

Comparison of Vocal Amplitude and Contact Speed according to SOVTE Type

Ji-Sung Kim

Department of Speech-Language Pathology, Graduate School of Public Health & Welfare, Konyang University, Daejeon, Korea

Correspondence: Ji-Sung Kim, PhD

Department of Speech-Language Pathology,
Graduate School of Public Health & Welfare,
Konyang University, 158 Gwanjeodong-ro, Seo-gu,
Daejeon 35365, Korea
Tel: +82-41-730-5127
Fax: +82-42-600-1641
E-mail: slp2046@konyang.ac.kr

Received: May 31, 2024

Revised: August 22, 2024

Accepted: August 29, 2024

Objectives: Observation of vocal fold vibration during semi-occluded vocal tract exercises (SOVTE) can help in understanding voice production due to semi-occlusion. This study aimed to investigate the differences in vocal fold vibration characteristics among various types of SOVTE. This study may provide valuable evidence to support more specific and effective methods in applying SOVTE to voice therapy. **Methods:** A total of 10 healthy young adults (5 males, 5 females) with a mean age of 24.28 ± 4.54 years participated in the study. None of the participants had any voice-related diseases or were smokers. The participants performed various types of SOVTE including humming, voiced bilabial fricative, straw phonation, and water-resistance straw phonation. The authors measured the amplitude and contact speed of vocal fold using a vibration simulator and digital kymography (DKG). **Results:** The results showed that vocal fold amplitude was not significantly different among types of SOVTE, but there were significant differences in vocal fold contact speed ($p = .046$). In multiple comparisons, vocal fold contact speed was significantly faster in humming ($p = .031$) and water-resistance straw phonation ($p = .018$) compared to straw phonation. **Conclusion:** The difference in vocal fold contact speed indicates that the vocal fold vibration during SOVTE is affected by the shape of the vocal tract. The use of humming and water-resistance straw phonation can be an effective approach to improve voice quality by increasing vocal fold contact speed, which is a key factor in determining overall voice quality. These two methods can be useful in voice therapy after laryngeal microsurgery. In the field, conducting trial therapy rather than applying voice therapy according to the hierarchy of SOVTE may lead to successful results.

Keywords: SOVTE, Vocal contact speed, Digital kymography

음원-필터 이론은 인간의 음성이 성대에서 만들어진 성대음이 성도를 통과하면서 성도의 모양에 따라 특정 영역대의 주파수에너지가 강화 또는 약화되는 과정을 통해 생성된다고 설명한다. 또한, 이 과정에서 성대음은 성도에 영향을 받으나, 성도는 성대에서의 발성에 영향을 미치지 않으므로 성대와 성도는 독립적이다(Fant, 1981). 반면, 반폐쇄성도운동이라고도 하는 Semi-occluded vocal tract exercise (SOVTE)는 성도의 일부가 폐쇄된 상태에서 이루어지는 발성을 의미하는데, 전통적인 음원-필터 이론에서 설명하는 음성 산출과는 다른 특성을 가진다. SOVTE는 성도와 성대가 영향을 주고받는 특징을 가진다. 성도의 반폐쇄로 인해 성문 상부의 압력이 높아지면, 높아진 압력은 성도에서 상대적으로 압력이 낮은

성문 쪽으로 다시 흐르게 되고, 역압(back pressure)이라고 지칭되는 이 공기역학적 에너지는 성대에서 음향학적 에너지로 변환된다. 성문에서 변환된 음향학적 에너지는 청지각 할 수 있을 뿐만 아니라 안면의 떨림으로도 지각할 수 있다(Titze, 2006). SOVTE는 전문 음성사용자의 훈련뿐만 아니라 병리학적 음성문제의 치료기법으로 사용되고 있다. 허밍이나 입술 트릴발성 등과 같은 SOVTE는 음성을 좋게 만드는 방법으로 연극(Linklater, 1976)이나 노래훈련(Nix, 1999)에서 오래전부터 사용되어져 왔다. 또한, SOVTE를 이용한 음성치료 효과에 관한 메타분석에 의하면 음성문제가 있는 치료대상자의 객관적 및 주관적 음성을 개선하는데 효과적이다(Kim, 2019a, 2019b).

SOVTE는 Titze (2006)에 의해 학문적으로 정리된 이후 정상 음성과 병리적 음성의 훈련과 치료와 같은 임상적응에 대한 연구뿐만 아니라 이에 대한 과학적인 근거를 마련하기 위해 Computed tomography (CT)나 Magnetic resonance image (MRI), 동물의 후두나 인공성대를 이용한 시뮬레이션 연구 등 많은 유형의 연구가 진행되고 있다(Andrade et al., 2014; Hampala, Laukkanen, Guzman, Horáček, & Švec, 2015; Yamasaki et al., 2017). 그중, 성대 시뮬레이터는 다양한 종류의 소재와 모형을 통해 성대진동의 생리학적 특성을 살펴볼 수 있는 방법으로, SOVTE 수행 시의 성대진동을 육안으로 관찰하기 어려운 경우의 대안적인 방법이 될 수 있다. Horáček, Radolf와 Laukkanen (2019)은 실리콘과 유리로 제작한 인공성대와 성도 모델로, Conroy 등(2014)은 동물의 후두를 이용한 발성 시뮬레이터로, Tyrmi, Radolf, Horáček와 Laukkanen (2017)은 기계적 장치를 통해 튜브의 각도에 따른 기류의 저항을 측정하여 SOVTE 시 공기역학적 특징에 대한 연구를 실시하였다.

성대진동의 시각적 관찰은 성대의 구조와 기능에 대한 정보를 제공하여 성대의 병변과 성대의 진동패턴을 파악하도록 도울 뿐만 아니라 음성특성이나 발성의 원리에 대한 이해를 도울 수 있는 평가방법이다. 성대진동의 관찰은 일반적으로 후두스트로보스코피로 구강이나 비강 경로를 통해 성대를 촬영하는 침습적인 방법이 사용되는데, SOVTE 수행 시는 입술과 연인두밸브가 동시에 폐쇄되므로 일반적인 성대진동 관찰 방법으로는 제한이 따른다. 상대적으로 폐쇄가 유지되는 비강을 통하는 연성 후두스트로보스코피를 이용할 수 있으나, 연인두폐쇄가 불완전한 상태가 되므로 성도가 반폐쇄된 조건에서 일어나는 SOVTE 시의 성대 진동을 충분히 반영한다고 보기 어렵다. Vlot 등(2017)은 하이스피드 카메라를 이용하여 SOVTE 시 성대진동을 관찰하였는데, 비강 통로를 이용하는 카메라를 통해 획득되는 이미지의 화질이 좋지 못하여 성대진동은 분석하지 못하였다고 보고하였다. Granqvist 등(2015)은 하이스피드 카메라를 이용하여 물의 깊이에 따른 빨대발성 시 성대의 진동을 관찰하고 영상 처리를 통해 모음과 빨대발성 시 성문개방 비율을 비교하고 진폭 변화에 대해 보고하였으나, 연구대상자가 2명으로 통계적 검증을 실시하지 못하였다.

이와 같은 선행연구의 제한점들을 보완하고 SOVTE 시 성대진동의 특성을 살펴보기 위해 Kim 등(2021)은 진동시뮬레이터와 디지털 카이모그래피를 이용하여 모음발성과 SOVTE의 성대진동을 정량적으로 비교하고, 이를 통해 SOVTE가 모음발성과 구별되는 독특한 성대진동 특성을 가진다고 보고하였다. Kim 등(2021)은 SOVTE로 인한 성도의 반폐쇄는 성문상부 압력을 높여 성문개방에서의 기류가 성대진동의 한 주기에서 폐쇄주기를 억제하므로 모

음에 비해 SOVTE 시 성대의 개방기가 더 길게 나타난다는 특성을 제시하였다. 또한, 높아진 성문상부의 압력으로 인해 후두의 수직적 위치가 낮아지며 성대점막의 경도가 저하되어 성대의 접촉속도가 증가됨을 보고하였다. 이와 같은 성대점막의 경도 변화와 더 긴 개방기의 형성으로 인해 증가된 성대접촉 속도는 성문 사이를 지나 는 기류의 흐름을 더 빠르게 끊어 보다 선명한 성대음 생성으로 이어지며 음향학적으로 모든 배음에서 큰 양의 에너지가 만들어지므로 SOVTE 시 좋은 음질의 음성이 산출되는 것이라고 설명하였다(Choi, 1998, Story, Laukkanen & Titze, 2000). 또한, Kim 등(2021)은 SOVTE 시 성대의 진폭은 성도가 높은 성문하압을 보임에도 불구하고 모음발성에 비해 더 작게 나타난다고 보고하였다. 이는 일반적으로 공기역학적인 에너지의 흐름과 비례하여 성문 사이를 지나는 호기류의 에너지가 작으면 진폭이 작게 나타나고, 호기류의 양이 증가되면 진폭이 증가되는 일반적인 음성산출 시의 성대진폭과는 구별되는 양상이다. 이처럼 모음과 SOVTE 시의 성대접촉 속도와 성대진폭 양상의 비교를 통해 Kim 등(2021)은 SOVTE가 일반적인 음성산출과는 다른 독특한 메커니즘을 가진다고 보고하였으나, SOVTE의 종류에 따른 성대진동 차이에 대해서는 제시하지 못했다.

SOVTE의 종류는 허밍, 유성양순마찰음, 입술트릴 및 혀트릴 발성, 혀와 입술을 동시에 트릴하는 라즈베리, 손으로 입 가리며 발성하기, 플라스틱이나 실리콘, 유리소재의 빨대나 튜브발성 등 다양한 방법이 존재한다(Kapsner-Smith, Hunter, Kirkham, Cox, & Titze, 2015). 각각의 SOVTE는 동일하게 성도의 반폐쇄라는 조건을 전제로 하지만, 성도의 모양이나 위치가 각기 다른 조건에서 성대 진동이 이루어지므로 그 진동양상에 차이가 있을 것이다. 따라서, 본 연구는 SOVTE 간의 성대진동 비교를 통해 SOVTE의 원리를 과학적으로 증명하고 설명하는 근거기반중재(evidence based practice)를 위한 자료를 제시하고, 이러한 특성이 임상으로 어떻게 적용될 수 있는지 논의하고자 한다. 성대진동이라는 음성산출의 가장 중요한 지점에서 일반적인 음성산출과 비교되는 SOVTE의 성대진동 특성을 설명한다는 점은 본 연구가 갖는 이론적 임상적 의의이다.

연구방법

연구대상

본 연구의 대상자는 남성 5명, 여성 5명 총 10명으로 20-32세에 속하는 성인이며, 평균 연령 24.28 ± 4.54 세이다. 연구 대상자의 선정기준은 (1) 최근 1년 이내에 후두나 성대질환으로 진단받거나 치

료를 받은 적이 없는 자, (2) 비흡연자, (3) 갑상선 질환 또는 폐 질환을 동반하지 않는 자, (4) 음성장애 임상경력 5년 이상인 1급 언어재활사 2명에 의해 청지각적 평가에서 G0으로 평가된 자, (5) VHI-10의 정상 음성 기준인 11점 이하인 자(Arffa, Krishna, Gartner-Schmidt, & Rosen, 2012)이다. 또한, 감기와 같은 상기도 질환이 있거나 생리주기에 있는 경우는 제외하였다.

연구절차

본 연구는 진동시뮬레이터와 디지털 카이모그래피가 포함된 다기능 후두성능검사 시스템을 이용해 실시하였다. 연구 대상자는 진동시뮬레이터와 연결된 마이크 앞에서 입과 마이크의 간격을 5 cm로 두고, 허밍, 유성양순마찰음, 빨대발성(4 mm × 18 cm), 물저항 빨대발성(6 mm × 21 cm × 7 cm)을 각각 10초씩 실시하였다. 반복측정으로 인한 잔존효과나 순서효과를 고려해 대상자가 수행하는 각각의 SOVTE 순서는 무작위로 제시하였다. 물저항 빨대발성에서 물의 저항을 동일하게 하여 실험을 진행하기 위해 16온스의 투명 플라스틱 일회용 컵에 물의 양을 확인할 수 있는 선을 표시하였으며, 빨대가 물 7 cm만큼 정확히 잠기도록 빨대에도 선을 그어 표시하여 실험을 실시하였다. 실험 전 대상자들은 정확한 SOVTE 수행을 위해 사전에 20분 간의 연습을 실시하였다. 대상자들은 먼저, SOVTE의 과학적 원리와 방법에 대한 설명을 들었다. 이후 연구자의 모델링에 따라 SOVTE를 수행하였으며 연구자는 수행에 대한 피드백 제시를 통해 연구 대상자가 올바르게 SOVTE를 수행하도록 하였다. 사전연습을 통해 대상자들은 올바른 방법으로 SOVTE를 수행할 수 있었다. 올바른 수행여부는 연구자와 임상경력 5년 이상인 언어재활사 1명에 의해 확인되었다. 본 연구의 절차

는 Kim 등(2021)과 동일하게 실시하였다.

자료수집

자료수집은 Bae (2017)를 참고한 Kim 등(2021)과 동일하게 이루어졌다. 대상자의 SOVTE 수행으로 산출된 음성은 증폭기 역할을 하는 오디오 시스템(MQ-L420, Samsung)을 통해 진동 시뮬레이터로 전달되며, 입력된 음향학적 정보는 운동에너지인 진동으로 생성된다. 다기능 후두성능검사기의 10 mm 후두내시경(0도, 8,701 AG, Storz)을 통해 시뮬레이터의 진동은 하이 스피드 모드로 녹화하고 40 × 320 픽셀의 해상도로 1,350 fps (frame per seconds)가 저장되면, 다기능 후두검사 시스템의 라인 스캐닝을 통해 라인 스캔 디지털 카이모그래피 이미지를 획득하였다(Figure 1). 획득한 이미지는 성대의 진동주기가 안정적이고 성문의 형태가 일정하게 나타나는 발성 개시 1초 후 150 msec의 구간 중 3개의 안정된 성대진동 주기를 선정하여 성대진동의 정량적 분석을 실시하였다(Figure 2). 측정치는 3개의 성대진동 주기에 대한 평균값을 사용하였다. SOVTE 시 성대진동은 이미지 분석 소프트웨어인 Image J의 Smooth, Binary 프로세스를 이용하여 성문의 꼭지점을 선정하고 Image J의 Measure Tool을 이용하여 SOVTE 시의 성대접촉 속도와 진폭을 측정하였다. 이와 같은 방법은 Park (2015)의 성대진동의 정량적 측정방법을 수정 및 보완한 Kim 등(2021)과 동일한 방법이다.

성대접촉 속도(Vocal contact speed)는 성문이 개방되는 시간을 성문이 폐쇄되는 시간으로 나누어 계산하는 성대접촉 지수(Speed Quotient, SQ)로 측정하였다. SQ는 성대의 한 진동주기에서 성문의 개방기(opening phase)와 폐쇄기(closing phase)의 속도를 의미하는 지수이다. 계산은 $SQ = \text{Opening phase} / \text{Closing phase}$ 이다.

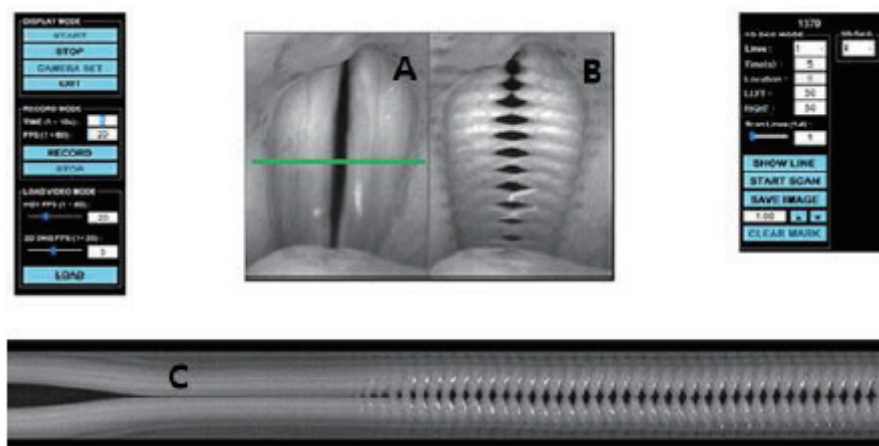


Figure 1. Multifunction laryngeal evaluation system (Kim, 2020).
A= High speed video videoscopic image; B= Two-dimensional digital kymography; C= Digital kymography.

SQ가 1보다 크면 개방기가 더 길다는 것을 의미한다. SOVTE의 성대진폭(Vocal amplitude)은 좌우 성대의 가장 외측 경계 지점 간의 거리(픽셀, pixel)로 측정하였다(Figure 2). 측정되는 값이 클수록 성대진동의 진폭이 크다는 것의 의미한다.

통계분석

SOVTE 종류에 따른 성대의 접촉 속도와 진폭은 SPSS (ver21)를 이용해 One-way Mixed Repeated Measures ANOVA로 분석하였다. 허밍, 유성양순마찰음, 빨대발성, 물저항 빨대발성을 피험자 내 요인(within-subjects factor)으로 하여 각 집단 성대접촉 지수, 성대진폭을 비교하였다. One-way Mixed Repeated Measures ANOVA 분석 시 Mauchly의 구형성 검정(Mauchly's sphericity tests)에 의해 구형성 가정이 충족 시에는 개체 내 효과 검정을 사용하였다. 반면, 구형성 가정을 충족하지 않는 경우에는 Greenhouse-Geisser로 수정된 자유도와 F값을 사용하여 분석을 실시하였다. 또한 개체 내 효과 검정 결과 통계적으로 유의미한 차이가 있는 경우는 사후분

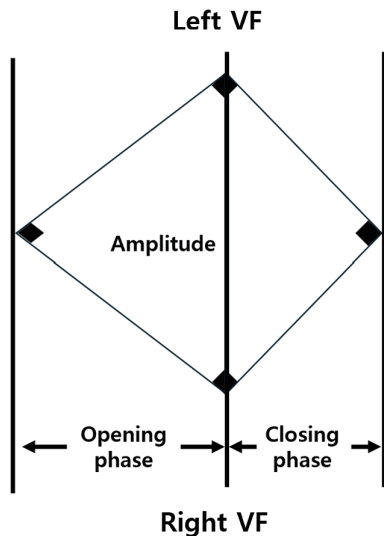


Figure 2. Quantitative measurement of vocal amplitude and vocal contact speed.

석을 실시하였다. 본 연구의 통계적 유의수준은 95% 수준에서 검정하였다.

연구결과

SOVTE 종류에 따른 성대진동을 비교하기 위해 성대진폭(Vocal amplitude)을 측정한 결과, 허밍 10.69 pixel, 유성양순마찰음 10.15 pixel, 빨대발성 10.89 pixel, 물저항 빨대발성 10.74 pixel로 통계적으

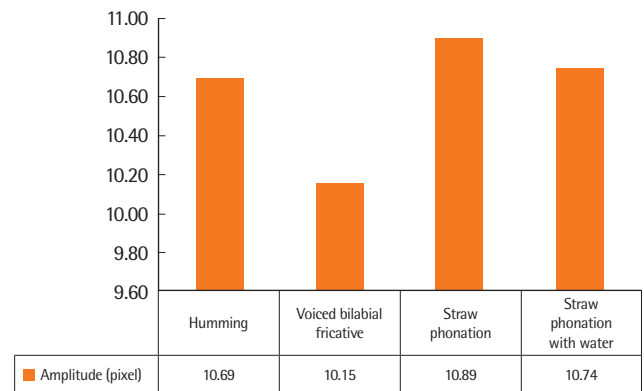


Figure 3. Comparison of vocal amplitude according to SOVTE type.

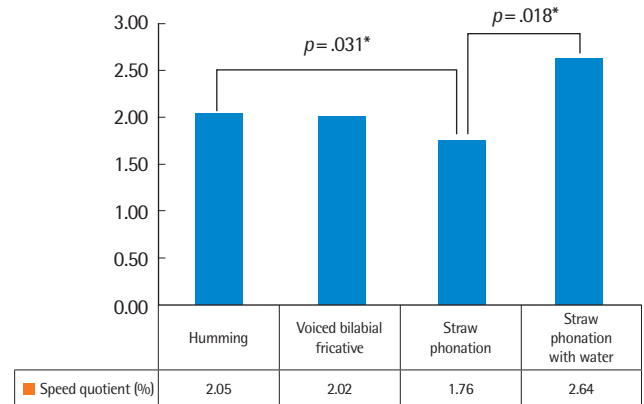


Figure 4. Comparison of vocal contact speed according to SOVTE type. * $p < .05$.

Table 1. Comparison of vocal amplitude and contact speed according to SOVTE type

	Humming ^a	Voiced bilabial fricative ^b	Straw phonation ^c (4 mm×18 cm)	Straw phonation with water ^d (6 mm×21 cm×7 cm)	F	p-value	post-hoc
Amplitude (pixel)	10.69 (2.24)	10.15 (2.72)	10.89 (2.47)	10.74 (1.36)	.263	.851	-
Speed quotient (%)	2.05 (.30)	2.02 (.44)	1.76 (.17)	2.64 (1.02)	4.461	.046*	a>c* d>c*

Values are presented as mean (SD). * $p < .05$.

로 유의한 차이가 나타나지 않았다($F = .263, p = .851$). SOVTE 종류에 따른 성대접촉 속도를 비교하기 위해 성대접촉 지수(Speed Quotient, SQ)를 측정된 결과에서는 허밍 2.05%, 유성양순마찰음 2.02%, 빨대발성 1.76%, 물저항 빨대발성 2.64%로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($F = 4.461, p = .046$), 유형 간 비교를 위해 다중비교를 실시한 결과, 허밍과 빨대발성($p = .031$), 빨대발성과 물저항 빨대발성($p = .018$) 간에 유의한 차이가 나타났다(Table 1, Figures 3, 4).

논의 및 결론

발성 시 성대진동의 직접적인 관찰은 음성생성의 원리와 발성의 특성을 파악하는 효과적인 방법인 만큼, SOVTE 시 성대의 진동 관찰은 반폐쇄로 인해 변화되는 음성산출 메커니즘에 대한 이해를 도울 수 있다. 또한, 임상현장에서 치료사가 치료대상자의 올바른 SOVTE 수행을 유도하기 위한 정확한 설명과 모델링 제공 등 임상 역량으로 이어질 수 있다. 본 연구는 SOVTE의 종류에 따른 성대진동의 정량적 측정과 비교를 통해 SOVTE의 이론적 근거를 마련하고, SOVTE를 이용한 음성치료의 근거기반증재 자료를 제시하고자 하였다. 이를 위해 SOVTE 중 허밍, 유성양순마찰음, 빨대발성, 물저항 빨대발성의 성대진폭과 성대접촉 속도를 비교하였다. 그 결과, 각각의 SOVTE 간 성대진폭의 차이는 없었던 반면, 성대접촉 속도에서는 차이가 나타났다. 다중비교에서 허밍과 물저항 빨대발성은 빨대발성보다 성대접촉 속도가 빠른 것으로 나타났다.

성대의 진폭은 성대조직의 유연성과 성문하압, 내측압착에 영향을 받는데, 성대진동에 있어 이러한 세 요소가 증가되면 진폭 역시 증가된다(Kendall & Leonard, 2010). SOVTE는 수행 시 후두위치의 하강으로 인한 점막의 강도(stiffness)가 부드러워지므로 성대진폭이 증가될 수 있는 유연성뿐만 아니라 성문하압의 증가 등 성대진폭 증가에 유리한 조건이 된다. 그러나, SOVTE의 성대진폭에 관한 선행연구에서 SOVTE 시 진폭은 모음발성에 비해 작았으며, 유성양순마찰음과 허밍은 진폭에 차이가 없었다(Kim et al., 2021). 본 연구에서도 성대진폭은 SOVTE 간 차이가 없었다. 이는 SOVTE는 수행 시 후두위치 하강으로 성대점막의 유연성이 증가되고 성문하압도 증가하지만, 성문상부의 압력 역시 증가되므로 실제로는 성대의 진폭이 증가할 수 없는 조건이 갖추어지지 못했기 때문으로 사료된다. 이와 같은 결과는 음성의 강도와 관련된 성대진동 요소인 성대진폭이 SOVTE 시에는 일반적인 발성과 달리 점막의 유연성이나 성문하압보다는 성도의 저항 정도에 영향을 받음을 시사하며, 본 연구에서 실시한 허밍과 유성양순마찰음, 빨대발성(너비 4 mm × 길이 18 cm)과 물저항 빨대발성(너비 6 mm × 길이 21 cm × 길이

7 cm)의 성도저항이 유사함을 의미한다. Kim 등(2021)은 빨대발성(너비 4 mm × 길이 18 cm)과 물저항 빨대발성(너비 4 mm × 길이 18 cm × 길이 4 cm) 간에 유의한 차이를 보고하며 SOVTE 시 성대의 진폭이 성도의 저항크기에 영향을 받음을 보고하였다. 음질과 관련된 성대의 접촉속도는 서론에 기술한 바와 같이 성대점막의 강도에 영향을 받는다. 후두의 과긴장이 증가되면 후두외근이 수축되므로 후두의 수직적 위치가 높아지거나 성대내근의 근긴장도가 높아져 점막의 강도가 증가하고 이로 인해 성대의 개방기가 짧아져 성대접촉 속도가 감소된다. 반면, 후두의 수직적 위치가 높지 않은 상태는 점막의 경도가 높지 않아 좋은 음질을 내는데 유리하다(Berke & Gerratt, 1993; Guzman et al., 2013). 성대의 접촉 속도가 성문의 저항증가로 인한 후두위치 변화와 이로 인한 성대의 유연성 증가에 의한 것이라면 본 연구에서 나타난 성대진폭의 결과와 동일하게 성대접촉 속도 역시 SOVTE 간 차이가 없는 것으로 나타나야 할 것이다. 그러나, 본 연구에서 성대접촉 속도는 SOVTE 간 차이가 나타났는데, 이는 SOVTE로 인해 변화된 성도 모양에 의한 차이에서 기인한 것으로 사료된다. 다시 말해, 성도의 모양이 다른 만큼 성대음을 생성하는 성대에 영향을 미치는 성도 내의 공기역학적 조건이 다르다는 것이며, 이는 각각의 SOVTE가 가진 성도 모양의 특징이 성대의 진동에 반영되어 SOVTE 종류 간 성대접촉 속도에 차이가 나타난 것으로 사료된다. Kim (2020)에서 허밍과 유성양순마찰음은 모음에 비해 성대의 접촉 속도가 빨랐으며, 물저항 빨대발성(너비 4 mm × 길이 18 cm × 물 깊이 4 cm)은 빨대발성(너비 4 mm × 길이 18 cm)에 비해 빨랐다. 본 연구에서는 물저항 빨대발성, 허밍, 유성양순마찰음, 빨대발성 순으로 빠르게 나타났다. 다른 SOVTE에 비해 물저항 빨대발성과 허밍이 성대접촉 속도가 빠른 만큼 두 방법은 더 나은 음질의 산출이 요구되는 경우 유용한 접근법이 될 수 있을 것이다. Branski, Verdolini, Sandulache, Rosen과 Hebda (2006)는 후두미세술 이후 일정기간의 음성휴식 후 이루어지는 성대근육의 움직임은 수술 후 상처가 치유되는 동안 성대염증을 감소시키는 세포외기질(matrix)의 합성을 증가시키므로, 수술 후 적절한 성대운동은 성대를 전혀 움직이지 않는 절대적인 음성휴식보다 상처치료에 도움을 준다고 보고하였다. Culav, Clark와 Merrilees (1999) 그리고 Ishikawa와 Thibeault (2010)도 역시, 초기 성대 치유과정에서 상처에 가해지는 적절한 긴장은 성대 수술 부위의 콜라겐 합성을 자극하고 긴장이 적용된 힘의 방향으로 콜라겐 섬유를 정렬하여 최적의 조직 회복을 일어나도록 하는 섬유아세포의 활동(fibroblast activities)을 촉진한다고 보고하였다. 물저항발성과 빨대발성은 이와 같은 수술 후 성대회복을 위해 적절한 성대의 긴장과 근육 움직임을 촉진하는데 효과적인 치료법 중

하나로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 음성사용의 질적 요구가 따르는 가수나 배우와 같은 전문음성사용자(Elite voice performer)의 음성 워업(warm up)에 유용할 것이다.

또한, SOVTE 간의 성대접촉 속도의 차이가 성도의 모양에 의한 것이라는 본 연구의 시사점은 SOVTE가 성대와 성도가 독립적이라는 인간의 음성산출을 설명하는 전통적인 음원필터 이론과 달리 성도가 성대의 진동에 영향을 미친다는 Titze (2008)의 비선형적 음원필터이론을 지지하는 결과이기도 하다.

음성치료의 SOVTE 적용에 대해 Titze (2006)는 성도의 저항이 큰 방법에서 작은 방법 순으로 저항이 매우 높은 직경이 작은 빨대, 저항이 비교적 덜한 빨대(직경이 큰), 유성양순마찰음, 입술 또는 혀트릴, 비강자음, 모음 /우/ 또는 /이/의 순서를 권고하였다. 그러나 성도의 저항뿐만 아니라 성도의 길이나 형태를 포함하는 성도의 모양이 SOVTE 시 성대진동에 영향을 미칠 수 있다는 본 연구의 결과는 SOVTE의 임상적용 시 Titze (2006)가 제시한 위계에 따른 접근만을 따르는 것이 아니라 음성평가 후 다양한 SOVTE를 시도하고 가장 효과적인 방법을 탐색하는 과정인 시도치료를 통해 적절한 치료법을 선정하는 절차의 필요성을 시사한다.

본 연구는 다양한 SOVTE 중 일부만으로 연구를 실시하였으며, 통계적 검증을 실시하였으나 대상자 수가 충분치 못했다. 추후에는 음성장애군의 SOVTE 시 성대진동의 특징과 SOVTE 수행에 따라 성대의 진동이 어떻게 변화되는지를 살펴보는 연구가 필요하겠다. 또한, 전기성문파형검사나 성문부파형(Glottal area waveform) 등 다양한 방법으로 SOVTE의 성대진동 특성에 대한 연구가 이어져야 할 것이다.

REFERENCES

- Andrade, P. A., Wood, G., Ratcliffe, P., Epstein, R., Pijper, A., & Svec, J. G. (2014). Electrolottographic study of seven semi-occluded exercises: lax-Vox, straw, lip-trill, tongue-trill, humming, hand-over-mouth, and tongue-trill combined with hand-over-mouth. *Journal of Voice*, 28(5), 589-595.
- Arffa, R. E., Krishna, P., Gartner-Schmidt, J., & Rosen, C. A. (2012). Normative values for the voice handicap index-10. *Journal of Voice*, 26(4), 462-465.
- Bae, I. H. (2017). *The efficacy of two-dimensional scanning digital kymography using vibration simulator in differentiation of diplophonia* (Doctoral Dissertation). Busan University, Busan, Korea.
- Berke, G. S., & Gerratt, B. R. (1993). Laryngeal biomechanics: an overview of mucosal wave mechanics. *Journal of Voice*, 7(2), 123-128.
- Branski, R. C., Verdolini, K., Sandulache, V., Rosen, C. A., & Hebda, P. A. (2006). Vocal fold wound healing: a review for clinicians. *Journal of Voice*, 20(3), 432-442.
- Choi, H. S. (1998). Vocal tract resonance. *Proceedings of The Korean Society of Laryngology, Phoniatrics & Logopedics*, 201-207.
- Conroy, E. R., Hennick, T. M., Awan, S. N., Hoffman, M. R., Smith, B. L., & Jiang, J. J. (2014). Effect of variations to a simulated system of straw phonation therapy on aerodynamic parameters using excised canine larynges. *Journal of Voice*, 28(1), 1-6.
- Culav, E. M., Clark, C. H., & Merrilees, M. J. (1999). Connective tissues: matrix composition and its relevance to physical therapy. *Physical Therapy*, 79(3), 308-319.
- Fant, G. (1981). The source filter concept in voice production. *STL-QPSR*, 1, 21-37.
- Guzman, M., Higuera, D., Fincheira, C., Muñoz, D., Guajardo, C., & Dowdall, J. (2013). Immediate acoustic effects of straw phonation exercises in subjects with dysphonic voices. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 38(1), 35-45.
- Granqvist, S., Simberg, S., Hertegård, S., Holmqvist, S., Larsson, H., Lindstad, P. Å., ..., & Hammarberg, B. (2015). Resonance tube phonation in water: high-speed imaging, electroglottographic and oral pressure observations of vocal fold vibrations—a pilot study. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 40(3), 113-121.
- Hampala, V., Laukkanen, A. M., Guzman, M. A., Horáček, J., & Švec, J. G. (2015). Vocal fold adjustment caused by phonation into a tube: a double-case study using computed tomography. *Journal of Voice*, 29(6), 733-742.
- Horáček, J., Radolf, V., & Laukkanen, A. M. (2019). Impact stress in water resistance voice therapy: a physical modeling study. *Journal of Voice*, 33(4), 490-496.
- Ishikawa, K., & Thibeault, S. (2010). Voice rest versus exercise: a review of the literature. *Journal of Voice*, 24(4), 379-387.
- Kapsner-Smith, M. R., Hunter, E. J., Kirkham, K., Cox, K., & Titze, I. R. (2015). A randomized controlled trial of two semi-occluded vocal tract voice therapy protocols. *Journal of Speech, Language, & Hearing Research*, 58(3), 535-549.
- Kendall, K. A., & Leonard, R. J. (2010). *Laryngeal evaluation: indirect laryngoscopy to high-speed digital imaging*. New York, NY: Thieme Medical Publishers.
- Kim, J. O. (2019a). Meta-analysis of semi-occluded vocal tract exercise studies on subjective voice evaluation. *Journal of Speech-Language & Hearing*

- Disorders*, 28(2), 1-11.
- Kim, J. O. (2019b). Meta-analysis of semi-occluded vocal track exercise studies on acoustic, aerodynamic, and electroglottographic results. *Communication Sciences & Disorders*, 24(2), 535-551.
- Kim, J. S. (2020). *Vocal fold vibration characteristics of the semi-occluded vocal tract exercise using vibration simulator* (Doctoral dissertation). Deagu Catholic University, Gyeongsan, Korea.
- Kim, J. S., Choi, S. H., Lee, K., Choi, C. H., Wang, S. G., Lee, D. W., ..., & Lee, D. W. (2021). Vocal fold vibration characteristics during SOVTE using a vibration simulator and digital kymography. *Communication Sciences & Disorders*, 26(4), 921-932.
- Linklater, K. (1976). *Freeing the natural voice*. New York: Drama Book Publishers.
- Nix, J. (1999). Lip trills and raspberries: "High spit factor": alternatives to the nasal continuant consonants. *Journal of Singing-The Official Journal of the National Association of Teachers of Singing*, 55(3), 15-19.
- Park, H. J. (2015). *Development of vocal fold vibration parameters using area extraction algorithm of two dimensional scanning videokymography* (Doctoral dissertation). Busan University, Busan, Korea.
- Story, B. H., Laukkanen, A. M., & Titze, I. R. (2000). Acoustic impedance of an artificially lengthened and constricted vocal tract. *Journal of Voice*, 14(4), 455-469.
- Titze, I. R. (2006). Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract: rationale and scientific underpinnings. *Journal of Speech, Language, & Hearing Research*, 49(2), 448-459.
- Titze, I. R. (2008). Nonlinear source-filter coupling in phonation: theory. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5), 2733-2749.
- Tyrmi, J., Radolf, V., Horáček, J., & Laukkanen, A. M. (2017). Resonance tube or lax vox? *Journal of Voice*, 31(4), 430-437.
- Vlot, C., Ogawa, M., Hosokawa, K., Iwahashi, T., Kato, C., & Inohara, H. (2017). Investigation of the immediate effects of humming on vocal fold vibration irregularity using electroglottography and high-speed laryngoscopy in patients with organic voice disorders. *Journal of Voice*, 31(1), 48-56.
- Yamasaki, R., Murano, E. Z., Gebrim, E., Hachiya, A., Montagnoli, A., Behlau, M., & Tsuji, D. (2017). Vocal tract adjustments of dysphonic and non-dysphonic women pre-and post-flexible resonance tube in water exercise: a quantitative MRI study. *Journal of Voice*, 31(4), 442-454.

국문초록

SOVTE 종류에 따른 성대진폭과 성대접촉 속도의 차이

김지성

건양대학교 보건복지대학원 언어치료학과

배경 및 목적: SOVTE 시 성대의 진동 관찰은 반폐쇄로 인해 변화되는 음성산출메커니즘에 대한 이해를 도울 수 있다. 본 연구는 SOVTE의 종류에 따른 성대진동의 정량적 측정과 비교를 통해 SOVTE의 이론적 근거를 마련하고, SOVTE를 이용한 음성치료의 근거 기반증거 자료를 제시하고자 하였다. **방법:** 본 연구의 대상자는 음성문제가 없는 성인 10명(남자 5명, 여자 5명)으로 평균 연령 24.28 ± 4.54 세로, 음성 관련 질병이 있거나 흡연자는 제외되었다. 연구 참가자들은 반폐쇄성도훈련 중 허밍, 유성양순마찰음, 빨대발성, 물저항 빨대발성을 무작위 순서로 수행하였으며, 진동 시뮬레이터와 디지털 카이모그래피를 사용하여 성대의 진폭과 접촉 속도를 측정하였다. **결과:** 반폐쇄성도훈련 유형에 따른 성대의 진폭은 유의한 차이가 없었으나, 성대접촉 속도($p = .046$)에서는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 다중비교 결과, 성대접촉 속도에서 허밍($p = .031$)과 물저항 빨대발성($p = .018$)은 빨대발성에 비해 유의하게 빨랐다. **논의 및 결론:** 진폭과 달리 반폐쇄성도훈련 종류 간 차이가 나타났던 성대접촉 속도는 반폐쇄성도훈련 시 성대진동이 성도의 저항뿐만 아니라 성도의 모양에 영향을 받음을 시사한다. SOVTE 중 허밍 및 물저항 빨대발성은 음성의 음질과 관련된 성대접촉 속도가 빠르므로, 후두미세술과 같이 음질 개선을 목표로 하는 음성치료와 전문음성사용자의 음성 워업에 효과적이고 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 또한, 임상현장에서는 성도의 저항 크기에 따른 위계적인 SOVTE의 적용보다는 다양한 SOVTE를 이용한 시도치료를 함께 시행하는 것이 필요하겠다.

핵심어: 반폐쇄성도운동, 성대접촉 속도, 카이모그래피

참고문헌

- 김지성, 최성희, 이경재, 최철희, 왕수건, 이동욱 (2021). 진동시뮬레이터와 디지털카이모그래피를 이용한 반폐쇄성도운동 시 성대진동의 특성. *Communication Sciences & Disorders*, 26(4), 921-932.
- 김지성 (2020). 진동 시뮬레이터를 이용한 반폐쇄성도운동의 성대진동 특성 연구. 대구가톨릭대학교 대학원 박사학위논문.
- 김재옥 (2019a). 반폐쇄성도훈련의 주관적 음성평가에 대한 메타분석. *언어치료연구*, 28(2), 1-11.
- 김재옥 (2019b). 반폐쇄성도훈련의 중재효과에 대한 메타분석: 음향학적, 공기역학적, 전기성문파형 검사. *Communication Sciences & Disorders*, 24(2), 535-551.
- 박희준 (2015). 평면 스캔 비디오카이모그래피에서 영역 추출 알고리즘을 이용한 성대진동 평가 파라미터의 개발. 부산대학교 대학원 박사학위논문.
- 배인호 (2017). 진동 시뮬레이터를 이용한 평면 스캔 디지털 카이모그래피의 이중음성 감별효과. 부산대학교 대학원 박사학위 논문.
- 최홍식 (1998). 성도공명. 대한음성언어의학회 학술대회, 201-207.

ORCID

김지성(제1저자, 교신저자, 교수 <https://orcid.org/0000-0003-2363-5060>)