

# 수온에 따른 성대 진동과 음성신호 분석 요소간의 상관성 분석

중신회원 김 봉 현\*, 조 동 욱\*\*

## Correlation Analysis Between Vocal Fold Vibration and Voice Signal Analysis Parameter by Water Temperature

Bong-hyun Kim\*, Dong-uk Cho\*\* *Lifelong Members*

### 요 약

본 논문에서는 수온 변화에 따른 성대의 영향을 분석하는 실험을 수행하였다. 특히, 섭취하는 수온 변화에 따라 성대 진동의 패턴에 대한 유의성을 추출하기 위한 음성 측정 시스템을 설계하는 연구를 수행하고자 한다. 이를 위해 0℃부터 70℃까지 10℃ 간격으로 총 8단계의 온도 차이를 두고 이를 섭취했을 때 변화하는 성대 진동의 음성 분석 요소값을 측정하였다. 결과적으로 30℃~40℃의 온도를 나타내는 물을 섭취했을 때 성대 진동이 안정화 되면서 발음의 정확성이 향상되는 것을 알 수 있으며 이를 통해 30℃~40℃의 물이 성대에 가장 좋은 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

**Key Words** : Vocal Fold, Voice Analysis, Water Temperature, Jitter, Shimmer

### ABSTRACT

In this paper, we carried out experiments to analyze influence of vocal cords according to changes of water temperature. We would like to particularly perform a study to design voice measurement system for significant extraction about vibration patterns of vocal cords according to temperature changes of water to drink. To this end, we measured elements value of voice analysis vibration of vocal cords to change, when drank, temperature difference of step 8 from 0 ℃ to 70 ℃ to 10 ℃ intervals. As a result of us experiment, when drank water of 30℃ ~ 40 ℃, vibration of vocal cords stabilized and accuracy of pronunciation improved. We can analyzed that water of 30℃ ~ 40 ℃ had a good effect in vocal cords.

### I. 서 론

현대사회에서 성공적인 삶을 유지하기 위해 다양한 방법들이 동원되고 있다. 특히, 일상생활에서 흔히 접하고 있는 자신이 아닌 타인과의 접촉을 의미하는 대인관계는 매우 중요한 방법 중 하나로 관심을 받고 있다. 대인관계를 원만하게 유지하고 지속하려는 현대인들의 노력은 성격 파악, 잦은 연락, 이미지 메이킹, 목

소리 가꾸기 등의 방법들로 동원되고 있다. 이와 같은 다양한 방법들 중에서 목소리 가꾸기는 대인관계의 유지 차원뿐만 아니라 성격 분석, 건강 진단 및 일상적인 생활 패턴에서 흔히 사용되고 있는 방법으로 많은 관심이 집중되고 있다. 특히 목소리는 제 2의 얼굴이자 제 2의 지문으로써 결코 평범하게 생각할 것이 아니라는 것이 전문가들의 입장이다<sup>1,2)</sup>.

이와 같이 목소리에 대한 관심이 증가하고 있는 만

\* 경남대학교 컴퓨터공학과, \*\* 충북도립대학교 전자정보계열(hyun1004@kyungnam.ac.kr, ducho@cpcu.ac.kr), (° : 교신저자)  
논문번호 : KICS2012-02-079, 접수일자 : 2012년 2월 24일, 최종논문접수일자 : 2012년 3월 26일

큼 보다 좋은 목소리를 내기 위한 목의 건강 관리에 신경을 많이 쓰고 있다. 목소리를 건강하게 하기 위하여 다양한 음식을 꾸준히 섭취하거나 식이요법, 스트레칭 등의 행위들이 널리 사용되고 있다. 하지만 목을 건강하게 유지하기 위해 필수적으로 관리해줘야 할 것이 성대의 건강 유지이다. 이를 위해 일반인들이 보편적으로 사용하는 방법이 물을 자주 많이 섭취하는 것이다. 물은 성대의 점막을 부드럽게 해주고 목의 습도 조절을 해주어 목의 건강관리에 필수 조건이다. 이렇게 주위에서 쉽게 볼 수 있는 물은 오랫동안 자주 섭취할수록 목소리에 좋은 영향을 주고 있다. 최근 들어 마스크이나 문헌에서는 목소리가 보유하고 있는 유전적인 상황, 음성에 내포된 특징적인 정보 및 음성 패턴의 변화 등의 분석을 통해 흥미로운 주제의 정보들이 자주 등장하고 있다. 특히 목소리는 단순한 의미 정보뿐만 아니라 화자의 기분, 감정, 대화의 수단, 몸의 상태 등을 전달하고 개인의 성격까지를 대변해주는 역할로 매우 영향력 있는 의사소통 수단임을 알 수 있다<sup>12,12)</sup>. 이처럼 목소리는 자신의 느낌을 나타낼 수 있는 수단인 것이다. 이와 같이 목소리가 좋으면 자신의 감정과 의사소통 등을 상대방에서 느끼기에 부담이 없고 편안한 음색으로 보다 좋은 인상을 남겨 줄 수 있다. 그러므로 물을 섭취함으로써 목을 건강하게 하여 목소리가 깨끗하고 기분 좋은 목소리로 거듭나는 것이다.

따라서 본 논문에서는 마시는 수온에 따라 성대에 자극을 주는 요소들에 대해 분석하는 실험을 수행하였다. 이를 위해 물을 섭취하기 전의 음성을 수집하고 0°C부터 70°C까지 총 8단계의 물을 차례로 섭취한 후 음성을 각각 수집하였다. 수집된 음성을 기반으로 성대에 미치는 영향을 분석하기 위해 성대와 관련된 음성학적 분석 요소를 적용하였다. 실험에 사용된 음성 분석 요소는 성대 진동의 변화율과 성대 진동의 규칙성으로 음성학적 분석 요소인 Jitter와 Shimmer를 적용하여 결과를 측정하였다. 또한, 측정된 결과값을 분석하여 수온에 따른 성대의 변화를 측정하는 실험을 수행하였다. 최종적으로 실험 결과를 기반으로 수온에 따른 성대 진동과 음성신호 특징 요소간의 상관성 분석을 수행하였다<sup>3,4)</sup>.

## II. 물과 목소리

인간의 성대는 호흡을 할 때의 공기 흐름을 이용하여 개폐를 반복하면서 진동을 하게 된다. 이 때 발생하는 압력이 반복적으로 공기에 전달되어 음파가 발

생한다. 즉, 후두의 성문 위치에 있는 성대는 수십 및 수백 Hz로 빠르게 대칭적으로 진동하면서 성문하 구역에 생성된 유체역학적 에너지를 소리 에너지로 변환시켜주는 역할을 한다. 이렇듯 음성은 호흡, 발성, 공명, 구어 조음 메카니즘이 서로 결합하여 적절하게 기능할 때 정상적인 음성이 산출될 수 있다고 하며 음성 장애를 성대의 기질적 혼은 기능적 이상으로 인하여 소리의 구성요소인 음도, 강도, 음질, 유동성 등에 이상이 나타나는 것이라고 정의한다<sup>5,6,13)</sup>.

이와 같은 음성을 표현하는 인체기관에는 호흡기관, 발성기관, 조음기관 및 공명기관으로 분류할 수 있다. 이러한 음성 관련 기관 중에서 성대는 발성기관에 포함된다. 성대는 좌측 진성대와 우측 진성대 사이의 공기통로를 의미하는 성문의 정중앙에 위치한다. 성대의 진동은 성대의 길이, 무게, 긴장의 정도에 따라 크게 달라진다. 즉 성대의 진동, 다시 말해 주파수는 성대의 질량과 길이에 반비례하고, 긴장의 정도에 비례한다. 여기서 긴장도 “t”는 긴장의 정도를 말하며 이는 예로서 거짓말을 할 경우나 흥분 할 때 등과 같은 긴장의 정도를 의미하며 1/2승에 비례한다<sup>14)</sup>.

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{t}{m}} \quad (1)$$

L=length, t=tension, and m= cross-sectional mass

식 1과 같이, 길고 두꺼운 성대일수록 낮은 주파수로 진동하고 성대가 느슨하면 느리게 진동하게 된다. 따라서 상대적으로 큰 성대를 가진 성인 남성의 음성은 아이의 음성보다 더 낮은 것이다. 물론 성대뿐만 아니라 성도도 진동에 영향을 미치는데 성도가 길면 길수록 낮은 진동수로 진동하게 되어 유아(약 8.5cm) 보다는 성인 여성(약 14.5cm)이, 성인 여성보다는 성인 남성(약 17cm)의 기본주파수가 더 낮은 것이다<sup>7)</sup>.

기존의 많은 연구와 실생활에서 접하는 패턴 등으로 인해 물과 인체의 관계는 다양한 연구 결과가 알려지고 있다. 또한, 본 연구팀에서 선행 연구로 수행한 커피와 음성에 관한 연구 내용 및 결과를 통해서도 물은 인체에 매우 좋은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다<sup>2,15)</sup>. 이러한 물을 많이 섭취할수록 성대에 영향을 미쳐 좋은 목소리를 발성하게 하는 것은 이미 알려져 있는 사실이다. 따라서 본 논문에서는 섭취하는 수온을 다르게 하여 어떤 온도의 물을 섭취함으로써 성대에 가장 좋은 영향을 미치는지를 음성학적 분석 요소의 적용, 실험을 통해 상관성을 분석하는 연구를 수행하였다.

### III. 연구 과정 및 방법

#### 3.1. 연구 과정

본 논문에서는 수온 변화에 따라 섭취 시 성대에 미치는 영향을 분석하여 상호간의 연관성을 실험하는 연구를 수행하였다. 이를 위해 본교에 재학중인 20대 남성 20명을 대상으로 피실험자 집단을 구성하여 0℃부터 70℃까지 10℃ 차이의 물을 준비하여 총 8단계의 실험을 수행하였다. 실험 수행 과정은 먼저 물을 섭취하기 전의 음성을 수집하고 0℃의 물을 섭취한 후의 음성을 수집하고 10℃ 간격으로 물을 상승시켜 70℃까지 총 8단계의 물을 각각 500ml씩 섭취한 후의 음성을 각각 수집하였다. 단계별 물의 섭취는 0℃ 물을 마신 후 5분 뒤에 목소리를 수집하고 30분이 지난 후에 다음 단계인 10℃ 물을 마시는 것으로 실험 과정을 전개하였다. 실험에 사용한 음성은 성대의 떨림을 쉽게 분석할 수 있는 “아” 음성을 5초 이상 지속적으로 발생하게 하여 수집하였다. 이와 같은 시간 간격은 통상적으로 음식을 섭취하고 30분이 지나면 효소의 활성이 크게 나타나는 최적의 온도(35℃~37℃)인 체온과 유사하게 되기 때문에 물을 섭취하고 5분 뒤에 음성을 수집하고 30분이 지난 후 다음 단계의 실험을 수행하는 과정을 전개하였다.

실험 환경은 외부의 잡음이 배제된 공간에서 실험 대상자의 입과 마이크를 10cm로 유지한 후 동일한 음성 입력 장치를 기반으로 물을 섭취하기 전의 음성을 수집하고 0℃부터 70℃까지 10℃ 간격으로 온도를 조절된 물을 섭취한 후의 음성을 각각 수집하였다. 수집된 음성을 기반으로 단계별로 1초에서 4초 사이의 동일한 음성 구간을 설정하고 Jitter 및 Shimmer 분석 요소를 적용하여 음성 분석 결과값을 측정하였다.

#### 3.2. 음성 분석 적용 방법

본 논문에서는 0℃부터 70℃까지의 수온 변화에 따라 섭취 시 성대에 미치는 영향을 분석하여 성대에 좋은 수온을 연구하는 실험을 수행하기 위해 성대 진동과 관련된 음성 분석학적 요소 기술을 실험에 적용하였다.

Pitch는 성대의 떨림을 의미하는 분석 요소로 목소리의 높이는 음향적으로 f0값으로 나타낸다. 보통 청각적으로 느끼는 음의 높이를 염두에 두고 Pitch가 높다 낮다라고 표현한다. Pitch는 말하는 사람의 감정과 정서의 변화에 따라 달라지며 성대의 진동이 1초에 몇 번 있는가를 나타내는 것으로 성대의 크기와 길이, 질량 등에 영향을 받는다<sup>8)</sup>. 이와 같은 음성 분석 요

소를 사용하기 위해 반복주기를 추출하였다. 즉 이산적인 샘플신호  $x(k)$ 가 정상 신호라고 할 때 샘플간의 자기상관계수는 아래 식 2와 같다.

$$R(k) = \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} x(n)x(n+k) \quad (2)$$

음성신호의 경우에는 일정한 주기를 반복주기로 갖게 되므로 자기상관계수를 구하게 되면 일정한 반복 주기 후에는 다시 자기 자신의 값과 매우 유사한 값을 갖는 주기적인 형태를 취하게 된다. 이때 반복되는 주기를 구하게 되면 통계적 특성에 바탕을 둔 반복주기가 추출되는 것이다. 그러나 위의 식에서 음성분석구간이 무한대로 하는 것은 이상적일 뿐 실제로는 유한한 범위내에서 데이터를 구해야 한다. 만일  $S_N$ 개의 샘플이 유효하다고 가정할 경우에 자기상관계수는 다음과 같으며 여기서  $S_N$ 은 샘플 개수이며 최대주파수의 2배를 샘플링한다.

$$R(k) = \sum_{n=1}^{n=S_N-k} x(n)x(n+k) \quad (3)$$

위 식은 음성신호의 진폭 크기에 따라 의존적인 값을 나타낸다. 따라서 이를 극복하고 모든 음성신호에 대해 동일한 방식의 평가가 이루어지기 위해서는 정규화를 시켜주어야 한다. 이와 같은 Pitch 알고리즘의 신뢰성을 검증하기 위해 샘플구간에서의 안정도 (degree of voice breaks, silence period)를 각각 10%, 20%, 30%, 40%로 선정하고(오차범위  $\pm 1.0\%$ ) 해당 음성에 대한 Pitch 평균값을 측정해본 신뢰성 검증 실험 결과 통계적 유의성을 도출하였다.

$$A(k) = \frac{\sum_{n=1}^{n=N-k} x(n)x(n+k)}{\sum_{n=1}^{n=N-k} x(n)^2} \quad (4)$$

또한, Jitter는 단위시간 안의 발음에서 성대의 진동인 Pitch의 변화가 얼마나 많은지를 나타내준다. Pitch Perturbation이라고 하며 기본주파수 내 진동시간을 백분율로 정규화하여 성대 진동의 규칙성을 측정한다. 즉, Jitter란 성대의 진동이 얼마나 규칙적인가를 측정하는 도구로서 성대의 진동이 규칙적일수록 여기서 만들어 지는 말도 규칙적으로 되어 발음의 정확성이

증가되고 우리 귀에는 보다 정확한 말로 인식이 되게 된다. 이 Jitter의 수치가 높으면 높을수록 즉, 성대의 진동이 불규칙하면 불규칙할수록 여기서 만들어 지는 말도 우리 귀에는 보다 전달성이 떨어지게 된다<sup>10,16)</sup>. 이때 성대 진동이 얼마나 규칙적인가를 측정하기 위해서는 측정 범위를 음성 파형 1회 진동부터 음성 파형 3회까지의 진동 길이까지로 잡고 이에 대한 비율을 Jitter값으로 산출한다. 아울러 기본 주파수내 진동 시간을 백분율로 표시하여 Jitter값의 산출시 그 값을 정규화하며 따라서 그 단위도 백분율로 표시한다<sup>9,10)</sup>. 아래 수식 5에서  $T_i$ 는  $i$ 번째 음성 파형의 진동 길이를 의미하며 N은 음성 파형의 진동 길이를 측정하기 위한 구간 개수를 뜻한다.

$$jitter = \frac{\sum_{i=2}^{N-1} |2T_i - T_{i-1} - T_{i+1}|}{\sum_{i=2}^{N-1} T_i} \quad (5)$$

마지막으로 Shimmer는 음성파형에서 각 지점의 진폭 값의 변화가 얼마나 규칙적인지를 나타내주는데 이는 성대진폭의 변이 양상을 보여주어 진폭의 정확도를 말하여 준다. 진폭값의 변화가 규칙적일수록 만들어진 음성의 전달성이 올라가게 되며 진동 주기당 진폭의 변화를 dB로 평가하며 통상 진폭값 평균의 절

대값을 측정한다. 아래 수식 6에서  $S_N$ 은 샘플 개수를 의미하며  $x_i$ 는 음성 파형에 있어 샘플점을 의미하고  $f(x_i)$ 는 음성 파형에 있어 샘플점에서의 해당 진폭 진폭값을 의미한다<sup>11)</sup>. 여기서  $x_i$ 는 음성파형에 있어 샘플점 즉, 시간  $t$ 축상에서 샘플  $i$ 시간에서의 시간 위치 좌표를 의미한다.

$$\frac{\sum_{i=1}^{S_N} |f(x_i)|}{S_N} \quad (6)$$

#### IV. 실험 결과 및 분석

##### 4.1. 실험 결과

본 논문에서는 수온의 변화에 따른 물을 섭취하였을 때 성대에 미치는 영향을 음성학적 분석 요소의 적용, 실험으로 측정하여 상호간의 연관성을 분석하는 연구를 수행하였다. 연구 과정에서 제시한 실험 환경을 통해 수집된 음성 자료를 기반으로 성대에 미치는 영향을 성대 진동 요소값 측정 실험으로 분석한 후 최종적으로 상호간의 비교, 분석을 수행하였다. 아래 표 1은 수온 변화에 따른 피실험자 집단의 Jitter 변화값을 측정한 것이며 표 2는 동일한 환경에서 피실험자 집단의 Shimmer 변화값을 측정한 것이다.

표 1. 수온에 따른 Jitter 분석 결과값의 변화  
Table 1. Change of Jitter Measurement Value by Water Temperature

| 피실험자 | 섭취 전  | 수온    |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |       | 0℃    | 10℃   | 20℃   | 30℃   | 40℃   | 50℃   | 60℃   | 70℃   |
| M01  | 0.223 | 0.409 | 0.338 | 0.266 | 0.157 | 0.147 | 0.227 | 0.233 | 0.285 |
| M02  | 0.350 | 0.597 | 0.529 | 0.203 | 0.237 | 0.235 | 0.367 | 0.462 | 0.450 |
| M03  | 0.324 | 0.478 | 0.412 | 0.287 | 0.303 | 0.277 | 0.275 | 0.336 | 0.382 |
| M04  | 0.312 | 0.500 | 0.479 | 0.314 | 0.253 | 0.224 | 0.319 | 0.364 | 0.375 |
| M05  | 0.304 | 0.515 | 0.317 | 0.242 | 0.223 | 0.264 | 0.282 | 0.306 | 0.391 |
| M06  | 0.423 | 0.600 | 0.574 | 0.441 | 0.362 | 0.258 | 0.332 | 0.474 | 0.469 |
| M07  | 0.225 | 0.554 | 0.350 | 0.306 | 0.234 | 0.203 | 0.201 | 0.316 | 0.305 |
| M08  | 0.286 | 0.479 | 0.435 | 0.362 | 0.275 | 0.324 | 0.367 | 0.474 | 0.547 |
| M09  | 0.371 | 0.503 | 0.515 | 0.420 | 0.386 | 0.295 | 0.310 | 0.416 | 0.456 |
| M10  | 0.340 | 0.540 | 0.453 | 0.410 | 0.370 | 0.312 | 0.327 | 0.362 | 0.451 |
| M11  | 0.294 | 0.418 | 0.402 | 0.340 | 0.264 | 0.248 | 0.270 | 0.324 | 0.451 |
| M12  | 0.312 | 0.425 | 0.403 | 0.354 | 0.294 | 0.250 | 0.325 | 0.354 | 0.382 |
| M13  | 0.280 | 0.364 | 0.385 | 0.310 | 0.262 | 0.248 | 0.259 | 0.296 | 0.356 |
| M14  | 0.410 | 0.532 | 0.528 | 0.400 | 0.385 | 0.438 | 0.470 | 0.512 | 0.583 |
| M15  | 0.324 | 0.478 | 0.436 | 0.368 | 0.285 | 0.274 | 0.304 | 0.362 | 0.415 |
| M16  | 0.284 | 0.422 | 0.365 | 0.314 | 0.224 | 0.246 | 0.290 | 0.325 | 0.388 |
| M17  | 0.267 | 0.425 | 0.418 | 0.342 | 0.285 | 0.224 | 0.238 | 0.305 | 0.368 |
| M18  | 0.327 | 0.486 | 0.443 | 0.384 | 0.315 | 0.284 | 0.260 | 0.294 | 0.367 |
| M19  | 0.314 | 0.502 | 0.345 | 0.276 | 0.263 | 0.225 | 0.328 | 0.348 | 0.392 |
| M20  | 0.248 | 0.452 | 0.418 | 0.354 | 0.228 | 0.204 | 0.240 | 0.312 | 0.364 |

표 2. 수온에 따른 Shimmer 분석 결과값의 변화  
Table 2. Change of Shimmer Measurement Value by Water Temperature

| 피실험자 | 섭취 전  | 수온    |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |       | 0℃    | 10℃   | 20℃   | 30℃   | 40℃   | 50℃   | 60℃   | 70℃   |
| M01  | 0.216 | 0.326 | 0.291 | 0.239 | 0.148 | 0.180 | 0.279 | 0.243 | 0.213 |
| M02  | 0.246 | 0.348 | 0.300 | 0.269 | 0.224 | 0.246 | 0.335 | 0.305 | 0.259 |
| M03  | 0.320 | 0.374 | 0.325 | 0.250 | 0.238 | 0.212 | 0.245 | 0.226 | 0.329 |
| M04  | 0.397 | 0.557 | 0.340 | 0.262 | 0.215 | 0.248 | 0.249 | 0.249 | 0.355 |
| M05  | 0.240 | 0.258 | 0.318 | 0.304 | 0.247 | 0.220 | 0.221 | 0.241 | 0.293 |
| M06  | 0.288 | 0.322 | 0.289 | 0.271 | 0.247 | 0.229 | 0.274 | 0.310 | 0.289 |
| M07  | 0.291 | 0.409 | 0.330 | 0.299 | 0.220 | 0.225 | 0.261 | 0.249 | 0.328 |
| M08  | 0.235 | 0.292 | 0.214 | 0.238 | 0.216 | 0.205 | 0.238 | 0.285 | 0.266 |
| M09  | 0.296 | 0.384 | 0.353 | 0.251 | 0.243 | 0.247 | 0.259 | 0.357 | 0.350 |
| M10  | 0.368 | 0.407 | 0.333 | 0.233 | 0.205 | 0.176 | 0.236 | 0.314 | 0.388 |
| M11  | 0.352 | 0.475 | 0.410 | 0.321 | 0.286 | 0.270 | 0.334 | 0.369 | 0.362 |
| M12  | 0.235 | 0.342 | 0.295 | 0.258 | 0.220 | 0.234 | 0.294 | 0.315 | 0.304 |
| M13  | 0.274 | 0.324 | 0.285 | 0.268 | 0.241 | 0.232 | 0.286 | 0.302 | 0.325 |
| M14  | 0.248 | 0.296 | 0.290 | 0.259 | 0.230 | 0.232 | 0.250 | 0.284 | 0.281 |
| M15  | 0.316 | 0.382 | 0.304 | 0.268 | 0.242 | 0.228 | 0.254 | 0.250 | 0.328 |
| M16  | 0.252 | 0.410 | 0.367 | 0.228 | 0.236 | 0.259 | 0.286 | 0.342 | 0.312 |
| M17  | 0.286 | 0.384 | 0.342 | 0.274 | 0.258 | 0.235 | 0.240 | 0.305 | 0.296 |
| M18  | 0.312 | 0.457 | 0.384 | 0.348 | 0.320 | 0.275 | 0.248 | 0.280 | 0.326 |
| M19  | 0.285 | 0.374 | 0.342 | 0.305 | 0.258 | 0.224 | 0.231 | 0.315 | 0.308 |
| M20  | 0.346 | 0.428 | 0.321 | 0.265 | 0.224 | 0.186 | 0.215 | 0.324 | 0.369 |

표 1과 표 2에서 물을 섭취하기 전보다 분석 결과값이 낮게 나타나 성대에 안정감을 주는 것으로 출력된 부분에서는 붉은색으로 표시하였다.

실험 결과를 토대로 물을 섭취하기 전보다 성대 진동의 변화율 및 규칙성이 감소하여 발음을 보다 정확하게 표현하는 결과값을 붉게 표현하여 분석한 결과 대부분의 피실험자 음성이 30℃에서 40℃의 온도에 해당하는 물을 섭취했을 때 발음이 가장 좋게 나타났으며 이를 통해 30℃에서 40℃ 수온이 성대에 가장 좋은 영향을 미치는 것으로 분석할 수 있다.

4.2. 결과 분석

수온을 0℃에서 70℃까지 10℃씩 증가시키면서 섭취했을 때의 음성 변화를 성대 진동 요소의 적용으로 실험한 결과를 보면 0℃와 70℃에서는 물을 섭취하기 전의 음성보다 성대 진동의 변화율 및 규칙성이 오히려 증가하여 발음에 악영향을 미치는 것으로 분석되었다. 그러나 대부분의 피실험자들이 20℃를 기준으로 점차 성대 진동의 변화율 및 규칙성이 낮아지는 현상을 보였으며 30℃와 40℃에서 물을 섭취하기 전보다 발음이 좋아지는 현상을 나타냈다.

이러한 실험 결과를 기반으로 통계적 유의성 분석을 수행하기 위해 분산 분석을 적용하였다. 분산분석은 3개 이상의 집단 평균을 비교하기 위해 비교과정에 분산을 사용하는 통계적 기법으로 3개 이상의 표본들의 차이를 표본 평균간의 분산과 표본내의 관측

치간의 분산을 비교하여 가설을 검증하는 것이다. 본 논문에서는 단 하나의 인자에 근거하여 여러 수준으로 나누어지는 일원분석 방법을 적용한 통계 분석을 수행하였다<sup>17)</sup>. 아래 표 3은 수온에 따른 Jitter 분석 결과에 대한 통계 분석을 수행한 것이며 표 4는 수온에 따른 Shimmer 분석 결과에 대한 통계 분석을 수행한 것이다.

표 3. 수온에 따른 Jitter 측정 결과 통계 분석  
Table 3. Jitter Statistics Analysis

| 변동의 요인 | 제곱합      | 자유도 | 제곱 평균    | F 비      | P-값      | F 기각치    |
|--------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|
| 처리     | 0.860714 | 7   | 0.122959 | 29.06589 | 3.71E-25 | 2.070311 |
| 잔차     | 0.643014 | 152 | 0.00423  |          |          |          |
| 계      | 1.503728 | 159 |          |          |          |          |

표 4. 수온에 따른 Shimmer 측정 결과 통계 분석  
Table 4. Shimmer Statistics Analysis

| 변동의 요인 | 제곱합      | 자유도 | 제곱 평균    | F 비      | P-값      | F 기각치    |
|--------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|
| 처리     | 0.342626 | 7   | 0.048947 | 28.20498 | 1.32E-24 | 2.070311 |
| 잔차     | 0.263779 | 152 | 0.001735 |          |          |          |
| 계      | 0.606406 | 159 |          |          |          |          |

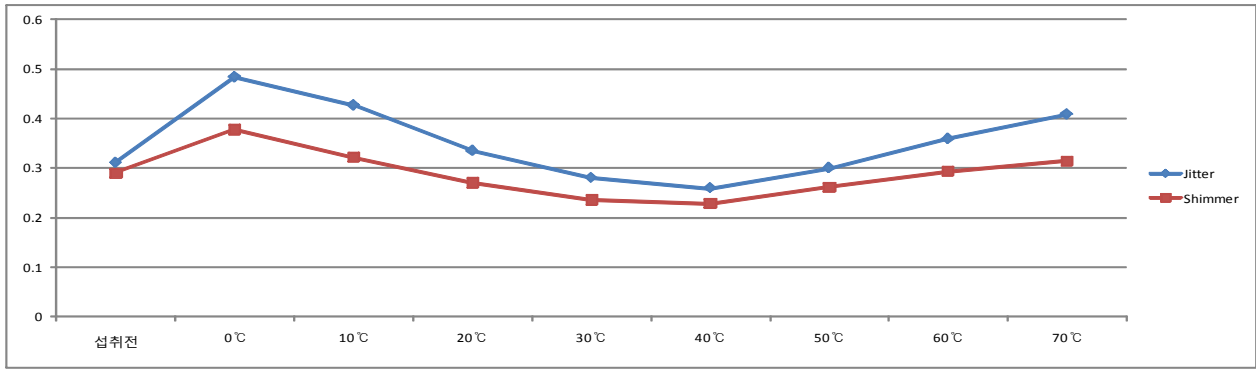


그림 1. 수온 변화에 따른 Jitter 및 Shimmer 분석 평균 결과 변화도

수온에 따른 Jitter, Shimmer 분석 실험의 통계 분석 결과에서 F-분포의 5%의 임계값인 2.070311보다 관측치의 F-값인 29.06589와 28.20498이 더 크기 때문에 수온에 의해 Jitter, Shimmer값이 영향을 받는 것으로 분석할 수 있다. 즉, 실험 결과가 유의수준 0.05에서 통계적 유의성을 나타낸 것으로 분석된다.

이와 같은 실험 결과 및 통계 분석을 기반으로 성대 진동을 측정하는 음성 분석 요소인 Jitter 및 Shimmer 분석을 수행한 결과값으로 알 수 있었다. 또한, 50°C 부터는 점차 물을 섭취하기 전의 상태로 Jitter 및 Shimmer 결과값이 증가하다가 60°C 이상의 온도부터는 성대에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 결론적으로 말해 수온이 적정한 온도일 경우 수분 성분이 성대 점막을 부드럽게 해 주어 발음이 좋아진다. 다시 말해 이 경우 수분이 마치 성대 점막의 점액 질처럼 성대 점막에 좋은 영향을 미친다고 분석할 수 있다. 이에 비해 차거나 뜨거운 물일 경우 수분 성분이 성대 점막을 부드럽게 해 주는 순 기능보다 그 강한 자극의 역 기능이 증가하여 발음이 안 좋게 되는 것이다. 또한 통상 음성이란 성대 점막이 받은 영향을 측정하여 이를 수치화, 정량화, 정규화 한 도구가 바로 Jitter와 Shimmer이다. 따라서 수온에 따른 성대 점막이 받은 영향은 수온에 따른 Jitter와 Shimmer값의 변화와 일치시킬 수 있다. 이를 그림 1에 나타내었는데 이는 수온 변화에 따른 피실험자 집단의 Jitter 및 Shimmer 평균값을 토대로 그래프의 변화를 나타낸 것이다. 결론적으로 아래 그래프에서도 알 수 있듯이 30°C와 40°C의 온도에 해당하는 물을 섭취했을 때 정상 음성 이상의 좋은 발음으로 발성할 수 있다는 것을 알 수 있으며 이와 같은 실험 결과로 30°C에서 40°C의 물이 성대가 가장 좋은 영향을 미치는 것으로 분석할 수 있었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 수온에 변화를 주어 성대에 가장 좋은 영향을 미치는 온도의 물을 측정하기 위한 실험을 수행하여 수온에 따른 성대 진동과 음성신호 특징 요소간의 상관성을 분석하였다. 이를 위해 20명의 피실험자 집단을 구성하고 물을 섭취하기 전의 음성과 0°C부터 70°C까지 10°C씩 증가시킨 물을 섭취한 후의 음성을 각각 수집하여 성대에 영향을 미치는 음성 분석 요소의 적용을 통해 실험을 수행하였으며 이를 통해 수온에 따른 성대 진동과 음성신호 특징 요소간의 상관성을 분석하였다.

실험 결과에서 알 수 있듯이 수온이 너무 차거나 뜨거운 때는 오히려 성대에 악영향을 미쳐 발음이 정상 음성일 때 보다 오히려 나쁘게 나타나는 현상을 보였으나 20°C부터 점차 결과값이 감소하고 50°C부터 점차 결과값이 증가하는 현상을 보였다. 즉, 30°C와 40°C 온도의 물을 섭취했을 때 성대 진동의 변화율 및 규칙성이 정상 음성일 때 보다 낮아져 발음에 좋은 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 결과적으로 목소리에 좋은 영향을 미치는 수온은 30°C에서 40°C사이의 온도이며 이와 같은 실험 방법을 기반으로 수온에 따른 성대 진동과 음성신호 특징 요소간의 상관성을 분석하였다. 끝으로 본 논문은 2012학년도 경남대학교 학술연구장려금 지원에 의한 것임을 부기하는 바이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Park Ran Hui, "The Impact of Voice Construction on Communication," *Korea Speech & Communication Association Journal*, 2009.
- [2] Kim Bong Hyun, "Correlativity Analysis of

Voice Waveform and Feature Parameter According to a Favorable Impression Research Result,” *Korea Information Processing Society Autumn Conference*, 2009.

[3] Kim Bong Hyun, Cho Dong Uk, “Analysis of Vocal Cords and Spectrum Changes Rate According to the  $H_2O$  Temperature,” *Korea Information and Communications Society Summer Conference*, 2010.

[4] Kwon Sun Bok, “A Characteristic Study of Voice Attractiveness by Preceding Study Analysis,” *Korean Speech Language & Hearing Association Journal*, 2009.

[5] cooper. M, *Winning with Your Voice. Hollywood, FL:Fell Publishers. INC*, 1989.

[6] An Cheol Min, *Diagnosis and Treatment of Speech Diseases*, Korea Medibook, 2004.

[7] Ko Do Heung, “A Study of Extracting Acoustic Parameters for Individual Speakers”, *Korean Society of Speech Sciences Journal*, 2003.

[8] Jeong Ok Ran, “Speech Overall Evaluation”, *Korean Society of Laryngology Phoniatics Logopedics Journal*, 1994.

[9] Boone, D. M. & McFarlane, S. C, *The Voice and Voice Therapy(4th ed.)*, Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall, 1988.

[10] Yang Byeong Gon, *Theory and Reality of Voice Analysis Using Praat*, ManSu Pub., 2003.

[11] Lee Hyeong Seok, “Acoustic Analysis of Normal and Vocal Pathologic Voice Using Dr. Speech Science”, *Korean Society of Laryngology Phoniatics Logopedics Journal*, 1997.

[12] Park Ran Hui, “The Impact of Voice Construction on Communication,” *Keimyung Univ. A Doctoral Degree Paper*, 2009.

[13] Lee Gyu Sik, *Auditory Sense Disabled Child Education*, Hakjisa, 2004.

[14] Ka Min Kyoung, “A Study on the Speech Signal Analysis for Sasang Constitution Classification in 40-50 Years Adult,” *Hanbat National Univ. A Master’s Degree Paper*, 2008.

[15] Kim Bong Hyun, Cho Dong Uk, “A Study on the Change Parameter Analysis of Articulator

by Intake the  $C_8H_{10}O_2H_4$ ,” *Korea Information and Communications Society Journal*, Vol36 No1, 2010.

[16] Kim Bong Hyun, Cho Dong Uk, “A Proposal on IT Based Method of Substantiation and Quantization for Pronunciation Accuracy Improvement Methods,” *Korea Information and Communications Society Journal*, Vol36 No8, 2011.

[17] Nam Hae Seong, *Statistical Analysis of Mean or Average*, School of Preventive Medicine Chungnam National Univ. College of Medicine, 2007.

**김 봉 현 (Bong-hyun Kim)**

종신회원



2000년 2월 한밭대학교 전자계산학과  
2002년 2월 한밭대학교 전자계산학과 공학석사  
2009년 3월 한밭대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
2002년~2011년 국립한밭대학교, 충북도립대학 외래강사

2012년~현재 경남대학교 컴퓨터공학과 교수

2009년 한국정보처리학회 논문대상 수상

2011년 한국정보처리학회 최우수논문상 수상

<관심분야> 생체신호분석, 음성처리, 전자상거래

**조 동 옥 (Dong-uk Cho)**

종신회원



1983년 2월 한양대학교 전자공학과

1985년 8월 한양대학교 전자공학과 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

2011년 기술혁신대전 교육과학기술부장관 표창

2011년 한국산학기술학회 산학연구대상 수상

<관심분야> BIT융합기술, 영상 및 음성처리