

포먼트 주파수 특성에 근거한 신장 질환과 순음(脣音)간의 비교·분석

김봉현*, 가민경*, 이세환*, 광지현**, 조동욱**

*한밭대학교 컴퓨터공학과

**충북도립대학 정보통신학과

e-mail : bhkim@hanbat.ac.kr

A Comparison and Analysis of Kidney Diseases and a Labial Sound Based on Formant Frequency Extraction

Bong-Hyun Kim*, Min-Kyoung Ka*, Se-Hwan Lee*, Ji-Hyun Kwak**,
Dong-Uk Cho**

*Dept. of Computer Engineering, Hanbat National University

**Dept. of Information & Communications Science, Chungbuk Provincial
University

요 약

현대 사회는 육체적·정신적 활동을 많이 요구하게 되며 이러한 현상으로 스트레스의 증가와 이유없는 증후군의 발병이 점차 확대되고 있다. 특히 스트레스로 인한 피로의 누적으로 인체의 혈액 농도 및 순환에 영향을 끼치게 되며 이로 인해 신장의 상태가 악화될 수 있다. 따라서 신장의 이상 유무를 조기에 판단하여 적절한 조치를 취하는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 본 논문에서는 신장 질환을 앓고 있는 환자와 정상인을 대상으로 피실험자 집단군을 각각 구성하고 음성 정보의 형태학적 분석과 수치학적 분석을 실험으로 출력하고 결과값에 대해 비교·분석을 행하고자 한다. 최종적으로 실험을 통해 신장과 음성과의 관계를 정립하고자 한다.

1. 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 당뇨 및 고혈압 등의 질환을 앓고 있는 환자수가 급격히 많아지고 있으며 이러한 질환으로 인한 합병증으로 생활 기능 수행상의 장애까지 발생하고 있다. 이와 같은 사회적 현상속에서 현대 질환의 특성을 단적으로 보여주고 있는 것이 바로 신장 질환이다. 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[1].

이와 같은 신장은 인체의 수분과 전해질을 정상적으로 유지해주고 이를 기반으로 혈압조절과 생리적 기능을 가능하게 해주는 것으로 신장의 기능이 나빠지면 몸 속에 노폐물이 쌓이게 되고 신장병으로 발전되며 식욕부진, 피로감, 구토, 두통 및 여러 가지 신경 증상들이 나타나게 된다. 또한 정도가 심해지면 요독증으로 생명을 잃게 된다. 따라서 만성 신장염이나 다른 신장 질환으로 신장의 기능이 떨어지면 노폐물이 몸 속에 쌓이게 되고 수분과 염분을 잘 배설하지 못해 몸이 쉽게 붓고 혈액이 올라가며 혈액의 전해질 균형이 파괴되어 여러 가지 신체적 이

상이 발생한다.

이를 극복하기 위해 본 논문에서는 신장의 이상 유무에 따른 음성의 변화를 측정하여 신장과 음성과의 관계를 정립하고자 한다. 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 질환으로 인해 음성에 미치는 영향을 파악하고 이와 같은 출력 변수를 통해 신장 질환에 대한 조기 진단이 가능한 방법론을 제시하고자 한다.

2. 신장과 순음

2.1 신장의 의의

서양의학에서 신장은 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 신피막으로 구성되어 있다. 신장의 외측연은 불룩하지만 내측연은 오목하여 중앙에 요관과 혈관 및 신경 등의 출입구가 되는 신문(Renal hilum)이 있다. 신문의 내면은 들어온 교관, 혈관, 신경 및 림프관 등이 있는 신동(Renal sinus)이라는 공간으로 이루어져 있다. 신장을 수직으로 절개하면 바깥쪽의

피질과 안쪽의 수질, 그리고 내강으로 구분되는데 좀 더 밝고 과립상으로 나타나는 피질은 오줌 생산의 주체가 되는 신소체와 세뇨관이 밀집되어 있는 부위이고 어두운 수질은 헨리고리와 집합관 및 혈관들의 분포로 인하여 줄무늬 같이 나타난다[2].

또한 한의학에서 신장은 두 개로 강낭콩처럼 생겼고 서로 마주보고 있으며 등에 붙어 있는 것으로 걷은 기름덩이로 덮여 있고 겹으며 속은 허연데 주로 정액을 저장한다고 되어 있다. 이러한 신장은 다른 장부와 달리 두 개지만 두 개가 모두 신장은 아니고 왼쪽 것만 신장이라 하고 오른쪽 것은 명문(命門)이라 하며 명문은 정신이 머물고 원기가 생겨나는 곳으로 남자는 여기에 정(精)을 간직하고 여자는 여기에 포(胞)가 매달려 있다고 되어 있다. 즉 신장은 하나만 있는 있다고 보고 있다[3].

한의학에서 신장의 소리는 발음상 순음(唇音), 즉 입술 소리에 해당한다. 따라서 신장에 이상이 발생시 순음(唇音)에 문제가 있음을 가지고 신장 질환 여부를 판단하고 있다. 본 논문에서는 한의학에서 신장은 입술과 연계되어 있어 신장에 이상이 있을 때엔 입술소리가 불분명함에 초점을 두어 음성 분석을 행하고자 하며 이러한 오장(五臟)과 관련된 소리를 아래 <표 1>에 음령오행표로 나타내었다. <표 1>에서 알 수 있듯이 신장은 오음(五音)중에서 우(羽)소리에 해당하며 발음으로는 입술소리 즉, 순음(唇音)임을 알 수 있다[4].

<표 1> 음령오행표

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, 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(織)	궁(宮)	상(商)	우(羽)

2.2 순음(唇音)의 의미

언어학적 이론에 의하면 순음(唇音)은 두 입술을 사용하는 소리이며 아래 입술이 윗니에 닿아서 나는 소리이고 입술을 조금 내밀고 동그랗게 말았을 때 나는 소리를 나타낸다. 즉, 입술에서 만들어지는 닿소리라는 의미로 해석된다. 이러한 순음(唇音)은 양순음과 순치음으로 분류된다. 양순음은 두 입술소리라 하며 위·아래 입술로 조음하는 자음을 나타내며 순치음은 아랫 입술과 윗니 사이에서 조음하는 자음을 나타낸다.

우리말에서는 ㅁ이 양순 비음이고 ㅂ, ㅃ, ㅍ이 무성 양순 파열음에 해당한다. 훈민정음 초성 체계에서는 'ㅂ',

'ㅍ', 'ㅃ', 'ㅍ'의 4 자모가 순음에 분류되며 현대 음성학에서는 양순 파열음, 비음에 해당된다. 순음에는 훈민정음 초성 체계에는 없지만 순경음이 있다. 또한 현대 음성학에서 전청(全淸)은 무기 무성음, 차청(次淸)은 유기 무성음, 전탁(全濁)은 경음, 불청불탁(不淸不濁)은 유성음 가운데 비음, 유음, 마찰음, 두자음 없이 모음으로 시작하는 것을 나타낸다[5].

<표 2> 음성학적 기본5음의 의미

기본 5음	상형원리	명칭	가획자	이체자
“ㄱ”	혀뿌리가 목구멍을 막는 모양	아음, 업소리	ㄱ	ㅇ
“ㄴ”	혀끝이 윗 잇몸에 닿는 모양	설음, 혀소리	ㄴ, ㄷ, ㄹ	ㄹ (반설음)
“ㅁ”	입의 생긴 모양	순음, 입시울소리	ㅁ, ㅂ	
“ㅅ”	이의 생긴 모양	치음, 니소리	ㅅ, ㅆ	ㅈ (반치음)
“ㅇ”	구멍의 둥글게 생긴 모양	후음, 목소리	ㅇ, ㅎ	

3. 순음과 포먼트 주파수

포먼트 주파수는 일반적으로 음성 에너지의 정점을 나타내는 것으로 이와 같은 포먼트의 구조는 임의의 선으로 연결하여 나타낼 수 있다. 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. 세 번째 띠는 입술 둥근 정도를 나타내는데 대체로 입술을 둥글게 하면 낮아진다[6].

이와 같이 음성의 가장 기본적인 파라미터 중에 하나가 포먼트 주파수이다[7]. 포먼트 주파수는 모음의 주파수 중에서 에너지가 집중적으로 나타나는 영역을 의미한다. 보통 모음 중에서 3~4개의 포먼트가 있으며 모음의 종류마다 포먼트 주파수의 값이 다르다. 또한 인간의 성대는 사춘기를 지나면서 변성과정을 거치고 이로 인해 남성의 성대 길이는 여성보다 평균 4.5mm정도 길어진다[8]. 이것이 남성의 목소리가 여성의 목소리보다 저음성분이 강하다는 것을 의미한다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 한의학적, 언어학적 및 음성학적 이론을 기반으로 음성에서 순음과 신장과의 관계를 분석하고자 한다. 즉, 순음을 판단하는 음성 분석학적 요소인 제 1 포먼트에 대한 주파수 형태 및 대역폭 분석 결과를 통해 신장 질환에 대한 조기 진단이 가능하리라는 가설을 바탕으로 실험에 의한 결과 값을 추출하고자 한다.

4. 실험 대상 및 임상자료 수집

본 논문에서는 생체 신호 중에서 개인적 특징을 반영하고 있으며 쉽게 변하지 않는 음성에 대한 분석을 통해 언어학적 요소를 기반으로 음성 분석요소에 대한 결과를 도출하여 신장과의 관계를 정성적 및 정량적으로 분석하였다.

이를 위해 신장 질환자의 음성 중에서 순음에 해당하는 “ㄱ, ㄴ, ㄹ” 발음이 불분명할 것이라는 가설을 전제조건으로 연구를 진행하였다. 이를 위해 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 순음에 해당하는 “ㄱ, ㄴ, ㄹ” 발음이 많이 포함된 “평민 박미풍의 망발과 마파도 발표”를 3초 이내에 평상시 음성으로 3회 이상 반복·녹음하여 분석하였다. 이와 같은 실험 환경을 이용하여 음성 분석을 한 결과 신장 질환의 유무 등을 판단할 수 있게 된다. 결국 실험은 위의 사실에 입각하여 정상인들과 신장 질환을 앓고 있는 환자들의 “평민 박미풍의 망발과 마파도 발표”라는 음성을 비교, 분석하였다.

본 논문에서의 실험에 사용할 임상 자료는 대전 및 충북지역의 신장전문병원에서 신장내과 전문의의 승인과 검토를 거쳐 연구에 필요한 피실험자 집단을 50~60대 남성으로 10명을 선정하였으며 평균 연령은 57.40세이다. 또한 정상인들은 신장 질환자 집단과 동일한 성별 및 연령으로 신장에 이상이 없는 피실험자로 구성하였으며 이들의 평균 연령은 57.20세이다. 실험의 정확성을 위해 대상자들에게 실험의 목적을 간단히 설명함으로써 화자 내에서는 동일한 목소리로 발음하도록 하였으며 총 실험대상은 정상인과 신장 질환자로 분류하여 실험을 수행하였다.

이와 같이 본 논문에서는 임상 자료의 수집에서 실험에 도달하는 과정에서 정확성 및 신뢰성을 향상시키기 위해 신장 전문 내과에 의뢰하여 임상 자료에 대한 검증 절차를 수행하였다. 이를 위해 첫째로, 한의학적 연구 배경 및 진행 과정을 선정하였으며 이에 대한 기초 자료 수집 및 분석 결과를 한의학 전문의들에 의해 검증받았다. 둘째로, 검증 결과를 토대로 실험을 수행하기 위해 임상 자료에 대한 수집 과정을 진행하였으며 이를 위해 대전 및 충북지역 신장전문병원을 통해 임상 자료 수집 과정에서 중요한 부분이 동일한 환경과 조건으로 음성을 녹음하여 일괄적으로 동일 장비를 통한 외부와의 잡음을 배제한 상황에서 녹음을 수집하였다. 셋째로, 수집된 임상 자료에서 전문의의 조건을 토대로 수술과 약물치료 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 피실험자 집단을 구성하였다. 마지막으로, 구성된 피실험자 집단의 음성에서 신장과 연관성이 있는 제 1 포먼트에 대한 형태 및 주파수 대역폭

을 추출·분석하고 한의학적, 언어학적 및 음성학적 이론과의 연관성을 도출하여 음성을 통해 신장 질환에 대한 조기 진단이 가능한 분석 결과를 추출하였다. 이와 같은 과정을 거쳐 구성된 피실험자 집단은 아래 <표 3>과 같다.

<표 3> 피실험자 집단군 구성표

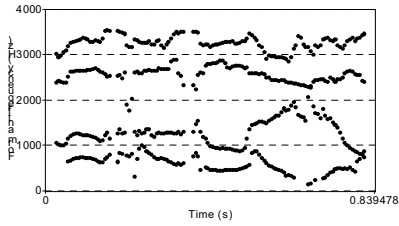
신장질환자 집단				정상인 집단			
순번	성별	나이	병명	순번	성별	나이	비고
K-01	남성	53	신우염	N-01	남성	64	정상
K-02		61	신부전	N-02		52	정상
K-03		63	요독증	N-03		55	정상
K-04		54	사구체신염	N-04		61	정상
K-05		58	신우염	N-05		53	정상
K-06		59	신우염	N-06		58	정상
K-07		52	신우염	N-07		54	정상
K-08		61	신부전	N-08		63	정상
K-09		56	신우염	N-09		57	정상
K-10		57	요독증	N-10		55	정상
평균연령	57.40			평균연령	57.20		

5. 실험 및 고찰

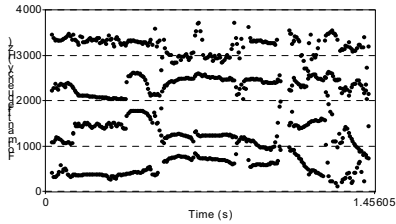
음성 신호에 대한 분석을 위해 사용한 프로그램은 음성 분석 및 음성 변형 프로그램인 프라트(Praat)를 사용하여 피실험자 집단군의 음성에 대한 제 1 포먼트를 분석하였다. 본 논문에서는 신장과 순음간의 연관성 분석을 위한 실험을 수행하기 위해 제 1 포먼트에 대한 형태 및 수치값을 추출하여 결과에 대해 정성적, 정량적 분석을 수행하였다.

5.1 정성적 분석

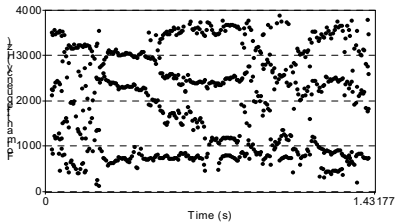
신장과 순음과의 연관성을 분석하기 위한 1차 실험으로 음성에 대한 제 1 포먼트 파형의 형태학적 분석을 행하였다. 아래 (그림 1)과 (그림 2)는 정상인들의 음성에서 포먼트 파형을 추출한 결과를 나타내었으며 (그림 3)과 (그림 4)는 신장 질환을 앓고 있는 피실험자 집단군의 음성에서 포먼트 파형을 추출한 결과를 나타낸 것이다. 제 1 포먼트 파형은 y축의 포먼트 주파수가 0Hz에서 1000Hz사이의 분포하는 파형을 의미하는 것으로 정상인들의 음성에서 추출한 제 1 포먼트 파형은 비교적 완만한 형태를 보이고 있으며 상호간에 비슷한 궤적을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나 신장 질환자들의 음성에서 추출한 제 1 포먼트 파형은 매우 불규칙하고 불안정한 궤적을 나타내고 있으며 파형이 흩어져 있음을 알 수 있다.



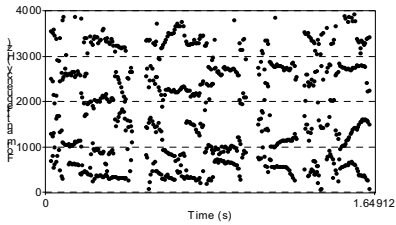
(그림 1) N-03의 포먼트 결과 파형



(그림 2) N-08의 포먼트 결과 파형



(그림 3) K-02의 포먼트 결과 파형



(그림 4) K-09의 포먼트 결과 파형

5.2 정량적 분석

신장과 순음과의 연관성을 분석하기 위한 2차 실험으로 음성에 대한 포먼트 파형의 수치학적 분석을 행하였다. 이를 위해 피실험자 집단군의 음성 분석에서 추출한 제 1 포먼트 파형에서 주파수 대역폭을 추출하여 비교, 분석하였다. 아래 <표 4>는 제 1 포먼트에 대한 수치학적 분석 결과를 나타낸 것으로 실험 결과에서 알 수 있듯이 모든 피실험자에 적용되진 않았지만 80%의 대상자가 제 1 포먼트의 주파수 대역폭에서 정상인 집단군이 359.9046Hz로 비교적 좁게 형성된 범위에 해당되었으며 반면에 신장 질환자 집단군은 604.5999Hz로 넓게 형성되어 있음을 알 수 있다.

환자 집단군은 604.5999Hz로 넓게 형성되어 있음을 알 수 있다.

<표 4> 제 1 포먼트 주파수 대역폭 비교표

신장질환자 집단		정상인 집단	
순번	주파수대역폭(Hz)	순번	주파수대역폭(Hz)
K-01	732.4361	N-01	272.7752
K-02	673.0548	N-02	193.6049
K-03	735.4268	N-03	328.1990
K-04	384.4852	N-04	412.8268
K-05	628.0885	N-05	383.6881
K-06	590.6164	N-06	392.4820
K-07	537.0485	N-07	531.0485
K-08	404.5860	N-08	372.8439
K-09	710.9524	N-09	172.0954
K-10	649.3045	N-10	539.4825
평균값	604.5999	평균값	359.9046

6. 결론

본 논문에서는 신장이 입술소리와 관계가 있다는 한의학적, 음성학적, 언어학적 이론을 기반으로 신장 질환에 대한 조기 진단 방법에 연구의 근거를 두었다. 즉, 음성학적으로 순음인 입술소리가 “口, ㅂ, ㅍ”을 의미한다는 내용을 토대로 음성분석학적인 요소 중 제 1 포먼트간에 관계가 있다는 것을 실험에 의해 규명함으로써 신장 질환자는 순음에 대한 발음이 부정확할 것이라는 의학적 내용을 실험으로 입증됨을 확인할 수 있었다.

논문에서의 실험 결과에서 알 수 있듯이 의학적으로 제시된 신장 질환과 순음과의 관계는 음성분석학적 요소 중 제 1 포먼트 값에서 정성적, 정량적으로 유의성을 추출할 수 있었다. 즉, 순음과 관련된 제 1 포먼트에서는 의학적 진단 이론 중 신장과 입술소리가 관련 있다는 근거 자료와 음성학적 이론 중 제 1 포먼트가 관련 있다는 근거 자료를 실험 결과에 의한 일치성을 보임으로 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 김기웅, 한국인의 건강과 노화에 관한 연구, 분당서울대병원 노인보건연구원, 2007.
- [2] 한진석, “신장의 구조와 기능”, 대한신장학회지, 1권, 단일호, 2001.
- [3] 신동원, 김남일, 여인석, 한권으로 읽는 동의보감, 들녘출판사, 2006.
- [4] 동의과학연구소, 동의보감 내경편, 휴머니스트, 2002.
- [5] 박덕유, 문법교육의 이론과 실제, 역락, 2005.
- [6] 양병곤, 프라트를 이용한 음성분석의 이론과 실제, 만수출판사, 2003.
- [7] J.D.Markel and A.H.Gray, Jr., Linear Prediction of Speech, Springer-Verlag, 1976.
- [8] 문영일, 기초음성학과 발생기법, 청우사, 1987.