가글 발성이 음향학적 지표에 미치는 영향

The Effect of Voiced Gargling Phonation on Acoustic Parameters

김휘은[1], 이준수[2], 현민기[3], 박병훈[4], 강성현[5], 노인종[6]

Kim, HwiEun[1] Lee, JunSu[2] Hyeon, MinKi[3] Park, ByeongHoon[4] Kang, SungHyun[5] Roh, InJong[6]

Abstract

This study investigated the short-term effects of voiced gargling on voice stability and voice quality in normal adults using a randomized controlled experimental design. The participants included 30 adults aged 19 years or older (15 in the experimental group, 15 in the control group) with no history of voice disorders and no self-reported difficulties in daily voice use. The intervention involved voiced gargling with approximately 15 ml of water, alternating between 5 seconds of vocalization and 5 seconds of rest for a total of 1 minute, while the control group maintained vocal rest for the same duration. As measurement tasks, the "Autumn" paragraph, VOXplot standard sentences, and sustained vowel /a/ were used to collect Cepstral Peak Prominence Smoothed (CPPS), Jitter, and Shimmer. The main effects of group and time, as well as their interaction effects, were analyzed using a two-way mixed ANOVA. The results showed that in the sustained vowel phonation task, CPPS (p = .038), Jitter (p = .044), and Shimmer (p = .034) all exhibited statistically significant main effects over time, confirming that the voice stability of all participants improved after the intervention. However, the main effect between groups and the group x time interaction effect were not significant for any variable, and no significant effects were observed in the connected speech tasks (Autumn paragraph CPPS, VOXplot CPPS). These results did not provide direct evidence that the voiced gargling intervention alone improves voice stability, but they suggest the possibility of short-term vocal changes. Further verification is warranted by increasing the sample size and extending the intervention period in future studies.

Corresponding author: YoonMi Hwang

Keywords: Keywords: Voiced Gargling Phonation, CPPS, Jitter, Shimmer, Voice Stability

서론

음성은 인간의 기본적인 의사소통 및 감정 표현의 수단일 뿐만 아니라 가창, 강연, 공연 등 전문적인 직업 환경에서 핵심적인 역량으로 요구된다. 그러나 이러한 직업적 환경 등에서의 과도한 음성 사용은 음성의 남용 및 오용문제를 빈번하게 야기한다. 이에 따라 성대의 피로도와 음성 질환을 예방하기 위한 노력이 지속되어 왔으며, 음성 사용 전 수행하는 웜업(warm-up)과 체계적인 발성 훈련을 통한 예방의 중요성 또한 강조되어 왔다.

특히 성도반폐쇄(Semi Occluded Vocal Tract, SOVT) 원리를 기반으로 한 훈련법들은 높은 훈련 효과를 기대할 수 있다는 점에서 임상 및 가창 현장에서 크게 주목받고 있다. SOVT 는 성도의 일부를 반폐쇄하거나 수축하여 발성 시 기류(air flow)에 저항을 형성하고, 이에 따른 성문상압(supraglottal pressure)과 성대 진동 간의 상호작용을 통해 발성 효율성을 극대화하는 비선형 소스-필터 이론(non-linear source-filter theory)을 기반으로 한다.[1)2)] 이 기전은 성도 내 역압(back pressure)을 형성함으로써 성대의 물리적 접촉 부담을 줄이고, 발성 시 유발되는 주변 근육의 과도한 긴장을 완화하여 음성의 안정성과 효율성을 높이는 데 효과적이다.[3)4)]

1) 한국발성교정협회 olivia009@naver.com
2) 포텐셜 보컬스튜디오 potentialvocalstudio@gmail.com
3) 소리공작소 영등포구청점 pow023@naver.com
4) 소리공작소 영등포구청점 bbhchzz@naver.com
5) 소리공작소 서초점 4114628@naver.com
6) 한국발성교정협회 caroh0619@gmail.com

원고접수일: 05월 31일
심사완료일: 06월 15일
게재결정일: 06월 19일

소리를 내면서 하는 가글 발성(voiced gargling phonation, 이하 가글 발성)은 이러한 SOVT 기전을 활용한 발성 훈련법 중 하나로, 구강 내 머금은 물의 저항을 이용해 성도반폐쇄 효과를 유도한다. 물 저항을 활용한 대표적인 SOVT 기법으로는 락스 복스(Lax Vox)가 있으며, 이러한 물 저항 기반 발성은 성도 내 압력과 공기역학적 특성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되었다.[5] 한편, 락스 복스는 튜브를 입에 문 상태에서 수행되므로 실제 발화 및 조음 훈련에는 제한이 있으며, 이를 보완하기 위해 반폐쇄 안면 마스크(Semi-Occluded Face Mask, SOFM) 기법이 제안되었다.[6] 그러나 이러한 기법들은 전용 실리콘 튜브나 마스크 등 반드시 특수한 장비가 요구되는 도구 기반 SOVT라는 제약이 존재한다. 반면, 본 연구에서 주목한 가글 발성은 별도의 도구 없이 오직 구강 내 액체만을 활용하여 성도반폐쇄 효과를 유도할 수 있다는 점에서 임상적 접근성이 매우 우수하다. 뿐만 아니라, 가글 발성은 외부 도구를 거치지 않고 성도 및 구강 점막에 수분을 직접적으로 공급한다는 이점이 있는데, Titze와 Verdolini 등(2008)에 의하면, 성대 표면의 수분 공급은 성대 점막의 점성(viscosity)을 낮추어 발성 역치 압력(Phonation Threshold Pressure, PTP)을 유의하게 감소시키는 것으로 알려져 있다.[7][8] PTP의 감소는 성대 진동을 개시하는데 요구되는 공기역학적 에너지를 줄여주기 때문에, 최소한의 호흡 노력(less vocal effort)만으로도 효율적이고 안정적인 발성을 할 수 있게 돕는다.[9]

또한 가글 발성은 액체의 유동적인 움직임으로 인해 발생하는 이중 진동(dual vibration source) 메커니즘을 통해 후두 주변 근육에 직접적으로 생리학적 마사지를 제공할 수 있다. 선행연구에 따르면, 물의 저항을 활용하는 수중 저항 음성 치료(Water Resistance Therapy, WRT)는 일반적인 발성 시 나타나는 성대 진동 외에도 액체의 움직임과 기포에 의해 발생하는 추가적인 진동 자극이 동반된다는 특징이 있다. 일부 연구에서는 이를 이중 진동 구조로 설명하였으며, 성대 자체의 진동과 물의 진동이 성도 및 주변 조직에 추가적 자극을 전달한다고 보고하였다.[10] 물속 기포로 인해 발생하는 압력의 반복적인 변화는 성문상압(supraglottal pressure)의 동적 변동을 유도하며, 이러한 기전이 발성 시 마사지 유사 효과(massage-like effect)를 발휘하여 후두 및 인두 주변 근육의 긴장을 완화하고 발성의 편안함과 공명감을 향상시키는 데 기여한다. 실제로 가글을 활용한 선행연구에 따르면, 약 1분간의 가글 수행만으로도 외후두근(extrinsic laryngeal muscles)의 긴장도 변화가 나타났으며, 참여자들로부터 발성이 물리적으로 편안해지고 음성을 산출하기가 용이해졌다는 주관적 보고가 확인된 바 있다.[11]

이처럼 가글 발성은 SOVT의 생리학적, 공기역학적 이점과 가글 고유의 수분 공급 및 근이완 효과를 동시에 활용할 수 있다는 점에서 기존의 도구 기반의 SOVT 기법들과의 차별성이 있으며, 새로운 발성 중재 방법 전략으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 이러한 임상적 유용성에도 불구하고, 가글 발성이 가창자나 음성 질환자의 실제 음성 안정성과 음질 변수들에 어떠한 정량적 영향을 미치는지 규명한 객관적이고 체계적인 연구는 여전히 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 가글 발성이 음성의 안정성과 음질에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, CPPS(Cepstral Peak Prominence Smoothed), Jitter, Shimmer 등의 음향학적 지표를 중심으로 그 효과의 가능성을 객관적으로 확인하고자 한다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 만 19세 이상의 성인을 대상으로 실시하였다. 음성 질환을 진단받지 않았고 일상적인 음성 사용에 불편을 보고하지 않은 자를 대상으로 하였으며, 최종적으로 실험군 15명(남성 6명, 여성 9명)과 대조군 15명(남성 7명, 여성 8명), 총 30명의 음성 데이터자료를 분석에 사용하였다. 모든 참여자는 연구 목적과 절차에 대한 충분한 설명을 들은 후 자발적으로 연구에 참여하였다. 대상자 정보는 표 1과 같다.

표 1) 연구 대상자의 일반적인 특징

	실험군 (n=15)	대조군(n=15)
평균연령(year)	32.13 ± 3.29	33.40 ± 3.36

Mean ± SD

2. 측정 도구

음향학적 분석은 음성 분석 프로그램 VOXplot (LingWAVES, Germany)을 이용하여 CPPS, Jitter, Shimmer를 측정하였다. 분석은 '가을 문단', VOXplot 표준 문장, /아/ 모

음 연장 발성을 통해 수집된 음성을 바탕으로 진행하였다.

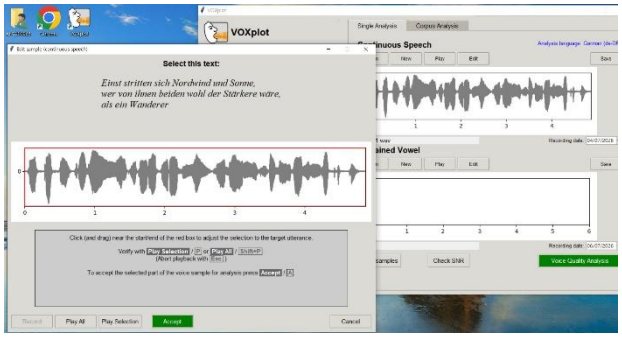


그림 1) 음성 분석 프로그램 VOXplot

3. 연구 방법

1) 사전 측정

사전 측정에는 가을 문단 낭독, VOXplot 표준 문장 낭독, /아/ 모음 연장 발성을 수행하도록 하였으며, 대상자들에게는 평소와 같은 자연스러운 음성과 속도로 발성하도록 안내하였다. 모든 과제는 3회씩 반복 녹음하였으며, 분석에는 각 과제 3회 측정값의 평균을 사용하였다.

가을 문단은 첫 문장을 포함한 세 문장을 낭독하도록 하였다. 이때 처음 문장은 발성 안정화를 위한 캐리어 문장(carrier phrase)으로 활용하였으며, 분석에는 '무엇보다도 산에 오를 땐 더욱 더 그 빼어난 아름다움이 느껴진다.'를 사용하였다.

VOXplot 표준 문장은 '넓게 펼쳐져 있는 바다를 바라보면 내 마음 역시 넓어지는 것 같다'를 전체 낭독하도록 하였으며, 앞 뒤 부분은 발성 안정화를 위해 캐리어 문장으로 활용하였으며, 분석에는 '펼쳐져 있는 바다를 바라보면 내 마음 역시 넓어지는 것' 구간을 사용하였다.

/아/ 모음 연장 발성은 6초간 지속하도록 하였으며, 발성 초기의 불안정 구간을 제외하고 안정적인 음성 샘플을 확보하기 위해 발성 시작 후 2초부터 5초까지의 3초 구간을 분석에 사용하였다.

2) 중재

사전 측정 완료 직후 각 집단에 따른 처치를 실시하였다. 실험군은 약 15 ml의 물을 입에 머금은 상태에서 소리를 내면서 5초간 가글 발성을 시행한 후 5초간 휴식하는 과정을 1분 동안 반복하여 수행하였으며, 이에 따라 실제 가글 발성 시간은 총 30초였다. 발성 훈련이 끝난 후에는 추가로 1분간 음성 휴식을 취하였다. 반면 대조군은 실험군과 동일한 시간인 총 2분 동안 어떠한 발성도 하지 않고 음성 휴식만을 유지하였다. 선행연구에서는 SOVT 계열 처치의 음성 효과가 처치 직후 가장 크게 나타나며 약 5분 이내에 감소하는 경향이 보고된 바 있다.[12] 이에 본 연구에서는 효과가 유지되는 시간대에서 가글 발성의 즉각적인 변화를 확인하고자 가글 발성 종료 후 1분의 음성 휴식을 거친 뒤 사후 측정을 실시하였다.

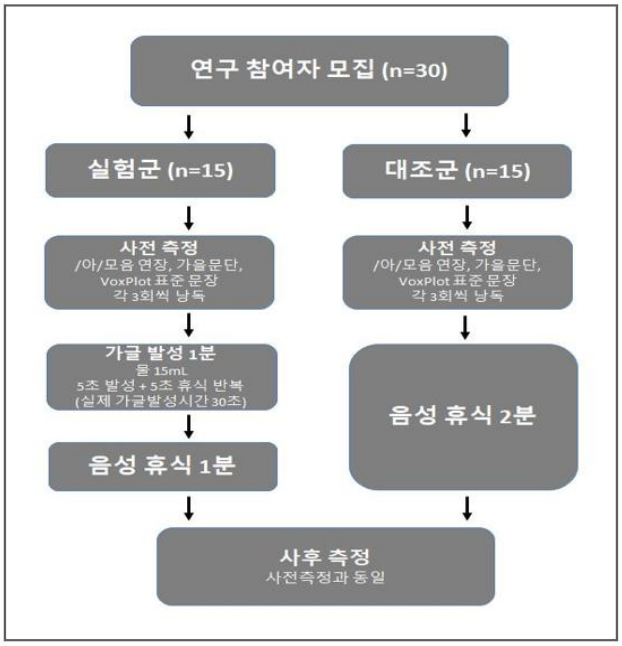


그림 2) 실험절차 도식도



그림 3) 가글발성 훈련에 사용된 물(15 mL) 계량

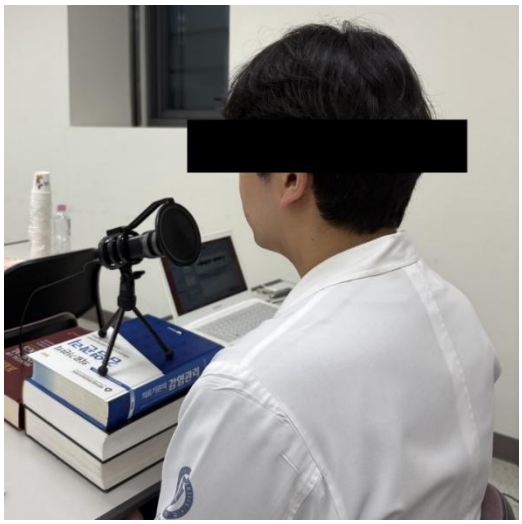


그림 4) 음성 데이터 수집 장면

3) 사후 측정

휴식 완료 직후 대상자들은 사전 측정과 동일한 방법으로 과제를 수행하도록 하였으며, 녹음 및 분석도 동일한 방법으로 하였다.

4. 통계 분석

수집된 자료는 IBM SPSS Statistics 30(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다. 중재 전 두 집단의 사전 동질성 검증을 위해 객관적 음향학적 지표(CPPS, Jitter, Shimmer)에 대해서는 독립표본 *t*-검정(Independent t-test)을 실시하였고, 가글 발성 중재 효과를 검증하기 위해 집단(실험군·대조군)을 집단 간 요인(Between-subjects factor)으로, 측정 시간(사전·사후)을 집단 내 요인(Within-subjects factor)으로 설정한 이원 혼합 분산분석(Two-way Mixed ANOVA)을 실시하였다. 분석을 통해 각 음성 변수별 시간 주효과, 집단 주효과, 집단×시간 상호작용 효과를 검증하였다. 모든 분석의 통계적 유의수준은 .05로 설정하였으며, 유의한 효과에 대한 효과 크기는 부분 에타 제곱(η_p^2)으로 산출하였다.

연구 결과

1. 집단 간 동질성 검증

본 연구에 참여한 두 집단(실험군과 대조군)의 동질성 검증을 한 결과, 먼저 정규성 가정을 충족하여 독립표본 t-검정(Independent *t*-test)을 실시하였다. 가을문단 CPPS (t (28) = 0.905, p = .373), VOXplot 표준문장 CPPS (t (28) = 1.020, p = .316), /아/ 모음 연장발성 CPPS(t (28) = 0.212, p = .833) 모두 집단 간 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 또한 음성의 주파수 및 진폭 변동률을 나타내는 /아/모음 연장발성 Jitter(t (28) = -0.548, p = .588)와 Shimmer(t (28) = -0.801, p = .430) 역시 두 집단 간 유의미한 차이가 발견되지 않았다. 즉, 실험 중재 전 두 집단의 객관적 음성 음향학적 상태는 상호 동질한 상태임을 확인하였다.

2. 음향학적 지표의 중재 효과 검증

1) /아/ 모음 연장 발성 시 CPPS, Jitter, Shimmer 변수에서는 집단 간 주효과 및 집단과 시간의 상호작용 효과는 유의하지 않았으나, 시간에 따른 주효과가 통계적으로 유의미하게 나타났다.

(1) /아/ 모음 연장 발성 시 CPPS

가글 발성 중재 후 실험군의 CPPS 평균은 사전 15.91 ± 2.35 dB에서 사후 16.74 ± 1.96 dB로 0.83 dB증가한 반면, 대조군은 사전 15.72 ± 2.68 dB에서 사후 15.82 ± 2.87 dB로 0.10 dB증가하는 데 그쳐 실험군의 향상 폭이 더 두드러졌다(그림 5). 이에 대한 이원 혼합 분산분석을 실시한 결과, 시간에 따른 주효과가 통계적으로 유의미하게 나타나 중재 전후로 전체 대상자의 CPPS 수치가 유의하게 개선되었음을 확인하였다(F (1, 28) = 4.722, p = .038, η_p^2 = .144). 그러나 집단 간 주효과(F (1, 28) = .403, p = .531, η_p^2= .014)와 집단과 시간 간의 상호작용 효과(F (1, 28) = 2.927, p = .098, η_p^2= .095)는 유의미하지 않았다. 이는 시간의 흐름에 따라 음성 개선 효과는 나타났으나 집단 간 개선 양상의 차이는 통계적으로 유의하지 않았음을 의미한다.

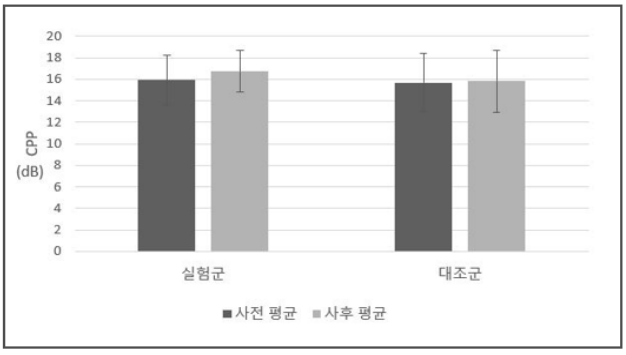


그림 5) /아/ 모음 연장 발성 시 CPPS 전후 평균 비교

(2) /아/ 모음 연장 발성 시 Jitter

가글 발성 중재 후 실험군의 Jitter 평균은 사전 0.47 ±

0.34 %에서 사후 0.34±0.12 %로 0.13% 감소하였으며, 대조군은 사전 0.53 ± 0.24 %에서 사후 0.48 ± 0.18%로 0.05% 감소하여 실험군의 감소 폭이 더 두드러졌다(그림 6). 이에 대한 이원 혼합 분산분석을 실시한 결과, 시간에 따른 주효과가 통계적으로 유의미하게 나타나 중재 전후로 전체 대상자의 주파수 변동률(Jitter) 수치가 유의하게 개선되었음을 확인하였다(F(1, 28) = 4.453, p = .044, η_p^2 = .137). 그러나 집단 간 주효과(F(1, 28) = 1.717, p = .201, η_p^2 = .058)와 집단과 시간 간의 상호작용 효과(F(1, 28) = 0.890, p = .354, η_p^2 = .031)는 통계적으로 유의미하지 않았다. 이는 시간의 흐름에 따라 전반적인 주파수 안정도는 향상되었으나, 두 집단 간의 변화 추이 차이가 통계적으로 유의한 수준에는 도달하지 못했음을 의미한다.

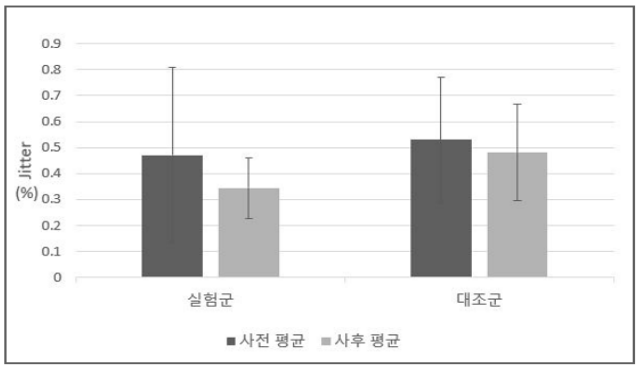


그림 6) /아/ 모음 연장 발성 시 Jitter 전후 평균 비교

(3) /아/ 모음 연장 발성 시 Shimmer

가글 발성 중재 후 실험군의 Shimmer 평균은 사전 3.70 ± 1.79%에서 사후 3.14 ± 1.64%로 0.56% 감소하였고, 대조군은 사전 4.24 ± 1.94%에서 사후 3.69 ± 1.06%로 0.55% 감소하여 두 집단이 매우 유사한 수준의 감소량을 보였다(그림 7). 이에 대한 이원 혼합 분산분석을 실시한 결과, 시간에 따른 주효과가 통계적으로 유의미하게 나타나 중재 전후로 전체 대상자의 진폭 변동률(Shimmer) 수치가 유의하게 개선되었음을 확인하였다(F(1, 28) = 5.000, p = .034, η_p^2 = .152). 집단 간 주효과(F(1, 28) = 1.008, p = .324, η_p^2 = .035)는 유의하지 않았으며, 집단과 시간 간의 상호작용 효과(F (1, 28) = .000, p = .994, η_p^2 = .000) 역시 통계적으로 전혀 유의미하지 않았다. 이는 가글 발성 중재 전후로 전반적인 음성 진폭의 안정성은 향상되었으나, 이러한 변화는 두 집단 모두에게서 동일한 수준으로 나타나 중재에 따른 집단 간 차이는 없었음을 의미한다.

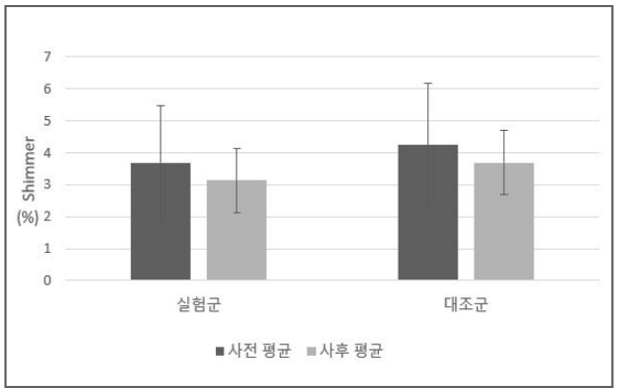


그림 7) /아/ 모음 연장 발성 시 Shimmer 전후 평균 비교

2) 가을문단 CPPS와 VOXplot 표준문장 CPPS의 경우, 분석에 포함된 모든 주효과 및 상호작용 효과에서 통계적인 유의성이 나타나지 않았다.

(1)가을문단 CPPS

가글 발성 중재 후 실험군의 가을문단 CPPS 평균은 사전 12.59 ± 1.28 dB에서 사후 12.90 ± 1.30 dB으로 0.31 dB증가하였으며, 대조군은 사전 12.17 ± 1.27 dB에서 사후 12.23 ± 1.40 dB으로 0.06 dB증가하여 실험군에서 상대적으로 더 높은 향상 폭을 보였다(그림 8). 그러나 이에 대한 이원 혼합 분산분석을 실시한 결과, 시간에 따른 주효과(F(1, 28) = 3.556, p = .070, η_p^2 = .113), 집단 간 주효과(F(1, 28) = 1.349, p = .255, η_p^2 = .046), 그리고 집단 및 시간 간의 상호작용 효과(F(1, 28) = 1.660, p = .208, η_p^2 = .056) 모두 통계적으로 유의미하지 않았다. 이는 연속발화 과제인 가을문단 낭독 시, 가글 발성 중재 전후에 따른 두 집단 간의 음성 개선 양상이나 시간 흐름에 따른 변화 추이의 차이가 통계적으로 유의한 수준에는 도달하지 못했음을 의미한다.

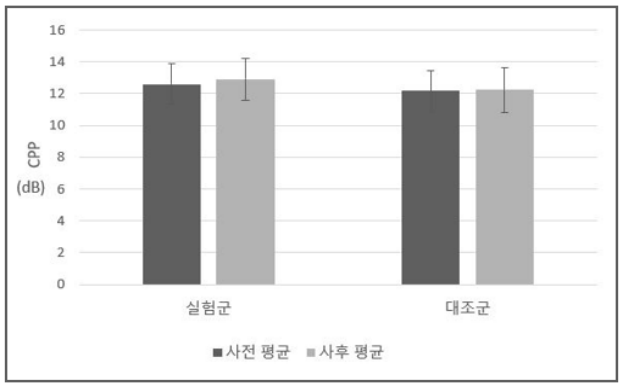


그림 8) 가을문단 CPPS 전후 평균 비교

(2)VOXplot 표준 문장 CPPS

가글 발성 중재 후 실험군의 VOXplot 표준문장 CPPS 평균은 사전 12.63 ± 1.17 dB에서 사후 12.85 ± 1.23 dB로 0.22 dB증가한 반면, 대조군은 사전 12.20 ± 1.13 dB에서 사후 12.26 ± 1.26 dB으로 0.06 dB증가하는 데 그쳤다(그림 9). 그러나 이에 대한 이원 혼합 분산분석을 실시한 결과, 시간에 따른 주효과(F (1, 28) = 2.629, p = .116, η_p^2 = .086), 집단 간 주효과(F(1, 28) = 1.411, p = .245, η_p^2 = .048), 그리고 집단 및 시간 간의 상호작용 효과(F(1, 28) = 0.853, p = .363, η_p^2 = .030) 모두 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이는 또 다른 연속발화 과제인 VOXplot 표준문장 낭독에서도 중재 전후 두 집단 간의 음성 변화 추이가 통계적으로 차이가 없었음을 나타낸다.

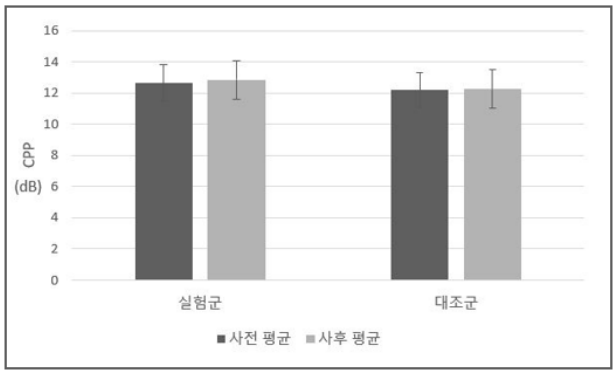


그림 9) VOXplot 표준 문장 CPPS 전후 평균 비교

표 2) 가글 발성 중재 전·후 두 집단의 음향학적 지표에 대한 기술통계량

변수	집단	사전	사후
/아/모음연장발성 CPPS (dB)	실험군	15.91(2.35)	16.74(1.96)
	대조군	15.72(2.68)	15.82(2.87)
/아/모음연장발성 Jitter (%)	실험군	0.47(0.34)	0.34(0.12)
	대조군	0.53(0.24)	0.48(0.18)
/아/모음연장발성 Shimmer (%)	실험군	3.70(1.79)	3.14(1.64)
	대조군	4.24(1.94)	3.69 (1.06)
가을문단 CPPS (dB)	실험군	12.59(1.28)	12.90(1.30)
	대조군	12.17(1.27)	12.23(1.40)
VOXplot표준문장 CPPS (dB)	실험군	12.63(1.17)	12.85(1.23)
	대조군	12.20(1.13)	12.26(1.26)

Mean (*SD*)

표 3) 가글 발성 중재에 따른 음향학적 지표의 이원 혼합 분산분석 결과

변수	요인	F	p	η_p^2
/아/모음 연장발성 CPPS	시간	4.722	.038*	.144
	집단	0.403	.531	.014
	시간x집단	2.927	.098	.095
/아/모음 연장발성 Jitter (%)	시간	4.453	.044*	.137
	집단	1.717	.201	.058
	시간x집단	0.890	.354	.031
/아/모음 연장발성 Shimmer (%)	시간	5.000	.034*	.152
	집단	1.008	.324	.035
	시간x집단	0.000	.994	.000
가을문단 CPPS (dB)	시간	3.556	.070	.113
	집단	1.349	.255	.046
	시간x집단	1.660	.208	.056
VOXplot 표준문장 CPPS (dB)	시간	2.629	.116	.086
	집단	1.411	.245	.048
	시간x집단	0.853	.363	.030

*p < .05

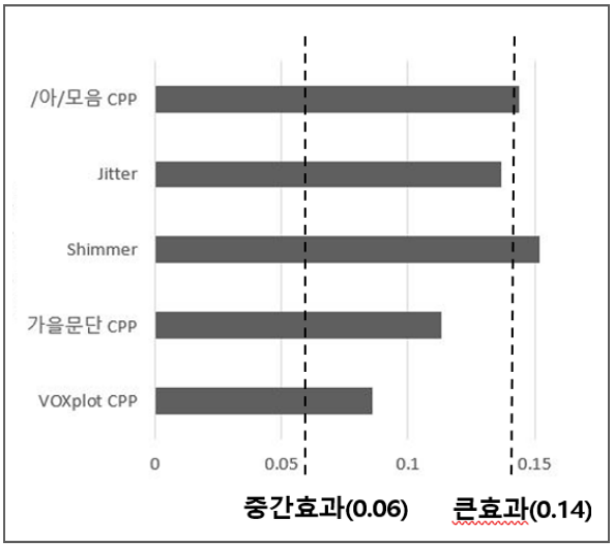


그림 10) 효과 크기(η_p^2) 비교

논의

본 연구는 가글 발성이 정상 성인 음성의 안정성과 음질에 미치는 영향을 알아보고자 객관적 음향학적 지표인 CPPS, Jitter, Shimmer 를 중심으로 실험군과 대조군의 사전사후 변화를 비교하였다.

연구 결과, 기술 통계 분석에서는 모든 평가 지표에서 긍정적인 변화를 보였다. 추론 통계 분석에서는 모음 연장 발성의 CPPS, Jitter, Shimmer 모두에서 시간에 따른 주효과가 유의하게 나타나, 가글 발성 중재 후 전체 대상자의 음성 안정성 및 음질이 전반적으로 향상되었음을 확인하였다. 그러나 집단 간 주효과 및 집단과 시간 간의 상호작용 효과는 모든 변수에서 유의미하지 않았으며, 연속 발화 과제(가을문단 CPPS, VOXplot 표준문장 CPPS)에서도 통계적으로 유의한 중재 효과는 관찰되지 않았다.

본 연구에서 주목할 결과 중 하나는 /아/ 모음 연장 발성의 모든 음향학적 지표에서 시간에 따른 주효과가 통계적으로 유의미하게 나타났다는 점이다**.** 집단 간 상호작용 효과는 유의하지 않았으나, 기술통계상으로 실험군은 CPPS 가 0.83 dB 증가하고 Jitter 와 Shimmer 가 각각 0.13%, 0.56% 감소하는 등 대조군에 비해 전반적인 음질 지표의 향상 폭이 뚜렷하게 관찰되었다. 이러한 결과는 SOVT 의 핵심기전으로 설명할 수 있다. SOVT 훈련은 성도 전방에 적절한 저항을 형성하여 성문상압(supraglottal pressure)을 증가시키고, 이로 인해 성대의 충돌 부담을 감소시키면서 보다 효율적인 성대 진동을 유도하는 것으로 알려져 있다.[2)] 또한, 이러한 성도반폐쇄 환경은 비선형 소스-필터 이론(Non-linear source-filter theory)에 근거하여 성도 내 압력 변화가 성대 진동(source)에 직접적인 역피드백을 제공하기 때문에 성대와 성도 간의 상호작용을 최적화하여 발성 효율을 극대화하고 보다 안정적인 진동 패턴을 형성하는 데 기여한다.[1)] 비록 통계적 유의성에는 도달하지 못했으나, 본 연구에서 관찰된 소폭의 긍정적인 변화 추이는 이러한 생리학적, 물리학적 기전의 잠재적 영향력을 시사하는 결과로 사료된다. 이러한 경향은 실험군의 Jitter 와 Shimmer 값이 대조군에 비해 큰 폭으로 감소한 점에서도 뒷받침된다. 선행연구에 따르면, 성도반폐쇄(SOVT) 훈련은 성대 진동의 효율성을 극대화하는 동시에 발성 시 수반되는 후두 주변 근육의 불필요한 과긴장을 감소시켜 음향학적 안정성을 유의하게 향상시킨다고 보고된 바 있다.[13)] 본 연구에서 성대 진동의 주파수 및 진폭 변동성을 반영하는 Jitter 와 Shimmer 지표가 실험군에서 대조군보다 뚜렷한 감소 양상을 보인 점은 이러한 선행연구의 기전과 맥을 같이한다. 즉, 별도의 외부 도구 없이 수행된 단기간의 가글 발성 처치 역시 성도 내 적절한 후방 압력을 형성함으로써, 후두 근육의 긴장을 완화하고 성대 진동의 규칙성과 안정성을 향상시키는 데 잠재적으로 기여할 수 있음을 시사한다.

비록 모음 연장 발성 CPPS 의 집단 간 상호작용이 통계적으로 유의하지 않았으나, 통계적 유의수준에 근접한 결과를 보였으며, 효과 크기 또한 중간 이상의 수준으로 나타났다. 또한 실험군에서 CPPS 증가와 Jitter, Shimmer 의 감소가 일관되게 관찰된 점은, 비록 단기적인 처치일지라도 가글 발성 중재가 음성 안정성 및 음질 개선의 잠재적 가능성을 보여주었다는 점에서 의의가 있다. 이는 단기간의 SOVT 중재 후 즉각적인 음성 개선 가능성을 보고한 선행연구와도 일치한다.[14)] 따라서 가글 발성은 별도의 외부 도구 없이도 높은 접근성을 지닌 간편한 SOVT 훈련 방법으로서, 효율적인 음성 산출과 음질 향상을 위한 보조적 중재 전략으로 활용될 잠재력이 있으며, 향후 표본 수 확대 및 장기적인 중재를 통한 후속 검증이 요구된다.

또한 기술통계상의 긍정적인 변화에도 불구하고, 시간의 주효과를 제외한 집단 간 주효과 및 집단과 시간 간의 상호작용 효과가 통계적 유의성에 도달하지 못한 점은 단기간의 가글 발성이 지닌 즉각적인 효과의 제한성을 보여준다. 특히 진폭 변동률을 나타내는 /아/ 모음 발성 시 Shimmer 값의 경우, 실험군과 대조군 모두 중재 전후로 매우 유사한 수준의 감소량을 보여 집단과 시간 간의 상호작용 효과가 관찰되지 않았다. Shimmer 는 성대 진동의 주기간 진폭 변동성을 반영하는 음향학적 지표로, 성대 진동의 안정성이 저하될수록 값이 증가하는 특성을 지닌다.[15)] 이러한 선행연구의 결과에 비추어 볼 때, 본 연구에서 관찰된 두 집단의 Shimmer 감소는 가글 발성의 순수한 중재 효과라기보다 측정 과정에서 발생한 발성 준비 효과(warm-up effect)가 반영되었을 가능성을 배제하기 어렵다. 즉, 사전·사후 측정 시 반복적인 발성 과제를 수행하는 과정 자체가 후두 미세 근육을 활성화하여 성대 진동의 안정성에 긍정적인 영향을 미쳤을 수 있으며, 이로 인해 대조군에서도 실험군과 유사한 감소 양상이 나타난 것으로 사료된다.

시간의 요인에서 유의한 효과를 보인 모음 연장 발성과 달리, 연속 발화 과제(가을문단, VOXplot 표준문장)의 통계적 분석 결과에서는 유의한 변화가 관찰되지 않았다. 즉, 모음 연장 발성은 하나의 모음을 일정하게 지속하는 과제로서 성대 진동의 특성이 비교적 직접적으로 반영되는 반면, 연속 발화는 자음과 모음이 결합되어 산출되므로 조음기관의 움직임에 따른 음향학적 변동이 지속적으로 발생하

는 복합적인 발화 양상이다. 따라서 가글 발성 처치로 인한 즉각적인 음성 기능의 변화가 존재할지라도, 연속 발화 상황에서는 복잡한 조음 제어 요인의 영향을 동시에 받게 되어 그 효과가 희석되거나 명확하게 포착되지 않았을 가능성이 있다. 이러한 결과는 단기적인 가글 발성 중재가 비교적 단순한 발성 과제에서는 즉각적인 개선을 유도할 수 있으나, 더 높은 수준의 복합성을 지닌 연속 발화 단계로까지 효과를 증명하기 위해서는 지속적인 훈련이나 추가적인 연구가 필요함을 시사한다.

한편, 본 연구의 전체적인 분석 요인별 효과 크기를 살펴보면, 특히 /아/ 모음 발성 시 CPPS 와 Shimmer 의 시간 주효과 크기는 각각 .144 와 .152 로 부분 에타 제곱(η_p^2) 분석 기준인 0.14 를 초과하여 매우 큰 효과 크기를 보였다. 또한 통계적으로 유의미하진 않았으나 /아/ 모음 연장 발성 CPPS 의 집단과 시간 간의 상호작용 효과 크기(η_p^2= .095)와 가을문단 CPPS 의 시간 요인 효과 크기 (η_p^2= .113)를 비롯해 총 5 개 요인에서 중간 수준 이상의 효과 크기가 관찰되었다(그림 10). 이러한 결과는 통계적 유의성 여부와는 별개로, 가글 발성이 음성 지표에 미치는 영향의 크기가 임상적으로 의미 있는 수준일 가능성을 시사한다. 즉, 일부 변수에서 중간 이상의 효과 크기가 확인된 점은 가글 발성이 지닌 잠재적 유용성을 지지하는 결과로 해석될 수 있다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 본 연구는 총 30 명의 성인을 대상으로 진행되어 표본 수가 충분하지 않았다는 한계가 있다. 특히 모음 연장 발성 CPPS 의 상호작용 효과에서 통계적 유의 경향성에 근접한 결과가 나타났으나(p = .098), 표본 수의 제한으로 인해 가글 발성의 순수한 중재 효과를 통계적으로 명확히 규명하지 못했을 가능성이 있다. 둘째, 본 연구는 처치 직후의 단기적인 변화만을 측정하였기 때문에, 지속적인 가글 발성 훈련에 따른 장기적인 누적 효과를 확인하지 못하였다. 셋째, 사전·사후 측정이 비교적 짧은 시간 간격 내에 동일한 발성 과제를 반복 수행하는 방식으로 이루어졌기 때문에, 반복 측정에 따른 '발성 준비 효과(warm-up effect)의 영향을 완전히 배제하기 어려웠다. 따라서 향후 연구에서는 통계적 검증력을 높이기 위해 보다 많은 표본 수를 확보할 필요가 있으며, 중재 기간을 연장하여 장기적인 훈련 효과와 가글 발성 고유의 중재 효과를 비교 검증하는 후속 연구가 이루어져야 할 것

결론

본 연구는 가글 발성이 정상 성인의 음성 안정성과 음질에 미치는 영향을 규명하고자, 객관적 음향학적 지표인 CPPS, Jitter, Shimmer 를 중심으로 실험군과 대조군의 사전 사후 변화를 비교 분석하였다. 연구 결과, 모음 연장 발성의 CPPS, Jitter, Shimmer 에서 시점에 따른 주효과는 유의하였으나, 집단 간 주효과 및 집단과 시점 간의 상호작용 효과는 통계적으로 유의하지 않았다. 따라서 단기 가글 발성 처치 고유의 독립적인 효과를 입증하기에는 제한이 있었다. 그러나 모음 연장 발성 CPPS 의 상호작용 효과는 통계적로 유의하지는 않았지만 유의 수준에(p = .098)에 매우 근접하였고 중간 수준 이상의 효과 크기가 관찰되었으며, 실험군에서 일관된 지표 개선 경향이 확인되었다. 더불어 실험 참여자들의 주관적 보고를 통해 발성 시의 생리학적 편안함이 확인된 점은 가글 발성의 잠재적 유용성을 뒷받침한다. 향후 통계적 검증력을 높이기 위해 표본 수를 확대하고 중재 기간을 연장한 후속 연구가 수행된다면 가글 발성의 임상적 효과를 보다 명확히 규명할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

1) Titze, I. R.. Nonlinear source-filter coupling in phonation: Theory. The Journal of the Acoustical Society of America. 2008; 123(5): 2733–2749.
2) Titze, I. R.. Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract: Rationale and scientific underpinnings. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 2006; 49(2): 448–459.
3) Titze, I. R., Riede, T., & Popolo, P.. Nonlinear source-filter coupling in phonation: Vocal exercises. The Journal of the Acoustical Society of America. 2008; 123(4): 1902–1915.
4) Dargin TC & Searl J.. Semi-occluded vocal tract exercises: aerodynamic and electroglottographic measurements in singers. Journal of Voice. 2015; 29(2): 155-164.
5) Laukkanen, A. M., Horáček, J., & Radolf, V.. Buzzer versus water resistance phonation used in voice therapy: Results obtained with physical modeling. Biomedical Signal Processing and Control. 2021; 66: 102417.

6) Mills, R., Hays, C., Al-Ramahi, J., & Jiang, J. J. (2017). Validation and evaluation of the effects of semi-occluded face mask straw phonation therapy methods on aerodynamic parameters in comparison to traditional methods. Journal of Voice. 2017; 31(3): 379.e11–379.e17.
7) Titze, I. R.. The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds. Journal of the Acoustical Society of America. 1988; 83(4): 1536–1552.
8) Verdolini, K., Min, Y., Titze, I. R., Lemke, J., Brown, K., van Mersbergen, M., & Fisher, K. V.. Biological mechanisms underlying voice changes due to dehydration. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 2002; 45(2): 268–281.
9) Enflo, L., Sundberg, J., Romedahl, C., & McAllister, A.. Effects on vocal fold collision and phonation threshold pressure of resonance tube phonation with tube end in water. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 2013; 56(5): 1530–1538.
10) Guzman, M., Acuña, G., Pacheco, F., Peralta, F., Romero, C., Vergara, C., & Quezada, C.. The impact of double source of vibration semioccluded voice exercises on objective and subjective outcomes in subjects with voice complaints. Journal of Voice. 2018; 32(6): 770.e1–770.e9.
11) Albuquerque, A. A. S. R., Balata, P. M. M., Amorim, G. O., Vieira, A. C. A. S., et al. (2022). Effects of Voiced Gargling on the Electrical Activity of Extrinsic Laryngeal Muscles and Vocal Self-assessment. Journal of Voice. 2022; 36(4): 589.e1–589.e10.
12) Kang, J., Xue, C., Piotrowski, D., Gong, T., Zhang, Y., & Jiang, J. J.. Lingering Effects of Straw Phonation Exercises on Aerodynamic, Electroglottographic, and Acoustic Param eters. Journal of Voice. 2018; 32(6): 800.e8–800.e15.
13) Guzman, M., Laukkanen, A. M., Krupa, P., Horáček, J., Švec, J. G., & Geneid, A.. Vocal tract and glottal function during and after vocal exercising with resonance tube and straw. Journal of Voice. 2013; 27(4): 523.e19–523.e34.
14) Sampaio, M., Oliveira, G., & Behlau, M. (2008). Investigation of the immediate effects of two semi-occluded vocal tract exercises. Pro Fono. 2008; 20(4): 261–266.
15) Teixeira, J. P., Oliveira, C., & Lopes, C.. Vocal acoustic analysis –Jitter, Shimmer and HNR parameters. Procedia Technology. 2013; 9: 1112–1122.

김휘은(Kim, Hwieun) 제1저자
한국발성교정협회
서울특별시 서초구 동산로 14길 2 1층
Tel: 02-573-3601
Email: olivia009@naver.com
관심분야: 발성교정, 실용음악
현재 소속: 한국발성교정협회

이준수(Lee, Junsu) 제2저자
포텐셜 보컬스튜디오
대전광역시 유성구 문지동 636-5
Tel: 010-5382-3664
Email: potentialvocalstudio@gmail.com
관심분야: 실용음악, 발성
현재 소속: 포텐셜 보컬스튜디오

현민기(Hyeon, Minki) 제3저자
소리공작소 영등포구청점
서울 영등포구 당산로28길 6 행당빌딩 4층 소리공작소
Tel: 010-2231-6060
Email: pow023@naver.com
관심분야: 뮤지컬
현재 소속: 소리공작소 영등포구청점

박병훈(Park, Byeonghoon) 제4저자
소리공작소 영등포구청점
서울 영등포구 당산로28길 6 행당빌딩 4층 소리공작소
Tel: 010-2231-6060
Email: bbhchzz@naver.com
관심분야: 뮤지컬
현재소속: 소리공작소 영등포구청점

강성현(Kang, Sunghyun) 제5저자
소리공작소 서초점
서울특별시 서초구 명달로 30 제이훈빌딩. 5층 소리공작소
Tel: 010-2403-6061
Email: 4114628@naver.com

관심분야: 뮤지컬
현재소속: 소리공작소 서초점

노인종(Roh, InJong) 제6저자
한국발성교정협회
서울시 서초구 동산로 14길2 1층
Tel: 02)573-3601
Email: caroh0619@gmail.com
관심분야: 성악 뮤지컬
현재 소속: 한국발성교정협회

황윤미 (Hwang, YoonMi), 교신저자
한국발성교정협회
서울특별시 서초구 동산로 14길 2(양재동) 1층
Tel: 02-573-3601
Email: 1999giulia@naver.com
관심분야: 성악, 발성교정
현재: 전문연주자, 대구 가톨릭대학교 박사과정,
KMMA성악이사, 한국발성교정협회 강사 및 연구간사

가글 발성이 음향학적 지표에 미치는 영향

김휘은, 이준수, 현민기, 박병훈, 강성현, 노인종

국문 초록

본 연구는 가글 발성이 정상 성인의 음성 안정성 및 음질에 미치는 단기적 효과를 검증하기 위해 무작위 배정 통제 실험 설계를 적용한 실험 연구이다. 연구 대상은 음성질환병력이 없으며 일상적인 음성 사용에 불편이 없음을 보고한 만 19세 이상 성인 30명(실험군 15명, 대조군 15명)으로 하였다. 처치는 약 15 ml의 물을 머금은 상태에서 5초 발성·5초 휴식을 반복하는 방식으로 총 1분간 진행하였으며, 대조군은 동일한 시간 동안 음성 휴식을 유지하였다. 음성 측정은 가을 문단, VOXplot 표준 문장, /아/ 모음 연장 발성을 과제로 하여 CPPS, Jitter, Shimmer를 수집하였고, 이원 혼합 분산분석으로 집단 및 시간의 주효과와 상호작용 효과를 검증하였다. 분석 결과, 모음 연장 발성에서 CPPS(p = .038), Jitter(p = .044), Shimmer(p = .034) 모두 시간에 따른 주효과가 유의하게 나타나 전체 대상자의 음성 안정성이 처치 후 향상된 것으로 확인되었다. 그러나 집단 간 주효과 및 집단×시간 상호작용 효과는 어떤 변수에서도 유의하지 않았으며, 연속 발화 과제(가을 문단 CPPS, VOXplot CPPS)에서도 유의한 효과는 관찰되지 않았다. 이상의 결과는 가글 발성 처치가 단독으로 음성 안정성을 향상시킨다는 직접적 근거를 제공하지는 않으나, 단기적 음성 변화 가능성을 시사한다. 향후 표본 수 확대, 중재 기간 연장 등을 보완해 추가 검증할 필요가 있다.

중심단어: 가글 발성, CPPS, Jitter, Shimmer, 음성 안정성