 제1포먼트 파형이 도출된 구간을 설정하여 Get first bandwidth를 사용하여 설정한 구간에 대한 제1포먼트 주파수의 대역폭을 추출하였다.

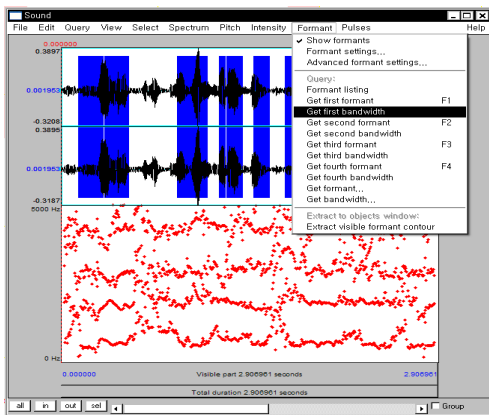


그림 3. 제1포먼트 주파수 대역폭 추출

신장 질환자와 정상인에 대한 피실험자 집단의 주파수 대역폭 추출 실험 결과를 아래 표 4로 나타냈다. 제1포먼트 주파수에 대한 대역폭 추출 결과값의 기초적 분석에서 알 수 있듯이 평균값 비교를 수행한 결과 신장 질환자 집단의 남성 평균값은 788.1443Hz이며 정상인 집단의 남성 평균값은 557.2472Hz로 차이를 보였고 신장 질환자 집단의 여성 평균값은 803.7431Hz이며 정상인 집단의 여성 평균값은 565.2357Hz로 차이를 나타냈다. 또한 표준편차는 신장 질환자 남성 집단의 경우는 80.0150이며 정상인 남성 집단의 경우는 92.4105로 나타났다. 마찬가지로 신장 질환자 여성 집단의 경우는 82.9612이며 정상인 여성 집단의 경우는 96.9612로 분석되었다. 이는 본 연구팀과 함께 과제를 수행하고 있는 한의학 전문 자문단에서 검증한 본 연구팀의 이론적 내용을 연구 결과로 규명한 것으로 신장 질환에 대한 다양한 진단 방법과 결합하여 사용하게 되면 재택형 신장 질환 진단기기로의 활용이 가능할 것으로 생각된다.

표 4. 피실험자 집단의 주파수 대역폭 비교·분석표

집단	평균(Hz)	편차(Hz)		표준편차
		최대값	최소값	
남성 신장 질환자	788.1443	137.1605	-159.8962	80.0150
남성 정상인	557.2472	179.2115	-174.6000	92.4105
여성 신장 질환자	803.7431	134.8424	-164.8407	82.0631
여성 정상인	565.2357	171.3487	-146.1089	96.9612

##### 4.2 통계 자료에 의한 유의성 분석

본 논문에서는 실험을 통해 추출한 피실험자 집단의 제1포먼트 주파수 대역폭 결과값에 대한 기초 분석 자료를 기반으로 정규성 검정에 의한 통계적 유의성 분석을 수행하였다. 이를 위해 두 비교 집단간의 분산 결과에 따라 유의성을 추출하기 위해 분산에 대한 두 집단의 F-검정을 수행하였으며 아래 표 5와 표 6에서 나타난 분석 결과에서 알 수 있듯이 모든 피실험자 집단간에서 P값이 0.05보다 높은 0.242874306과 0.209847886으로 나타나 분산이 같다는 가설이 적용되었다. 아래 표 7은 등분산에 대한 남성 및 여성 개체 집단간의 t-검정 분석 결과를 나타낸 것이다.

최종 통계적 유의성 분석 결과에서 알 수 있듯이 신장 질환자 집단과 정상인 집단간의 유의확률인 P 양측 검정 결과가 남성의 경우 3.01217E-12로, 여성의 경우 3.62879E-12로 유의 수준인 0.05보다 작게

추출됨으로써 실험 결과가 통계적으로 유의한 분석 결과임을 도출할 수 있다.

표 5. 분산에 대한 남성 집단의 F-검정 결과

남성 집단	신장 질환자 집단	정상인 집단
평균	788.144312	557.247216
분산	6669.160821	8895.520731
관측수	25	25
자유도	24	24
F 비	0.749721239	
P(F<=f) 단측 검정	<b>0.242874306</b>	
F 기각치 : 단측 검정	0.504093347	

표 6. 분산에 대한 여성 집단의 F-검정 결과

여성 집단	신장 질환자 집단	정상인 집단
평균	803.74308	565.235672
분산	7014.949955	9793.202756
관측수	25	25
자유도	24	24
F 비	0.716308049	
P(F<=f) 단측 검정	<b>0.209847886</b>	
F 기각치 : 단측 검정	0.504093347	

표 7. 등분산 가정 피실험자 집단의 t-검정 결과

	남성 피실험자 집단	여성 피실험자 집단
공동(Pooled) 분산	7782.340776	8404.076356
가설 평균차	0	0
자유도	48	48
t 통계량	9.253762635	9.198391382
P(T<=t) 단측 검정	1.50608E-12	1.81439E-12
t 기각치 단측 검정	1.677224197	1.677224197
P(T<=t) 양측 검정	<b>3.01217E-12</b>	<b>3.62879E-12</b>
t 기각치 양측 검정	2.010634722	2.010634722

### 4.3 오진확률 계산을 위한 재현성 실험

본 논문에서의 실험 결과에 대한 오진확률을 계산하기 위해 임의의 피실험자를 선정하여 동일한 실험을 수행하였으며 추출된 결과값을 비교, 분석하는 재현성 실험을 진행하였다. 아래 표 8은 오진확률 계산을 위한 재현성 실험에 대한 결과를 나타낸 것이다. 임의의 피실험자 20명을 대상으로 오진률에 대한 재현성 실험을 수행한 결과 남성의 경우 80%의 정확성을 나타냈으며 여성의 경우 70%의 정확성을 도출할

수 있었다. 결론적으로 입술소리만으로 신장 질환을 진단 할 때 진단의 정확성은 75%를 보였으며 현재의 방법만으로는 오진확률이 25%에 해당한다. 오진확률을 줄이기 위해 신장과 관련된 다른 음성 특징에 대한 추가 실험과 얼굴 지각 부위의 탐색(察色) 등의 방법이 개발 중이므로 향후 오진확률을 더욱 감소시킬 것으로 여겨진다. 결론적으로 본 논문은 신장 질환을 무구속, 무통증, 무자각의 방법으로 조기에 진단 할 수 있는 전체 시스템 중 입술소리 기반의 방법만을 다룬 것이며 향후 망진(望診) 방법과 다른 음성 요소의 분석 등이 더 추가되어 채택형 신장 질환 진단 시스템이 구축될 예정이다.

표 8. 오진 확률 계산을 위한 재현성 실험 결과

순번	성별	나이	주파수 대역폭	제안 방법에 의한 진단	전문의 진단 결과
OD-01	남성	59	779.5842	신장 질환	신장 질환
OD-02		48	585.7401	정상	정상
OD-03		62	641.0257	정상	정상
OD-04		51	838.5847	신장 질환	신장 질환
OD-05		57	538.5472	정상	정상
OD-06		58	428.6145	정상	정상
OD-07		61	554.9247	정상	정상
OD-08		54	702.3845	신장질환	신장질환
OD-09		63	682.9924	신장질환	정상
OD-10		55	473.0415	정상	정상
OD-11	여성	49	922.4876	신장 질환	신장 질환
OD-12		63	778.8475	신장 질환	정상
OD-13		57	848.9247	신장 질환	신장 질환
OD-14		52	527.2479	정상	정상
OD-15		61	562.7844	정상	신장 질환
OD-16		63	601.2584	정상	정상
OD-17		58	924.5847	신장 질환	신장 질환
OD-18		57	524.2856	정상	신장 질환
OD-19		51	624.0157	정상	정상
OD-20		56	486.6997	정상	정상

## V. 결 론

초 고령화 사회를 맞아 인간의 수명은 늘어나는데 비해 이와 동반된 건강관리 및 유지에 대한 사회적 혜택은 늘어나지 않고 있는 것이 현실이다. 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. 이를 위해 본 논문에서는 한의학적

진단 방법과 IT 기술과의 융합으로 신장 질환의 조기 진단에 대한 연구를 수행하였다. 이를 위해 한의학적 진단 이론에 근거하여 신장 질환자의 음성 중에서 순음에 해당하는 “口, ㅂ, ㅍ” 발음이 불분명할 것이라는 예측을 전제조건으로 연구를 진행하였다.

연구 결과 성별에 관계없이 신장 질환을 앓고 있는 피실험자 집단이 정상인 집단보다 제1포먼트 주파수 대역폭이 넓게 형성되어 있다는 결과를 도출하였다. 이와 같은 연구 과정을 통해 도출된 결과값을 이용하여 음성 분석에 의한 신장 질환의 조기 진단에 필요한 방법을 제안할 수 있었다. 향후 본 논문에서 제안한 연구 방법의 결과를 토대로 신장 질환 진단에 대한 다른 분석 요소 등을 추가하여 효율성 및 유용성을 더욱 높일 계획이며 실제 시스템 구축을 위해 방대한 양의 임상 실험을 수행하여 현재 도출된 결과를 완전하게 임상기반 검증 작업을 행하는 연구를 지속적으로 수행 할 계획이다.

**참 고 문 헌**

- [1] 학술 편집국, *성인간호학*, 예당, 2008.
- [2] 정은희, “만성질환 유병노인의 사회적 관계와 지원”, *동시대 정책과학대학원*, 2004.
- [3] 김기웅, *한국인의 건강과 노화에 관한 연구*, 분당 서울대병원 노인보건의연구단, 2007.
- [4] 신국태, *내과학 신장질환*, 정담, 2005.
- [5] 최경애, *신장질환*, 나눔의집, 2002.
- [6] 조중태, *핵심 신장학*, 단국대학교출판부, 2007.
- [7] 한진석, “신장의 구조와 기능”, *대한신장학회 신장과건강 1권*, 단일호, 2001.
- [8] 홍중수, *신장병을 치료하는 한방*, 국일미디어, 2000.
- [9] 대한한의사협회, <http://www.koma.or.kr/>, 2008.
- [10] 김완희, *한의학원론*, 성보사, 1995.
- [11] 고바야시 산고, *동양의학 강좌 3권 - 비장·폐장·신장편*, 집문당, 2004.
- [12] 동의과학연구소, *동의보감 내경편*, 휴머니스트, 2002.
- [13] 안철민, *음성 질환의 진단과 치료*, 대한의학서적, 2004.
- [14] 양병곤, *프라트를 이용한 음성 분석의 이론과 실제*, 만수출판사, 2003.
- [15] 고도홍, 정옥란, *음성 및 언어 분석기기 활용법*, 한국문화사, 2001.
- [16] 전정례, *훈민정음과 문자론*, 역락, 2002.

- [17] 조성문, “현대 국어의 모음 체계에 대한 음향음성학적인 연구”, *한국언어문화학회 제24집* pp. 427-441, 2003.

**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, e-Business

**조 동 옥 (Dong-uk Cho)**

정회원



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