

# 직·간접흡연 환경에서의 성대 및 음형대 변화에 대한 음성 분석학적 연구

정회원 김 봉 현\*, 조 동 옥\*°

## A Study on Voice Analytical the Vocal Cord and Formant Change in the Smoking and Secondhand Smoking Environments

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

### 요 약

웰빙이 새로운 미래 사회적 이슈로 부각되면서 건강관리 및 유지에 대한 현대인들의 관심이 증대되고 있다. 특히, 흡연에 대한 좋지 않은 인식이 높아지면서 대대적인 금연 운동이 확산되고 있는 실정이다. 흡연은 인체의 호흡기와 순환기 등에 많은 악영향을 미치며 직접적인 흡연뿐만 아니라 간접흡연도 동일한 증상이 유발되는 치명적인 행위로 인식되고 있다. 따라서 본 논문에서는 직접흡연과 간접흡연 환경에서 성대 및 음형대에 미치는 영향을 음성 분석학적 요소 기술의 적용을 통해 비교, 분석하는 연구를 수행하였다. 이를 위해 20대 남성을 대상으로 흡연자와 비흡연자로 피실험자 집단을 구성하고 직·간접흡연 전과 후의 음성을 수집하여 Pitch, Jitter, Shimmer 및 5~8 Formant Frequency를 적용한 실험 결과를 추출, 분석하는 연구를 수행하였다.

**Key Words** : Smoking, Secondhand Smoking, Pitch, Jitter, Shimmer, Formant Frequency

### ABSTRACT

Modern people has been increased interest about health care and maintenance as emerging well-being and social issues. In particular, the smoking is not good for the recognition much greater importance is the massive spread of the smoking is low. The smoking has much adverse effects body's respiratory and circulatory organ many and it is recognized as a serious danger to our health the smoking as well as secondhand smoking. In this paper, we were carried out study analysis comparison to apply though voice analytical elements techniques have a influence vocal cords and formants in the environment smoking and secondhand smoking. For this purpose, we organized subjects group smoker and nonsmoker in 20's man and to collect voice of the smoke and Secondhand Smoking before after then we carried out study analysis experimental results Pitch, Jitter, Shimmer, 5~8 Formant Frequency.

### I. 서 론

사람의 목소리는 하루에도 몇 번씩 변화하기 때문에 항상 일정하게 유지하는 것은 매우 어렵다. 또한, 물을 마신다거나 밥을 먹는다거나 이야기를 하는 등 일상생활에서의 내·외부적인 환경 요인의 변화 등으

로 인해 사람의 목소리는 항상 영향을 받고 변화가 생기기 마련이다. 목소리가 나게 되는 이유는 코로 들어 마신 공기가 폐로 들어가서 다시 나올 때 성대를 진동시키면서 소리가 생성 되는 것이다. 생성된 소리가 공명과 구음이라는 과정을 거쳐 음성이라는 목소리로 인식된다. 이중 목소리의 고유한 특색을 결정해 주는

\* 충북도립대학교 전자정보계열(kimbh@cpu.ac.kr, ducho@cpu.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2011-01-009, 접수일자 : 2011년 01월 04일, 최종논문접수일자 : 2011년 05월 12일

것이 성대의 진동이다<sup>11)</sup>. 이러한 소리의 특성 요소를 분석하여 삶의 질을 높이는데 있어 건강한 삶을 살 수 있도록 이용되고 있다. 최근 들어 삶의 질적인 변화를 추구하는 과정에서 웰빙이라는 신조어가 등장했다. 즉, 육체적, 정신적 건강의 조화를 통해 행복하고 아름다운 삶을 추구하는 삶의 유형이나 문화를 강조하는 현대 사회의 변화를 의미한다. 이러한 사회적, 시대적 변화속에서 건강한 인생의 질적 향상을 위해 식단의 변화, 마음을 안정시키는 운동 및 취미 생활을 즐기는 현대인들이 증가하고 있다. 특히, 술, 담배, 스트레스는 현대를 살아가는 거대한 조직 구성원들에게서 절대 자유로울 수 없는 요소로 습관처럼 자리잡고 있는 위험 인자로 인식되고 있다. 흡연은 백해무익이라는 말처럼 폐암, 폐기종, 기관지염 및 심혈관 질환 등 많은 악성 질환을 유발하고 있다. 그러나 근래에는 일종의 멋과 유행에 젖은 심리로 깊은 생각없이 청소년층과 젊은 여성층에서 흡연자가 증가하고 있다. 흡연을 하는 경우 비흡연자에 비해 평균수명이 6~8년정도 단축되며 폐암의 경우 흡연자가 비흡연자에 비해 10~15배의 높은 발병률을 나타내고 있는 실정이다. 또한 간접흡연의 경우 필터로 걸러지지 않은 담배 연기를 그대로 받아들이기 때문에 더욱 큰 피해를 입게 된다. 예를 들어, 흡연하는 배우자를 가진 사람은 그렇지 않은 사람에 비해 심장 질환 발생률이 40%, 폐암 발생률이 30%가 더 높으며 폐암으로 인한 사망률이 2~3배에 이르는 실정이다. 이와 같은 사회적 흐름을 반영하듯이 최근 들어 흡연에 대한 좋지 않은 인식이 확대되면서 대대적인 금연 열풍이 불고 있다.

따라서 본 논문에서는 직·간접적인 흡연으로 인해 성대 및 음형대에 미치는 영향을 음성 분석학적 요소 기술의 적용을 통해 비교, 분석하는 연구를 수행하였다. 이를 위해 평소 흡연을 즐겨하는 20대 남성 20명을 대상으로 1차 피실험자 집단을 구성하고 20대 남성 비흡연자 20명을 대상으로 2차 피실험자 집단을

구성하였다. 1차 피실험자 집단을 기반으로 흡연 전과 후의 음성을 수집하여 Pitch, Jitter 및 Shimmer 분석 요소의 적용을 통해 성대 진동의 변화 정도를 측정하고 Formant Frequency 분석 요소의 적용을 통해 음형대의 변화 정도를 측정하여 상호간의 비교, 분석을 수행하였다. 또한, 2차 피실험자 집단을 기반으로 1차 피실험자 집단과 동일한 실험 환경 및 방법을 적용하여 결과값을 추출하고 상호간의 비교, 분석을 수행하였다.

## II. 직·간접흡연과 인체의 관계

흡연은 우리 몸에 대한 작용과 효과는 다양하게 나타난다. 담배에는 약 4000여종의 독성 화학 물질이 들어 있다. 대표적으로 타르와 니코틴 기체성분이 있다. 이 물질들이 저산소증, 금단현상, 혈액 내 산소 운반 능력을 저하 시키는 등 우리 몸에 많은 영향을 준다. 호흡기와 순환기에 많은 영향을 주는데 비흡연자에 비해 질병 발생 확률이 상당히 높다. 특히 폐암의 경우에는 10배~15배까지 높다. 또한, 구강에 영향을 주어 치아가 검에 지거나 누렇게 변색이 되고 구강암의 발병의 직접적인 원인이 된다. 그리고 성대에 직접적인 영향을 가하기 때문에 후두암 발병의 원인이 된다. 또한, 임산부의 흡연으로 인해 기형아, 조산아, 미숙아 등 심각한 문제가 발생하게 된다<sup>12,3)</sup>. 이와 같이 흡연으로 인해 발생하는 인체의 악영향은 크게 3가지로 분류할 수 있다. 첫째는 뇌에 미치는 영향으로, 담배에 포함된 환각 물질들로 인해 척수에 있는 신경을 교란시키고 일산화탄소는 산소보다 헤모글로빈과의 결합력이 강해서 기억력 등이 감소된다. 둘째로 심장에 미치는 영향으로, 담배에 들어있는 일산화탄소가 온몸에 피를 전해주는 심장과 손끝 발끝의 모세혈관에 치명적인 영향을 주어 각종 심장 질환 및 버거씨병(손가락, 발가락이 썩는 질환) 등에 걸리게 된다. 마지막으로 호흡기에 미치는 영향으로, 입을 통해 들어가는 담배 연기로 인해 구강세포들의 돌연변이, 구강암 등이 발병하며 기관지 및 폐를 손상, 파괴시켜 여러 종류의 암을 발생하게 된다<sup>14)</sup>.

간접흡연으로 인한 피해는 상상 이상으로 심각하다. 담배를 피우는 배우자와 같이 살고 있는 사람들이 얼마나 많은 건강상의 피해를 받고 있는가 하는 연구들도 많이 이루어졌다. 흡연하는 배우자를 가진 사람은 그렇지 않은 사람에 비해 심장 질환 발생률은 40%나 더 높다. 폐암 발생률은 30%가 더 높다. 그런데 특이한 것은 한국인 성인 남자의 흡연율은 약 70%로 세

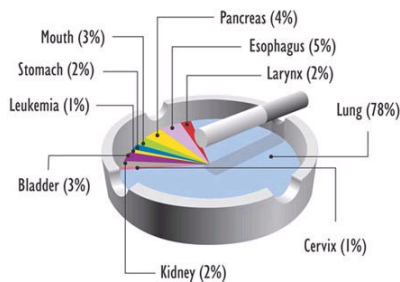


그림 1. 흡연에 따른 암 발생률

계 1위인 반면, 성인 여성 흡연율은 약 5%미만으로 세계에서 낮은 나라 중 하나이다. 그런데 여성의 폐암 사망률은 남성과 함께 계속적으로 증가하고 있다. 이것은 흡연하는 남편의 영향으로 간접흡연을 하여 폐암에 걸릴 확률을 높인다는 것은 증명하는 것이다. 그 이외에도 여러 가지 사소한 잔병의 발병률도 더 높다.

담배를 피우는 부모를 가진 어린이와 그렇지 않은 어린이의 상기도염 감염률 또한 아버지가 담배를 피우는 집의 어린이는 급성 호흡기질환 감염률이 5.7배나 높으며, 폐암 발생률도 2배나 높다. 그리고 부모 양쪽 다 담배를 피우는 경우는 2.6배나 높다. 그 이외에 천식, 기침, 중이염 등의 발현율도 부모가 담배를 피우는 어린이가 6배나 높고, 폐 기능은 전반적으로 낮아진다. 특히 어린이의 나이가 어리면 어릴수록 피해는 더욱 커진다. 흡연을 하는 부모들이 간접흡연의 문제점을 인식하고 밖으로 나가서 흡연을 하고 아이들을 피해서 흡연을 하는 경우가 있는데 이때에도 입과 손에 니코틴 등 화학 물질이 묻게 된다. 이 화학물질은 아무리 손을 깨끗이 씻고 이를 닦는다고 해도 담배의 화학물질은 깨끗이 씻기지 않고 남아 있어 흡연 후 아이들과의 접촉이나 대화를 하는 것으로도 악영향을 준다<sup>5,6)</sup>. 또한, 간접흡연이 위험한 이유는 흡연자가 흡연을 하면서 들이 마시는 연기보다 필터를 거치지 않고 피어나는 연기에 있다. 담배 연기는 주류담배연기와 부 주류담배연기로 구성되어 있다. 주류담배연기는 흡연자가 들이마신 후 내뿜는 연기이고, 부 주류담배연기는 타고 있는 담배 끝에서 나오는 생담배연기를 말한다. 간접흡연은 부 주류담배연기가 85%, 주류담배연기가 15%를 차지한다. 부 주류담배연기의 독성 화학물질의 농도는 주류담배연기보다 높고 담배연기 입자가 더 작아서 폐의 더 깊은 부분에 침착될 수 있다. 실제로 주류담배연기와 부 주류담배연기를 분석해보면 모든 연기 내 독성성분이 부 주류담배연기에 2~3배 정도 더 많다<sup>7)</sup>.

### III. 연구 과정 및 방법

#### 3.1 연구 과정

본 논문에서는 직·간접흡연이 성대 및 음형대에 미치는 영향을 음성 분석학적 요소 기술의 적용으로 비교, 분석하는 실험을 수행하였다. 이를 위해 20대 남성 흡연자 20명을 대상으로 직접흡연에 대한 피실험자 집단을 구성하고 20대 남성 비흡연자 20명을 대상으로 간접흡연에 대한 피실험자 집단을 구성하였다. 선정된 피실험자를 대상으로 직·간접흡연 환경을 제

공하기 전과 후의 음성을 수집하여 입력 자료를 구축하였다. 실험에 사용된 음성은 한의학적 청진 이론을 토대로 폐와 관련이 있는 발음인 치음(ㅈ, ㅉ, ㅊ)으로 구성된 “사자 총으로 사자를 잡다.”로 선정하였다<sup>8)</sup>. 또한, 실험 환경은 잡음이 없는 공간에서 피실험자의 입과 마이크를 15cm로 유지한 상태에서 직·간접흡연 환경을 제공하기 전과 후에 동일 실험 문장을 각각 녹음하여 수집하였다.

이와 같은 실험 환경을 적용하여 수집된 음성을 입력 자료로 구축하고 음성 분석학적 요소 기법 중 Pitch, Jitter, Shimmer를 적용하여 성대의 진동, 변화율 및 규칙성 등에 관한 변화값을 측정, 분석하였으며 Formant Frequency를 적용하여 음형대의 변화값을 측정, 분석하였다. 아래 그림 2는 본 논문에서의 연구 수행의 흐름도를 나타낸 것이다.

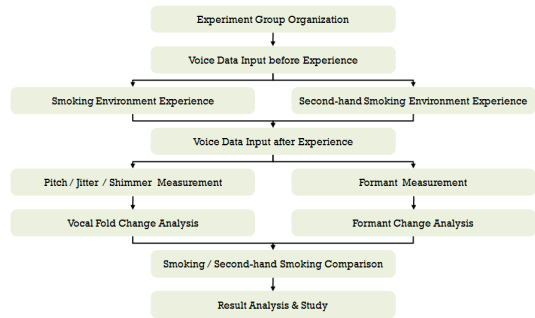


그림 2. 연구 진행 과정도

#### 3.2 음성 분석 기법의 적용

본 논문에서는 직·간접흡연으로 인해 성대 및 음형대의 변화를 측정하고 이에 대한 비교, 분석을 통해 직·간접흡연이 성대 및 음형대에 미치는 영향을 연구하기 위해 음성 분석학적 기법 중 Pitch, Jitter, Shimmer 및 Formant Frequency 분석 요소를 실험에 적용하였다. Pitch는 성대의 진동이 1초에 몇 번 있는가를 나타내는 것으로 성대의 크기, 길이 및 질량 등에 영향을 받는 분석 요소이다. 음성파형의 정보는 일정 구간에서 유사한 모양이 계속적으로 반복되는 형태를 취한다. 이러한 반복주기는 그 음성파형을 특징화하는데 가장 중요한 정보를 제공하며 이 반복주기를 Pitch라고 한다. Pitch는 DC 성분을 제외한 주기성을 갖는 가장 낮은 주파수로 많은 주파수가 중첩된 음성 신호에서의 가장 낮은 주파수, 즉 시간영역에서 가장 시간간격이 넓은 피크값들의 주기성을 의미하며 이러한 주기성은 성대의 떨림에 의한 것이다. 따라서, 피치주기의 정확한 획득으로 인해 화자의 상태와는 상관없이

음성신호로부터 유용한 정보를 추출할 수 있으며 이러한 피치주기는 음질에 결정적인 역할을 한다<sup>9,10</sup>.

본 논문에서 적용한 Pitch 검출 방법은 Praat 분석 프로그램에서 autocorrelation 방식을 적용하였다. 이는 Pitch들이 autocorrelation 함수에 잘 나타나는 특징을 이용한 것으로 이산신호의 autocorrelation 함수는 다음과 같이 정의된다.

$$\Phi(k) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x(m)x(m+k) \quad (1)$$

만일 신호가 랜덤하거나 주기함수이면, autocorrelation 함수는 아래와 같이 정의된다.

$$\Phi(k) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{m=-\infty}^{\infty} x(m)x(m+k) \quad (2)$$

위와 같은 정의에 의해 주기 P인 주기신호의 autocorrelation 함수는 역시 주기가 P인 주기 함수가 된다. Pitch는 음성신호의 주기라고는 볼 수 없지만 autocorrelation에서 k가 Pitch 주기와 일치하면 다른 영역에서 보다 큰 크기를 갖게 된다. 이러한 특징을 이용하여 음성신호의 Pitch를 추출하였다<sup>11</sup>.

또한, Jitter는 단위시간 안의 발음에서 성대의 진동인 피치의 변화가 얼마나 많은지를 측정하는 분석요소로 Pitch Perturbation이라고도 한다. Momentary pitch period(음성파형 1회 진동)에 대한 Short-term average pitch period(음성파형 3회 진동)길이의 비율이며 기본주파수 내 진동시간을 백분율로 나타낸다. Jitter의 경우 연령의 증가와 상관이 있다는 연구와 연령의 증가와는 상관이 없다는 연구가 모두 공존한다. 또한 Jitter는 진동주파수의 한 주기가 얼마나 변동적인지를 말하여 주는데, 청각각적으로 목 원소리와 거친 소리에 관련이 많다<sup>12,13</sup>.

$$jitter = \frac{\sum_{i=2}^{N-1} |2T_i - T_{i-1} - T_{i+1}|}{\sum_{i=2}^{N-1} T_i} \quad (3)$$

Shimmer는 음성파형에서 각 지점의 진폭 값의 변화가 얼마나 규칙적인지를 나타내준다. 성대진폭의 변이 양상을 보여주어 진폭의 정확도를 말하여 준다. 진동 주기당 진폭의 변화를 dB로 평가하며, 지속 모음시 음폭의 불규칙한 변화를 백분율로 나타낸다. 진폭

변화의 규칙성은 성악가들의 경우 음의 크기를 훈련에 의해 서서히 증가시키거나 감소시키는 조절을 할 수 있다. 보통 후두암과 같은 환자의 경우에는 성대의 진동이 불규칙적이면 각 시점의 진폭 값도 일정하지 않게 된다<sup>14</sup>.

마지막으로 인체 내부에는 소리가 진동할 수 있는 관처럼 생긴 모양의 성도가 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 더 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 측정한다. 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.

### IV. 실험 결과 및 분석

#### 4.1 실험 결과

본 논문에서는 직·간접흡연이 성대 및 음형대에 미치는 영향을 Pitch, Jitter, Shimmer 및 Formant Frequency 분석 요소의 적용으로 실험을 수행하고 출력 결과의 비교, 분석을 통한 연구를 수행하였다. 실험 환경은 직접흡연과 간접흡연으로 분류하고 잡음이 없는 공간에서 피실험자의 입과 마이크를 15cm로 유지한 상태에서 직·간접흡연 전의 음성을 먼저 수집하였다. 이후, 직접흡연은 20대 남성 흡연자 20명을 대

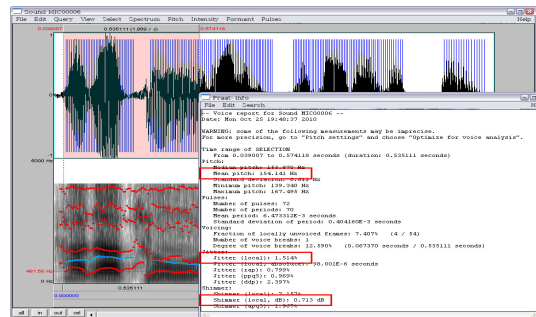


그림 3. Pitch, Jitter, Shimmer 측정 화면

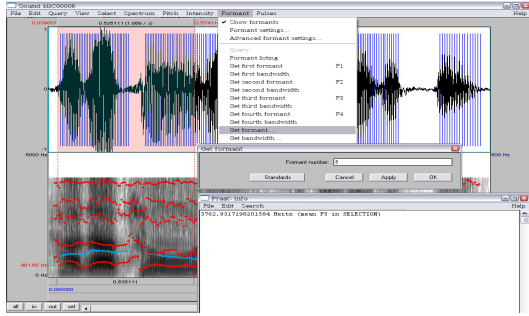


그림 4. 5 Formant Frequency 측정 화면

상으로 밀폐된 공간에서 10분 동안 2개피의 담배를 피운 후 음성을 수집하고 간접흡연은 20대 남성 비흡연자 20명을 대상으로 직접흡연 공간에서 10분간 간접흡연을 체험한 후 음성을 수집하였다. 음성 수집 문장은 한의학적 청진 이론에 근거하여 폐와 관련된 치음(齒音)인 “스, 스, 츠”로 구성된 “사자 총으로 사자를 잡다.”이며 실험에서는 “사자 총” 프레임의 구간 설정하여 사용하였다.

이와 같은 실험 과정 및 방법의 적용을 통해 직·간접흡연 전과 후의 음성에서 Pitch, Jitter, Shimmer 및 5~8 Formant Frequency를 측정하고 결과를 아래 표 1에서 표 4로 나타냈다. 또한, 그림 5와 그림 6은 직접흡연 전과 후의 Pitch, Jitter 및 Shimmer의 변화를 그래프로 나타낸 것이며 그림 7과 그림 8은 간접흡연 전과 후의 Pitch, Jitter 및 Shimmer의 변화를 그래프로 나타낸 것이다.

실험 결과에서 알 수 있듯이 대부분의 피실험자 집

표 1. 직접흡연 전/후의 Pitch, Jitter, Shimmer 결과

직접흡연	Pitch(Hz)			Jitter(%)			Shimmer(dB)		
	전	후	편차	전	후	편차	전	후	편차
SM-01	158.624	154.141	-4.483	1.622	1.514	-0.108	0.807	0.713	-0.094
SM-02	126.480	122.824	-3.656	2.048	1.826	-0.222	1.064	0.986	-0.078
SM-03	130.584	124.693	-5.891	1.854	1.761	-0.093	0.925	0.903	-0.022
SM-04	158.469	152.929	-5.54	2.108	1.911	-0.197	1.215	1.125	-0.09
SM-05	111.908	91.067	-20.841	2.735	2.424	-0.311	1.328	1.164	-0.164
SM-06	141.133	124.744	-16.389	1.687	1.683	-0.004	0.824	0.856	0.032
SM-07	149.140	140.442	-8.698	1.829	1.485	-0.344	0.816	0.768	-0.048
SM-08	132.548	126.192	-6.356	1.083	-0.302	0.735	0.732	-0.003	
SM-09	144.018	129.581	-14.437	2.002	1.911	-0.091	1.048	0.967	-0.081
SM-10	146.690	150.824	4.134	2.079	2.266	0.187	1.124	1.039	-0.085
SM-11	138.789	129.236	-9.553	2.588	2.517	-0.071	1.284	1.194	-0.09
SM-12	141.335	140.589	-0.746	2.292	2.175	-0.117	1.076	1.008	-0.068
SM-13	141.876	139.439	-2.437	2.178	3.229	1.051	0.928	1.012	0.084
SM-14	134.578	129.634	-4.944	1.869	1.648	-0.221	0.726	0.723	-0.003
SM-15	116.482	114.580	-1.902	2.054	1.892	-0.162	0.924	0.879	-0.045
SM-16	128.342	125.492	-2.85	2.228	2.210	-0.018	1.139	1.096	-0.043
SM-17	122.844	120.304	-2.54	1.684	1.492	-0.192	0.892	0.882	-0.01
SM-18	142.692	134.894	-7.798	2.484	2.284	-0.2	0.964	0.930	-0.034
SM-19	130.649	123.609	-7.04	2.305	2.225	-0.08	1.081	0.974	-0.107
SM-20	109.682	107.481	-2.201	1.895	1.806	-0.089	0.885	0.872	-0.013

표 2. 직접흡연 전/후의 5-8 Formant Frequency 결과

직접흡연	5 Formant Frequency			6 Formant Frequency			7 Formant Frequency			8 Formant Frequency		
	전	후	편차	전	후	편차	전	후	편차	전	후	편차
SM-01	3758.537629.9	4.4	4324.84328.5	3.7	4782.64784.5	1.9	5234.85237.5	2.7				
SM-02	2867.42870.5	3.1	3384.23389.2	5	3804.53808.2	3.7	4106.54109.4	2.9				
SM-03	2886.22891.6	5.4	3348.73352.4	3.7	3789.43791.3	1.9	4025.24027.6	2.4				
SM-04	2664.32697.4	33.1	3220.43226.3	5.9	3625.93634.7	8.8	3859.43861.7	2.3				
SM-05	2731.62739.2	7.6	3227.83234.5	6.7	3635.73640.2	4.5	3858.33863.3	5				
SM-06	2693.62705.9	12.3	3230.43245.8	15.4	3632.73643.2	10.5	3861.13865.2	4.1				
SM-07	2702.82663.3	-39.5	3138.23119.8	-18.4	3523.73536.1	12.4	3823.63827.3	3.7				
SM-08	4226.44392.6	166.2	5377.45475.1	97.7	6581.16645.3	64.2	7485.47483.1	-2.3				
SM-09	2666.32680.8	14.5	3141.73223.2	81.5	3487.93631.6	143.7	3715.63862.1	146.5				
SM-10	2683.82648.9	-34.9	3218.53226.2	7.7	3631.33624.5	-6.8	3861.63857.6	-4				
SM-11	2667.52711.4	43.9	3229.33235.4	6.1	3637.33635.6	-1.7	3864.63868.1	3.5				
SM-12	2729.82734.5	4.7	3214.83221.1	6.3	3629.83636.2	6.4	3857.43863.6	6.2				
SM-13	2691.72706.7	15	3240.23234.7	-5.5	3632.23635.5	3.3	3857.63862.1	4.5				
SM-14	3324.53328.1	3.6	4128.64133.4	4.8	4608.94610.4	1.5	5208.45211.2	2.8				
SM-15	3185.43192.5	7.1	3812.33818.4	6.1	4324.64328.5	3.9	4932.84935.2	2.4				
SM-16	2869.42872.1	2.7	3348.53351.7	3.2	3764.83772.5	7.7	4024.64027.4	2.8				
SM-17	2689.72695.5	5.8	3269.33273.8	4.5	3632.43637.8	5.4	3986.53989.6	3.1				
SM-18	4142.64162.8	20.2	5241.95240.6	-1.3	6328.56330.4	1.9	7146.87148.2	1.4				
SM-19	3428.93452.9	24	4269.54302.8	33.3	4726.24731.8	5.6	5328.65330.2	1.6				
SM-20	2927.82938.4	10.6	3468.43474.5	6.1	3905.63908.5	2.9	4182.44185.6	3.2				

표 3. 간접흡연 전/후의 Pitch, Jitter, Shimmer 결과

간접흡연	Pitch(Hz)			Jitter(%)			Shimmer(dB)		
	전	후	편차	전	후	편차	전	후	편차
SSM-01	156.372	164.977	8.605	2.681	3.116	0.435	0.897	1.155	0.258
SSM-02	139.248	142.684	3.436	0.895	0.925	0.03	0.784	0.822	0.038
SSM-03	152.481	155.287	2.806	1.241	1.285	0.044	0.952	0.967	0.015
SSM-04	134.954	148.985	14.031	2.535	3.689	1.154	1.079	1.258	0.179
SSM-05	144.495	149.726	5.231	1.315	1.801	0.486	1.150	1.296	0.146
SSM-06	154.324	151.967	-2.357	1.318	1.527	0.209	1.307	1.557	0.25
SSM-07	145.001	150.631	5.63	1.158	2.111	0.953	0.849	1.048	0.199
SSM-08	134.183	144.890	10.707	2.175	2.597	0.422	1.143	1.242	0.099
SSM-09	156.741	160.811	4.07	1.715	1.913	0.198	1.157	1.115	-0.042
SSM-10	169.973	178.089	8.116	1.740	2.447	0.707	0.727	0.812	0.085
SSM-11	134.144	139.989	5.845	2.557	2.666	0.109	0.953	1.109	0.156
SSM-12	142.530	143.484	0.954	2.921	3.335	0.414	1.067	1.146	0.079
SSM-13	140.700	139.562	-1.138	0.899	2.132	1.233	0.851	1.246	0.395
SSM-14	128.684	133.484	4.8	1.482	1.502	0.02	1.115	1.115	0.1
SSM-15	142.682	144.935	2.253	1.528	1.554	0.026	1.104	1.128	0.024
SSM-16	148.394	152.841	4.447	0.834	0.868	0.034	0.824	0.886	0.062
SSM-17	124.958	130.935	5.977	1.647	1.724	0.077	1.724	1.293	0.02
SSM-18	138.482	135.829	-2.653	1.352	1.364	0.012	1.228	1.246	0.018
SSM-19	143.647	148.269	4.622	1.214	1.328	0.114	0.935	1.064	0.129
SSM-20	152.418	155.734	3.316	0.925	1.142	0.217	0.754	0.793	0.039

표 4. 간접흡연 전/후의 5-8 Formant Frequency 결과

간접흡연	5 Formant Frequency			6 Formant Frequency			7 Formant Frequency			8 Formant Frequency		
	전	후	편차	전	후	편차	전	후	편차	전	후	편차
SSM-01	2964.32969.7	5.2	3342.43348.2	5.8	3752.23755.4	3.2	4012.54018.4	5.9				
SSM-02	2574.12577.3	3.2	3142.23147.6	5.4	3582.43585.2	2.8	3802.43803.5	1.1				
SSM-03	3152.63158.6	6	3588.63598.4	9.8	4025.14027.6	2.5	4235.84239.6	3.8				
SSM-04	2680.2689.6	9.4	3239.73244.3	4.6	3629.63632.1	2.5	3857.33863.7	6.4				
SSM-05	2647.62738.5	90.9	3218.83252.1	33.3	3576.23554.7	-21.5	3793.03798.2	5.2				
SSM-06	2551.72584.5	32.8	3076.33092.1	15.6	3527.33546.7	19.2	3793.13794.1	1				
SSM-07	2745.62748.2	2.6	3262.83250.4	-12.4	3627.83631.4	3.6	3860.83863.9	3.1				
SSM-08	2745.32753.1	7.8	3268.23278.1	9.9	3650.73652.3	1.6	3864.83867.7	2.5				
SSM-09	2636.32699.3	62.8	3223.23230.1	6.9	3625.93637.7	11.8	3851.93865.7	13.8				
SSM-10	2704.02721.2	17.2	3250.93256.7	5.8	3624.03640.9	16.9	3858.13862.0	3.9				
SSM-11	2744.92792.8	47.9	3246.73253.2	6.5	3632.73636.4	3.7	3857.63866.8	9.2				
SSM-12	2748.62756.9	8.3	3205.73236.8	31.1	3631.33642.9	11.6	3866.53868.5	2				
SSM-13	2802.12814.1	12	3269.53313.7	44.2	3651.73657.8	6.1	3873.33866.6	-6.5				
SSM-14	2895.42898.4	3	3314.23325.4	11.2	3740.53745.1	4.6	4082.64084.6	2				
SSM-15	2668.42671.2	2.8	3248.93249.8	0.9	3628.63624.5	-4.1	3851.23855.4	4.2				
SSM-16	3028.33025.4	-3.1	3468.43472.5	4.1	3784.23785.6	1.4	3886.43889.5	3.1				
SSM-17	2694.32697.1	2.8	3248.63253.4	4.8	3675.33679.4	4.1	3834.53836.3	2				
SSM-18	2751.52758.6	7.1	3286.32889.2	2.4	3652.83657.4	4.6	3868.73869.6	0.7				
SSM-19	2648.42652.3	3.8	3224.13227.4	3.3	3640.23643.8	3.6	3885.63884.1	-1.5				
SSM-20	2892.42896.7	4.3	3385.23394.2	9	3728.63732.1	3.5	3924.23927.5	3.3				

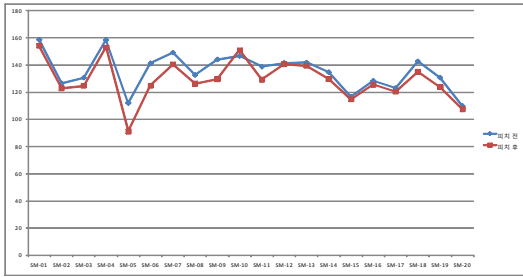


그림 5. 직접흡연 전과 후의 피치값 변화도

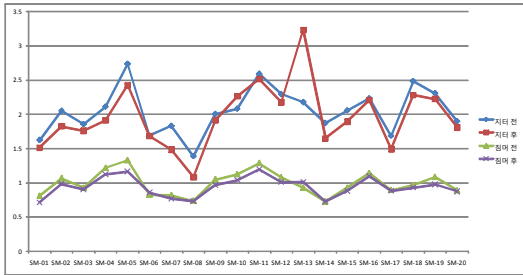


그림 6. 직접흡연 전과 후의 지터 및 짐머값 변화도



그림 7. 간접흡연 전과 후의 피치값 변화도

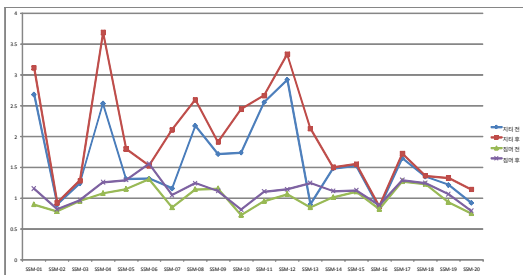


그림 8. 간접흡연 전과 후의 지터 및 짐머값 변화도

단에서 직 · 간접흡연에 따라 유의한 음성 분석 패턴이 도출되었다. 즉, 흡연자를 대상으로 한 직접흡연을 통한 성대 및 음형태의 변화 측정 실험에서는 피실험자의 95%가 Pitch 분석값, 90%가 Jitter 및 Shimmer 분석값이 하락하였다. 그러나 비흡연자를 대상으로 한 간접흡연을 통한 성대 및 음형태의 변화 측정 실험에

서는 피실험자의 85%가 Pitch 분석값, 100%가 Jitter 분석값, 95%가 Shimmer 분석값이 직접흡연과는 상반되게 상승하였다. 이와 같은 분석 결과는 흡연자의 경우 담배연기에 성대가 적응되어 흡연으로 인해 오히려 성대를 일시적으로 안정시켜줌으로써 Pitch, Jitter, Shimmer 분석 결과가 낮아지는 것으로 분석할 수 있는 반면 비흡연자의 경우 담배연기에 성대가 자극을 받아 일시적으로 긴장시켜줌으로써 Pitch, Jitter, Shimmer 분석 결과가 높아지는 것으로 분석할 수 있다.

또한, 5~8 Formant Frequency 분석 결과의 경우, 직 · 간접흡연 환경에 상관없이 피실험자 집단의 평균 90.63%에 해당하는 개체에서 직 · 간접흡연 전보다 후의 분석 결과값이 증가하는 실험 결과를 도출하였다.

#### 4.2 통계적 유의성 분석

실험 내용에서 개체 대상의 변화정도인 직 · 간접흡연 전과 후의 차이로 자료를 변화시키면 원래의 자료가 갖고 있던 정보도 그대로 남아 있을 뿐만 아니라 그 변화량을 나타내는 값들은 독립성을 지니게 된다.

따라서, 개체 대상에서의 직 · 간접흡연 전과 후의 차이  $d_i$  들이 평균  $d$ 와 차들의 분산  $\sigma_d^2$ 으로서 분석할 수 있다.  $d$ 의 귀무상태는 0이고 이의 실측치는  $X_a - X_b$ 의 값과 같으며 이는 다시  $\mu_a - \mu_b$ 의 불편추정치가 된다.  $d_i$  들의 분산  $\sigma_d^2$ 은 알 수 없으므로 표본분산  $S_d^2$ 을 이용하여 t-분포를 적용한 통계 분석을 수행하였다.

$$S_d^2 = \sum (d_i - d)^2 / (n - 1) \quad (4)$$

$$t = (d - 0) / \sqrt{S_d^2 / n} \quad (\text{단, 자유도는 } n - 1) \quad (5)$$

이래 표 5와 표 6은 직 · 간접흡연 전과 후에 음성

표 5. 직접흡연 전/후의 실험 결과에 따른 통계 분석

직접흡연	평균	표준 편차	평균 표본오차	차의 95% 신뢰구간 하한 상한	t	자유도	유의확률 (양측)	
흡연 후 Pitch	-6.20840	5.749585	1.285646	-8.99289	-3.517511	-4.829	19	0.000
- 흡연 전 Pitch								
흡연 후 Jitter	-0.07920	0.292215	0.065341	-0.21961	0.057561	-1.212	19	0.240
- 흡연 전 Jitter								
흡연 후 Shimmer	-0.04810	0.055149	0.012332	-0.073911	-0.02289	-3.900	19	0.001
- 흡연 전 Shimmer								
흡연 후 5 Formant	15.4900	40.0985	8.9663	-3.2767	34.2567	1.728	19	0.100
- 흡연 전 5 Formant								
흡연 후 6 Formant	13.6250	27.7085	6.1958	0.6570	26.5930	2.199	19	0.040
- 흡연 전 6 Formant								
흡연 후 7 Formant	14.0850	33.5892	7.5108	-1.6352	29.8052	1.875	19	0.075
- 흡연 전 7 Formant								
흡연 후 8 Formant	9.7400	32.2696	7.2157	-5.3626	24.8426	1.350	19	0.193
- 흡연 전 8 Formant								

표 6. 간접흡연 전/후의 실험 결과에 따른 통계 분석

간접흡연	평균	표준 편차	평균 표준오차	차이% 하한	상한	t	자유도	유의확률 (양측)
흡연 후 Pitch - 흡연 전 Pitch	4.43490	4.093001	0.915223	2519316	6350484	4.846	19	0.000
흡연 후 Jitter - 흡연 전 Jitter	0.34470	0.385568	0.086216	0.164249	0.525151	3.998	19	0.001
흡연 후 Shimmer - 흡연 전 Shimmer	0.11245	0.105003	0.023479	0.063307	0.161593	4.789	19	0.000
흡연 후 5 Formant - 흡연 전 5 Formant	16.3400	24.1624	5.4029	5.0317	27.6483	3.024	19	0.007
흡연 후 6 Formant - 흡연 전 6 Formant	10.1100	12.6655	2.8321	4.1824	16.0376	3.570	19	0.002
흡연 후 7 Formant - 흡연 전 7 Formant	4.0850	8.1327	1.8185	0.2788	7.8912	2.246	19	0.037
흡연 후 8 Formant - 흡연 전 8 Formant	3.2600	4.0275	0.9006	1.3751	5.1449	3.620	19	0.002

분석 결과값을 토대로 통계적 유의성 분석을 수행한 것으로 직접흡연의 경우 Pitch, Shimmer 및 6 Formant Frequency 실험 결과가 0.05 유의수준에서 통계적 유의성을 나타냈으며 나머지 실험 결과는 0.5 유의수준에서 통계적 유의성을 나타냈다. 또한, 간접흡연의 경우 모든 실험 결과가 0.05 유의수준에서 통계적 유의성을 나타냈다.

### V. 결론

현대 사회에서 건강 관리 및 유지가 차세대 의료 서비스 분야로 관심을 받고 있는 시점에서 웰빙의 바람을 타고 자신의 건강을 지키려고 노력하는 사람들이 많아지고 있다. 이러한 사회적, 시대적 흐름속에서 흡연에 대한 좋지 않은 인식이 높아지면서 금연의 열풍이 강하게 불고 있다. 하지만 흡연으로 인해 건강이 악화되는 것 뿐만 아니라 흡연 환경속에서 간접적, 무의식적으로 담배 연기를 마시게 되는 간접흡연도 건강에 악영향을 미치고 있으며 간접흡연으로 인한 피해가 점차적으로 증가하고 있는 시기이다.

본 논문에서는 직·간접흡연이 성대 및 음형대에 미치는 영향을 분석하기 위해 음성 분석학적 요소 기법들의 적용에 의한 실험을 진행하고 이에 대한 출력 결과값을 기반으로 직·간접흡연과 음성간의 상관성을 분석하는 연구를 수행하였다. 실험 결과, 흡연자 집단의 직접흡연에 따른 성대 및 음형대 분석 결과는 피실험자의 95%가 Pitch 분석값, 90%가 Jitter 및 Shimmer 분석값이 하락하였으며 88.75%가 5~8 Formant Frequency 분석값이 상승하는 것으로 나타났다. 반면, 비흡연자 집단의 간접흡연에 따른 성대 및 음형대 분석 결과는 피실험자의 85%가 Pitch 분석값, 100%가 Jitter 분석값, 95%가 Shimmer 분석값이 상승하였으며 92.50%가 5~8 Formant Frequency 분

석값이 흡연자 집단과 동일하게 상승하는 현상을 나타냈다. 이와 같은 실험 결과는 담배연기가 성대 및 음형대에 미치는 영향이 직접흡연과 간접흡연에 따라 각각 다르게 나타난 것으로 흡연자의 경우 담배연기에 대한 적응으로 오히려 일시적으로 성대의 안정감을 주는 반면 비흡연자의 경우 담배연기에 대한 자극으로 성대가 긴장되어 성대 관련 분석 결과값이 상승한 것으로 분석된다. 추후 보다 많은 피실험자를 가지고 연구를 수행하여 직·간접흡연에 대한 환경 및 실험 요소를 다양화하여 음성 분석 연구를 수행하고 이에 대한 객관적인 출력 지표를 설계하고 도출한다면 더욱 신뢰성 높은 실험 결과를 통해 직·간접흡연이 조음기관에 미치는 영향을 세분화하여 분석할 수 있을 것으로 생각된다.

### 참고 문헌

- [1] 제에스테틱 & 척추관리, 목과 목소리 그 속을 들여다 본다, 2006.
- [2] 양동규, *폐암 가이드북*, 국일미디어, 2006.
- [3] 이상철, *구강암 진단과 치료*, 군자 출판사, 1993.
- [4] 이승우, “흡연이 인체에 미치는 영향에 관한 연구,” *대한치과의사학회지*, 1989.
- [5] 베르너 바르텐스, *의학 상식 오류 사전*, 민음in, 2008.
- [6] 박문일, *태교는 과학이다*, 프리미엄북스, 2007.
- [7] 한국금연운동협의회, *담배없는 세상 5월호*, 2001.
- [8] 신동원, *한 권으로 읽는 동의보감*, 들녘, 2009.
- [9] 한진수, *음성 신호 처리*, 오성미디어, 2003.
- [10] W. Hess, “Pitch determination of speech signals: algorithms and devices,” *Berlin: Springer-Verlag*, 1993.
- [11] 송광빈, “음성신호를 이용한 생체인지정보 추출 알고리즘 연구,” *경희대학교 석사학위논문*, 2003.
- [12] 고도홍 외 2명, *음성 및 언어 분석기 활용법*, 한국문화사, 2001.
- [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”, *대한음성언어학회지*, 1997.
- [15] 양병곤, *프라트를 이용한 음성 분석의 이론과 실제*, 민수출판사, 2003.

김 봉 현 (Bong-hyun Kim)

정회원



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

2005년 9월~현재 충북도립대학교 외래강사  
2009년 한국정보처리학회 논문대상 수상  
2011년 한국정보처리학회 최우수논문상 수상  
<관심분야> 생체신호분석, 음성처리, 전자상거래

조 동 옥 (Dong-uk Cho)

정회원



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

1999년 Oregon State University 교환교수  
2000년~현재 충북도립대학교 전자통신전공 교수  
2007년 기술혁신대전 대통령 표창 수상  
2008년 한국정보처리학회 학술대상 수상  
2009년 한국산학기술학회 학술대상 수상  
2011년 한국정보처리학회 최우수논문상 수상  
<관심분야> BIT융합기술, 영상 및 음성처리