

## 가수 유형별 음성의 공기역학적 분석

### Aerodynamic Analysis of Different Types of Singing Voices

노 동 우\* · 황 보 명\* · 백 은 아\* · 정 옥 란\*\*

Dong-Woo Noh · Bo-Myung Hwang · Euna Paik · Ok-Ran Jeong

#### ABSTRACT

Sound pressure level, subglottic air pressure, vital capacity, adduction/abduction rate, and phonatory efficiency were measured in 19 opera singers, 17 Korean traditional "Pansori" singers, and 20 non-singers; subjects' mean age was 25.9(SD=7.2) and the singers had been singing professionally for 5-10 years. One-way ANOVA and Scheffé post-hoc analysis were used to analyze aerodynamic data and to identify significant differences among groups. Sound pressure level, peak subglottic air pressure, and phonatory efficiency were found to be significantly different among three groups of the subjects. Differences in aerodynamic properties were discussed for their significance in diagnosis and treatment of voice disorders in professional singers.

**Keywords:** Aerodynamics, Pansori, Phonatory Efficiency

#### 1. 서 론

음성은 청자와 화자간의 의사소통 시 메시지의 전달력 혹은 피로도에 따라 영향을 미치는 요인이 된다. 주관적인 요인이기는 하지만 맑고 고운 음성은 청자의 메시지 이해도 및 안정도를 느끼는 정도에 역할을 하게 될 것이다. 따라서 음성에 대한 관심 및 음성 평가나 치료에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있다. 음성 평가를 위하여 이루어지는 객관적인 검사들 중에는 음성의 청각적 평가(psycho-acoustic evaluation of voice), 음향음성학적 검사(acoustic analysis), 공기역학적 검사(aerodynamic study), 후두의 운동관찰(examination of vocal fold vibration), 그리고 근신경의 기능검사(electromyographic study of laryngeal muscles) 등의 여러 검사 방법이 이용되고 있다(Hirano, 1981). 이 중 공기역학적 검사는 음성신호를 전달하는데 있어서 후두의 효율에 대한 정보를 제공하는데 유용한 검사 방법이다. 따라서 근래에는 이와 같은 공기 역학적 검사를 통하여 일반인 및 성대 병리를 가지고 있는 환자, 전문적인 음성 사용자들에 대한 연구들이 지속적으로 이루어지고 있다.

음성을 전문적으로 사용하는 사람들 중 특히 가수들의 효율적인 음성 사용을 알아보고자

\* 대구대학교 언어치료전공 박사과정

\*\* 대구대학교 언어치료학과 교수

하는 연구들이 많은데, 이것은 그들이 자신의 음성을 일반인에 비하여 보다 효율적으로 사용한다는 생각 때문이다. 그러나 가수 유형에 따라, 즉 한국 전통의 판소리 가수들 혹은 성악 가수들은 그들의 노래 유형의 특성 때문에 음성 사용 또한 다른 특징을 보일 수 있을 것으로 생각된다. 한국 전통 판소리 가수들은 성악 가수들에 비하여 음성이 거칠고 탁한 병리적인 음성으로 청지각되는 경우가 많은 반면, 이들의 발성 및 호흡에서의 연습 방법이나 원리에 대해서는 알려진 바가 적다. 이는 판소리 연구의 대부분이 사실 중심의 문학적인 관점으로 연구되어왔지 판소리의 음성학적 그리고 음악적인 관점에서 연구되지 못한데 기인하기 때문이다. 그러므로 판소리 가수 및 성악 가수들의 호흡 사용을 알아보고, 이후에 가수 유형별 기교에 따른 음성 기능 이상을 연구하는데 기초 자료를 마련하는 데 본 연구의 의의가 있다고 하겠다. 이와 같은 연구의 의의에 따른 본 연구의 문제는 다음과 같다.

- 첫째, 음압수준에서 각 집단 간 유의한 차이가 있는지를 알아본다.
- 둘째, 성문하압에서 각 집단 간 유의한 차이가 있는지를 알아본다.
- 셋째, 폐활량에서 각 집단 간 유의한 차이가 있는지를 알아본다.
- 넷째, 성대 내·외전 비율에서 각 집단 간 유의한 차이가 있는지를 알아본다.
- 다섯째, 발성효율에서, 각 집단 간 유의한 차이가 있는지를 알아본다.

## 2. 이론적 배경

공기역학적 검사를 통하여 측정 가능한 요소들 중 평균기류율(mean airflow rate)은 지속적인 모음 발성시의 발성 기능을 평가하는 것으로 정상 성인 남자의 경우 초당 96~130 ml/sec 정도로 보고되고 있다(김영호, 1994; 김기령, 1982; Yoshioka 등, 1977). 임상적으로 대개 200 ml/sec 이상이거나 40 ml/sec 이하인 경우 비정상적인 것으로 생각한다. 평균호기류율은 고주파에서 음강도와 밀접한 관련이 있으며 무거운 혹은 보통 음성보다는 가성(falsetto)에서 현저하다(김영호, 1994).

성문하압은 정상발성시 5~10 cmH<sub>2</sub>O 정도를 정상으로 생각하며 음의 강도와 비례하는 것으로 알려져 있다(김영호, 1994). 한편, 성문하압과 아울러 음성발성에서 호기사용의 효율을 나타내는 가장 좋은 지표는 발성효율(vocal efficiency)이다(Moon, 1996). 발성시 성문구조는 폐를 통해 올라오는 호기의 공기역학적 힘(aerodynamic power)을 음성음향학적 힘(acoustic power)으로 변형시켜 소리를 생성하는데, 상기의 정의에 따라 발성 효율은 음성음향학적 힘과 공기역학적 힘 사이의 비로 측정된다(Jin 등, 1996).

정상인과 직업적으로 음성을 과사용하는 집단 간의 음성학적 비교 분석에서 진성민 등(1997)은 목사, 여자 교환수, 고교 남녀 교사 등을 대상으로 하여 기본 진동수, 기본 진동수 변이, jitter가 통계적으로 유의하다고 밝혔으며, 직업적으로 음성을 많이 사용하는 사람들이 정상인보다 음성장애 소견을 나타내는 예가 더 많다고 하였다.

한국의 전통음악과 서양음악 사이의 차이를 알아보기 위하여 홍기환(1997) 등은 그들의 음악 음형태 및 성대 진동양상을 연구하여 전통음악 가수들이 후두 및 경부의 과도한 긴장

및 성대의 무리한 진동에 의해 성대에 병변이 초래되고 성대 진동 양상도 대부분 비정상적으로 나타나게 된다고 하였다.

성악인과 일반인을 대상으로 공기역학적 검사를 실시한 연구(정성민, 1998b)에서는 성악인 남성이 일반인 남성보다 강도변화의 폭도 크며 음의 강도가 증가하지만 여성의 경우에는 일반인과 차이가 강도변화의 폭에서는 없었고 소프라노는 모든 발성에서 음의 강도가 크며 메조소프라노는 높은 소리에서만 큰 것으로 나타났다. 또한 호기율에서 남성 성악인은 일반인보다 호기를 변화폭이 크며 호기율도 증가하였고 여성 성악인은 호기율이 일반인보다 유의미하게 증가하였다. 그러나 호기압에 관해서는 남성과 여성 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다고 하였다. 이러한 연구 결과를 통하여 음압은 우선적으로는 성문하압에 의하여 조절되는 것으로 밝혀져 있지만 성문하압 이외에도 성대내전, 기본주파수, 음형대주파수 등에 의해서도 영향을 받는다. 특히 성대내전이 중요한데 즉, 성대내전 형태로 발성 형태 즉 호기 흐름을 조절하게 되는데 성악인들은 호흡조절에 의해서 성문하압을 다양하게 변화시킨다.

윤영선 등(1999)은 후두가 하강하게 되면 후두실과 이상와(pyriform sinus)가 넓어져서 성도의 공명변화가 나타나기 때문에 성악을 발성할 때는 후두의 하강이 중요하다고 생각하였다. 따라서 후두의 상하 움직임과 관계되는 성대외근의 수축 경향을 파악하여, 성악 전공자와 비전공자에게서 그 차이를 밝혀 성대외근이 성악 발성에 갖는 중요성을 파악하고자 하였다. 이러한 목적으로 성악전공자와 비전공자들의 설골상근(suprahoid muscle), 설골하근(infrahoid muscle), 견갑설골근(omohoid muscle)의 활동 전위를 분석하였다. 연구 결과, 성악을 전공한 사람들은 성대외근의 근전위 진폭이 증가하는 경향을 보였고, 고음을 낼 때에는 일관되게 설골상근에 비하여 설골하근의 근전위 진폭이 증가하는 것으로 나타났다. 즉 성악가들은 고음을 낼 때 후두가 하강되고 일반인들은 저음을 낼 때 후두가 하강된다고 나타났다.

판소리의 청각미학에 대한 김현기 등(2001)의 연구에 따르면, 판소리 가수의 성대 모양은 발성 과정에서 변형되어 성대 긴장이 많고 성문 좌우가 비대칭으로 형성되어 발성 시 성대 양쪽이 완전하게 폐쇄되지 않아 성문 사이로 음성 에너지가 새어나오므로, 모든 음에 있어 기식성 음성(breathy voice)을 보여주고 있다. 소리의 음역 변화에 따라 성문의 형태는 성악가의 그것과 비슷하나, 소리꾼의 경우 어느 음역에서든 성문이 완전하게 폐쇄되지 않기 때문에 항상 기식성 음을 생성하고 기식성 음을 내지 않으려는 보상 때문에 성대 긴장을 높이게 된다.

### 3. 연구 방법

#### 3.1 연구 대상

본 연구는 후두질환 경력이나 음성 문제가 없는 총 56 명을 그 대상으로 실시하였다. 본 연구 대상자들의 집단별 특성은 표 1과 같다.

표 1. 연구대상자 특성

가수 유형	N	평균연령	평균경력
판소리	남: 7명, 여: 10명	32.6세 (SD=±7.9)	15.0년(SD=±10.2)
성악가	남: 10명, 여: 9명	20.3세 (SD=±1.5)	4.2년(SD=±1.6)
일반인	남: 10명, 여: 10명	25.7세 (SD=±4.6)	

### 3.2 연구절차

본 연구는 공기역학적 검사를 위하여 Aerophone II(KAY 사)를 이용하여 음압수준(sound pressure level), 성문하압(subglottal pressure), 폐활량(vital capacity), 성대 내·외전비율(adduction/abduction rate), 발성효율(phonatory efficiency) 등을 측정하였다. 각각의 데이터는 공기 밀폐형 마스크로 코와 입을 완전히 덮을 수 있도록 얼굴에 밀착시키고 가장 편안한 자세를 취하게 하여 측정하였다.

음압 수준을 측정하기 위하여 /a/를 단속적으로 크게 3 회 발성하게 하였고, 성문하압은 마스크 내에 직경 10 cm 가량의 실리콘 튜브를 연결한 후 대상자들이 충분히 흡기한 후 마스크를 코와 입에 밀착시킨 상태에서 입술로 튜브를 가볍게 문 채로 /i:pi:pi:/를 발성하게 하여 측정하였다. 이러한 과정을 3회 반복하여 그 평균값을 채택하였다

폐활량을 측정하기 위하여 최대한 흡기한 후 마스크를 착용한 상태에서 최대한 호기하도록 하였다. 성대 내·외전 비율을 측정하기 위하여 흡기 후 입을 다문 상태에서 /bmbmbm/을 연속하여 발성하도록 하였다(고도홍, 2001).

### 3.3 결과처리

가수 유형별 음성의 공기역학적 분석의 각 측정치들 간의 통계적 유의성을 검정하기 위하여 일원분산분석을 사용하였으며, 측정치들 간의 유의한 차이가 나타난 경우 사후 검정 절차로서 어떠한 집단 간의 유의한 차가 나타나는지를 알아보기 위하여 일원분산분석(One-way ANOVA; Scheffé 검정)을 실시하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 음압수준(sound pressure level; SPL)

집단별로 음압수준의 평균값을 살펴보면, 판소리 집단은 73.38dB(N=17, SD=4.09), 성악가 집단은 74.98dB(N=19, SD=4.69), 일반인 집단은 69.60dB(N=20, SD=6.65)로 나타났다.

한편, 음압수준이 집단 간에 유의차가 있는지를 알아보기 위하여 일원분산분석을 실시한 결과 집단 간의 유의한 차이가 나타났다(표 2). 또한, 어떠한 집단 간에 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 Scheffé 검정을 실시한 결과, 성악가 집단과 일반인 집단 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .01$ ). 하지만, 판소리 집단과 성악가 집단 간 및 판소리 집단과 일반인 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

표 2. 집단별 음압수준의 일원분산분석결과

분산원	SS	df	MS	F
집단 간	298.375	2	149.188	.008**
집단 내	1502.170	53	28.343	
합 계	1800.545	55		

\*\* p < .01

#### 4.2 성문하압(subglottal air pressure)

##### 4.2.1 최대공기압(peak air pressure)

집단별로 최대공기압의 평균값을 살펴보면, 판소리 집단은 9.35 cmH<sub>2</sub>O(N=17, SD=.78), 성악가 집단은 9.45 cmH<sub>2</sub>O(N=19, SD=.71), 일반인 집단은 14.60 cmH<sub>2</sub>O(N=20, SD=3.86)로 나타났다.

한편, 최대공기압이 집단 간에는 유의한 차이가 나타났고(표 3), 각 집단 간에는 판소리 집단과 일반인 집단 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며(p < .001), 성악가 집단과 일반인 집단에서도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p < .001). 그러나, 판소리 집단과 성악가 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

표 3. 집단별 최대공기압의 일원분산분석결과

분산원	SS	df	MS	F
집단 간	348.078	2	174.039	30.563***
집단 내	301.806	53	5.694	
합 계	649.884	55		

\*\*\*p < .001

##### 4.2.2 평균공기압(mean air pressure)

집단별로 평균공기압의 평균값을 살펴보면, 판소리 집단은 4.30 cmH<sub>2</sub>O(N=17, SD=1.12), 성악가 집단은 3.68 cmH<sub>2</sub>O(N=19, SD=1.12), 일반인 집단은 4.16 cmH<sub>2</sub>O(N=20, SD=2.05)로 나타났다.

한편, 평균공기압이 집단 간에 유의한 차이는 나타나지 않았다.

Slavit(1991)는, 성대긴장도가 증가될수록 성대에서의 음성효율이 감소되는 것을 발견하고 성대가 굳어져 있을수록 음성효율은 떨어지며 성문하압이 증가하면 음성효율이 증가된다고 보고한 바 있다. Gray 등(1988)은 사람에서의 음성효율은 물리적인 영역과 정신물리학적인 측면이 함께 고려되어 측정되어야 한다고 주장하고 있다.

김현기 등(2001)은 아동 판소리 가수가 발화 및 발생시 공기역학적인 특징으로 성대의 폐쇄가 불완전하여 기식성 음을 많이 생산하는 것을 발견하였다. 이것은 긴장된 소리(strangled voice)를 내기 위하여 복부에 강한 힘을 주어 증가된 공기의 압력으로 성문을 강하게 폐쇄하도록 긴장을 주는 것이나, 불완전한 성문폐쇄로 인하여 발생하는 긴장된 기식성 음이라고 있다.

#### 4.3 폐활량(vital capacity)

집단별로 폐활량의 평균값을 살펴보면, 판소리 집단은 2.63 l(N=17, SD=1.19), 성악가 집단은 3.20 l(N=19, SD=1.99), 일반인 집단은 2.64 l(N=20, SD=1.54)로 나타났다.

한편, 폐활량은 집단 간에 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 남도현 등(2001)이 제시한 연구결과와 일치하고 있는데, 훈련된 성악가는 호흡훈련으로 인하여 비성악가보다 폐기능이 증진되어있을 것으로 가정하였으나, 실제로 폐기능 자체는 비성악가와 별 차이가 없었다고 하였다. 그러나, 발생시 호흡기능의 측정에서 두 집단 간 폐기능 차이가 없었음에도 불구하고, 최대발성지속시간, 평균기류율, 발생지수에서 나타난 치수는 성악가의 호흡조절능력이 비성악가에 비해 우수하다는 것을 알 수 있었다. 즉, 성악가의 호흡능력은 같은 폐활량으로 가창시 비성악가에 비하여 호흡을 유지하고 조절하는 능력이 더 뛰어나다는 것을 보여주고 있다.

#### 4.4 성대 내·외전 비율(adduction/abduction rate)

집단별로 성대 내·외전 비율의 평균값을 살펴보면, 판소리 집단은 5.54 cps(N=16, SD=2.23), 성악가 집단은 6.33 cps(N=18, SD=2.62), 일반인 집단은 5.47 cps(N=20, SD=2.95)로 나타났다. 한편, 성대 내·외전 비율은 집단 간에 유의한 차이는 나타나지 않았다.

#### 4.5 발성효율(phonatory efficiency)

집단별로 발성효율의 평균값을 살펴보면, 판소리 집단은 15.64 ppm(N=17, SD=13.13), 성악가 집단은 22.93 ppm(N=17, SD=19.99), 일반인 집단은 4.85 ppm(N=20, SD=3.48)로 나타났다.

한편, 발성효율은 집단 간에 유의한 차이가 나타났고(표 4), 각 집단 간에는 성악가 집단과 일반인 집단 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .01$ ). 하지만, 판소리 집단과 성악가 집단 간 및 판소리 집단과 일반인 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

서양음악을 전공으로 하는 성악인에서의 음성효율을 측정한 정성민(1998a)은 정상 성악인, 성대 병변이 있고 음성장애 증후가 있는 성악인, 성대 병변만 있는 성악인, 일반인 등을 대상으로 전문적인 성악인들의 음성효율이 낮게 측정되었는데 이것은 목에 힘이 들어간 발성이 목에 힘을 뺀 약간 기식성의 소실보다 음성효율이 높기 때문이다. 즉 성악인들은 일반적으로 pressed voice가 아니고 성문하압을 감소시키면서 목에 힘을 주지 않고 자연스럽게 흘러나오는 목소리로 노래하도록 훈련되어 있기 때문에 일반인들에 비하여 오히려 음성효율이 감소되어 있는 것으로 나타났다고 볼 수 있다. 성악인들은 과도한 성문하압을 감소시키면서 “flow phonation”에 의하여 노래하게 되므로 성대 병변이 있더라도 맑은 음색으로 노래하는 경우가 있다고 하였다.

표 4. 집단별 발성효율의 비교분석결과

분산원	SS	df	MS	F
집단 간	3076.588	2	1538.294	8.362**
집단 내	9381.862	51	1871.187	
합 계	12458.450	53		

\*\* $p < .01$

## 5. 결 론

가수 유형별 음성의 공기역학적 분석을 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 음압수준에서, 성악가 집단과 일반인 집단 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .01$ ).

둘째, 성문하압의 최대공기압에서, 판소리 집단과 일반인 집단 간 및 성악가 집단과 일반인 집단에서 각각 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .001$ ).

셋째, 발생효율에서, 성악가 집단과 일반인 집단 간에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .01$ ).

한국 내에서 성악가이나 전문적으로 목소리를 사용하는 사람에 대한 연구는 그들의 목소리 특징에 관한 분석 정도로 아직 초보적인 단계에 있으며 그들의 음성 치료에 관한 연구들은 매우 부족하다. 판소리 혹은 성악가들의 발생 자체의 손상 없이 그들의 성대 병변의 문제를 해결해야 하고, 바른 발생과 호흡법을 개발해야 하므로 이들의 발생 훈련에 대한 상당한 고려가 이루어져야 하겠다. 또한 성악가들은 그들이 성문하압을 조절하여 성대 병변이 있음에도 불구하고 음향학적 검사 상에서 정상 이상의 음질을 유지하는 것처럼 보일 수도 있으므로 이들의 음성 분석에서 주관적인 평가나 음향학적, 혹은 공기역학적 평가와 더불어 스트로브스코프와 같은 검사를 실시하여 보다 정확한 평가를 하는 것이 바람직하겠다.

## 참 고 문 헌

- 고도홍·정옥란 외. 2001. 음성 및 언어 분석기기 활용법. 한국문화사, 73-91.
- 김기령, 김광문, 오혜경 등. 1982. "한국인의 발생 능력에 관한 검사." *한이인지*, 25(2), 341-344.
- 김영호. 1994. "공기역학적 검사." 제 2회 대한음성언어의학회 학술대회 심포지움. 음성검사법, 대한음성언어의학회, 5-10.
- 김현기, 김선숙, 홍기환. 2001. "소년 명창의 소리: Spectrogram 및 Aerodynamic 분석을 중심으로." *한국음성과학회 제 10회 학술발표대회 논문집*, 223-228.
- 남도현, 안철민, 임성은, 강성웅, 최홍식. 2001. "훈련된 여자 성악가와 일반인의 호흡능력에 대한 비교 연구." *한국음성과학회 제 10회 학술발표대회 논문집*, 229-235
- 윤영선, 송영익, 추광철, 김선일. 1999. "성악전공자와 비전공자에서의 음도에 따른 성대의근의 표면근전도 변화." *대한음성언어의학회지*, 10(1), 24-29.
- 정성민. 1998a. "서양음악을 전공으로 하는 성악인에서의 음성효율 측정." *대한음성언어의학회지*, 9(1), 43-46.
- 정성민. 1998b. "서양음악을 전공으로 하는 성악인에서의 공기역학적 검사." *대한음성언어의학회지*, 9(2), 109-114.
- 진성민, 박상욱, 강현국, 이용배. 1997. "정상인과 직업적 음성 과사용 집단 간의 음성학적 비교 분석." 제 8회 대한음성언어의학회 학술대회 심포지움, 251.
- 홍기환, 박병갑, 양윤수, 김현기. 1997. "전통음악 및 서양음악 가수에 대한 음악 음형태 및 성대진동 양상에 대한 연구." 제 8회 대한음성언어의학회 학술대회 심포지움, 254.
- S, Gray. & I. R. Titze. 1988. "Hitologic investigation of hyperphonated canine vocal cords." *Ann Otol Rhinol Lryngol*, 97, 381-388.
- Hirano, M., Y. Koike. & H. von Leden. 1981. "Maximum phonation time and air usage

- during phonation." *Folia Phoniatr*, 20, 185-201.
- Jin YD, Pyo HY, & Choi HS. 1996. "Evaluation of vocal efficiency for the polys and nodules." *J Korean Soc Logo Phon*, 7(1), 56-60.
- Moon YI. 1996. "Aerodynamic test in phonation using the airway interruption method - A study of Korean normative data." *Korean J Otolaryngol*, 39, 1087-1092.
- Slavit DH., McCaffrey TV. & Yanagi E. 1991. "Effect of superior laryngeal nerve on vocal fold function: an in vivo canine model." *Otolaryngology of Head Neck Surgery*, 105(6), 857-863.
- H, Yoshioka., Sawashima M. & Hirose H. 1977. "Clinical evaluation of air usage during phonation." *Jpn J Logoped Phoniat*, 18, 87-93.

접수일자: 2001. 10. 19.

게재결정: 2001. 12. 3.

▲ 노동우

대구광역시 남구 대명3동 2288번지 (우: 705-030)  
 대구대학교 재활과학대학 언어치료학과  
 Tel: +82-53-650-8275 (O) Fax: +82-53-624-4955  
 E-mail: nobeat@hanmail.net

▲ 황보명

대구광역시 남구 대명3동 2288번지 (우: 705-030)  
 대구대학교 재활과학대학 언어치료학과  
 Tel: +82-53-650-8275 (O) Fax: +82-53-624-4955  
 E-mail: bmhwang30@hanmail.net

▲ 백은아

대구광역시 남구 대명3동 2288번지 (우: 705-030)  
 대구대학교 재활과학대학 언어치료학과  
 Tel: +82-53-650-8275 (O) Fax: +82-53-624-4955  
 E-mail : eunaslp@yahoo.com

▲ 정옥란

대구광역시 남구 대명3동 2288번지 (우: 705-030)  
 대구대학교 재활과학대학 언어치료학과  
 Tel: +82-53-650-8274 (O)  
 E-mail: oj@biho.taegu.ac.kr