

# 발화속도 및 강도 분석에 기반한 폐질환의 음성적 특징 추출

김 봉 현<sup>†</sup> · 조 동 옥<sup>††</sup>

## 요 약

현대인의 6대 난치병으로 분류되고 있는 폐질환은 대부분 흡연과 대기 오염으로 발병한다. 이와 같은 이유로 폐기능이 손상되어 폐포내에서 이산화탄소와 산소의 교환이 정상적으로 이루어지지 않아 생명 연장의 위험 질환으로 관심이 증대되고 있다. 이를 위해 본 논문에서는 폐질환에 대한 음성적 특징 추출을 목적으로 음성 분석 요소를 적용한 폐질환 진단 방법을 제안하였다. 우선 폐질환을 앓고 있는 환자와 동일한 연령, 성별대의 정상인들로 피실험자 집단을 구성하고 이들의 음성을 수집하였다. 또한 수집된 음성을 통해 다양한 음성 분석 요소를 적용하여 분석을 수행하였으며 발화속도 및 강도 분석 요소 부분에서 폐질환자 집단과 정상인 집단간의 유의성이 있음을 알아 낼 수 있었다. 결론적으로 폐질환자 집단이 정상인 집단보다 발화속도가 느리며 강도가 크게 나타나는 결과를 도출해 내었으며 이를 통해 폐질환의 음성적 특징 추출 방법을 제시하였다.

키워드 : 폐질환진단, 발화속도, 강도분석, 음성분석

## Voice Features Extraction of Lung Diseases Based on the Analysis of Speech Rates and Intensity

Bong Hyun Kim<sup>†</sup> · Dong Uk Cho<sup>††</sup>

### ABSTRACT

The lung diseases classifying as one of the six incurable diseases in modern days are caused mostly by smoking and air pollution. Such causes the lung function damages, and results in malfunction of the exchange of carbon dioxide and oxygen in an alveolus, which the interest is augment with risk diseases of life prolongation. With this in the paper, we proposed a diagnosis method of lung diseases by applying parameters of voice analysis aiming at the getting the voice feature extraction. Firstly, we sampled the voice data from patients and normal persons in the same age and sex, and made two sample groups from them. Also, we conducted an analysis by applying the various parameters of voice analysis through the collected voice data. The relational significance between the patient and normal groups can be evaluated in terms of speech rates and intensity as a part of analyzed parameters. In conclusion, the patient group has shown slower speech rates and bigger intensity than the normal group. With this, we propose the method of voice feature extraction for lung diseases.

Keywords : Lung Diseases Diagnosis, Speech Rates, Intensity Analysis, Voice Analysis

### 1. 서 론

최근 들어 인구의 고령화, 저출산 및 경제적 수준의 향상으로 건강에 대한 현대인들의 관심이 높아지고 있다. 또한 고령화 사회에 따른 경제 생산성의 저하로 사회적 의료비에 대한 부담이 증가되고 있으며 복지비용을 절감하기 위한 노력이 증대되고 있는 실정이다. 특히, 치료 기술의 발전에 의한 질환의 완쾌도 중요시 되고 있지만 조기에 질환을 진단

하여 사전에 발병되는 것을 방지하거나 초기 증상이 악화되는 것을 미리 방지하는 등의 적절한 조치를 취하는 예방 분야가 더욱 중요시 되고 있다. 이와 같이 의료 분야에 대한 시대적 관심이 변화되면서 재택형 의료 시스템은 차세대 개인 맞춤형 의학 모델 분야로 독보적인 경쟁력을 확보할 수 있는 것으로 전망되고 있다. 또한 삶의 질을 추구하는 경향으로 인해 보다 나은 건강을 추구하는 소비문화가 증가되고 있으며 질병 예방과 조기 진단, 건강 유지 및 증진을 위한 맞춤형 개인 건강관리를 위한 재택형 의료 시스템의 수요 급증이 예상되고 있다[1].

현재 보편화된 의료 형태는 내원을 통해 의사와 환자간의 상호 정보를 교환해야 한다는 공간상의 제약과 이에 따른

<sup>†</sup> 정 회 원 : 한밭대학교 컴퓨터공학과 강의전담강사

<sup>††</sup> 정 회 원 : 충북도립대학 정보통신과학과 교수

논문접수: 2009년 8월 13일

수정일: 1차 2009년 9월 21일, 2차 2009년 10월 19일

심사완료: 2009년 11월 9일

시간상의 제약을 갖고 있으며 이러한 문제로 인해 질환에 대한 조기 진단이 어렵고 응급상황에 대해 신속하게 대처할 수 없다. 이에 유비쿼터스 개념의 재택형 의료 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있다[2-3]. 이를 통해 건강의 유지, 관리를 위한 제한적인 요소를 회피할 수 있으며 일상생활 속에서 지속적인 의료 서비스를 제공받을 수 있어 효율적이고 경제적인 사회적 의료 서비스를 누릴 수 있다. 이와 같은 의료 서비스의 변화는 정보통신 인프라 기반이 마련되고 BT와 NT 기술이 발전하면서 의료 서비스의 산업화가 촉진되었으며 보건의료 정보화 지원체계 구축을 위하여 원격진료, 진료정보 공유 및 조기 진단기기 개발 등 무구속, 무자각 형태의 u-헬스 분야의 기틀을 마련하였다[4].

따라서 본 논문에서는 고령사회에 흔히 접할 수 있는 질환인 폐질환에 대한 조기 진단 방법을 음성 분석 요소의 적용으로 제안하였다. 폐질환은 호흡 작용을 하는 폐기능이 손상되어 폐포내에서 이산화탄소와 산소의 교환이 정상적으로 이루어지지 않아 호흡곤란을 초래하는 폐의 질환을 총칭하는 것으로 노인성 질환의 대표적인 질환이다[5]. 따라서, 폐질환의 조기 진단에 필요한 음성적 특징 추출 및 비교, 분석에 관한 연구를 수행하였다. 폐는 한의학적 진단 이론에 의해 발음상 치음(齒音)에 문제가 있다고 되어 있으며 동양의학적 진단 이론에 의해 폐에 질환이 발생하면 조급한 음성이 나온다고 되어 있다. 이를 기반으로 본 논문에서는 폐질환을 앓고 있는 환자들을 대상으로 피실험자 집단을 구성하고 이와 동일한 성별, 연령대의 정상인 집단과의 음성에서 유의성을 도출하기 위한 실험을 수행하였다. 또한 다양한 음성 분석 요소들을 적용하여 결과값을 추출하였으며 상호간의 비교, 분석을 통해 폐질환을 진단할 수 있는 음성 분석학적 요소를 도출하였다. 이로 인해 추출된 실험 결과에 대한 유의적 분석을 통해 최종적으로 음성 에너지에 대한 발화속도 및 강도 분석을 통해 폐질환과 음성적 특징 결과와의 상관성 분석을 수행하였다. 결론적으로 폐질환 진단의 독자적이며 차별적인 음성 분석 기술을 개발하였으며 추후 영상 분석 기술과의 융합을 통해 정확한 폐질환 진단 시스템을 개발하고자 한다.

## 2. 폐장과 질환

폐는 양서류 이상의 척추동물에서 볼 수 있으며 어류의 부레와 상동하는 인체 기관이다. 사람의 폐는 전체적으로 볼 때 반원추형으로, 좌우 1쌍이 있는데 종격(縱隔)을 사이에 두고 마주 대하여 흉강의 대부분을 차지한다. 또한 폐는 사열(斜裂)에 의해 폐엽으로 구분되며, 우폐는 2줄의 절흔으로 상·중·하의 3엽으로, 좌폐는 1줄의 절흔으로 상·하의 2엽으로 나누어진다[6-7].

폐의 가장 중요한 역할은 들이마신 공기중의 산소와 몸을 돈 혈액의 이산화탄소를 교환하여 신선한 혈액을 만드는 것이다. 한의학에서는 폐주기(肺主氣)라 하여 폐는 기를 주관한다고 설명한다. 한의학에서 폐질환 증상에 대하여 폐가

나쁘면 천식이 생겨 어깨 부위에 통증이 있고 땀이 나는데 폐를 치료하기 위해서는 비위(脾胃)의 기능도 잘 살려 주어야 한다고 나타나 있다. 이는 오행(五行)에서 토생금(土生金)의 원리로 위장의 토(土)기운이 좋아야 폐의 금(金)기운이 생활할 수 있기 때문이다. 폐질환은 대부분 흡연이나 오염된 공기 때문에 폐의 기능에 무리가 생겨 이상을 일으키는 경우이다. 또한 폐경(肺經, 폐에 속하는 경락)과 연관된 감정이 '슬픔'이므로 지나치게 슬퍼하면 폐가 상한다[9-10]. 이와 같은 폐질환의 원인은 대부분이 흡연, 대기 오염, 직업적 노출, 알레르기, 감염, 유전적 소인 및 노화 등에 의한 것으로 폐질환의 종류마다 자각증세가 다소 다르나 대부분 기침, 가래, 오한, 고열, 흉통 및 운동 시 호흡 곤란의 증상이 나타난다. 폐질환의 종류에는 폐렴, 결핵, 폐암, 폐경색증, 폐수종, 진폐증, 폐기종 및 폐섬유증 등이 있으며 특히 만성 폐쇄성 폐질환으로는 만성 기관지염, 폐기종, 기관지 확장증 및 천식 등이 있다. 이러한 폐질환이 지속되어 증상이 악화될 경우 만성 폐질환의 급성화, 세균 감염 및 심부전 등의 질환으로 합병증을 유발하는 경우가 많다[8].

## 3. 연구 과정 및 방법

### 3.1 임상 자료 수집 및 분류

본 논문에서는 폐 질환에 따른 음성의 변화를 통해 폐 질환에 대한 조기 진단을 할 수 있는 방법을 구축하기 위해 음성공학적으로 객관화, 정량화, 시각화를 행하기 위한 실험을 수행하였다. 이를 위해 다양한 음성 분석 요소를 수집한 음성에 적용하여 상호간의 비교, 분석을 수행하기 위해 폐질환을 앓고 있는 환자들을 대상으로 기준 피실험자 집단을 구성하였으며 이와 동일한 성별, 연령대의 정상인들을 대상으로 비교 피실험자 집단을 구성하여 실험을 진행하였다. 이를 통해 실험 결과값을 기반으로 폐 질환에 대한 조기 진단이 가능한 객관적 진단 지표를 추출하는 연구를 수행하였다.

이를 위해 본 논문에서는 실험에 사용할 임상 자료를 대전의 C종합병원에서 연구 허가를 받기 위한 내부 심사기구인 IRB(Institutional Review Board) 승인 절차를 거쳐 수집하였으며 폐 질환에 관한 전문의의 승인과 검토 과정을 거쳐 연구에 필요한 피실험자 집단을 아래 <표 1>에서 <표 4>는 같이 남·녀 각각 20명씩으로 선정하였다. 폐 질환 피실험자 집단의 평균 연령은 남성이 51.90세이며 여성이 51.25세이다. 또한 정상인들은 폐질환을 앓고 있는 피실험자 집단과 비슷한 연령 및 동일한 성별로 폐장에 이상이 없는 피실험자로 구성하였으며 이들의 평균 연령은 남성이 50.95세이며 여성이 52.20세이다. 또한, 폐질환자 집단의 피실험자는 전문의의 소견을 토대로 병중 정도를 경(輕), 중(中), 중(重)으로 분류하여 임상 자료 구성표에 나타냈으며 정상인 집단에서도 다른 질환을 앓고 있는 피실험자에 대해 동일한 병중 정도를 나타냈다.

실험에 사용될 음성은 "잠자는 사자와 주차선속 차주"를 3회 반복 낭독하여 잠음이 적고 자연스러운 음성을 선정하

〈표 1〉 폐질환자 남성 집단 구성표

순번	나이	병명	비고
LM-01	52	폐결핵	경(輕)
LM-02	56	폐암	중(重)
LM-03	48	폐암	중(重)
LM-04	51	폐경색증	중(中)
LM-05	47	폐렴	경(輕)
LM-06	54	폐기종	경(輕)
LM-07	62	폐암	중(重)
LM-08	51	폐렴	경(輕)
LM-09	49	폐렴	경(輕)
LM-10	57	진폐증	경(輕)
LM-11	52	폐암	중(重)
LM-12	54	폐결핵	경(輕)
LM-13	46	폐암	중(重)
LM-14	48	폐렴	경(輕)
LM-15	52	폐결핵	중(中)
LM-16	56	폐암	중(重)
LM-17	52	진폐증	중(中)
LM-18	52	폐기종	경(輕)
LM-19	48	폐기종	중(中)
LM-20	51	폐암	중(重)
피실험자수	20명	평균연령	51.90세

〈표 3〉 정상인 남성 집단 구성표

순번	나이	병명	비고
NM-01	47	정상	
NM-02	45	정상	
NM-03	57	간염	중(中)
NM-04	52	정상	
NM-05	54	위암	중(中)
NM-06	48	당뇨	경(輕)
NM-07	52	정상	
NM-08	52	정상	
NM-09	54	정상	
NM-10	49	위염	경(輕)
NM-11	50	신우염	중(重)
NM-12	57	정상	
NM-13	56	간염	경(輕)
NM-14	47	정상	
NM-15	54	정상	
NM-16	52	정상	
NM-17	45	정상	
NM-18	46	당뇨	중(中)
NM-19	51	정상	
NM-20	54	정상	
피실험자수	20명	평균연령	50.95세

〈표 2〉 폐질환자 여성 집단 구성표

순번	나이	병명	비고
LF-01	55	폐렴	중(中)
LF-02	46	폐렴	경(輕)
LF-03	51	폐암	중(重)
LF-04	49	폐경색증	경(輕)
LF-05	54	폐기종	중(中)
LF-06	55	폐렴	경(輕)
LF-07	47	진폐증	경(輕)
LF-08	53	폐결핵	경(輕)
LF-09	58	폐결핵	중(中)
LF-10	49	폐렴	경(輕)
LF-11	51	폐렴	중(重)
LF-12	50	진폐증	경(輕)
LF-13	54	폐암	중(重)
LF-14	45	폐기종	중(中)
LF-15	50	폐렴	경(輕)
LF-16	48	폐결핵	경(輕)
LF-17	53	폐암	중(重)
LF-18	56	폐렴	중(中)
LF-19	49	진폐증	경(輕)
LF-20	52	폐결핵	경(輕)
피실험자수	20명	평균연령	51.25세

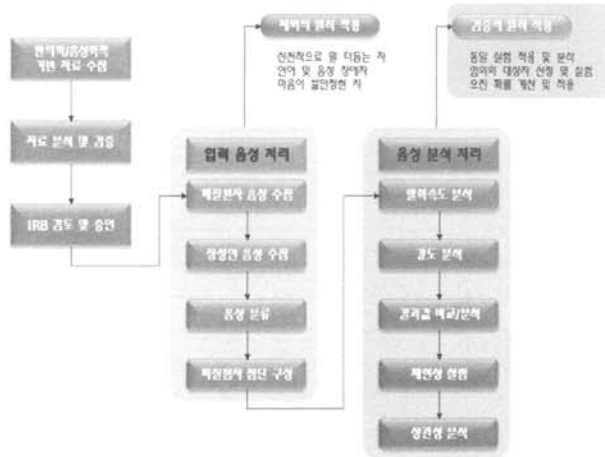
〈표 4〉 정상인 여성 집단 구성표

순번	나이	병명	비고
NF-01	51	당뇨	경(輕)
NF-02	54	정상	
NF-03	47	신우염	중(中)
NF-04	52	정상	
NF-05	57	정상	
NF-06	52	정상	
NF-07	45	위염	경(輕)
NF-08	53	당뇨	중(重)
NF-09	50	정상	
NF-10	54	정상	
NF-11	48	신우염	경(輕)
NF-12	49	간염	중(中)
NF-13	55	정상	
NF-14	52	정상	
NF-15	54	정상	
NF-16	47	위염	경(輕)
NF-17	53	당뇨	경(輕)
NF-18	46	정상	
NF-19	52	신부전	중(中)
NF-20	54	정상	
피실험자수	20명	평균연령	51.25세

여 사용하였다. 실험에 사용한 “잠자는 사자와 주차선속 차주”는 한의학적 청진 이론에서 제시하고 있는 음령오행표를 기반으로 치음(齒音)에 속하는 단어 위주로 실험 문장을 구성하였다[17].

또한, 실험의 정확성을 위해 대상자들에게 실험의 목적을 간단히 설명함으로 화자 내에서는 동일한 목소리로 발음하도록 하였으며 총 실험 대상자는 정상인과 폐장 질환자로 분류하였으며 정상인 집단 중 선천적으로 말을 더듬거나 언

어 및 음성에 대한 장애가 심한 경우, 혹은 실험의 설명과 최대한의 여유를 통해서도 마음의 안정을 갖지 못하고 불안함을 호소하는 피실험자는 연구의 정확성을 위해 정상인 피실험자 집단에서 제외하고 실험을 수행하였다. 연구 과정은 아래 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 연구 과정 흐름도

### 3.2 음성 분석 요소의 적용

#### 3.2.1 상대 진동의 변화율 추출

단위시간 안의 발음에서 성대의 진동인 피치의 변화가 얼마나 많은지를 나타내준다. Pitch Perturbation이라고도 한다. Momentary pitch period(음성파형 1회 진동)에 대한 Short-term average pitch period(음성파형 3회 진동)길이의 비율이다. 정상적인 음성에서는 변화율이 높지 않지만, 성대에 결절이 있거나 압조직이 있으면 변화가 많게 된다. 성대의 질병여부 또는 음성장애의 평가로 Jitter가 1.0% 이상이면 병적인 음성으로 판단하는데 흔히 사용한다[16].

Jitter의 경우 연령의 증가와 상관이 있다는 연구와 연령의 증가와는 상관이 없다는 연구가 모두 공존한다. 또한 Jitter는 진동주파수의 한 주기가 얼마나 변동 적인지를 말하여 주는데, 청지각적으로 목 쇠소리와 거친 소리에 관련이 많다[13].

#### 3.2.2 진폭 변화의 규칙성 추출

음성파형에서 각 지점의 진폭 값의 변화가 얼마나 규칙적 인지를 나타내준다. 상대진폭의 변이 양상을 보여주어 진폭의 정확도를 말하여 준다. 진동 주기당 진폭의 변화를 dB로 평가하며, 지속 모음시 음폭의 불규칙한 변화를 백분율로 나타낸 것이며 보통 후두암과 같은 환자의 경우에는 성대의 진동이 불규칙적이면 각 시점의 진폭 값도 일정하지 않게 된다[14].

#### 3.2.3 발화속도 추출

피실험자 집단의 음성에 대한 발화속도는 실험 문장을 낭독하는데 걸린 시간으로 나누어서 초당 음절수로 계산하여

측정한 것으로 결과값을 추출하였다. 물론 실험 문장의 난해성, 피실험자의 성격 및 녹음할 때의 인체 상태에 따라 다소 차이를 보일 수 있기 때문에 실험의 정확성을 향상시키기 위해 피실험자 집단 중 선천적으로 말을 더듬거나 성격이 급해 불안정한 마음 상태를 유지하는 대상자에 대해서는 실험 결과에서 제외하였다.

$$\text{발화속도} = \frac{\text{전체음절수}}{\text{낭독시간}} \quad (1)$$

음성 분석학적 기반 이론에 적용해보면 개개인의 특성 변수로서의 발화속도를 살펴보기 위해서는 자연 발화의 상태에서 음성 에너지 속도를 측정하는 것이 가장 적합하지만 본 논문에서는 동일한 입력 환경속에서의 피실험자 집단간 비교, 분석을 실험하기 위한 것이므로 진단 결과로의 적용이 가능할 것으로 판단되어 실험 요소로 선정하였다[11].

#### 3.2.4 강도 추출

음성 파형에서 에너지의 크기를 측정하는 요소 기술이 강도이다. 강도값은 일반적인 음성 파형에 대한 진폭 값이 음수와 양수로 분류되어 나타나기 때문에 음수 값을 양수 값으로 변환하기 위해 진폭값을 모두 제곱하여 더한 후 다시 제곱근을 구하여 나타낸다. 음성 에너지의 크기 측정은 시간 점에 대한 선형 간격의 적용으로 결과값을 추출하였으며 dt는 0.005로 하여 5밀리초마다 강도 파형이 생성될 수 있도록 하였다. 또한,  $t_1$  시간에서부터 일정한 간격으로  $t_1, t_2, t_3, \dots$ 의 음성 소스로부터 생성된 음성 에너지를 추출하였다.

$$t_i = t_1 + (i-1)dt \quad (2)$$

이와 같은 음성학적 분석 요소 중 음성 에너지의 크기를 측정하는 강도 분석 요소를 적용하여 조급한 음성으로 인해 에너지의 크기에 변화를 줄 수 있을 것이라는 기반적 이론을 바탕으로 결과값을 추출하였으며 이들에 대한 평균값을 통해 실험을 수행하였다.

### 4. 시뮬레이션 결과 분석

#### 4.1 음성 분석 요소 적용 결과

본 논문에서는 폐 질환에 따른 음성학적 특징을 추출하여 폐 질환과 특징적 음성 분석 요소와의 상관성을 분석하기 위한 실험을 수행하였으며 이를 통해 음성 기반으로 폐장 질환을 조기 진단 할 수 있는 재택형 진단기기의 개발 방법을 제안하였다. 본 논문에서는 병원과의 협조를 통해 동일한 환경에서 실험 음성을 수집하였으며 외부적인 요인을 최소화하기 위해 피실험자의 입과 입력 장치간의 거리를 15cm로 일정하게 유지하였다.

또한 수집된 음성에 대한 분석용 실험 환경 설정은 Microsoft Windows XP Professional 을 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 분석 요소를 사용하였다[15].

본 논문에서는 폐장에 대한 음성 에너지 변화 요소의 결과를 분석하기 위한 상관성 추출 실험으로 음성 에너지의 변화를 측정할 수 있는 다양한 음성 분석학적 요소들을 적

용하는 실험을 수행하였다. 아래 <표 5>는 폐질환자 남성 집단의 음성 분석 결과를 나타낸 것이며 <표 6>은 폐질환자 여성 집단의 음성 분석 결과를 나타낸 것이다. 또한 <표 7>은 정상인 남성 집단의 음성 분석 결과를 나타낸 것이며 <표 8>은 정상인 여성 집단의 음성 분석 결과를 나타낸 것이다.

<표 5> 폐질환자 남성 집단의 음성 분석 결과표

순번	성대진동 변화율 (%)	진폭변화 규칙성 (dB)	발화속도 (음절/s)	강도값 (dB)
LM-01	2.120	0.883	3.327	79.32
LM-02	1.341	0.765	2.841	81.74
LM-03	1.927	0.925	3.286	84.38
LM-04	2.648	1.485	3.345	82.73
LM-05	0.640	0.825	3.356	80.67
LM-06	1.228	0.684	3.248	78.24
LM-07	2.286	0.825	3.804	85.95
LM-08	1.890	0.558	4.004	82.28
LM-09	2.054	0.682	3.861	85.64
LM-10	1.769	0.704	3.495	83.67
LM-11	0.584	1.250	4.107	90.05
LM-12	1.105	0.662	3.775	83.41
LM-13	3.052	0.854	2.829	82.37
LM-14	1.582	1.226	3.678	81.28
LM-15	2.882	0.604	3.806	77.59
LM-16	1.605	0.723	4.284	90.52
LM-17	0.846	1.428	3.648	82.68
LM-18	2.124	0.925	3.804	81.57
LM-19	1.685	0.710	4.114	79.50
LM-20	1.751	0.882	2.927	77.69
평균값	1.756	0.88	3.577	82.56

<표 7> 정상인 남성 집단의 음성 분석 결과표

순번	성대진동 변화율 (%)	진폭변화 규칙성 (dB)	발화속도 (음절/s)	강도값 (dB)
NM-01	1.633	0.857	4.252	78.29
NM-02	1.725	0.852	3.624	80.39
NM-03	1.264	1.284	4.058	73.92
NM-04	0.864	0.692	3.723	71.85
NM-05	0.920	0.840	3.828	78.67
NM-06	1.105	1.524	4.284	76.86
NM-07	0.924	1.255	3.928	78.48
NM-08	2.769	0.748	4.186	75.08
NM-09	1.648	0.925	3.465	83.64
NM-10	2.584	0.663	3.829	72.04
NM-11	1.825	0.802	3.940	76.80
NM-12	2.348	0.748	4.105	74.92
NM-13	1.640	0.935	4.086	81.65
NM-14	1.898	0.824	3.645	80.06
NM-15	1.921	0.934	4.019	77.05
NM-16	1.684	0.655	4.107	72.86
NM-17	1.925	0.582	3.765	82.64
NM-18	1.836	1.203	4.395	73.68
NM-19	2.212	0.715	4.106	74.06
NM-20	1.826	0.882	3.968	72.92
평균값	1.728	0.90	3.966	76.79

<표 6> 폐질환자 여성 집단의 음성 분석 결과표

순번	성대진동 변화율 (%)	진폭변화 규칙성 (dB)	발화속도 (음절/s)	강도값 (dB)
LF-01	2.052	0.824	3.562	83.58
LF-02	1.054	1.254	3.454	85.18
LF-03	1.826	1.057	3.769	82.67
LF-04	1.684	0.715	3.420	79.28
LF-05	3.054	1.695	2.885	83.65
LF-06	2.520	1.205	2.925	81.94
LF-07	1.828	0.863	3.528	83.82
LF-08	1.622	0.785	3.255	79.75
LF-09	0.840	0.624	3.485	88.94
LF-10	2.058	0.825	3.607	78.90
LF-11	0.882	0.458	3.528	83.58
LF-12	1.684	0.695	2.942	85.57
LF-13	3.645	0.605	3.714	82.75
LF-14	2.523	0.785	3.886	83.54
LF-15	1.825	1.054	4.085	87.85
LF-16	1.459	1.248	3.482	82.67
LF-17	1.285	0.958	3.711	81.92
LF-18	1.384	0.826	4.128	78.42
LF-19	0.869	0.758	3.486	86.27
LF-20	0.584	0.925	3.525	83.86
평균값	1.734	0.91	3.519	83.21

<표 8> 정상인 여성 집단의 음성 분석 결과표

순번	성대진동 변화율 (%)	진폭변화 규칙성 (dB)	발화속도 (음절/s)	강도값 (dB)
NF-01	1.480	1.024	3.920	78.57
NF-02	0.927	1.285	3.866	80.05
NF-03	1.625	0.826	4.278	77.73
NF-04	1.882	0.485	4.152	72.52
NF-05	0.924	0.925	4.180	81.28
NF-06	1.782	0.684	3.982	71.82
NF-07	1.415	1.284	4.182	75.64
NF-08	2.045	0.995	4.083	78.42
NF-09	1.712	0.826	4.102	72.90
NF-10	0.869	0.758	3.858	80.62
NF-11	2.365	1.285	3.327	79.04
NF-12	1.826	1.005	3.234	83.92
NF-13	2.650	0.854	4.288	71.07
NF-14	2.285	0.882	3.669	76.84
NF-15	1.889	1.031	3.890	79.24
NF-16	0.892	0.724	4.174	81.27
NF-17	1.652	0.904	3.851	72.06
NF-18	1.724	0.538	4.008	73.92
NF-19	1.825	0.822	3.582	75.67
NF-20	2.254	1.120	3.624	78.58
평균값	1.701	0.91	3.913	77.06

실험 결과에서 알 수 있듯이 음성을 통한 폐 질환 진단 지표를 설계하기 위해 다양한 음성 분석 요소를 적용하여 폐질환 집단과 정상인 집단간의 비교, 분석을 수행하였다. 실험 결과 성대진동 변화율과 진폭변화 규칙성은 발음의 정확성을 판단하거나 후두의 이상을 진단할 때 많이 사용되는 음성 분석 요소로 폐질환과의 연관성을 통한 두 실험 집단간의 유의성을 도출하기 위한 실험 요소로는 적합하지 않았다. 그러나, 발화속도 및 강도값에서 두 집단간의 유의성을 추출할 수 있었다. 즉, 폐질환자 집단이 정상인 집단보다 발화속도가 느리고 강도값이 크게 나타난 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 목소리의 시작점이라 할 수 있는 폐에 이상이 발생하여 정상인보다 음성이 조급하게 표현되는 것으로 판단할 수 있으며 이러한 현상이 음성 에너지의 속도와 크기에 영향을 주어 발화속도가 느려지고 강도값이 크게 나타나는 실험 결과로 측정되었음을 알 수 있다.

통상 한의학 이론에 의한 폐질환 진단 방법은 기존에 맥을 이용한 방법이 주로 사용되고 있다. 즉, 맥을 잡아 가장 깊은 곳에서 맥이 잡히는 신장, 중간 부분에서 맥이 잡히는 심장, 그리고 가장 바깥 부분에 떠 있는 맥이 폐장으로 인체 장기의 이상 유무를 확인한다. 다시 말해 폐는 맥으로는 가장 바깥에 떠 있는 것으로 나이가 들면 들수록 호흡도 위로 올라오는 것이다. 아이 때 숨을 쉴 때 배가 오르내리다가 어른이 되면 흉식으로 그리고 나이가 들면 들수록 호흡은 위로 올라오게 되며 운명 할 때가 되면 숨을 헐떡이게 된다. 마찬가지로 폐에 이상이 생기면 조급한 숨을 쉬게 된다. 이것을 한방에서는 폐질환에 걸리면 호흡도 가빠지고 조급한 소리가 나온다고 하고 있다. 즉, 폐질환이 진행되면 호흡은 빨라지고 환자가 내는 소리는 조급한 소리가 나오게 되는 것이다. 따라서 조급한 소리라고 하는 것은 실제로 마음이 급하다보니 말을 더듬고 빨리 문장을 마치려는 성급함으로 목소리가 커지게 되어 본 논문에서의 결과값과 같이 정상인에 비해 발화속도가 느리고 음성 에너지의 크기가 크게 도출되는 것으로 생각된다.

4.2 통계 데이터에 의한 신뢰성 분석

본 논문에서는 폐질환 진단을 위한 음성 분석 요소의 적용을 통해 폐질환과 음성과의 상관성 분석에 관한 실험을 수행하였다. 실험 결과 폐질환자 집단이 정상인 집단보다 발화속도가 느리고 강도값이 높게 측정되었다. 이와 같은 실험 결과를 기반으로 통계적 유의성 분석에 관한 측정을 수행하였다. 아래 <표 9>와 <표 10>은 발화속도에 대하여 F-검정을 이용하여 분산에 대한 남성 및 여성 집단의 P 단측 검정을 분석한 결과를 나타낸 것이다. 남성 폐질환자 집단과 정상인 집단은 P 단측 검정 결과값이 0.008958299로 0.05보다 작게 측정되어 분산이 다른 이분산 가정에 의한 유의성 분석을 수행하였으며 여성 폐질환자 집단과 정상인 집단은 P 단측 검정 결과값이 0.302194727로 0.05보다 크게 측정되어 분산이 같은 등분산 가정에 의한 유의성 분석을 수행하였다. <표 11>은 발화속도에 대한 최종 통계적 유의성

<표 9> 분산에 의한 남성 집단의 F-검정 결과

	남성 폐질환자 집단	남성 정상인 집단
평균	3.57695	3.96565
분산	0.180555734	0.058432976
관측수	20	20
F 비	3.08996299	
P(F<=f) 단측 검정	0.008958299	

<표 10> 분산에 의한 여성 집단의 F-검정 결과

	여성 폐질환자 집단	여성 정상인 집단
평균	3.51885	3.9125
분산	0.113061187	0.088834474
관측수	20	20
F 비	1.272717473	
P(F<=f) 단측 검정	0.302194727	

<표 11> 분산 가정에 의한 피험자 집단의 t-검정 결과

	남성 집단	여성 집단
t 통계량	-3.526303157	-3.91797591
P(T<=t) 양측 검정	0.001272907	0.000359916
t 기각치 양측 검정	2.042272449	2.024394147

분석을 수행한 결과로써 폐질환자 집단과 정상인 집단간의 유의확률인 P 양측 검정 결과가 0.001272907과 0.000359916으로 0.05보다 작게 측정됨으로써 실험 결과가 통계적으로 유의한 분석 결과임을 도출할 수 있었다.

또한, 아래 <표 12>와 <표 13>은 강도값에 대하여 F-검정을 이용하여 분산에 대한 남성 및 여성 집단의 P 단측 검정을 분석한 결과를 나타낸 것이다. 남성 폐질환자 집단과 정상인 집단은 P 단측 검정 결과값이 0.47659062로 0.05보다 크게 측정되어 분산이 같은 등분산 가정에 의한 유의성 분석을 수행하였으며 여성 폐질환자 집단과 정상인 집단은 P 단측 검정 결과값이 0.113217007로 남성 집단과 동일하게 0.05보다 크게 측정되어 분산이 같은 등분산 가정에 의한 유의성 분석을 수행하였다. <표 14>는 강도값에 대한 최종

<표 12> 분산에 의한 남성 집단의 F-검정 결과

	남성 폐질환자 집단	남성 정상인 집단
평균	82.564	76.793
분산	12.61416211	12.96322211
관측수	20	20
F 비	0.973073053	
P(F<=f) 단측 검정	0.47659062	

<표 13> 분산에 의한 여성 집단의 F-검정 결과

	여성 폐질환자 집단	여성 정상인 집단
평균	83.207	77.058
분산	7.766095789	13.67783789
관측수	20	20
F 비	0.567786799	
P(F<=f) 단측 검정	0.113217007	

<표 14> 분산 가정에 의한 피실험자 집단의 t-검정 결과

	남성 집단	여성 집단
t 통계량	5.103146175	5.938370131
P(T<t) 양측 검정	0.000009615	0.00000692
t 기각치 양측 검정	2.024394147	2.024394147

통계적 유의성 분석을 수행한 결과로써 폐질환자 집단과 정상인 집단간의 유의확률인 P 양측 검정 결과가 0.000009615 와 0.00000692로 0.05보다 작게 측정됨으로써 실험 결과가 통계적으로 유의한 분석 결과임을 도출할 수 있다.

4.3 비교 실험

본 논문에서는 제안한 방법에 대한 실험 결과의 정확성 및 신뢰성을 측정하기 위해 동일한 실험 방법에 의한 비교 실험을 수행하였다. 이를 위해 폐장 질환이 아닌 다른 질환을 앓고 있는 임상 자료를 동일한 환경과 조건으로 수집하여 논문에서 수행한 실험 과정을 거쳐 도출한 결과값을 비교·분석하였다. 이와 같은 비교 실험을 위해 폐장과 관련된 질환을 앓고 있는 환자들을 제외하고 다른 인체 장기 부위의 질환을 앓고 있는 환자들을 대상으로 폐질환자 집단과 동일한 성별, 연령대로 임상 자료의 대상을 선정하였으며 동일한 실험을 위해 각 집단마다 언어 및 음성 장애가 있다고 판명된 자료 및 고령, 시력감퇴 등의 이유로 인해 발음이 불분명한 자료 등을 제외한 나머지 임상 자료를 기반으로 남성 10명, 여성 10명을 각각 구성하였다.

아래 <표 15>는 다른 질환을 앓고 있는 비교 실험 집단

<표 15> 비교 실험 결과표

순번	성별	나이	질환명	발화속도(음절/s)	강도값(dB)
OM-01	남	48	위염	4.021	74.28
OM-02		53	고혈압	3.528	76.41
OM-03		58	당뇨	3.886	69.48
OM-04		52	신우염	4.120	75.82
OM-05		47	고혈압	4.085	81.34
OM-06		50	심근경색	3.992	73.82
OM-07		57	당뇨	3.485	72.85
OM-08		49	부정맥	3.782	67.08
OM-09		51	위암	3.806	71.28
OM-10		56	간염	4.124	75.25
평균값		52.10		3.88	73.76
OF-01	여	61	당뇨	3.725	71.85
OF-02		52	간염	4.208	72.52
OF-03		57	동맥경화	4.152	70.68
OF-04		48	협심증	3.867	69.52
OF-05		52	신부전	3.578	74.82
OF-06		46	고혈압	4.281	80.68
OF-07		48	부정맥	3.686	75.24
OF-08		52	위암	3.778	68.52
OF-09		54	당뇨	3.863	72.41
OF-10		55	고혈압	3.925	74.67
평균값		52.50		3.91	73.09

에 대해 동일한 실험을 수행한 결과를 나타낸 것이다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 비교 실험 집단의 경우 발화속도는 정상인 집단에 근접하며 에너지 크기는 오히려 정상인 집단보다 낮은 것으로 나타났다. 이를 통해 폐질환이 아닌 다른 질환을 앓고 있는 경우 질환에 따른 고통으로 인해 음성 에너지의 크기가 정상인 집단에 비해 낮게 추출된 것을 알 수 있다.

5. 결 론

현대 사회의 환경적 오염과 식습관의 변화 등으로 인해 만성 질환에 대한 질환자가 점차 증가되고 있으며 이를 극복하기 위한 사회적 관심이 증대되고 있다. 특히 폐질환은 호흡곤란을 일으켜 죽음에 이르는 결과를 초래하는 질환으로 고령사회에서 흔히 접할 수 있는 질환이다. 따라서 본 논문에서는 생명의 위협을 초래하는 폐질환에 대한 진단을 음성 기반으로 조기에 시행할 수 있는 방법론을 제안하였다.

이를 위해 본 논문에서는 폐장과 음성과의 상관성 분석을 통해 폐질환에 대한 조기 진단이 가능한 객관적 진단 지표를 설계하기 위해 폐질환자 집단과 정상인 집단간의 다양한 음성 분석 요소를 적용하는 실험을 수행하였다. 실험 결과 목소리의 시작이 되는 인체 장기인 폐에 이상이 발생했을 때 정상인보다 조급한 음성으로 표현되었으며 이를 음성 분석학적 요소의 적용을 통해 객관적 결과를 추출할 수 있었다. 즉, 폐질환자 집단이 정상인 집단보다 조급한 음성으로 인해 발화속도가 느리고 강도값이 크게 나타나는 결과를 도출할 수 있었다. 이를 기반으로 정상인과 폐질환자간의 유의성을 추출하여 폐질환에 대한 조기 진단에 필요한 객관적 진단 지표를 설계할 수 있었다. 향후 본 논문에서 제안한 연구 방법의 결과를 토대로 폐장 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 결과에 대한 정확성을 입증하기 위한 임상기반 검증 작업을 행하는 연구를 지속적으로 수행할 계획이다. 또한, 이와 같은 연구 결과를 다른 생체 분석 연구 방법과 복합적으로 구현하여 통합형 재택용 폐장 질환 진단 시스템을 구축할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 박세림, "유비쿼터스 기반 재택형 건강 조기 경보 프로그램 개발에 관한 연구," 연세대 석사학위논문, 2006.
- [2] 박광석, "유비쿼터스 건강관리를 위한 무작각 생체계측기술," 대한전기학회지 제53권 9호, 2004.
- [3] 김태균, "재택형 생체계측 시스템을 위한 실시간 운영체제 기반의 임베디드 시스템 개발," 연세대 석사학위논문, 2004.
- [4] 보건복지부, 2006 보건복지백서, 2007.
- [5] 유동준, 폐질환에 대한 상식, 해군219, 1972.
- [6] 두산백과사전, <http://www.encyber.com>

- [7] 고도홍, 언어기관의 해부와 생리, 소화출판사, 2004.
- [8] 진성림, 호흡기질환, 신원문화사, 2005.
- [9] 허준, 동의과학연구소, 동의보감 내경편, 휴머니스트, 2002.
- [10] 고바야시 산고, 비장·폐장·신장편(동양의학강좌 제3권), 집문당, 2004.
- [11] K. Johnson, Acoustic and Auditory Phonetics, Massachusetts: Blackwell Publishers, 1997.
- [12] 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.
- [13] Boone, D. M. & McFarlane, S. C, The Voice and Voice Therapy(4th ed.), Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall, 1988.
- [14] 이형석 외 5명, "Dr. Speech Science를 이용한 정상 및 후두질환 환자의 음향분석," 대한음성언어의학회지, 1997.
- [15] 양병근, 프라트를 이용한 음성 분석의 이론과 실제, 만수출판사, 2003.
- [16] 고도홍 외 2명, 음성 및 언어 분석기기 활용법, 한국문화사, 2001.
- [17] 김봉현 외 4명, "포먼트 주파수 특성에 근거한 신장 질환과 순음간의 비교·분석," 한국정보처리학회추계학술대회발표논문집, 제15권, 제2호, 2008.



**김 봉 현**

e-mail : bhkim@hanbat.ac.kr  
 2000년 한밭대학교 전자계산학과(공학사)  
 2002년 한밭대학교 전자계산학과(공학석사)  
 2009년 한밭대학교 컴퓨터공학과(공학박사)  
 2002년~현 재 한밭대학교 컴퓨터공학과  
 강의전담강사

2005년~현 재 충북도립대학 정보통신학과 강의전담강사  
 관심분야: 생체신호분석, 음성처리



**조 동 욱**

e-mail : ducho@cbpc.ac.kr  
 1983년 한양대학교 전자공학과(공학사)  
 1985년 한양대학교 전자공학과(공학석사)  
 1989년 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)  
 1991년~2000년 서원대학교 정보통신공학과  
 부교수

1999년 Oregon State University 교환교수  
 2000년~현 재 충북도립대학 정보통신학과 교수  
 2007년 기술혁신대전 대통령 표창 수상  
 2008년 한국정보처리학회 학술대상 수상  
 2009년 한국정보처리학회 부회장  
 관심분야: 생체신호분석, 영상처리