Development and Validation of a Novel Simplified Voice Range Profile Measurement Method: Comparison of Maximum Vocal Performance Based on the VRP Protocol

Won Jung Jung^{a,c}, Seong Hee Choi^{a,b}, Chul-Hee Choi^{a,b}

^aGraduate Program in Audiology & Speech-Language Pathology, Daegu Catholic University, Gyeongsan, Korea

^bDepartment of Audiology & Speech-Language Pathology, Research Institute of Biomimetic Sensory Control, and Catholic Hearing Voice Speech Center, Daegu Catholic University, Gyeongsan, Korea

^cDepartment of Otorhinolaryngology, Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Correspondence: Seong Hee Choi, PhD
Department of Audiology and Speech-Language Pathology, College of Bio and Medical Sciences, Daegu Catholic University, 13-13 Hayang-ro, Hayang-eup, Gyeongsan 38430, Korea
Tel: +82-53-850-2542
Fax: +82-53-539-0780
E-mail: shgrace@cu.ac.kr

Received: July 23, 2019
Revised: August 26, 2019
Accepted: August 28, 2019

Objectives: Voice Range Profile (VRP) has been widely used as an objective voice assessment method in the clinical practice to evaluate vocal function. The objective of this study was to compare the maximum vocal performance among the current VRP measurement protocols and to develop a novel short-form of VRP measurement method based on its validation. **Methods:** Forty young adults (20 males, 20 females) participated for VRP measures and 20% participants (4 males, 4 females) were randomly selected for testing a novel simplified VRP protocol. Minimum F0, maximum F0, frequency range, minimum & maximum intensity, and intensity range were measured and compared among the different VRP protocols using the VRP program. **Results:** Among the different vowel types to elicit the maximal VRP performance measures, the largest voice range was observed in vowel /a/. In terms of repetition measurements, it was the largest when it was carried out five times. In addition, among different procedures to elicit, the semitone scale demonstrated significantly wider range than glissando ($p < .05$). Moreover, a novel simplified VRP protocol represents a significantly wider frequency range than that of the other VRP protocols ($p < .05$). On the other hand, the intensity range was the largest in semitone ($p < .001$), but there was no significant difference between the semitone and novel simplified VRP. **Conclusion:** A newly developed VRP measurement method was feasible and effective to obtain a reliable vocal range. This simplified protocol should be adapted for trained professional voice users and future research should expand to test its validity for the dysphonia population.

Keywords: VRP, Vowel type, Measurement method, Validity, Normal voice

음성범위프로파일(Voice Range Profile, VRP)은 발성 기능을 객관적으로 평가하는 음향학적 평가 중 하나로 임상에서 널리 사용되고 있다(Ferrand, 2014). VRP는 Voice Committee of the International Association of Logopedics and Phoniatrics (IALP)가 1992년에 제안한 공식용어로(Boone, McFarlane, Von Berg, & Zraick, 2014) phonetogram, phonetography, voice profile, phonational

profiles 또는 voice area로 표시되며(Ma et al., 2007), 모음 발성 동안 최대주파수범위 내에서 최소 및 최대음성강도를 산출하는 화자의 발성 능력을 반영하기 위해 그래프로 나타낸 것이다(Heylen, Wuyts, Mertens, De Bodt, & Van de Heyning, 2002). 또한, VRP는 시각적 피드백(visual feedback)을 제공함으로써 음성평가에 유용할 뿐 아니라 치료 전후 또는 치료 과정에서 음성 범위 변화를 모니터링

터릴 수 있으며, 일반적으로 모음 /a/, /i/, /u/를 사용하여 가장 작은 소리에서부터 가장 큰 소리로 다양한 음도에서 발성하도록 한다 (Ferrand, 2014). VRP는 발성 범위와 함께 VRP 형태와 곡선의 특성들이 보고되고 있는데, VRP의 상곡선은 환자의 최대발성역치를, 하곡선은 환자의 최소발성역치를 나타낸다(Boone et al., 2014). VRP의 기본적인 구성은 F0와 각 주파수별 speech press level (SPL)이며 이 두 가지의 상관관계를 이차원의 히스토그램 도표로 나타내고 측정값들은 semitone과 dB의 비율로 나타낸다(Ferrand, 2014; Kim et al., 2009). 따라서, VRP를 정확하고 신뢰롭게 이끌어내기 위해서는 검사자의 적극적인 협조가 필요할 뿐 아니라 검사방법에 대한 명확한 이해가 필요하다.

국내에서는 음성장애 환자를 대상으로 음성치료 전후 효과를 비교하기 위하여 반음을 사용하여 VRP를 측정하였으며(Kim, 2009; Kim et al., 2009), 음성장애가 없는 성악가를 대상으로 반음을 사용하여 VRP를 측정하였다(Chung, 2000; Chung et al., 2001). 한편, Kim, Choi, Lim과 Choi (2014)의 연구에서는 활창을 사용하여 흡연 여부에 따라 실용음악전공자와 일반학생을 대상으로 VRP를 측정하였으며, Lim, Choi, Kim과 Choi (2016)의 연구에서도 연축성 발성장애 환자를 대상으로 Lax Vox 음성치료 효과를 살펴보기 위하여 활창을 사용하여 치료 전후 VRP를 측정하여 발성 능력의 변화를 비교하였고, Bae, Park, Kwon, Lee와 Goh (2014)의 연구에서는 인공와우 이식수술을 받은 환자를 대상으로 반음과 활창을 모두 실시하여 발성 수행력의 변화를 측정하였다. 하지만, 아동과 성인을 대상으로 VRP 측정 시 방법에 대해 명확하게 제시되어 있지 않는 경우도 있었다(Kwon, Lee, Kim, & Lee, 2010; Kim et al., 2007; Moon & Han, 2007; Lee et al., 2012).

Heylen 등(2002)의 연구에서는 전문적 음성사용자인 교사 남성과 여성을 대상으로 VRP를 알아보기 위해 /a/ 모음을 이용하여 습관적인 음도와 강도로 최소 2초간 유지하도록 하였으며 위밍업으로 음도와 강도를 증가 또는 감소시키면서 음역대를 탐색하게 하였으며, 최저 및 최고주파수에서 최소 및 최대강도를 사용하여 발성하게 하였다. Ma 등(2007)은 음성장애 진단을 위해 /a/ 모음을 사용하여 반음으로 VRP를 총 3회 실시하였다. LeBorgne와 Weinrich (2002)는 활창을 이용하여 훈련된 성악가들을 대상으로 phonetogram의 변화를 측정하였으며 /a/ 모음을 이용하여 중간 음도에서 시작하여 가장 낮은 주파수까지, 다시 중간 음도에서 가장 높은 주파수까지 소리를 내도록 하여 VRP를 측정하였다. Böhme와 Stuchlik (1995)는 아동을 대상으로 성과 연령에 따른 VRP를 알아보기 위해 피아노로 음을 들려주고 아이들이 가능한 부드럽게 또는 큰 소리로 노래를 부르도록 하였으며, 아이들에게 노래하는 것

에 대해 걱정하지 말고 즐겁게 하는 대신 부드럽게 또는 크게 소리 내어 노래하도록 지시하였다. Lamesch, Doval과 Castellengo (2008)의 연구에서는 성악가를 대상으로 /a/, /i/, /u/ 모음을 이용하여 모음의 종류에 따라 노래했을 때, C3 (131 Hz)-C5 (524 Hz)의 범위에서 크레센도-디크레센도로 노래하게 하였다. 이처럼 많은 국내외 선행연구들에서 VRP 측정을 위해 연구자마다 반음, 활창 또는 반음과 활창을 함께 사용하는 등 다양한 방법으로 실시하였으며, 측정 횟수, 검사 시 모음의 종류 등 정확한 정보가 제시되지 않은 연구들도 있었다. 이처럼 VRP가 임상에서 진단이나 치료효과를 검증하기 위해서 음성검사법으로 다양하게 이루어지고 있음에도 불구하고 측정방법에 대한 표준을 제시하는 연구가 활발히 이루어지지 않았다. 그뿐만 아니라 Hong (2014)과 Ma 등(2007)은 만족스러운 VRP를 얻기 위해서는 20분에서 1시간 30분이 소요된다고 하였는데, 바쁜 임상현장에서 신뢰로운 VRP 측정을 위해서 이러한 검사방법은 임상 적용에 있어 제한적이다.

이에 본 연구는 첫째, 모음의 종류, 측정 횟수, 기존의 측정방법에 따라 VRP 측정치(최고 및 최저주파수, 주파수범위, 최대 및 최소강도, 강도범위)의 차이를 살펴보고, 둘째, 새로운 축약된 VRP 검사법을 개발하여, 개발된 축약된 VRP 검사법이 최대발성범위를 측정하기에 적합한지 정상 음성을 대상으로 기존의 검사방법과 비교함으로써 타당성을 검증하고자 한다.

연구방법

연구대상

본 연구는 최근 음성 관련 질환 병력이 없고, 발성훈련 경험이 없으며, 순음청력검사상 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz 및 4,000 Hz에서 청력 역치가 20 dB 이하이며, 음성장애평가 치료경험 5년 이상인 1급 언어재활사와 2급 언어재활사에 의해 청치각적 평가 GRBAS 척도 중 'G'에서 중증도가 '0 (정상)'인 청년층 총 40명(남자 20명, 여자 20명)을 대상으로 하였다. 대상자의 평균연령은 22.9 (± 2.1)세였으며, 새로 개발된 축약된 VRP 검사법의 타당도 검증을 위해 총 40명(남자 20명, 여자 20명) 중 참여자의 20% (8명: 남자 4명, 여자 4명)가 무작위로 선정되어 실험에 참여하였으며, 대상자의 평균연령은 24.6 (± 1.0)세로 모든 실험은 대상자의 동의에 따라 진행하였다.

연구절차

음향학적 평가도구인 Computerized Speech Lab (CSL; Model 4150B, KayPentax)의 Voice Range Profile 프로그램을 이용하여 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위를 측정

하였다. 먼저, VRP 검사의 목적과 방법을 대상자에게 충분히 설명한 후, 연구참여동의서에 서명하였다. 녹음 시 공기역학적인 소음을 감소시키기 위해 대상자의 입과 마이크는 45° 측면으로 10 cm의 거리에 위치시켜 녹음을 실시하였으며(Choi, 2013), 음성피로를 고려하여 대상자마다 검사 순서를 무작위로 실시하였다. 먼저, 모음의 종류에 따른 VRP 차이를 조사하기 위하여, 검사자는 대상자로 하여금 활창으로 모음 /아/, /이/, /우/를 각 1회씩 실시하도록 하였다(Ferrand, 2014; Lamesch et al., 2008). 활창은 대상자가 낼 수 있는 가장 낮은 음도에서 가장 높은 음도를 내도록 하였으며, 진성구(modal register)에서 가성(falsetto)까지 주파수 범위를 설정하였다. 이후, 가장 높은 음도에서 가장 낮은 음도로 중간에 끊김 없이 활창하도록 지시하였다. 이때 낮은 음에서 높은 음, 높은 음에서 낮은 음 왕복을 1회로 규정하였다. 녹음한 자료는 모음에 따른 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위의 평균 측정값을 비교하였다. 또한, 측정 횟수에 따른 VRP 측정치의 차이를 조사하기 위하여 동일한 방법으로 모음 /아/를 활창으로 각 1회, 3

회, 5회를 실시하였고, 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위의 평균 측정값을 비교하였다. 마지막으로, 측정 방법에 따른 VRP 측정치의 차이를 살펴보기 위하여 반음과 활창을 사용하였다. 이때 사용된 검사어는 많은 국내의 선행연구에서 사용하였던 모음 /아/를 이용하여 반음(semitone)으로 1회 측정을 실시하였다(Bae et al., 2014; Chung, 2000; Chung et al., 2001; Gramming, 1991; Heylen et al., 2002; Kim et al., 2007; Kim et al., 2009; Kim, Choi et al., 2014; Kwon, Lee, Kim, & Lee, 2010; LeBorgne, & Weinrich, 2002; Lim et al., 2016; Ma et al., 2007; Mituuti, Santos, Teles, & Berretin-Felix, 2013; Moon & Han, 2007; Pabon, Stallinga, Södersten, & Ternström, 2014; Sulter, Schutte, & Miller, 1995). 이를 위해 환자로 하여금 모음 /아/를 편안한 음도와 강도에서 발성하도록 한 후, 그 음부터 더 이상 발성할 수 없을 정도로 낮은 최저주파수로 내려가도록 지시하였으며 반대로 동일한 방법으로 다시 편안한 음도에서 반음으로 더 이상 발성할 수 없을 정도로 높은 최고주파수로 올라가도록 지시하였으며 이때, 각 음도에서 최소 및 최대

Figure 1. Phonetograms using the Voice Range Profile program of Computerized Speech Lab (CSL): 1, 3, 5 gliding with vowel /a/ in a young male.

Figure 2. Phonetograms using the Voice Range Profile program of Computerized Speech Lab (CSL): a novel simplified method, semitone, glissando with vowel /a/ 5 repetition in a young male.

강도를 각각 측정하였다. 또한 모든 과정에서 검사자는 건반음과 모델링을 통해 청각적 피드백을 함께 제공하였다. 녹음한 자료는 반응으로 실시하였을 때와 활창으로 1회 실시하였을 때의 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위의 평균 측정값을 비교 분석하였다.

또한, 기존의 VRP 프로토콜의 검사 결과를 근거로 하여 새로운 축약된 검사법을 개발하였다. 검사 프로토콜은 모음 /a/를 사용하였으며, VRP가 가장 넓게 나타났던 반응으로 측정한 남성, 여성의 최소 및 최고주파수와 평균값을 토대로 주파수를 선정하였다. 남성의 경우, 총 7개의 기준음 주파수를 선정하였으며 주파수는 61.7, 82.4, 110, 220, 440, 659.3, 880 Hz로 구성하였다. 또한 선행연구를 참고하여 남성의 평균 기본주파수인 110 Hz를 검사 시작의 기준음으로 정하였다(Boone et al., 2014; Ferrand, 2014; Kim, 2008; Kim, 2009, 2011; Mituuti et al., 2013; Pyo et al., 2002). 최저 및 최고음역대를 좀 더 세밀하게 측정하기 위하여 5개 반응으로 차이를 두었으며 중음역대는 보다 넓게 1옥타브 차이를 두었다. 최저주파수를 찾아내기 위해서는 먼저 기준음 110 Hz에서 시작하여 위에 기술한 선정된 낮은 기준음(82.4 Hz → 61.7 Hz)으로 내려갔으며 이와 같은 방법으로 최저주파수 확립 후 최고주파수를 찾아내기 위하여 다시 기본주파수 110 Hz에서 선정된 높은 기준음(220 Hz, 440 Hz, 659.3 Hz, 880 Hz)으로 올라가 최고주파수를 확립하였다(Figures 1, 2). 검사자가 기준음의 건반음과 모델링을 통해 청각적 피드백을 제공하면, 대상자는 들려준 기준음을 듣고 소리를 산출하도록 하였다. VRP 검사에는 pitch target mode가 있는데 본 연구에서는 이 mode를 사용하지 않았다. 그 이유는 정확히 그 음을 발성하는 것이 중요한 것이 아니라, 들려준 기준음은 그 주파수 주변음에 도달하기 위한 청각적 피드백으로만 제공되었기 때문이다. 여성의 경우, 남성에 비해 음역대가 넓어 총 9개의 기준음 주파수를 선정하였으며, 주파수는 146.8, 174.6, 220, 440, 659.3, 880, 1,046.5, 1,318.5, 1,568 Hz로 구성하였다. 또한 선행연구를 참고하여 여성의 평균 기본주파수인 220 Hz를 검사 시작의 기준음으로 하였고(Boone et al., 2014; Ferrand, 2014; Kim, 2008; Kim, 2009, 2011; Pyo et al., 2002), 최저 및 최고음역대는 좀 더 세밀한 측정을 위해 3-4개 반응으로 차이를 두었고, 중음역대는 보다 넓게 1옥타브 차이를 두었으며 검사방법은 남성과 동일하였다(Appendix 1).

통계분석

통계처리는 Statistical Package for Social Science (SPSS) version 21.0을 이용하였다. 성별(집단 간)에 따른 모음의 종류, 측정 횟수, 측정방법(집단 내)의 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최

대강도, 강도범위에 유의한 차이가 있는지 검증하기 위하여 이원혼합분산분석(two-way mixed ANOVA)을 실시하였다. Mauchly의 구형성이 가정된 경우에는 구형성 가정값을 사용하였으며, 구형성 가정을 만족하지 않은 경우는 Greenhouse-Geisser의 자유도와 F값을 사용하였다. 개체 내 효과 검정 결과가 통계적으로 유의할 경우 대응별 비교를 실시하여 유의성 검정을 실시하였다. 통계적 유의수준은 .05 수준에서 검정하였다.

연구결과

성별과 모음의 종류에 따른 VRP 차이

활창으로 /a/, /i/, /u/ 모음에 따른 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최저 및 최대강도, 강도범위의 평균과 표준편차는 Table 1과 같다.

성별과 모음 종류에 따른 최저주파수를 비교한 결과, 성별과 모음 종류에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보였다($F_{(2,76)} = 4.492$, $p = .014$). 최저주파수는 성별에 따라 유의한 차이를 보인 반면($F_{(1,38)} = 275.030$, $p = .000$), 남성은 /u/ 모음에서 최저주파수가 가장 낮은 반면, 여성은 /a/ 모음에서 최저주파수가 가장 낮았으나 모음의 종류에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다($F_{(2,76)} = 1.001$, $p = .372$) (Figure 3A).

Table 1. Descriptive statistics of VRP measures according to vowel type

	Vowel	Male (N=20)	Female (N=20)	Total (N=40)
F0 _{min} (Hz)	/a/	96.57 (10.29)	167.59 (17.56)	132.08 (38.67)
	/i/	95.54 (8.39)	172.44 (22.38)	133.99 (42.36)
	/u/	93.67 (8.52)	175.06 (21.39)	134.37 (44.24)
F0 _{max} (Hz)	/a/	663.58 (212.04)	965.22 (244.05)	814.40 (272.49)
	/i/	647.80 (182.51)	929.74 (181.31)	788.79 (229.39)
	/u/	584.63 (172.45)	907.01 (213.46)	745.82 (251.66)
F0 _{range} (Hz)	/a/	567.06 (209.14)	797.64 (240.14)	682.35 (251.07)
	/i/	550.09 (179.24)	757.31 (182.89)	653.70 (207.26)
	/u/	490.96 (170.06)	736.95 (211.65)	613.95 (226.78)
I _{min} (dB)	/a/	76.65 (4.58)	72.20 (4.35)	74.43 (4.95)
	/i/	74.45 (4.39)	74.10 (5.72)	74.28 (5.04)
	/u/	74.00 (5.06)	73.50 (5.10)	73.75 (5.02)
I _{max} (dB)	/a/	105.75 (7.35)	102.80 (7.39)	104.28 (7.43)
	/i/	101.40 (7.75)	96.65 (6.18)	99.03 (7.33)
	/u/	103.75 (7.59)	98.75 (5.16)	101.25 (6.89)
I _{range} (dB)	/a/	29.10 (7.63)	30.60 (7.19)	29.85 (7.36)
	/i/	26.95 (6.82)	22.55 (8.31)	24.75 (7.82)
	/u/	29.75 (7.03)	25.25 (4.44)	27.50 (6.23)

Values are presented as mean (SD).

VRP = Voice Range Profile; I = intensity.

Figure 3. Results of VRP measurement according to gender and vowel type: (A) minimum F0, (B) maximum F0, and (C) F0 range.

* $p < .05$, ** $p < .01$.

Figure 4. Results of VRP measurement according to gender and vowel type: (A) minimum intensity, (B) maximum intensity, and (C) intensity range.

* $p < .05$, *** $p < .001$.

한편, 최고주파수에서는 성별과 모음 종류에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았고($F_{(2,76)} = .316$, $p = .730$), 성별에 따라 유의한 차이를 보였으며($F_{(1,38)} = 28.181$, $p = .000$), 모음의 종류에 따라 유의한 차이를 보였다($F_{(2,76)} = 3.706$, $p = .029$). 남녀 모두 모음 /ㅏ/에서 최고주파수가 높게 나타났으며, 대응별 비교 결과, 모음 /ㅏ/ - 모음 /ㅓ/에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p = .004$), 모음 /ㅏ/ - 모음 /ㅣ/는 유의한 차이를 보이지 않았다($p = .350$) (Figure 3B).

주파수범위는 성별과 모음 종류 간 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(2,76)} = .305$, $p = .738$), 성별에 따라 유의한 차이를 보였고($F_{(1,38)} = 16.347$, $p = .000$), 모음 종류에 따라 유의한 차이를 보였다($F_{(2,76)} = 3.774$, $p = .027$). 대응별 비교 결과, 모음 /ㅏ/ - /ㅓ/ 간에 유의한 차이를 보였으며($p = .004$), 모음 /ㅏ/ - /ㅣ/ 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다($p = .279$) (Figure 3C).

성별과 모음 종류에 따른 최소강도를 비교한 결과, 성별과 모음 종류에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보였다($F_{(2,76)} = 5.259$, $p = .007$). 성별에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으며($F_{(1,38)} = 1.828$,

$p = .184$), 모음의 종류에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다($F_{(2,76)} = .489$, $p = .615$) (Figure 4A).

반면에, 최대강도는 성별과 모음 종류에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(2,76)} = .664$, $p = .518$), 성별에 따라 유의한 차이를 보였고($F_{(1,38)} = 4.983$, $p = .032$), 모음의 종류에 따라 유의한 차이를 보였으며($F_{(2,76)} = 14.740$, $p = .000$), 남녀 모두 모음 /ㅏ/에서 최대강도가 가장 높았다. 대응별 비교 결과, 모음 /ㅏ/ - 모음 /ㅓ/ ($p = .004$), 모음 /ㅏ/ - 모음 /ㅣ/ ($p = .000$)에서 모두 유의한 차이를 보였었다(Figure 4B).

강도범위는 성별과 모음 종류에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았고($F_{(2,76)} = .664$, $p = .518$), 성별에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(1,38)} = 1.896$, $p = .177$), 모음의 종류에 따라 유의한 차이를 보였다($F_{(2,76)} = 10.235$, $p = .000$). 남성은 모음 /ㅓ/에서 가장 높았으나, 모음 /ㅏ/와는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 여성은 모음 /ㅏ/에서 가장 높았다. 대응별 비교 결과, 모음 /ㅏ/ - 모음 /ㅓ/ ($p = .043$), 모음 /ㅏ/ - 모음 /ㅣ/ ($p = .000$)에서 모두 유의한 차이를 보였었다(Figure 4C).

Table 2. Descriptive statistics of VRP measures according to repetition measure

	Repetition	Male (N=20)	Female (N=20)	Total (N=40)
F0 _{min} (Hz)	1	96.57 (10.29)	167.59 (17.57)	132.08 (38.67)
	3	92.72 (9.56)	161.32 (15.91)	127.02 (37.07)
	5	91.36 (9.14)	159.50 (16.20)	125.43 (36.86)
F0 _{max} (Hz)	1	663.58 (212.04)	965.22 (244.05)	814.40 (272.49)
	3	688.92 (216.78)	1,000.86 (231.84)	844.89 (272.08)
	5	706.52 (212.66)	1,039.06 (253.61)	872.79 (285.87)
F0 _{range} (Hz)	1	567.06 (209.14)	797.64 (240.14)	682.35 (251.07)
	3	596.20 (214.64)	838.64 (233.09)	717.42 (252.95)
	5	615.16 (210.45)	879.57 (253.17)	747.36 (265.95)
I _{min} (dB)	1	76.65 (4.58)	72.20 (4.35)	74.43 (4.95)
	3	73.80 (4.20)	71.75 (4.85)	72.78 (4.60)
	5	72.55 (4.07)	71.15 (5.11)	71.85 (4.62)
I _{max} (dB)	1	105.75 (7.35)	102.80 (7.39)	104.28 (7.42)
	3	107.35 (7.25)	104.40 (7.40)	105.88 (7.38)
	5	108.10 (6.95)	106.05 (7.45)	107.08 (7.19)
I _{range} (dB)	1	29.10 (7.63)	30.60 (7.19)	29.85 (7.36)
	3	33.55 (6.64)	32.65 (6.57)	33.10 (6.54)
	5	35.55 (6.42)	34.90 (6.10)	35.23 (6.19)

Values are presented as mean (SD).
VRP = Voice Range Profile; I = intensity.

성별과 측정 횟수에 따른 VRP 차이

/a/ 모음을 이용하여 활창으로 1회, 3회, 5회 실시하였을 때 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위의 평균과 표준편차는 Table 2와 같다.

성별과 측정 횟수에 따른 최저주파수를 비교한 결과, 성별과 측정 횟수 간 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았고($F_{(2,76)} = 1.109, p = .315$). 성별에 따라 유의한 차이를 보였으며($F_{(1,38)} = 282.432, p = .000$), 측정 횟수에 따라 유의한 차이를 보였다($F_{(2,76)} = 22.352, p = .000$). 대응별 비교 결과, 1-3회($p = .000$), 3-5회($p = .005$) 간 모두 유의한 차이를 보였다.

한편, 최고주파수는 성별과 측정 횟수 간 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았으며($F_{(2,76)} = 1.664, p = .196$), 성별에 따라 유의한 차이를 보였고($F_{(1,38)} = 19.322, p = .000$), 측정 횟수에 따라 유의한 차이를 보였다($F_{(2,76)} = 22.936, p = .000$). 대응별 비교 결과, 1-3회($p = .000$), 3-5회($p = .002$) 간 모두 유의한 차이를 보였다.

주파수범위는 성별과 측정 횟수에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았고($F_{(2,76)} = 1.968, p = .147$), 성별에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(1,38)} = 11.917, p = .001$), 측정 횟수에 따라 유의한 차이를 보였다($F_{(2,76)} = 28.306, p = .000$). 대응별 비교 결과, 1-3회($p = .000$), 3-5회($p = .001$)에서 모두 유의한 차이를 보였다.

한편, 최소강도는 성별과 측정 횟수 간 교호작용은 유의한 차이

Table 3. Descriptive statistics of VRP measures according to measurement method (semitone vs. glissando)

	Method	Male (N=20)	Female (N=20)	Total (N=40)
F0 _{min} (Hz)	Semitone	88.60 (7.29)	152.18 (14.51)	120.39 (34.13)
	Glissando	96.57 (10.29)	167.58 (17.57)	132.08 (38.67)
F0 _{max} (Hz)	Semitone	773.19 (180.05)	1,118.20 (205.70)	945.69 (258.70)
	Glissando	663.57 (212.04)	965.22 (244.05)	814.40 (272.49)
F0 _{range} (Hz)	Semitone	649.59 (227.19)	966.07 (206.49)	807.83 (267.58)
	Glissando	567.06 (209.14)	797.64 (240.14)	682.35 (251.07)
I _{min} (dB)	Semitone	67.10 (3.55)	64.15 (4.13)	65.63 (4.09)
	Glissando	76.65 (4.58)	72.20 (4.35)	74.43 (4.95)
I _{max} (dB)	Semitone	111.95 (5.61)	111.60 (6.06)	111.78 (5.76)
	Glissando	105.75 (7.35)	102.80 (7.39)	104.28 (7.42)
I _{range} (dB)	Semitone	44.85 (4.89)	47.45 (6.12)	46.15 (5.62)
	Glissando	29.10 (7.63)	30.60 (7.19)	29.85 (7.36)

Values are presented as mean (SD).
VRP = Voice Range Profile; I = intensity.

를 보이지 않았고($F_{(2,76)} = 1.109, p = .315$), 성별에 따라 유의한 차이를 보였으며($F_{(1,38)} = 282.432, p = .000$), 측정 횟수에 따라 유의한 차이를 보였다($F_{(2,76)} = 22.352, p = .000$). 대응별 비교 결과, 1-3회($p = .000$), 3-5회($p = .005$) 간 모두 유의한 차이를 보였다.

최대강도는 성별과 측정 횟수 간 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았고($F_{(2,76)} = 1.293, p = .279$), 성별에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(1,38)} = 1.353, p = .252$), 측정 횟수에 따라 유의한 차이를 보였다($F_{(1,721,76)} = 37.793, p = .000$), 대응별 비교 결과, 1-3회($p = .000$), 3-5회($p = .000$) 간 모두 유의한 차이를 보였다.

강도범위는 성별과 측정 횟수에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보였고($F_{(1,703, 64,719)} = 4.486, p = .020$), 성별에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으며($F_{(1,38)} = .000, p = .994$), 측정 횟수에 따라 유의한 차이를 보였다($F_{(1,703, 64,719)} = 75.534, p = .000$). 대응별 비교 결과, 1-3회($p = .000$), 3-5회($p = .000$)에서 모두 유의한 차이를 보였다.

성별과 측정방법에 따른 VRP 차이

/a/ 모음을 이용하여 반음과 활창으로 1회 실시하였을 때 최저, 최고주파수 및 주파수범위, 최소, 최고강도 및 강도범위의 평균과 표준편차는 Table 3과 같다.

성별에 따른 최저주파수는 성별과 측정방법 간 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(1,38)} = 3.891, p = .056$), 성별에 따라 유의한 차이를 보였고($F_{(1,38)} = 337.955, p = .000$), 측정방법에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($F_{(1,38)} = 25.018, p = .000$), 반음에서 남녀 모두 통계적으로 유의하게 낮았다.

최고주파수에서도 성별과 측정방법 간 교호작용은 유의한 차이

를 보이지 않았으나($F_{(1,38)} = .682, p = .414$), 성별에 따라 유의한 차이를 보였고($F_{(1,38)} = 27.569, p = .000$), 측정방법에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($F_{(1,38)} = 25.018, p = .000$), 반응에서 남녀 모두 유의하게 높았다.

또한, 주파수범위에서도 성별과 측정방법 간 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(1,38)} = 2.011, p = .164$), 성별에 따라 유의한 차이를 보였고($F_{(1,38)} = 18.828, p = .000$), 측정방법에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($F_{(1,38)} = 17.161, p = .000$).

최소강도는 성별과 측정방법 간 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(2,76)} = 1.225, p = .275$), 성별에 따라 유의한 차이를 보였고($F_{(1,38)} = 10.691, p = .002$), 측정방법에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($F_{(1,38)} = 168.661, p = .000$), 반응에서 남녀 모두 유의하게 낮았다.

최대강도는 성별과 측정방법 간 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았고($F_{(2,76)} = 2.225, p = .144$), 성별에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(1,38)} = .744, p = .394$), 측정방법에 따라 유의한 차이를 보였으며($F_{(1,38)} = 74.064, p = .000$) 반응에서 남녀 모두 유의하게 높았다.

강도범위는 성별과 측정방법 간 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았으며($F_{(2,76)} = .384, p = .539$), 성별에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(1,38)} = 1.203, p = .280$), 측정방법에 따라 유의한 차이

를 보였으며($F_{(1,38)} = 337.018, p = .000$).

새로 개발된 축약된 VRP 검사법의 타당도

새로 개발된 축약된 검사법의 타당도를 살펴보기 위하여 /a/ 모음을 이용하여 축약된 VRP 검사법과 기존의 검사 프로토콜 중 가장 최대 발생 수행력이 높았던 반응, 활창 5회와 비교하였으며, 최저, 최고 및 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위의 평균과 표준편차는 Table 4와 같다.

최소주파수는 성별과 측정방법에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았고($F_{(2,12)} = 1.018, p = .390$), 성별에 따라 유의한 차이를 보였으나($F_{(1,6)} = 158.035, p = .000$), 측정방법에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다($F_{(2,12)} = 1.121, p = .358$) (Figure 5A).

이와 마찬가지로 최고주파수는 성별과 측정방법에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(1,033,12)} = .893, p = .384$), 성별에 따라 유의한 차이를 보였고($F_{(1,6)} = 6.545, p = .043$), 측정방법에 따라 유의한 차이를 보였으며($F_{(1,033,12)} = 7.942, p = .029$). 대응별 비교 결과, 활창 5회-축약된 VRP ($p = .000$), 반응-축약된 VRP ($p = .017$) 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(Figure 5B).

주파수범위는 성별과 측정방법에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았고($F_{(1,027,6)} = .801, p = .408$) 성별에 따라서도 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(1,027,6)} = 4.680, p = .074$), 측정방법에 따라

Table 4. Descriptive statistics of VRP measures according to measurement method (semitone vs. glissando with 5 repetition vs. simplified VRP)

	Method	Male (N=20)	Female (N=20)	Total (N=40)
F0 _{min} (Hz)	Semitone	86.16 (4.82)	147.08 (8.80)	116.62 (33.34)
	Glissando with 5 repetition	88.68 (4.84)	149.27 (11.07)	118.97 (33.34)
	Simplified	83.70 (4.57)	149.27 (11.07)	116.42 (35.51)
F0 _{max} (Hz)	Semitone	727.17 (183.09)	1,084.03 (251.62)	905.60 (279.08)
	Glissando with 5 repetition	635.43 (195.42)	917.87 (166.00)	776.65 (225.76)
	Simplified	763.06 (206.60)	1,177.33 (244.96)	970.19 (305.03)
F0 _{range} (Hz)	Semitone	641.01 (179.61)	936.96 (244.11)	788.98 (253.75)
	Glissando with 5 repetition	546.75 (194.83)	768.60 (164.09)	632.50 (196.60)
	Simplified	679.36 (203.01)	1,028.19 (238.10)	853.78 (277.00)
I _{min} (dB)	Semitone	65.25 (3.77)	59.00 (1.83)	62.13 (4.32)
	Glissando with 5 repetition	72.25 (4.35)	70.25 (5.50)	71.25 (4.71)
	Simplified	66.25 (3.86)	66.00 (4.69)	64.13 (3.98)
I _{max} (dB)	Semitone	112.75 (5.91)	108.50 (4.93)	110.63 (5.53)
	Glissando with 5 repetition	104.00 (10.13)	101.75 (4.99)	102.88 (7.49)
	Simplified	113.00 (6.48)	107.75 (5.68)	110.38 (6.30)
I _{range} (dB)	Semitone	47.50 (6.14)	49.50 (4.65)	48.50 (5.15)
	Glissando with 5 repetition	31.75 (8.85)	31.50 (5.80)	31.63 (6.93)
	Simplified	46.75 (9.03)	41.75 (10.31)	46.25 (9.36)

Values are presented as mean (SD).

VRP = Voice Range Profile; I = intensity.

Figure 5. Results of VRP measurement according to gender and measurement method: (A) minimum F0, (B) maximum F0, and (C) F0 range.

* $p < .05$, *** $p < .001$.

Figure 6. Results of VRP measurement according to gender and measurement method: (A) minimum intensity, (B) maximum intensity, and (C) intensity range.

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

유의한 차이를 보였다($F_{(1,027,12)} = 7.857, p = .03$). 대응별 비교 결과, 축약된 VRP-활창 5회($p = .000$)는 유의한 차이를 보였으나, 반음-활창 5회($p = .78$)로 유의한 차이를 보이지 않았고, 축약된 VRP-반음($p = .018$)은 유의한 차이를 보였다(Figure 5C).

최소강도는 성별과 측정 횟수에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보였고($F_{(1,703,64,719)} = 4.486, p = .020$), 성별에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(1,6)} = 1.637, p = .248$), 측정방법에 따라서 유의한 차이를 보였다($F_{(2,12)} = 14.933, p = .001$). 대응별 비교 결과, 반음 vs. 활창 5회($p = .001$), 반음 vs. 축약된 VRP ($p = .024$)에서 모두 유의한 차이를 보였다(Figure 6A).

최대강도는 성별과 측정방법에 따른 교호작용은 유의한 차이를 보이지 않았고($F_{(2,12)} = .266, p = .771$), 성별에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으며($F_{(1,6)} = .964, p = .364$), 측정방법에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다($F_{(2,12)} = .266, p = .771$) (Figure 6B).

강도범위는 성별과 측정 횟수에 따른 교호작용은 유의한 차이

를 보이지 않았고($F_{(2,12)} = 1.231, p = .326$), 성별에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으나($F_{(1,6)} = .8297, p = .051$), 측정방법에 따라 유의한 차이를 보였다($F_{(2,12)} = 29.71, p = .000$). 대응별 비교 결과, 활창 5회 vs. 축약된 VRP ($p = .002$), 활창 5회 vs. 반음($p = .000$)으로 유의한 차이를 보였으나, 반음 vs. 축약된 VRP ($p = .167$)에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(Figure 6C).

논의 및 결론

본 연구는 모음의 종류, 측정 횟수, 기존의 VRP 측정방법에 따른 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위의 차이를 비교 분석하여 기존의 VRP 측정방법에 따른 발성의 최대 수행력에 차이가 있는지 살펴보았다. 아울러, 시간 절약과 편의성을 도모하고 검사의 정확성을 높이기 위해 축약된 VRP 검사법을 개발하였으며, 타당도를 살펴보았다.

성별과 모음의 종류에 따른 VRP 차이

성별과 모음의 종류에 따른 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위의 차이를 살펴본 결과, 주파수 관련 변인인 최고, 최저주파수, 주파수범위는 성별에 따라 차이를 보인 반면, 강도 변인에서는 최대강도만 성별에 차이를 보였고, 최소강도 및 강도범위는 성별 간 차이를 보이지 않았다. 남성은 /ㅏ/ 모음에서 최저주파수가 가장 낮은 반면, 여성은 /ㅓ/ 모음에서 최저주파수가 가장 낮았으나, 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 최고주파수는 남녀 모두 모음 /ㅓ/에서 통계적으로 유의하게 가장 높았다.

한편, 최저주파수, 최소강도는 모음의 종류에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 최고주파수, 주파수범위, 최대강도, 강도범위는 모음의 종류에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 최고주파수, 주파수범위, 최대강도, 강도범위 측정에서는 모음 /ㅏ/, /ㅣ/, /ㅓ/ 중 개모음인 모음 /ㅓ/를 사용하였을 때 VRP가 가장 넓었으나, 주파수 관련 변인인 최고주파수와 주파수범위에서는 모음 /ㅓ/와 /ㅣ/ 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 모음 /ㅓ/와 /ㅓ/ 간에만 유의한 차이를 보였다. 이는 주파수 관련 최대 발생 수행력은 모음 /ㅓ/ 뿐만 아니라 모음 /ㅣ/를 사용하여도 주파수 관련 변인에 영향을 미치지 않음을 시사하였다. 반면에, 최대강도와 강도범위는 모음 /ㅓ/가 모음 /ㅣ/나 모음 /ㅓ/보다 모두 통계적으로 유의하게 높았으므로 이는 모음 /ㅓ/가 강도 관련 최대 발생 수행력을 측정하기에 가장 적합한 모음임을 시사하였다. 서로 다른 모음을 발음할 때의 성도의 모습은 /ㅣ/나 /ㅓ/ 모음 발성 시 혀가 전상방으로 올라가고 /ㅓ/ 발성 시 후하방으로 내려오는데 인두 후방의 폐쇄 혹은 개방은 발생된 음성의 음향적 특성에 중요한 역할을 하게 되며 발성을 위한 후두 위치에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. Seo와 Shin (2018)의 연구에서는 한국어 8개 단모음의 F0를 측정한 결과, /ㅏ, ㅓ, ㅗ, ㅛ, ㅜ, ㅠ, ㅡ/ 순으로 F0가 높게 나타났으며, 성대의 초당 평균 진동 횟수를 나타내는 F0는 저모음 /ㅓ/에서 가장 낮고 고모음의 /ㅓ, /ㅓ/에서 높기 때문에 개구도와 상관을 보인다고 하였다. 단, /ㅣ/의 경우는 이러한 경향성에서 예외를 보였는데, /ㅣ/는 비록 가장 낮은 F0를 보인 /ㅓ/나 그 다음으로 낮은 F0를 보인 /ㅓ/ 다음으로 낮은 F0를 보였다. 이처럼 고모음이 저모음보다 높은 기본주파수로 산출되는 경향을 모음의 내재적 음높이(intrinsic pitch)라고 하며, 여러 선행연구에서 보고된 바 있다(Sapir, 1989). 본 연구에서 활창 시 /ㅓ/나 /ㅣ/ 모음이 /ㅓ/ 모음에 비해 최고주파수가 더 유의하게 높게 나타난 이유는 본 연구에 참여한 대상자는 발성훈련을 받은 경험이 없는 일반인으로서 우리나라 한국어 단모음 /ㅓ/나 /ㅣ/가 /ㅓ/에 비해 낮은 F0를 가지므로 활창 시 더 높이 올라갈 수 있는 가능성이 있을 수 있으며, 이는 더 넓은 기본주

파수 범위를 가지는 것과 일맥상통할 수 있겠다. 또한, 최대강도와 강도 범위는 /ㅓ/ 모음에서 가장 유의하게 크게 나타났는데 이는 개구도와 관련이 있으며, /ㅓ/ 모음이 /ㅣ/나 /ㅓ/ 모음에 비해 구강의 개방이 가장 크므로 이는 구강에서의 음향학적 에너지가 가장 크게 전달된 것으로 볼 수 있다. 많은 선행연구에서도 VRP 측정을 위해 모음 /ㅓ/를 주로 사용하였는데 본 연구 결과는 모음 중 /ㅓ/가 음역에 관련된 최대 발생 수행력을 이끌어 내기에 적절한 모음임을 시사하였으며, 이러한 선행연구에서 모음의 선택에 대한 증거를 지지한 것으로 의미가 있을 수 있겠다(Bae et al., 2014; Chung, 2000; Chung et al., 2001; Heylen et al., 2000; Kim et al., 2007; Kim et al., 2009; Kim, Choi et al., 2014; Kwon et al., 2010; LeBorgne & Weinrich, 2002; Lim et al., 2016; Ma et al., 2007; Moon & Han, 2007; Sulter et al., 1995).

성별과 측정 횟수에 따른 VRP 차이

본 연구에서 성별과 측정 횟수에 따른 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위의 차이를 살펴본 결과, 최저 및 최고주파수, 최소강도는 성별 간 유의한 차이를 보였으나, 주파수범위, 최대강도, 강도범위는 성별 간 유의한 차이를 보이지 않았다.

반면, 활창으로 반복 시 측정 반복 횟수에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .001$). 특히, 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위는 1, 3, 5회 중 모두 5회 반복 실시하였을 때 남녀 모두 가장 좋은 수행력을 나타내었다($p < .001$). 이러한 결과는 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위가 측정 횟수에 따라 차이를 보인다는 것을 의미하며 5회에서 VRP가 가장 넓게 나타났다. 이와 같은 현상은 반복 횟수가 많아질수록 학습의 효과나 위밍업의 효과로 수행력이 더 좋아진 것으로 사료된다. 선행연구에서는 Lim 등(2016)의 연구에서 연속성 발성장에 환자를 대상으로 Lax Vox 음성치료 효과를 보기 위해 최대 발생 음도 범위를 측정하였고 /ㅓ/ 모음으로 활창을 3회 실시하여 가장 낮은 음도와 높은 음도의 범위를 측정하였으며, 이때, 최대음도범위에서 연결되지 않은 음도의 틈이 반음 3개를 초과할 시 음도 일탈로 간주하여 제외시켰다. 본 연구에서도 음도 일탈이 나타나는 경우, 이와 동일한 방법으로 실시하여 측정치를 비교하였다.

본 연구의 결과를 통해 VRP를 1회 실시하는 것은 최대 수행력(maximum performance)을 측정하기에 부족한 것으로 판단되며, 보다 정확한 최대 수행력을 측정하기 위해서는 반복 측정하는 것이 효과적임을 시사하였다. 따라서, 20-30대의 일반성인을 대상으로 한 본 연구에서는 활창의 경우 5회 반복 측정하는 것이 최대 수행력을 측정하기에 바람직할 것으로 보인다. 하지만, 실제 음성장에

환자의 경우 반복 시행을 통해 최대 수행력을 이끌어낼 수는 있지만 반복 측정으로 인하여 음성 질환이 악화되는 부작용을 초래할 가능성을 완전히 배제할 수 없으므로 사용에 있어 신중을 기해야 하며, 추후에는 음성장애 환자를 대상으로 본 연구의 결과를 뒷받침할 수 있는 후속연구가 필요하다.

측정방법에 따른 VRP 차이

측정방법에 따른 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대 강도, 강도범위의 차이를 살펴본 결과, 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 활창보다는 반응으로 실시하였을 때 더 좋은 수행력을 나타내었다. 이러한 결과는 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위에서 측정방법에 따라 차이를 보인다는 것을 의미하며 반응으로 측정하였을 때 VRP가 가장 넓게 나타났다. 또한 반응으로 실시한 VRP 측정치를 성별로 나누어 살펴보았을 때, 남성의 평균주파수는 최저 89 Hz (SD=7.3)부터 최고 773 Hz (SD=180), 평균강도는 최소 67 dB (SD=3.55)부터 최대 111.95 dB (SD=5.61)로 나타났다. 이러한 결과는 Chung (2000)의 훈련받지 않은 정상 성인(평균주파수 99.05-289.72 Hz; 평균강도 80.35-97.46 dB)과 훈련받은 정상 성인(평균주파수 94.19-523.30 Hz; 평균강도 72.70-105.78 dB)의 음역을 비교했을 때 본 연구의 VRP 측정치가 전체적으로 더 넓게 나타났으며, Sulter 등(1995)의 훈련받지 않은 정상 성인(평균주파수 86.1-785.4 Hz; 평균강도 52-96.4 dB SPL)의 측정치와는 비슷한 결과를 보였다. 또한, 여성의 평균주파수는 최저 152 (SD=14.5)-최고 1,118 Hz (SD=206), 평균강도는 최소 64 (SD=4.13)-최대 111.6 dB (SD=6.06)로 나타났는데, 이 결과는 Chung (2000)의 훈련받지 않은 정상 성인(평균주파수 164.72-605.02 Hz; 평균강도 67.57-90.99 dB)과 비교 시 본 연구의 VRP가 전체적으로 더 넓게 나타났다. 반면, 훈련받은 성인(평균주파수 147.84-1,177.43 Hz; 평균강도 68.76-101.21 dB)과 비교 시 강도범위는 비슷하게 나타났으나 주파수범위는 더 좁게 나타났다. 한편, Sulter 등(1995)의 국외연구에서는 훈련받지 않은 정상 성인(평균주파수 157.3-1,223.7 Hz; 평균강도 53.9-102.7 dB SPL)로 나타났으며, 본 연구의 결과와 비교했을 때 VRP가 전체적으로 더 넓게 나타났다. 이를 종합해 보았을 때, 활창보다 반응이 대상자의 음성 수행력을 더 잘 반영하는 방법이라 할 수 있겠다. 본 연구에서 활창보다 반응이 더 좋은 수행력을 보인 이유는 활창은 연속되는 음도 변화 중 윤상갑상근의 길이 조절 수행이 지속적으로 더 많이 부가되었지만, 반면에 지정된 음도를 고정하여 수행할 때에는 윤상갑상근 상태를 일정하게 유지하면 되기 때문에 근육의 역할이 좀 더 단순해질 것으로 사료된다. 또한, VRP 측정 시 활창은 대상자의 자발적

인 발생에 의해 최대 및 최소 음역이 결정되지만, 이에 반해 반응으로 측정 시 대상자에게 특정 주파수에 대한 청각적 피드백을 제공해 주기 때문에 대상자가 훨씬 더 높은 주파수나 낮은 주파수까지 도달하는 데 도움을 준 것으로 보인다. 하지만, 반응은 검사자가 건반음과 모델링을 제시하였음에도 대상자는 해당 음에 맞춰 발성하는데 어려움을 보였으며, 만족스러운 VRP를 얻기 위해 많은 시간이 소요된다. 본 연구에서도 20-40분 소요되어 검사가 진행될수록 대상자들이 힘들어 하는 모습을 보였는데 이는 바쁜 임상에서 사용하기에 어려운 점이 있다. 반면, 활창으로 실시하였을 때 검사 시간은 5-10분으로 반응보다 짧게 소요된다는 장점이 있으나, 반응에 비해 좁은 VRP를 보였기 때문에 정확한 음성능력을 측정하기 어려운 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 본 연구에서는 새로운 VRP 검사 축약법을 개발하여 타당도를 검증하였다. 축약된 VRP 검사법은 청각검사 중 가장 기본이 되는 검사인 순음청력 검사와 같이 가청 영역에서 주파수별로 가청 역치를 측정하는 방법을 착안하여 개발되었다. 순음청력검사에서는 인간의 가청 영역 중 중주파수인 1,000 Hz에서 시작하여 옥타브 간격 주파수인 2,000, 4,000, 8,000 Hz의 순서로 고주파수 역치를 측정한 후 500, 250 Hz의 저주파수 소리를 들려주면서 청인지 능력을 측정한다 (Kim, Kim et al., 2014).

마찬가지로 새로 개발된 축약된 VRP 검사법도 제한된 시간 내에 대상자가 산출할 수 있는 음역을 좀 더 정확히 측정하기 위하여 선행연구를 참고하여 성인 여성은 평균 기본주파수인 220 Hz (semitone = 37; note = A3)를, 성인 남성은 110 Hz (semitone = 25; note = A2)를 검사 시작의 기준음으로(Boone et al., 2014; Ferrand, 2014; Kim, 2008; Kim, 2009, 2011; Pyo et al., 2002)하였고 중음역대는 1옥타브 차이를 두어 7-9개의 기준음 주파수를 선정하고 최저 및 최고음역대는 좀 더 세밀한 측정을 위해 3-4개 반응으로 차이를 두어 소리를 산출하도록 지시하였다. VRP 검사에는 pitch target mode가 있어 이 모드로 설정하여 건반을 누르면 그 건반에 해당하는 input만 들어가고 다른 음도의 input은 무시되기 때문에 음량 범위를 정확히 확인하는 데 유용하나 본 연구에서는 Choi (2012)의 target matching법처럼 정확한 기본주파수나 강도를 산출하는 것을 목표로 하는 것이 아니고 들려주는 목표음이 아닌 실제 대상자가 산출하는 소리가 입력되었다. 본 연구에서 새로 개발된 축약된 VRP 검사법, 반응, 활창에 따른 측정방법에 따라 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위의 차이를 살펴본 결과, 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위는 측정방법에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 반응과 새로 개발된 축약된 VRP 검사가 활창보다 높은 수행력을 나타내

었다. 최저주파수는 축약된 VRP 검사법=반음<활창 5회 순으로 축약된 VRP 검사법과 반음으로 실시하였을 때 가장 낮게 나타났으며 이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$). 최고주파수는 활창 5회<반음<축약된 VRP 검사법 순으로 축약된 VRP 검사법으로 실시하였을 때 가장 높게 나타났으며 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 주파수범위는 활창 5회<반음<축약된 VRP 검사법 순으로 축약된 VRP 검사법으로 실시하였을 때 가장 넓게 나타났으며 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 최소 강도는 반음<축약된 VRP 검사법<활창 5회 순으로 반음으로 실시하였을 때 가장 작게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였으나($p<.01$), 반음과 축약된 VRP 검사법 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$). 최대강도는 활창 5회<축약된 VRP 검사법=반음 순으로 축약된 VRP 검사법과 반음으로 실시하였을 때 가장 크게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<.01$). 강도범위는 활창 5회<축약된 VRP 검사법<반음 순으로 반음으로 실시하였을 때 가장 넓게 나타났고 통계적으로 유의한 차이를 보였으나($p<.001$), 축약된 VRP 검사법과 반음 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$). 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최대강도는 축약된 VRP 검사법이 가장 넓거나 반음과 유사하게 나타났다. 반면 최소강도, 강도범위는 반음이 더 넓게 나타났으나 축약된 VRP 검사법과 대응별 비교 시, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$). 이러한 결과를 종합해 볼 때, 반음으로 측정하는 것 대신 축약된 VRP 검사법으로 대체해도 결괏값에 차이가 없음을 시사하였다. 또한 축약된 VRP 검사법의 검사시간은 5-10분으로 반음보다 짧게 소요될 뿐 아니라 대상자들이 수월하게 검사를 수행하였다. 따라서, 새로 개발된 측정방법은 임상에서 VRP 평가 시 유용할 것으로 보인다.

본 연구는 모음의 종류, 측정방법, 측정 횟수에 따른 VRP 측정치를 비교함으로써 임상에서 좀 더 신뢰롭고 정확하게 사용할 수 있는 VRP 평가방법의 근거를 제시하였으며, 이는 근거기반 음성평가 및 증재에 사용할 수 있는 데 의의가 있다. 더 나아가 임상 적용의 효율성을 고려하여 새로운 VRP 검사법을 개발하였으며, 이에 타당도를 검증하였다는 것에 큰 의의가 있다. 하지만 본 연구의 제한점으로는 20-30대 청년층으로 국한되어 있으므로 후속연구에서는 좀 더 다양한 연령층을 대상으로 VRP의 측정치를 비교해 볼 필요가 있겠다. 또한, 새로 개발된 축약된 VRP 검사법도 적은 수를 대상으로 타당도를 검증하였기에 후속연구에서는 다양한 더 많은 수의 대상자를 대상으로 검증할 필요가 있으며, 더 나아가 임상에서의 적용을 위해 음성훈련을 받은 전문적 음성사용자 및 음성장애 환자를 대상으로 연구가 확대되어야 할 것이다.

REFERENCES

- Bae, I. H., Park, H. J., Kwon, S. B., Lee, I. W., & Goh, E. K. (2014). The change of vocal performance according to cochlear implantation: for 1 year. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 23(1), 253-272.
- Böhme, G., & Stuchlik, G. (1995). Voice profiles and standard voice profile of untrained children. *Journal of Voice*, 9(3), 304-307.
- Boone, D. R., McFarlane, S. C., Von Berg, S. L., & Zraick, R. I. (2014). *The voice and voice therapy*. Seoul: Sigmappress.
- Choi, S. H. (2012). An experimental study of comfortable pitch and loudness with target matching: effects on electroglottographic and acoustic measures. *Phonetics and Speech Sciences*, 4(4), 139-146.
- Choi, S. H. (2013). Speech-language pathologists' voice assessment and voice therapy practices: a survey for standard clinical guideline and evidence-based practice. *Communication Sciences & Disorders*, 18(4), 473-485.
- Chung, S. M. (2000). Voice range profiles of trained classical singers. *The Journal of the Korean Society of Phoniatics and Logopedics*, 11(1), 69-75.
- Chung, S. M., Kim, M. J., Yoon, S. O., Shin, H. J., Park, S. K., Shin, Y. R., & Kwon, Y. K. (2001). Voice analysis of countertenors. *The Journal of the Korean Society of Phoniatics and Logopedics*, 12(1), 39-45.
- Ferrand, C. T. (2014). *Voice disorders: scope of theory and practice*. Seoul: pak-haksa.
- Gramming, P. (1991). Vocal loudness and frequency capabilities of the voice. *Journal of Voice*, 5(2), 144-157.
- Heylen, L., Wuyts, F. L., Mertens, F., De Bodt, M., & Van de Heyning, P. H. (2002). Normative voice range profiles of male and female professional voice users. *Journal of Voice*, 16(1), 1-7.
- Hong, H. J. (2014). *A comparison of voice range and voice characteristics between the elderly and young adults* (Master's thesis). Ewha Womans University, Seoul, Korea.
- Kim, E., Choi, H. S., Lim, S. E., & Choi, Y. (2014). Characteristics of respiration and phonation depending on smoking or non smoking by practical musicology students and general male students. *Phonetics and Speech Sciences*, 6(3), 49-56.
- Kim, G., Kim, J., Kim, H., Bang, J., Lee, K., Lee, J., ... & Han, W. (2014). *Introduction to audiology*. Seoul: Hakjisa.
- Kim, J. O. (2009). Acoustic characteristics of the voices of Korean normal adults by gender on MDVP. *Phonetics and Speech Sciences*, 1(4), 147-157.
- Kim, J. O. (2011). Fundamental Frequency, Closed Quotient, Jitter, and Shimmer of Vowels on Electroglottography. *Korean Journal of Communi-*

- cation Disorders*, 16(4), 449-459.
- Kim, K. A., Kwon, S. B., Kim, S. W., Lee, H. S., Hong, J. C., Kim, Y. R., ... & Lee, K. D. (2007). Voice analysis before and after swallowing a raw egg in professional voice users. *Speech Sciences*, 14(2), 43-53.
- Kim, S. H. (2008). *Fundamental frequencies of Korean according to age and gender* (Master's thesis). Hallym University, Chooncheon, Korea.
- Kim, S. T., Jeong, G. E., Kim, S. Y., Choi, S. H., Lim, G. C., Han, J. H., & Nam, S. Y. (2009). The effect of voice therapy in vocal polyp patients. *Phonetics and Speech Sciences*, 1(2), 43-49.
- Kwon, S. B., Lee, C. A., Kim, K. A., & Lee, K. D. (2010). Voice analysis of classical singers in professional voice users. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 49(1), 215-234.
- Lamesch, S., Doval, B., & Castellengo, M. (2008). Phonetograms of laryngeal source parameters for different vowels and laryngeal mechanisms. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5), 3243.
- LeBorgne, W. D., & Weinrich, B. D. (2002). Phonetogram changes for trained singers over a nine-month period of vocal training. *Journal of Voice*, 16(1), 37-43.
- Lee, J. I., Jeong, G. E., Kim, S. T., Kim, S. Y., Nam, S. Y., Kim, S. Y., ... & Choi, S. H. (2012). Differentiation of vocal cyst and polyp by high-pitched phonation characteristics. *Journal of the Korean Society of Laryngology, Phoniatrics and Logopedics*, 23(1), 48-51.
- Lim, H. J., Choi, S. H., Kim, J. K., & Choi, C. H. (2016). Effects of Lax Vox voice therapy in a patient with spasmodic dysphonia: a case report. *Phonetics and Speech Sciences*, 8(2), 57-63.
- Ma, E., Robertson, J., Radford, C., Vagne, S., El-Halabi, R., & Yiu, E. (2007). Reliability of speaking and maximum voice range measures in screening for dysphonia. *Journal of Voice*, 21(4), 397-406.
- Mituuti, C. T., Santos, C. C., Teles, L. C. D. S., & Berretin-Felix, G. (2013). Characteristics of phonetography on subjects with dentofacial balance in post vocal change. *Revista CEFAC*, 15(5), 1300-1307.
- Moon, K. A., & Han, J. Y. (2007). The features of Voice Range Profile of School-Age child. *In Proceedings of the KSPS Conference*, 52-54.
- Pabon, P., Stallinga, R., Södersten, M., & Ternström, S. (2014). Effects on vocal range and voice quality of singing voice training: the classically trained female voice. *Journal of Voice*, 28(1), 36-51.
- Pyo, H. Y., Sim, H. S., Song, Y. K., Yoon, Y. S., Lee, E. K., Lim, S. E., ... & Choi, H. S. (2002). The acoustic study on the voices of Korean normal adults. *Speech Sciences*, 9(2), 179-192.
- Sapir, S. (1989). The intrinsic pitch of vowels: Theoretical, physiological, and clinical considerations. *Journal of Voice*, 3(1), 44-51.
- Seo, Y. J. & Shin, J. (2018). Acoustic characteristics of the sustained vowel phonation according to age groups. *Phonetics and Speech Sciences*, 10(4), 67-76.
- Sulter, A. M., Schutte, H. K., & Miller, D. G. (1995). Differences in phonetogram features between male and female subjects with and without vocal training. *Journal of Voice*, 9(4), 363-377.

Appendix 1. Newly developed Voice Range Profile (VRP) form

Male

Frequency (Hz)	61.7	82.4	110	220	440	659.3	880
Semitone	15	20	25	37	49	56	61
Note name	B1	B2	A2	A3	A4	E5	A5
Patient's outcome

• The arrow points 7 frequencies for male's Simplified VRP measures

Female

Frequency (Hz)	146.8	174.6	220	440	659.3	880	1,046.5	1,318.5	1,568
Semitone	30	33	37	49	56	61	64	68	71
Note name	D3	F3	A3	A4	E5	A5	C6	E6	G6
Patient's outcome									

국문초록

새로운 축약된 음성범위프로파일 검사법 개발과 타당도: VRP 프로토콜에 따른 최대 발성 수행력 비교

정원정^{1,3} · 최성희^{1,2} · 최철희^{1,2}¹대구가톨릭대학교 일반대학원 언어청각치료학과, ²대구가톨릭대학교 언어청각치료학과 가톨릭 청각음성언어센터 및 생체모방감각제어연구소,³가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 이비인후과

배경 및 목적: 음성범위프로파일(Voice Range Profile, VRP)은 발성기능을 평가하는 객관적 음성평가방법 중 하나로 임상에서 자주 사용된다. 본 연구의 목적은 기존의 VRP 측정법에 따른 최대 발성 수행력의 측정치를 비교하고 새로운 축약된 VRP 측정법을 개발하여 임상적 적용을 위한 타당도를 검증하고자 한다. **방법:** 청년층 총 40명(남 20, 여 20)을 대상으로 하여 CSL의 Voice Range Profile 프로그램을 사용하여 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최소 및 최대강도, 강도범위를 측정하였으며, 참여자의 20%를 무작위로 선정하여 새로 개발된 축약된 VRP 검사법을 평가하였다. **결과:** 모음의 종류에 따른 VRP 비교 시, 모음 /a/를 사용했을 때 가장 넓게 나타났으며, 측정 횟수에 따른 VRP 비교 시, 5회 실시하였을 때 가장 넓게 나타났다. 측정방법에 따른 VRP 비교 시, 반음으로 실시하였을 때 더 넓게 나타났다. 새로 개발된 VRP 검사 프로토콜은 최저 및 최고주파수, 주파수범위, 최대강도가 가장 넓거나 반음과 유사하게 나타났다. 반면 최소강도, 강도범위는 반음이 더 넓게 나타났으나 축약된 VRP 검사법과 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$). **논의 및 결론:** 새로 개발된 축약된 VRP 검사법은 신뢰로운 음성범위를 측정하는 데 실현가능하며 효과적이었다. 축약된 VRP 검사법은 훈련받은 전문적 음성사용자를 위해 수정 보완되어야 하며, 추후의 연구에서는 개발된 VRP 검사법을 사용하여 음성장애 환자에게 적용하는 연구로 확장되어야 할 것이다.

핵심어: 음성범위프로파일, 모음 종류, 측정방법, 타당도, 정상 음성

참고문헌

- 권순복, 이춘애, 김경아, 이강대(2010). 전문적인 음성사용자인성악가의 음성분석. *특수교육재활과학연구*, 49(1), 215-234.
- 김경아, 권순복, 김성원, 이형신, 홍종철, 김영록, 이봉주, 한영진, 유태현, 이강대(2007). 직업적 음성사용자에서 낯달걀 먹기 전과 후의 음성변화. *음성과학*, 14(2), 43-53.
- 김규상, 김진숙, 김형중, 방정화, 이정원, 이재희, 이정학, 이호기, 이효정, 임덕환, 장현숙, 조수진, 최철희, 한우재(2014). *청각학개론*. 서울: 학지사.
- 김선혜(2008). *연령별, 성별에 따른 한국인의 기본주파수 연구*. 한림대학교 대학원 석사학위논문.
- 김성태, 정고은, 김상윤, 최승호, 임길채, 한주희, 남순열(2009). 성대용종 환자의 음성치료 효과. *말소리와 음성과학*, 1(2), 43-49.
- 김은혜, 최홍식, 임성은, 최예린(2014). 실용음악전공학생과 일반남학생의 흡연 여부에 따른 호흡과 발성 특성 비교. *말소리와 음성과학*, 6(3), 49-56.
- 김재옥(2009). 성별에 따른 한국 정상 성인 음성의 음향학적 평가 기준치. *말소리와 음성과학*, 1(4), 147-157.
- 김재옥(2011). 전기성문파형검사로 측정한 모음별 기본주파수, 성대접촉률, jitter 및 shimmer. *언어청각장애연구*, 16(4), 449-459.
- 문경아, 한지연(2007). 학령기 아동의 음성범위프로파일(Voice Range Profile) 특징. *대한음성학회 학술대회논문집*, 52-54.
- 배인호, 박희준, 권순복, 이일우, 고의경(2014). 인공와우 이식에 따른 발성수행력 변화에 관한 연구. *언어치료연구*, 23(1), 253-272.
- 이종익, 정고은, 김성태, 김상연, 남순열, 김상윤, 노종렬, 최승호(2012). 성대낭종과 성대폴립 간의 고음발성 양상의 차이. *대한후두음성언어의학회지*, 23(1), 48-51.
- 임혜진, 최성희, 김정규, 최철희(2016). 연속성 발성장애 환자의 Lax Vox 음성치료 효과. *말소리와 음성과학*, 8(2), 57-63.
- 정성민(2000). 성악훈련을 받은 성악인에서의 Voice Range Profile. *대한음성언어의학회지*, 11(1), 69-75.
- 정성민, 김문정, 윤선옥, 신혜정, 박수경, 신유리, 권영경(2001). 카운터테너의 음성학적 분석. *대한음성언어의학회지*, 12(1), 39-45.
- 최성희(2013). 음성언어재활사의 음성평가와 음성치료의 임상실제: 표준 임상지침과 증거기반증재를 위한 설문조사. *Communication Sciences &*

Disorders, 18(4), 473-485.

표화영, 심현섭, 송윤경, 윤영선, 이은경, 임성은, 하현령, 최홍식(2002). 한국 성인의 정상 음성에 관한 기본 음성 측정치 연구. *음성과학*, 9(2), 179-192.

홍혜진(2014). *노인과 초기성인의 음성 및 음악 조건별 음역대 비교*. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.

Carole T. Ferrand (2014). *음성장애: 이론과 실제*(김성태, 표화영, 권순복 역). 서울: 박학사.

Daniel R. Boone, Stephen C. McFarlane, Shelley L. Von Berg, Richard I. Zraick (2014). *음성과 음성치료*(9판, 류재연, 황영진, 한지연, 이옥분 역). 서울: 시그마프레스.

ORCID

정원정(<https://orcid.org/0000-0002-1614-2869>); 최성희(<https://orcid.org/0000-0003-2365-6187>); 최철희(<https://orcid.org/0000-0003-1844-3072>)