

간 질환이 공명강과 발성에 미치는 음성분석학적 특징 요소 연구

임순용, 임성수, 연용흠, 민지선, 송한솔, 김봉현, 가민경, 조동욱
충북도립대학교 전자정보계열
e-mail : 7soonyong@naver.com

A Study on the Acoustic Characteristics Parameter of Resonance Cavity and Phonation in Liver Diseases

Soon-Yong Lim, Sung-Su Lim, Yong-Heum Youn, Ji-Sun Min,
Han-Sol Song, Bong-Hyun Kim, Min-Kyoung Ka, Dong-Uk Cho
School of Electronics Information, Chungbuk Provincial University

요 약

현대 의료 분야는 질병의 진단과 치료뿐만 아니라 질병의 예방 및 건강증진을 위한 관리, 유지의 역할도 중요하게 대두되고 있다. 즉, 질병의 조기 발견과 진단으로 예방 및 관리를 생활화하고 건강 수준을 높이는 방향을 제시하는 등 건강증진을 유도하는 계기를 증대시키고 있다. 따라서 본 논문에서는 간질환이 음성에 미치는 영향을 연구하기 위해 간 질환자를 대상으로 공명강과 발성의 변화를 측정하는 실험을 수행하였다. 이를 위해 간 질환자를 피실험자 집단으로 구성하여 간질환으로 인해 입원했을 때와 치료 후에 퇴원했을 때의 음성을 각각 수집하여 음성 분석 요소 중 제3포먼트 주파수 대역폭과 무성음 추출 패턴수를 측정하여 간 질환으로 인해 공명강과 발성에 미치는 영향을 분석하는 연구를 수행하였다.

1. 서론

현대 사회는 국민생활경제의 향상으로 인해 식생활이나 생활습관, 형태 등의 변화로 비만자가 급증하고 있는 추세이고 음주로 인해 다양한 간질환이 발생되거나 악화되고 있으며 이와 같은 사회적 현상으로 인해 간질환의 유병률이 증가할 것으로 예상된다[1]. 우리나라의 경우는 30~50대에서 암으로 인한 사망을 제외하고는 간질환이 1~3위를 차지하고 있으며 암으로 인한 사망률에서도 위암, 폐암과 더불어 간암이 빈도의 차이가 거의 없는 3대 암으로 자리잡고 있다[2].

간(肝)은 동양의학적 이론으로 볼 때 다른 인체 장기와는 좀 다르게 심장과 함께 인체의 주 기관으로 표현되며 혈을 만들고 공급해 주는 기관으로 간과 심장에 발병한 질환은 동시에 치료가 어려운 특별한 인체 장기로 분류된다. 즉, 간은 혈을 생성하고 심장은 생성된 혈을 온몸 구석구석에 공급해 주는 역할을 수행한다. 간은 초기에 염증이 생기면 치료를 받지만 조기에 진단하지 못하고 오랜 기간동안 염증을 방치하게 되면 간이 상하고 손상 부위를 도려내지 못할 정도로 커지게 되면 이식을 받아야 하며 이러한 절차를 무시할 경우엔 죽음까지 초래하게 된다[4].

현대 의료 분야는 질병의 진단과 치료뿐만 아니라 질병의 예방 및 건강증진을 위한 관리, 유지의 역할도 중요하게 대두되고 있다. 즉, 질병의 조기 발견과 진단으로 예방 및 관리를 생활화하고 건강 수준을 높이는 방향을 제시하는 등 건강증진을 유도하는 계기를 증대시키고 있다.

따라서 본 논문에서는 간질환이 음성에 미치는 영향을 연구하기 위해 간 질환자를 대상으로 공명강과 발성의 변화를 측정하는 실험을 수행하였다. 이를 위해 간 질환자를 피실험자 집단으로 구성하여 간질환으로 인해 입원했을 때와 치료 후에 퇴원했을 때의 음성을 각각 수집하고 음성 분석 요소를 적용하여 간 질환으로 인해 공명강과 발성에 미치는 영향을 분석하는 연구를 수행하였다.

2. 간 질환과 음성

2.1 간 개요 및 질환

간은 인체에서 가장 큰 장기이며 무게는 1.2~1.5kg 정도이며 우상복부에 갈비뼈로 보호되어 있고 상단은 대개 첫꼭지 높이까지 올라와 있다. 간은 해부학적으로 2개의 엽(葉)으로 나눌 수 있는데, 각각을 우엽(右葉)과 좌엽(左葉)이라고 하며 우엽의 크기가 더 커서 좌엽 크기의 6배 정도에 해당한다. 인체의 거의 모든 장기는 동맥으로부터 혈류를 공급받고, 정맥으로 혈류가 나가게 된다. 그러나 간은 예외적으로 혈류 공급을 이중으로 받고 있는데, 다른 장기처럼 간동맥이라는 동맥을 통하여 혈류를 공급받는 기능 외에 문맥(門脈)이라는 일종의 정맥을 통하여서도 혈류 공급을 받고 있다. 간동맥을 통해 산소가 풍부한 동맥혈이 유입되고, 문맥을 통해 위나 장에서 흡수된 영양분을 잔뜩 실은 정맥혈이 유입된다. 이러한 간의 주요 기능은 체외에서 유입되거나 체내에서 생성된 각종 물질들을 가공 처리하고 중요한 물질들을 합성, 공급하는 것이다. 또

한, 몸에 들어온 각종 약물을 대사하여 배출시키며 몸에 축적되면 해로운 물질들을 해독하고 당 대사를 조절하여 신체에 필요한 에너지를 공급하며 담즙 생성, 체내 호르몬 균형 유지, 비타민·철분 등 저장, 혈액의 저장고 역할 및 인체의 방어선 역할 등을 담당한다. 간은 다양하고 중요한 기능들을 수행하기 때문에 간 기능이 심하게 저하되면 여러 가지 문제가 발생하여 각종 질환에 발병하게 된다[4].

간 질환은 만성간염에서 간경변증에 이르기까지 종류와 심한 정도가 다양하고 증상도 전혀 없는 경우에서부터 심한 경우에 이르기까지 다양하다. 대표적인 증상으로는 피로, 전신 쇠약감, 구역, 구토, 식욕감퇴, 체중감소, 복통, 황달, 복부팽만, 부종, 토혈 및 혈변 등의 증상이 동반되며 간염, 알코올성 간질환, 지방간, 간경변 및 간암 등의 질환이 발생하여 사망에까지 이르게 된다[5].

2.2 간과 음성의 관계

한의학적 진단의 우수성과 효율성이 높은 방식 중 하나가 청진(聽診)이다. 청진의 경우 이를 진단기기로 구현한다면 음성 신호의 분석을 통해 진단의 기준을 삼아야 하는 것이 제일 중요한 부분이다. 본 논문에서는 이와 같은 연구를 통해 간과 음성과의 상관성 분석 결과를 도출하기 위해 간 질환자를 대상으로 치료 전과 후의 음성 신호 분석을 통해 간 질환으로 인해 공명강과 발성의 변화를 측정하여 오장(五臟)과 오음(五音), 그리고 오성(五聲)과의 관계를 규명하였다[6].

한의학에서 간의 소리는 발음상 아음(牙音), 즉 엄소리에 해당한다. 따라서 간에 이상 현상이 발생하면 아음(牙音)에 문제가 있음을 가지고 간 질환 여부를 판단하고 있다. 본 논문에서는 한의학에서 간은 엄소리와 연계되어 있어 간에 이상이 있을 때엔 엄소리가 불분명함에 초점을 두어 음성 분석을 수행하였다. 이와 같이 오장(五臟)과 관련된 소리를 아래 <표 1>에 음령오행표로 나타내었다. <표 1>에서 알 수 있듯이 간은 오음(五音)중에서 각(角) 소리에 해당하며 발음으로는 엄소리 즉, 아음(牙音)임을 알 수 있다[7].

<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	ㅇ, ㅎ	ㅅ, ㅈ, ㅊ	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)

3. 연구 과정 및 방법

3.1 연구 과정

본 논문에서는 생체 신호 중에서 개인적 특징을 반영하고 있으며 쉽게 변하지 않는 음성에 대한 분석을 통해 언어학적 요소와의 연계성을 기반으로 음성분석 요소의 적용에 대한 결과를 도출하여 간과의 상관성을 분석하였다. 즉, 간 질환자를 대상으로 간 질환으로 인해 입원했을 때와 치료 후에 퇴원했을 때의 음성을 각각 수집하고 음성 분석 요소를 적용하여 간 질환으로 인해 공명강과 발성에 미치는 영향을 분석하는 연구를 수행하였다.

이를 위해 한의학적 진단 이론에 근거하여 간 질환자의 음성 중에서 아음에 해당하는 “ㄱ, ㅋ” 발음이 불분명할 것이라는 가설을 전제조건으로 연구를 진행하였다. 이를 위해 연구에 필요한 실험 대상자들을 간 질환자로 선정하여 동일한 조건과 형태로 치료 전과 후의 음성을 녹음하여 비교, 분석을 행하였다. 동일 실험에 대한 환경은 잡음이 없는 공간에서 실험 대상자의 입과 마이크를 15cm로 유지한 후 아음에 해당하는 “ㄱ, ㅋ” 발음이 많이 포함된 “가까이 사는 가까끼는 꼬끼리와 같다.”를 10초 이내에 평상시 음성으로 3회 이상 반복·녹음하여 분석하였다. 아래 <표 2>는 실험군으로 선정된 피실험자 집단의 구성표를 나타낸 것이다.

<표 2> 피실험자 집단 구성표

구분	성별	병명	구분	성별	병명
LM-01	남성	LC	LF-01	여성	toxic hepatitis
LM-02		LC	LF-02		hepatitis A
LM-03		LC	LF-03		Acute hepatitis A
LM-04		HBV	LF-04		Acute hepatitis A
LM-05		HBV LC	LF-05		Acute hepatitis A
LM-06		HBV LC	LF-06		hepatitis A
LM-07		Alcoholic LC	LF-07		Acute hepatitis A
LM-08		hepatitis A	LF-08		hepatitis A
LM-09		hepatitis A	LF-09		Acute hepatitis A
LM-10		toxic hepatitis	LF-10		toxic hepatitis

3.2 음성분석 요소의 적용

본 논문에서는 음성의 특징 요소에 따라 분석 결과의 차이가 나타날 수 있다는 이론적 배경을 기반으로 간과 음성과의 상관성 연구를 공명강과 발성의 변화 측정 실험으로 수행하였다. 이를 위해 한의학적 간의 소리 패턴을 통해 간과 아음이 연관되어 있다는 것을 기반으로 엄소리가 음성학적 특징 분석 요소 중에서 제3포먼트와 관련되어 있다는 것을 실험하였으며 발성 구간에서의 무성음 패턴을 추출하여 최종적으로 간 질환이 공명강과 발성에 미

치는 영향을 분석하는 연구를 수행하였다. 이를 위해 본 논문에서는 음성 분석 및 음성 변형 프로그램인 프라트(Praat)를 사용하여 간 질환자의 치료 전과 후의 음성을 입력받아 포먼트 분석과 무성음 추출 분석을 수행하였다. 포먼트(Formant)는 에너지 정점에 해당하는 부분으로 조음기관의 변화를 나타내는 요소이며 무성음 분석은 전체 발성 중 무성음에 해당하는 구간을 나타내는 요소이다.

본 논문에서는 성도의 변화인 포먼트 주파수 대역폭을 자동으로 추출하기 위해 해당 음성 구간에서 지정한 수의 포먼트를 추출하고 각 포먼트의 위치에 대한 기본값을 생성하는 방식으로 제3포먼트 주파수 대역폭을 측정하였다. 포먼트 측정 파라미터는 Time step을 분석 창 길이의 25%에 해당하는 시간으로 설정하였으며 Max. number of formants는 최대 가능한 포먼트 개수를 지정하는 것으로 제 4 포먼트까지를 설정하였다. 또한 Maximum formant 도 포먼트 개수마다 평균 1,000Hz를 기본으로 사용하기 때문에 Max. number of formants를 4로 지정한 것과 동일하게 4,000Hz로 지정하였으며 Window length는 분석할 음성 구간을 지정하는 것으로 가우시안 방식을 설정하였다. 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 포먼트 주파수를 추출하였다[8][9].

포먼트 주파수는 LPC 값을 이용해서 구하는 방법으로 역필터 A(z)의 근을 계산하여 포먼트 주파수와 대역폭의 모든 후보를 추출할 수 있으며 어떤 복소근 z에 대한 대역폭 \hat{B} 와 주파수 \hat{F} 는 s-평면에서 z-평면으로의 변환에 의해 얻어진다.

$$z = e^{sT} \tag{1}$$

$s = -\pi\hat{B} \pm j2\pi\hat{F}$ 이고 $z = R_c(z) \pm jI_m(z)$ 는 복소근의 실수부와 허수부로 정의된다. 그러면 포먼트는 수식 (2)와 같이 구할 수 있으며 대역폭은 수식 (3)과 같이 구할 수 있다.

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

$$\hat{B} = -\left(\frac{f_s}{\pi}\right) \ln|z| \tag{3}$$

4. 실험 결과 및 통계 분석

4.1 실험 결과

본 논문에서는 간 질환에 따른 음성의 변화를 공명강과 발성에 미치는 음성학적 분석 실험을 수행하였다. 이를 위해 한의학적 진단 이론에 근거하여 간과 음성의 연관성이 아음에 해당하는 “ㄱ, ㄴ” 발음이라는 전제조건하에 “가까이 사는 가까끼는 꼬끼리와 같다.”라는 실험 문장을 녹음하여 제3포먼트 주파수 대역폭과 무성음 추출 패턴을 분석하는 실험을 수행하였다. 논문에서 사용한 실험 환경은 Microsoft Windows XP Professional을 운영체제로 사용하였으며 음성 데이터 수집 장치로는 스테레오 고품질 녹음 모드인 STHQ 방식의 SONY ICD-SX67을 사용하였고 음성 신호의 비교·분석을 위해 사용한 음성 분석 도구는 Praat 5.0.23의 Formant 및 Voice breaks 분석 요소를 사용하였다.

아래 <표 3>은 간 질환으로 인해 입원한 환자들에 대한 간 질환 치료 전과 후의 제3포먼트 주파수 대역폭을 추출한 결과이며 <표 4>는 간 질환 치료 전과 후의 무성음 추출 패턴수를 추출한 결과이다.

<표 3> 제3포먼트 주파수 대역폭 측정 결과표

구분	치료 전	치료 후	편차	구분	치료 전	치료 후	편차
LM-01	881.559	616.916	-264.643	LF-01	101.848	183.746	81.898
LM-02	351.262	159.139	-192.123	LF-02	247.133	179.89	-67.243
LM-03	610.856	587.362	-23.494	LF-03	246.894	180.419	-66.475
LM-04	630.857	318.873	-311.984	LF-04	287.505	281.317	-6.188
LM-05	381.62	477.898	96.278	LF-05	206.028	144.363	-61.665
LM-06	1014.636	440.504	-574.132	LF-06	204.852	174.381	-30.471
LM-07	1269.658	622.399	-647.259	LF-07	224.925	189.420	-35.505
LM-08	680.677	84.502	-596.175	LF-08	157.824	176.281	18.457
LM-09	258.242	198.65	-59.592	LF-09	238.415	176.547	-61.868
LM-10	530.907	199.381	-331.526	LF-10	342.154	294.582	-47.572
평균			-290.46	평균			-27.66

<표 4> 무성음 추출 패턴수 측정 결과표

구분	치료 전	치료 후	편차	구분	치료 전	치료 후	편차
LM-01	10	8	-2	LF-01	14	9	-5
LM-02	11	8	-3	LF-02	12	9	-3
LM-03	13	11	-2	LF-03	11	9	-2
LM-04	11	10	-1	LF-04	15	6	-9
LM-05	11	10	-1	LF-05	8	9	+1
LM-06	11	10	-1	LF-06	12	10	-2
LM-07	16	9	-7	LF-07	14	11	-3
LM-08	9	6	-3	LF-08	12	8	-4
LM-09	11	10	-1	LF-09	14	9	-5
LM-10	7	6	-1	LF-10	10	8	-2
평균			-2.20	평균			-3.40

4.2 통계 분석

실험 결과를 기반으로 피실험자 집단의 간 질환 치료 전과 후 사이에 공명강과 발성의 상관성이 존재하는지에 대한 음성 분석학적 정보를 추출하여 간 질환이 공명강과 발성에 미치는 영향을 분석하였다. 실험 결과를 기반으로 간 질환 치료 전과 후의 상관관계를 분석한 결과 제 3 포먼트 주파수 대역폭의 경우는 상관관계가 0.592026694로 나타났으며 무성음 추출 패턴수의 상관관계는 0.693334923으로 나타나 두 집단 사이의 선형관계가 있음을 알 수 있다. 또한, 모든 상관관계 분석 결과가 동일한 방향성을 가지고 있으며 0.5~0.6 사이의 값을 나타냄으로써 중간 상관관계를 나타내고 있다.

이와 같은 상관관계 특성을 기반으로 두 표본의 제 3 포먼트 주파수 대역폭 및 무성음 추출 패턴수의 평균치 비교 방식을 도입하여 Paired T-Test 방식에 의한 통계 분석을 수행하였다. 즉, 동일 개체에 대한 두 표본평균치의 비교를 통계적으로 분석하는 Paired T-Test 방식을 적용하여 실험 결과에 대한 통계적 유의성을 분석하였다 [10]. 아래 <표 5>와 <표 6>은 간 질환 치료 전과 후의 제 3 포먼트 주파수 대역폭과 무성음 추출 패턴수에 대한 표본평균치 비교 분석 결과를 나타낸 것이다. 분석 결과를 통해 간 질환 치료 전과 후의 제 3 포먼트 주파수 대역폭과 무성음 추출 패턴수의 유의확률은 각각 0.005802429와 0.09972058로 유의수준 0.05와 0.5보다 작게 추출되어 검정 통계량이 유의한 값을 보였음을 알 수 있다.

<표 5> 제 3 포먼트 주파수 대역폭 통계 분석 결과

제 3 포먼트 주파수 대역폭 통계분석	치료 전	치료 후
평균	661.0274	370.5624
피어슨 상관 계수	0.592026694	
t 통계량	3.593998669	
P(T<=t) 단측 검정	0.002901214	
t 기각치 단측 검정	1.833112923	
P(T<=t) 양측 검정	0.005802429	
t 기각치 양측 검정	2.262157158	

<표 6> 무성음 추출 패턴수 통계 분석 결과

무성음 추출 패턴수 통계분석	치료 전	치료 후
평균	225.7578	198.0946
피어슨 상관 계수	0.693334923	
t 통계량	1.834874319	
P(T<=t) 단측 검정	0.04986029	
t 기각치 단측 검정	1.833112923	
P(T<=t) 양측 검정	0.09972058	
t 기각치 양측 검정	2.262157158	

5. 결론

최근 들어, IT의 네트워크화, 지능화, 내재화의 특성을 통해 기존 기술 및 산업간 융합의 원천기술화 시키는 IT 융합 산업이 경쟁력 우위 확보 및 신성장 동력화로 추진되면서 IT 산업과 타 산업간의 융복합화가 급속히 촉진되고 있다. 또한, 의료 분야는 3대 분야별 17개 신성장 동력 중 IT 의료융합 산업 비전 및 신성장 동력을 위한 Top Brand를 도출하는 추세이며 IT를 융합하여 의료산업에 고부가가치의 신산업을 창출할 수 있는 연구 방향을 설정하여 의료 IT 인프라 구축을 위한 통합형 로드맵이 수립된 상황이다. 특히, 글로벌 고령화와 신종 경제권 성장은 네트워크 기반의 건강, 의료 서비스와 실버 산업의 거대 성장을 형성하고 있으며 의료 IT 융합으로 첨단 진단, 비침습 치료 등의 신기술 시장 형성이 예상되고 질병의 조기진단 및 라이프스타일 건강관리를 위한 기술 개발이 요구되고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 간질환이 음성에 미치는 영향을 연구하기 위해 간 질환자를 대상으로 치료 전과 후의 공명강과 발성의 변화를 측정하여 비교, 분석하는 연구를 수행하였다. 이를 위해 간 질환을 앓고 있는 환자를 대상으로 치료 전과 후의 음성을 수집하여 제 3 포먼트 주파수 대역폭과 무성음 추출 패턴수를 측정하여 상호간의 비교, 분석을 수행하였다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 간 질환 집단에서 치료 전보다 후의 제 3 포먼트 주파수 대역폭은 남성 집단의 90%, 여성 집단의 80%가 각각 감소하였으며 무성음 추출 패턴수는 남성 집단의 100%, 여성 집단의 90%가 각각 감소하는 결과를 나타냈다. 이와 같은 결과는 간과 엄소리인 아음과의 한의학적 관계 기반의 이론을 제 3 포먼트 주파수 대역폭과 무성음 추출 패턴수를 적용한 연구 결과로 결론적으로 간 질환에 의해 공명강과 발성에 영향을 미치는 것으로 분석된다.

참고문헌

- [1] 대한소화기학회, 간염, 군자출판사, 2005.
- [2] 보건복지부, 보건복지통계연보, 2009.
- [3] 이미연, “종합검진 초음파에서 나타난 간질환과 건강 관련 요인분석”, 한국방사선기술연구회지, 2009.
- [4] 고바야시 산고, 간장 심장편, 집문당, 2002.
- [5] 태웅건강연구회, 간장 클리닉, 태웅출판사, 2000.
- [6] 김시천, “감각이란 무엇인가-동양철학적 접근”, 한국철학사상연구회 제18권 제3호 pp.491-520, 2007.
- [7] 동의과학연구소, 동의보감 내경편, 휴머니스트, 2002.
- [8] 양병근, 프라트를 이용한 음성분석의 이론과 실제, 만수출판사, 2003.
- [9] 고도홍, 정옥란 외 공편, 음성 및 언어 분석기기 활용법, 한국문화사, 2001.
- [10] 남해성, 평균치의 통계적 분석, 충남의대 예방의학교실, 2007.