

팻사지오에 대한 음향학적 연구

문 소 연, 강 신 규, 손 희 주, 이 행 세

아주대학교 전기전자공학부

(A Study on Acoustical Properties of Passagio)

So Youn Moon, Shin Kyu Kang, Hec Ju Son, Haing Sei Lee

Department of Electronics, A-jou University.

msy0307@netsgo.com

요 약

본 연구는, 현재 대학에서 성악을 전공하고 있는 2-3학년 재학생들과, 합창단 등에서 활동하고 있는 졸업생들이 성악적으로 '아름 다른 피치에서 발음할 때, 그 발성의 음향학적 특징들을 보여주고 있다.

연구결과, 졸업생들의 경우 성악발성 포르مان트의 형태는 피치가 높아지더라도 Speech시의 형태를 그대로 유지하고 있었다. 그러나 재학생들의 경우에는 피치가 높아지는 동안 성악발성 포르مان트상에 크고 작은 변화가 있었는데, 특히 여성파트에서 f1, f2, f3의 주파수가 C5, D5의 음역에서 갑자기 낮은 주파수로 떨어지는 현상을 보였다. 이는 성악가들이 말하는 '팻사지오' 음역을 나타내는 것으로 보이며 남성보다는 여성에게서 그 숙련도의 차이가 많은 것을 보였다[10].

또한, 피치가 높아질수록 포르مان트이외의 많은 배음열들이 재학생, 졸업생 양쪽 모두에게서 나타났는데 이는 고음부에서 울리는 특정한 발성기관의 영향으로 보인다.[3]

I. 서 론

목소리의 피치가 점점 높아지다 보면 어떤 음에서 목소리가 약간 긴장되는 것을 느낄 수 있다. 이 음이 '팻사지오'가 시작되는 것을 나타내며 이는 성역의 중간부분을 의미한다. 이 '팻사지오'라는 중간음역은 성악가들에게 매우 중요하게 인식되어 있으며 이 부분에서 발성을 매끄럽게 진행시키기 위해 오랜 기간 많은 훈련을 받아야 한다.

본 연구에서는 이 '팻사지오'라는 음역의 음향학적 분

석을 위해 성악을 전공하는 2-3학년 재학생들과 졸업생들을 대상으로 여러 피치에 대한 성악 발성의 포르مان트 분석 실험을 실시하였다. 이 실험을 통하여 어떠한 파라미터들이 '팻사지오'에서 성악 발성의 포르مان트에 영향을 주는지 알아보고자 한다.

II. 공명기관과 팻사지오

2.1 성명기관

성대를 통한 호기는 공명기관인 인두, 구강, 비강 등에 의하여 공명되어 공명기관의 형태에 따라 특정 주파수가 강조되는데 이를 포르مان트라 한다. 이는 모음의 발성시에 더욱 분명히 나타난다. 공명기관에는 저마다의 특성이 있는데 주요 공명기관의 특성을 살펴보면, 비강은 소리에 율택성 및 추진력을 주는 좋은 소리만을 만들고 고음역에서 많이 작용한다. 구강은 소리에 둥그런 느낌을 주고 지음의 울림에서 중요한 역할을 하며 인두는 음에 불림과 따듯한 느낌을 주는데 이는 구강과 함께 중요한 공명장의 하나이다. [5][6]

그 외에 성악가들은 두강, 흉강, 부비강 등을 공명기관에 포함시키기도 하지만, 의학자와 음향학자들은 그것을 부정하는 입장이다.[1][2]

2.2 팻사지오 (Passagio)

Passagio는 '통로'라는 의미의 이탈리아어로 성역의 중간 부분을 나타내며, 발성시에 명백한 변화가 일어나는 4개의 음을 말한다.

소프라노 성역에서는 D5(587Hz)를 전후로 팻사지오가 시작되고, 메조소프라노는 B5(494Hz), 테너에서는 D4(294Hz), 베이스에서는 B4(247Hz)를 전후로 하여 팻

사지가 시작된다.[10]

III. 실험 방법

3.1 실험방법

'아' 발음은, 다른 모음의 기본이 되는 모음으로 화성 위 측정이나 발성 지속시간 측정 등의 각종 음성기능 검사에 사용되기도 한다.

이러한 이유로, 피실험자들에게 speech '아'를 발음하게 하여 이를 분석하였다. 그 다음, 가장 편하게 발성할 수 있는 음역 1옥타브를 선택하게 한 뒤, 그 음역 내에서 피치가 다른 4개의 음을 piano, forte로 한민씩 노래하게 하여, 그 음들을 분석하였다.

참고로, 가장 편하게 낼 수 있는 음의 높이는 자신이 낼 수 있는 제일 낮은음으로부터 4-5도 위의 음이라고 한다.[4]

3.2 장비

성악 발성을 녹음하기 위하여 SURE BETA5.0 마이크로와 Sony MZS-R4ST MiniDisk Player를 사용하였다. SURE BETA5.0 Microphone은 Vocal용 콘덴서 마이크로 주파수 70Hz - 16,000Hz에서 높은 감도로 동작한다. 본 실험에서는 마이크로와 피실험자 사이의 거리를 1m로 유지시키며 녹음하였다.[23]

MiniDisk Player인 MSZ R4ST는 Digital 지장매체로 더욱 정확한 데이터 지장을 위해 사용하였다. 분석 장비로는 Intel Pentium166 CPU를 장착한 IBM PC와 Kay CSL4300B를 사용하였는데 분석시 CSL의 Sampling Rate는 10,000Hz, 분석 가능 주파수 대역은 5,000Hz로 지정하였다.[24] 그림1은 4개의 다른 피치에서 분석한 성악발성 '아'의 예이다.

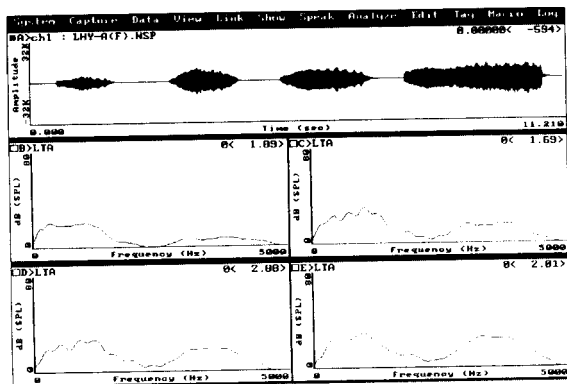


그림1. 성악발성 '아'의 분석 예

3.3 실험 대상

실험은 성악발성 훈련을 시작한 지 3-4년 정도 되는 성악전공 2-3학년 내학생 8명과, 성악을 시작한 지

가 7-8년 정도 되며 대학에서 성악 공부를 마치고 현재 합창단 등에서 활동하고 있는 졸업생 4명을 대상으로 실시하였다. 이들은 음악과 교수, 성가대 지휘자 및 주위에서 추천한 사람들 중, 지금까지 성악 훈련을 꾸준히 해온 사람들을 선택하여 실험조건에 대한 신뢰도를 높이고자 하였다.

IV. 실험 결과

3.1 Speech '아'와 성악 발성 '아'의 비교

내부분의 피실험자들은 성악발성 '아'를 부르기 위한 가장 낮은 피치로 자신의 speech주파수의 피치와 거의 같은 높이를 선택하였다. 이 피치에서 speech '아'와 성악발성 '아'의 특징을 비교할 수 있었다.

재학생과 졸업생 모두 speech '아'와 성악발성 '아'의 포르만트 형태가 거의 같았다. 이는 지음의 성악발성은 speech의 발성과 크게 다르지 않음을 보여준다. 성악가들은 '방송리도 노래하듯' 연습하기 때문에 결국 speech의 음색이 성악발성의 음색과 비슷해지는 데에 영향을 준 것으로 보인다. 또, 남녀간에는 항상 거의 1옥타브의 피치 차이를 보였다. 표1은 졸업생들의 speech와 성악발성 중 지음을 비교한 것이다.

표1. 성악발성과 speech의 포르만트 (졸업생)

이름(파트) 발성	F0	F1	F2	F3
LH(S) speech	238	681	1,233	3,278
성악(E4)	330	624	1,078	3,007
LH(A) speech	244	931	1,089	3,076
성악(A#4)	233	957	1,170	3,085
YIM(T) speech	113	714	1,095	2,428
성악(C4)	139	709	1,078	2,436
SEK(B) speech	117	603	1,200	2,734
성악(B4)	112	563	1,088	2,379

3.2 성악발성 '아'의 피치에 따른 포르만트 특징

먼저 졸업생들의 성악발성 '아'를 분석해 본 결과 나타난 가장 큰 특징은, 피치가 올라감에 따라 F1, F2, F3의 위치가 약간씩 무준히 높아지거나, 거의 변화가 없다는 것이다. 결국, 빛사지오의 위치를 파악하기가 힘들었다. 그림 2는 졸업생들의 피치에 대한 성악발성 포르만트 분석이다. 여성의 경우 파트의 경우 피치에 따라 포르만트가 약간씩 높아지는 현상을 보였는데, 이는 저음에서 고음으로 갈 때 모음성이 변하기 때문이다. 따라서, 성악가들은 모음의 명암이 급격히 변하는 것을 막기 위해 후두를 변화시키면서 모음의 성질을 올바르게 유지하기 위한 훈련을 하게 된다. 이 때에 '목소리'를 약간 닫힌 위치에 둔다라고도 하는데 이 것이 바로 빛사지오를 지나가는 기술인 것이다.[10]

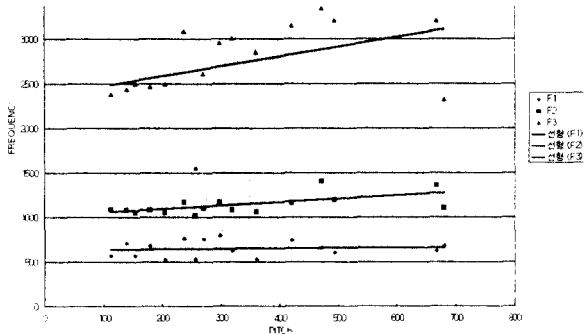


그림2. 성악발성의 포르만트 분포(졸업생)

재학생의 경우, 남자파트의 포르만트에는 크게 변동이 없었고 단지 피치가 높아질수록 포르만트가 약간씩 상하로 흔들리는 경향이 있었으나 여성 파트의 경우에는 큰 변화가 있었는데 C5(523Hz)나 D5(587Hz)에서 f1, f2가 모두 크게 낮아지는 현상을 보였다. 이 곳이 바로 샷사지오가 시작되는 곳이다. 그림3은 재학생들의 피치에 대한 포르만트 분포이다.

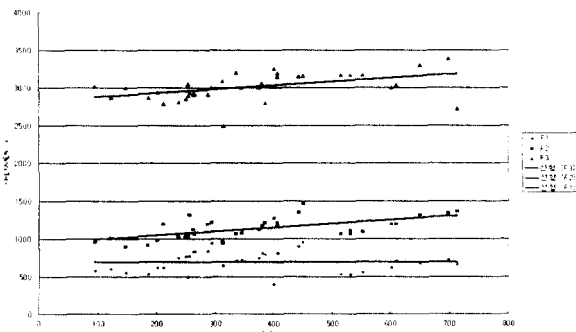


그림3. 성악발성의 포르만트 분포(재학생)

지금까지, 졸업생과 재학생의 경우 모두 남성파트보다는 여성파트의 포르만트에서 샷사지오의 영향이 나타나는 경향을 보였는데 이는 2가지 방법으로 해석할 수 있을 것이다.

첫째, 피치를 중심으로 해석하자면, 여성의 피치가 남성보다 1옥타브 정도 높기 때문에 음이 높아지는 높은 피치의 주파수가 f1의 주파수와 더 쉽게 가까워진다. 그런 경우 주파수의 배율을 중 공명기관이 공명시킬 후보 배율을 갖지 못하고 피치의 주파수를 공명시키려고 하는 것이다. 실험에서도 여성의 경우 피치의 주파수가 높아지면 f1에 가까이 가다가 C5나 D5의 음에서는 f1의 주파수와 같아지는 경향을 보였다.

둘째, 모음상을 중심으로 해석할 수도 있는데, 성악 발성 연습시에 여성은 저음에서 '우', 고음에서는 '아'의 모음을 중심으로 연습하고 남성의 경우는 반대로 저음에서 '아', 고음에서는 '우'의 모음을 주로 연습하게 된

다. '아'는 열린 발성을 위하여, '우'는 닫혀진 발성을 위하여 훈련하게 되는 것이다.[10] 결국, 남녀 모두 피치의 변화에 대하여 '아'와 '우' 사이에서 모음성을 전환시켜야 하는 것이다. 따라서 '아'와 '우'의 포르만트 차이가 여성이 더 심하리라는 추측을 할 수 있다.

박종철(1984)은 Sound Spectrograph를 이용하여 임의로 선정된 남성 74명과 여성 19명을 대상으로 한국인 남녀의 포르만트를 측정하였다.

표 2. 한국인 남녀의 포르만트 측정치

	포르만트	아	우	포르만트 차이
남성	f1	760	320	440
	f2	1,200	700	500
	f3	2,570	2,430	140
여성	f1	1,050	420	630
	f2	1,570	780	790
	f3	3,060	2,810	250

표2에서 보면, 여성의 '아'와 '우' 사이의 포르만트 차이가 남성보다 현저히 큰 것을 알 수 있다. 따라서, 한국인 여성의 경우 '아'와 '우' 사이의 신속한 이동이 남성보다 더 어렵다고 할 수 있을 것이다.

졸업생과 재학생 모두에게 공통적으로 나타나는 현상도 있었다. 성악발성 '아'의 피치가 높아질수록 기존 포르만트 이외의 배음역이 나타나는 현상을 보였는데, 이는 비강의 영향으로 보인다. 비강치밀 분지관이 있는 경우의 음향 특성은 포르만트만으로는 정해지지 않는다. 또한, 음량에 대한 포르만트의 변화에도 공통적인 현상이 나타났는데 그 것은 음량이 커질때(f) 포르만트의 분포가 더욱 확실해 나타난 것이다. 음량을 작게(p)하여 발성한 성악발성 포르만트에는 f2나 f3가 잘 나타나지 않는 부분이 많았다.[3]

V. 결론

1. 남성 목소리의 피치는 여성보다 1옥타브 정도 낮다.
2. 피치가 낮은 성악발성에서 '아'의 포르만트는 speech '아'의 포르만트 형태와 거의 동일하다.
3. 졸업생들은 샷사지오 영역에서 별다른 변화를 보이지 않았고 여성의 경우에 전반적으로 피치가 높아짐에 따라 f1, f2, f3의 주파수가 약간씩 높아지는 현상을 보였다. 이는 여성의 경우에 더 현저하게 나타나는, 샷사지오에서의 모음성 변화를 효과적으로 안정시키려는 훈련에서 비롯된 것으로 보인다.
4. 재학생 중 여자파트의 경우 샷사지오 부분에서 f1, f2의 주파수가 현저히 낮아지는 현상을 보였는데 이는 2가지 측면에서 설명할 수 있다. 첫째는 피치

의 주파수가 f1의 주파수가 가까워지 공명기관이 피치의 주파수를 증명시키기 때문이라고 설명하는 것이고 둘째는 여성이 '아'와 '우' 사이에서 모음성을 전환시키기가 남성보다 포르만트 특성상 어렵다고 설명하는 것이다.

5. 졸업생과 재학생 모두 피치가 높아질수록 포르만트 이외의 배음들이 나타났는데 이는 고음에 영향을 주는 비강의 분기관에 의한 영향으로 보이며 이 기관들을 잘 사용할수록 배음이 더욱 많이 나타난다.
6. 졸업생과 재학생 모두 음량이 커질수록 포르만트의 에너지가 더욱 커지는 것을 알 수 있었다.

본 연구 결과, '팻사시오'는 음색과 모음성이 변화하는 영역으로 무리 없이 지나가기 위하여 훈련이 필요하고 특히 여성인 경우 피치와 포르만트 특성상 더욱 많은 노력이 필요하다. 앞으로도 여성의 발성 방법에 대한 연구와 개발이 계속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 문영일, "기초 음성학과 발성 기법", 정우, 1987.
2. 문영일, "발성과 공명", 청우, 1984.
3. 문영일, "음성과 언어", 정우, 1991
4. 문영일, "아름다운 목소리", 청우, 1984.
5. 이택희, "발성법", 길그릇, 1993.
6. 이택희, "공명법", 길그릇, 1993.
7. S. Levarie, E. Levy, 전지호 역 "음이린 무엇인가", 삼호, 1977.
8. Ulri Michaels, 홍경수, 조신우 역, "음악은이 2", 세광, 1991.
9. Lisa Boma, 오현명 역, "발성의 과학과 기법", 음악예술사, 1973.
10. Richard C. Knoll, 김영임 역, "성악 기법 원리", 청서.
11. John Borwick, "Microphones", Focal, 1990.
12. Springer-Verlag, "The Physics and Psychophysics of Music", Springer-Verlag New York, 1995.
13. David Butler, "The Musician's Guide to Perception and Cognition", A Division of Macmillan, 1992.
14. Thomas D. Rossing, "The Science of Sound", Addison-Wesley, 1990.
15. John Larg, "Contributions of Voice Research to Singing", College-Hill, 1990.
16. 최일상, "성도 모델링을 이용한 발성 훈련기법에 관한 연구", 연세대학교 대학원 석사학위 논문, 1990.

17. 양순임, "조음위치와 음향적 특성과의 관계에 대한 연구", 부산대학교 대학원 석사학위 논문, 1992.
18. 김옥자, "발성기관에 기초한 성악과 관소리 발성에 관한 고찰", 경희대학교 대학원 석사학위 논문, 1987.
19. 김상기, "한국인이 발성한 영어 모음에 관한 음향학적 연구", 부산대학교 교육대학원 석사학위 논문, 1996.
20. 이준혜, "성악발성에 있어서의 모음의 이동", 성신여자대학교 대학원 석사학위 논문, 1991.
21. 박종철, "Sound Spectrograph에 의한 우리말 단모음 분석에 관한 연구", 연세대학교 산업대학원 석사학위 논문, 1984.
22. 성순남, "음향 분석기를 이용한 음악적 발성 기법 연구", 한양대학교 교육대학원 석사학위 논문, 1994.
23. Sure Brothers Inc, "Sure Beta5.0 Manual", 1995.
24. Kay Elemetrics Corp, "CSL Instruction Manual", 1995.