

발성훈련 전후의 혈중 산소포화도(SaO₂)와 폐포 내 이산화탄소분압(P_ACO₂)의 비교연구

A Comparison of SaO₂ & P_ACO₂ Changes of
Pre & Post Vocal Training in Classical Singers

남도현*
Do Hyun Nam

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the influence of vocal training on internal respiration in order to develop an efficient method of singing phonation. Five males trained singers (age:25.0±1.4years, career:6.8±1.1 years) and five female trained singers (age:22.0±1.0years, career:5.8±1.2 years) participated in this study. SaO₂(Oxi Hemoglobin saturation) was measured by Oxy-Pulse meter while P_ACO₂ (Pressure Alveolar CO₂) was measured by Quick et CO₂ before and after 2-minute, 4-minute and 6-minute vocal training. Result showed that SaO₂ was within a normal range after vocal training but P_ACO₂ came out lower than the normal range (36-40mmHg) after vocal training which led to Hypocapnia. This caused the singers to experience some headache and dizziness.

Keywords: singers, vocal training, SaO₂, P_ACO

1. 서론

전통적인 성악발성에서는 복식호흡을 기본 호흡으로 하여 저음에서 고음까지 균질한 음색을 만들고, 넓은 성역(vocal range)을 유지하려 노력하며, 또한 극장 끝까지 성악가가 자신의 목소리를 전달할 수 있어야하며, 음악적 표현을 위한 발성 테크닉의 터득하고, 장시간 발성 시 성대에 무리를 최소화하기 위한 효율적인 발성방법을 터득하여야한다. 위와 같은 좋은 조건의 목소리는 오랜 시간 반복적으로 올바른 발성방법으로 훈련하여 가능하다. 일상생활에서 호흡의 역할은 크게 중요하게 인식되질 않으나 성악발성에서는 호흡의 역할에 대하여 중요하게 인식되고 있다. 호흡은 목소리를 만드는 에너지원으로서의 역할을 수행하면서 동시에 모든 장기에 산소를 공급하고 이산화탄소를 배출하는 가스교환도 동시에 수행하는 역할도 동시에 수행하여야 하기 때문에 더더욱 중요하다. 발성 시 호흡작용과 발성작용을 살펴보면 호흡중추기관의 명령에 의하여 횡격막(diaphragm)이 수축하여 아래로 하강하고 보조근인 외늑간근(external intercostals muscle)과 내늑간근(internal intercostals

* 연세대학교 의과대학 이비인후과 교실 음성언어의학연구소

muscle) 일부가 작용하면 폐에 음압이 생기면서 구강과 기도를 통과하여 폐까지 들어가는 데, 이렇게 폐에 도달한 공기는 폐의 작용에 따라 산소를 혈액 속으로 보내고, 혈액으로 들어간 산소는 동맥을 타고 산소가 필요한 곳이면 어디든지 가게 되고, 조직에서는 산소를 공급하고, 이산화탄소를 받아 정맥을 타고 다시 폐에 도달하게 된다. 이렇게 몸에서 생성된 이산화탄소는 숨을 내쉴 때 기도를 타고 나와 대기로 뿜어내는 것이다. 이렇게 폐, 조직에서 산소, 이산화탄소를 교환하는 것을 내 호흡(internal respiration)이라 하고, 호흡기관이 외계로부터 산소를 받아들이고, 체내로부터 이산화탄소를 방출하는 작용을 외호흡(external respiration)이라 부르기도 한다. 폐로 들어온 공기는 폐의 탄성회복작용(elastic recoiling)에 의하여 다시 밖으로 방출되는데 성대의 내전 작용(vocal folds adduction)과 베르누이효과(Bernoulli effect)에 의하여 성대는 진동하여 성대원음을 만든다. 이때 상복부에 압력을 가하면 호흡압력은 증대되고 이는 성문하부에 작용하여 성대의 진동 폭을 증가시켜 목소리의 강도를 증가시킨다. 호흡조절은 우리가 임의로 조절할 수 있는 수동 조절과 위급한 상황에서 수행되는 자동 조절의 두 가지가 있다. 수동 조절을 하는 호흡중추는 뇌간(brainstem)에 위치하고 있는데, 대뇌 피질(생각), 시각, 청각, 후각, 미각, 폐, 그리고 전신에서 전해 오는 자극에 빨리 반응하도록 되어 있다. 하지만 숨을 멈추고 있으면 숨이 막히는 현상이 나타나 뇌 중추에서 숨을 쉬라고 명령을 내리는 데 이것은 자동조절이라고 한다. 즉 혈중 내 이산화탄소 분압이 올라가던지, 산소분압이 떨어지게 되면 자동으로 반응하는 것이다. 발성 훈련 시 성대를 진동시키기 위한 에너지원으로서의 호흡작용과 생명유지를 위한 호흡작용을 동시에 수행하여야 하므로 발성 훈련 시 호흡작용은 내 호흡작용에 어떠한 영향을 미치는지 알아보아야 할 것이다. 실험 군이 정상적인 폐 기능을 가지고 있는지 알아보기 위하여 폐 기능 검사(pulmonary function test)을 실시하고 훈련된 성악가들 알 수 있는 검사인 호흡근력 검사(Respiratory muscle pressure test)를 실시하여 정상적인 훈련된 성악가인지를 확인하였다. 또한 성악가들이 연주 시 연주하는 곡의 길이가 평균 2 분에서 6 분 정도이므로 발성훈련 시간을 2 분, 4 분, 6 분씩 발성훈련을 실시하여 발성훈련 전 후의 혈액 내 헤모글로빈과 산소의 결합하는 비율을 나타내는 혈중 산소포화도(SaO_2 : Oxi-Hemoglobin Saturation)와 폐포 내 이산화 탄소분압(P_{ACO_2} : Pressure Alveole Carbon dioxide) 측정하여 서로 비교 하려한다.

2. 연구방법

2.1 설문조사

성악가들이 발성훈련 후 신체적으로 어떠한 변화를 느끼는가에 대하여 알아보고 느낀다면 어떠한 변화를 느끼는가에 대하여 알아보기 위하여 남자성악가 15 명과 여자성악가 15 명을 대상으로 다음과 같은 진화로 설문조사를 하였다.

- 1) 발성훈련 후 어떠한 신체적인 변화를 느낀 적이 있는가?
- 2) 신체적인 변화가 있었다면 어떤 느낌이 들었는가?

2.2 연구대상

후두스트로보스코피검사에서 성대에 이상이 없고 폐 기능 검사에서 호흡기능에 이상이 없으며, 호흡근력 검사에서 정상적으로 나타난 평균연령이 25.0±1.4 년이고 평균성악경력은 6.8±1.1 년인 남자 5 명과, 평균연령이 22.0±1.0 년이고 평균성악경력이 5.8±1.2 년인 여자 5 명을 실험 군으로 선정하였다.

2.3 폐 기능 검사

폐 기능 검사는 영동세브란스 호흡기 센터에서 Autobox를 이용하여 폐 기능 검사를 실시하여 노력성 폐활량 (FVC: forced vital capacity), 1초간노력성호기량(FEV1:forced expiratory volume 1second), 최대유량(Peak flow) 등을 측정하여 폐 기능에 이상이 있는 사람들은 실험 군에서 제외하였다(<그림 1>).

2.4 호흡근력검사

호흡근력검사는 Italy Cosmed사의 Spirovis를 이용하여 똑바로 선 자세에서 폐 잔류량에 가깝게 최대한 숨을 천천히 내쉬게 한 후 Spirovis에 연결된 mouthpiece를 통해 최대한 강하게 흡입을 시켜 최대흡기압(MIP: maximum inspiratory pressure)측정을 한 후, 최대한 강하게 숨을 내쉬게 하여 최대호기압(MEP: maximum expiratory pressure) 이를 측정하였다. 검사는 3 회 측정하여 평균을 구하였다(<그림 2>).

2.5 발성훈련 전 후의 혈액 내 산소포화도 측정

동맥 혈 내 산소포화도의 측정은 맥박산소계측기(Pulse Oximeter)인 Pulsox-M24를 통하여 발성훈련 전 안정을 취한 다음 검지에 측정기기를 끼고서 측정하였으며. 발성 훈련 2 분후, 4 분 후, 6 분 후 각각 발성 전과 같은 방법으로 측정하였다(<그림 3>).

2.6 발성훈련 전후의 폐포 내 이산화탄소 분압의 측정

혈액 내 이산화탄소분압의 측정은 이론적으로 폐포 내 이산화탄소분압과 일치하므로 Quick etCo2를 통하여 발성 전 최대한 깊은 호흡을 한 후 최대한 호흡을 내설 때의 폐포 내 이산화탄소분압을 측정한 후, 발성 훈련 2 분 후, 4 분 후, 6 분 후 같은 방법으로 반복하여 측정하였다(<그림 4>).

2.7 발성훈련방법

발성훈련은 ‘아’ 모음을 사용하여 그림5와 같은 스케일을 Soprano는 C4 음에서 C6까지, Mezzo soprano는 A3에서 A5까지 Tenor는 C3에서 B^b4까지 Baritone은 A2에서 F[#]4까지 반복적으로 2 분간 발성 전후, 4 분간 발성 전후, 6 분간 발성 전후의 혈중산소포화도와 폐포 내 이산화탄소 분압을 각각 측정하였다(<그림 5>).



그림 1. Auto Box

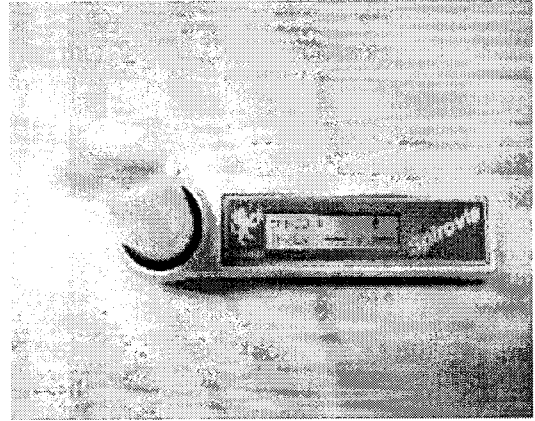


그림 2. Spirovis



그림 3. Pulse Oxi-meter

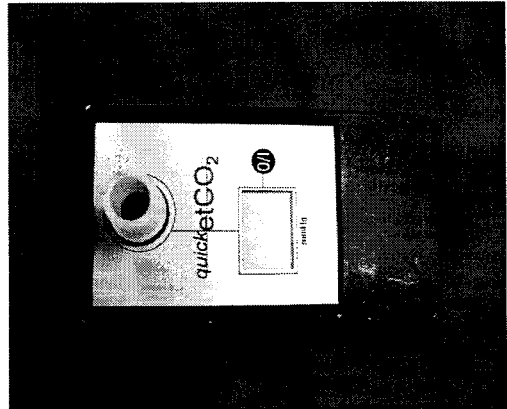


그림 4. Quick etCo2



아 - - - - - 아 -

그림 5. 발성훈련방법

3. 결 과

3.1 설문조사

1) 발성훈련 후 어떠한 신체적인 변화를 느낀 적이 있는가?

있다 : 남자 14 명, 여자 14 명, 잘 모르겠다: 남자: 1 명, 여자 1 명

2) 신체적인 변화가 있었다면 어떤 느낌이 들었는가? (변화를 느낀 사람들은 아래와 같은 여러 가지 현상을 공통적으로 다 느꼈다고 대답을 하였다.)

- (1) 발성훈련 후 어지러움을 경험한 적이 있다.
- (2) 순간적으로 아찔한 경험을 한적 있다.
- (3) 고음발성 시 얼굴이 벌개진다.
- (4) 고음발성 후 두통을 경험한 적이 있다.
- (5) 발성훈련 후 힘이 빠진다.
- (6) 가슴이 답답한 적이 있다.
- (7) 머리가 멍해진다.

3.2 실험군의 신체적인 조건은 다음과 같다(<표 1>).

남자 실험군의 평균 신장은 175.3±5.0 cm이었고, 평균 몸무게는 79.9±13.8 Kg, 여성평균 신장은 164.9±4.9 cm이었고, 평균 몸무게는 58.4±5.2 Kg이었다.

표 1. 실험군의 신체적조건

신장	cm	175.3±5.0	164.9±4.9
몸무게	Kg	79.9±13.8	58.4±5.2

3.3 폐 기능 검사 결과(<표 2>)

폐 기능 검사는 폐질환이 있는 경우에 대비하여 신체 건강한 조건의 실험 군을 선정하기위하여 실시하며 정상적인 폐 기능을 가지고 있지 않은 사람들은 실험 군에서 제외하였다. 남성 실험군의 노력성 폐활량은 평균 5.0±0.7 Liter였으며, 1 초간 노력성호기량은 4.1±0.5 Liter, 여성실험군의 평균 노력성 폐활량은 3.4±0.3 Liter였으며, 1 초간 노력성 호기량은 3.4±0.3 Liter로 조사 되었다.

표 2. 실험군의 폐기능측정표

폐기능 검사 항목	남성	여성
노력성 폐활량 (Liters)	5.0±0.7	3.4±0.3
(% predicted)	88.8±9.6	89.2±3.0
1초간 노력성 호기량 (Liters)	4.1±0.5	3.1±0.3
(% predicted)	91.2±7.5	91.8±6.4
최대유량 (Liter/sec)	9.5±1.5	7.3±0.9

3.4 호흡근력검사 결과(<표 3>)

호기에 주로 관여하고 횡격막 근육의 압력을 대변하는 최대흡기압은 남성 실험군의 경우 평균 99.2 ± 23.7 cmH₂O, 여성실험군은 평균 86.6 ± 15.4 cmH₂O로 비교적 높게 측정되었으며, 호기에 주로 관여하고 상복부 근육의 압력을 대변하는 최대호기압은 남성실험군 평균 81.8 ± 30.6 cmH₂O, 여성실험군 평균 74.8 ± 17.6 cmH₂O로 나타났다.

표 3. 실험군의 최대흡기압과 최대호기압

		남성	여성
최대흡기압	cmH ₂ O	99.2±23.7	86.6±15.4
최대호기압	cmH ₂ O	81.8±30.6	74.8±17.6

3.5 발성훈련 전 후의 혈액 내 산소포화도 측정(<표 4>)

혈액 내 산소포화도는 전체 헤모글로빈 중에서 산소와 실제로 결합한 헤모글로빈이 차지하는 비율 나타내는 것으로서 97 % 이상이 정상 범위로서 모든 실험군에서 발성 훈련 전 후 차이를 보이지 않았으며 남성 실험군에서 2 분간 발성훈련 전에 평균 96.6 ± 0.5 %로 약간 낮았으나 평균오차 범위 내에 있었다.

표 4. 발성 훈련 전 후의 혈중산소포화도의 비교. (비정상 < 97%)

	혈중산소포화도(%)					
	2 분간 발성훈련		4 분간 발성훈련		6 분간 발성훈련	
	전	후	전	후	전	후
여성	98±1.2	98±0.3	97.4±0.5	98.2±0.3	97.6±0.9	98.4 ±0.4
남성	96.6±0.5	97.4±0.8	97.2±0.8	97.6±0.7	97.4±0.5	97.7±0.4

3.6 발성훈련 전 후의 혈중 이산화탄소 분압(<그림 6-1>, <그림 6-2>)

혈중 내 이산화탄소 분압의 정상범위는 36-40 mmHg로서 발성 훈련 전 후 모두에서 정상범위 보다 낮게 측정되었다. 남성실험군의 경우 2 분간 발성 훈련 전에는 30.2 mmHg에서 발성훈련 후에는 25.8 mmHg로 낮아졌으며, 4 분간 발성 전에는 28.6 mmHg에서 발성훈련 후에는 22 mmHg로 낮아졌고, 6 분 간 발성 전에는 26 mmHg에서 발성훈련 후에는 22.2 mmHg로 낮아졌다. 여성실험군의 경우 2 분간 발성 훈련 전에는 35.8 mmHg에서 발성훈련 후에는 31.4 mmHg로, 4 분간 발성훈련 전에는 32.8 mmHg에서 발성훈련 후에는 28 mmHg로, 6 분간 발성 훈련 전에는 31.4 mmHg에서 23.6 mmHg로 낮아졌다.

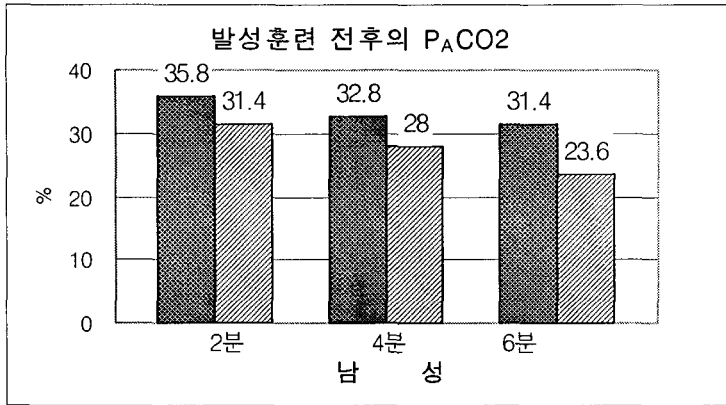


그림 6-1. 남성 실험군의 발성훈련 전 후의 혈중이산화탄소분압의 비교(정상값=36-40 mmHg)

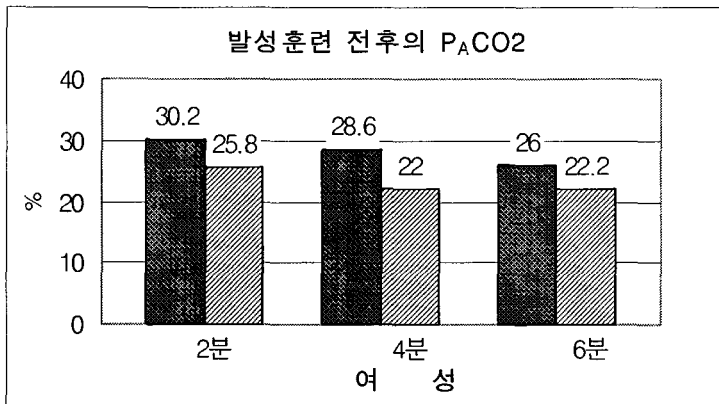


그림 6-2. 여성 실험군의 발성훈련 전 후의 혈중이산화탄소분압의 비교(정상값=36-40 mmHg)

4. 고 찰

성악가들을 대상으로 한 설문조사에서 발성훈련 후 어떠한 신체적인 변화를 느낀 적이 있는가? 라고 한 질문에서 대부분의 성악가들은 대체로 신체적으로 변화를 느끼는데 고음 발성을 하거나 많은 시간 발성 훈련을 하거나, 강도를 크게 증가시킬 때에 약간의 변화를 느끼는 것으로 조사 되었다. 이러한 변화의 공통적인 것은 어지러움이나 멍한 상태가 나타나는 것으로 거의 모든 성악가들이 느끼는 것으로 조사되었다. 이러한 현상은 발성 시 숨을 들여 마실 때 깊은 호흡을 반복적으로 하여야하며 고음부를 발성하기 위해서는 강한 호흡 압력과 많은 공기를 소모하여야하므로 호흡의 생리작용과 영향이 있을 것으로 예상 하여 연구를 진행하였다. 그러나 이에 대한 선행연구는 잘 알려져 있지 않으며 특히 발성 시 생리작용에 관하여 별로 알려져 있는 것이 없다. 일상생활에서의

호흡작용은 운동 등 특별한 상황이 아니고서는 강한 호흡 근력을 사용하거나 짧고 깊은 호흡을 사용하지는 않는다. 그러나 발성 시 호흡작용은 짧은 시간에 많은 공기를 흡입하여야 하므로 이때에 최대흡기압의 높을수록 유리하게 되며, 충분한 에너지를 확보하고 또한 음악적 표현이나 발성 효율을 높이는 데에도 유리하다. 이렇게 흡입된 공기는 성대와의 협응작용을 통하여 목소리를 생산하며 또한 인간의 생리작용도 동시에 수행하게 된다. Karvonen(1994) 등에 의하면 흡기에 주로 관여하고 횡격막 근육의 압력을 대변하는 최대흡기압, 호기에 주로 관여하고 상복부 근육의 압력을 대변하는 최대호기압은 호흡근육의 압력을 잘 나타낸다고 하였다. 또한 강성웅(1997) 등은 임상에서는 최대흡기압이 ventilatory capacity를 대변할 뿐만 아니라 호흡의 약화를 알 수 있는 지표이며, 실제로 최대흡기압은 여러 가지 호흡기 질환에 의해 약화될 수 있는 데, 즉 횡격막을 침범하는 신경근육계질환, 폐기종, 흉곽기형, 약물, 영양결핍 등에 의해 감소하는 것으로 보고하고 있다. 호흡근력은 일반인보다 훈련받은 성악가들에게서 높게 나타나며 음성질환자의 경우 낮게 나타나며, 이번 연구에서 남자실험군의 경우 남도현(2002) 등이 성악가를 대상으로 한 다른 연구에서 조사된 같은 몸무게를 가진 남자성악가의 최대흡기압(100 cmH₂O)과 최대호기압(96 cmH₂O)보다 낮은 압력을 보였으나 일반인 평균보다는 높게 측정되었으며 여성성악가의 경우 최대흡기압(74 cmH₂O)보다 높게 측정되었으며 최대호기압은 여자성악가의 평균(70 cmH₂O)보다 높게 측정되었다. 최대흡기압은 횡격막압력을 대변하고 최대호기압은 상복부의 압력을 대변하며 정상적인 훈련을 받은 성악가인가를 보여주는 중요한 지표 중에 하나로서 알려져 있다. 왜냐하면 발성 시 짧은 시간에 많은 공기를 흡입한 후 소리를 생산하기 위해서는 지속적인 호기상태를 유지하는 훈련을 반복적으로 시행하기 때문이다. 이러한 호흡 훈련은 폐에서 많은 산소를 흡입하게 되어 많은 양의 산소와 이산화탄소의 교환이 이루어지게 된다. 건강한 사람의 동맥혈은 1 L 중에 약 200 ml의 산소가 포함되어 있다. 이것은 순환 중에 모두 소비되는 것이 아니라 보통 상태라면 그 중에서 약 4 분의 1 만이 소비되어 이산화탄소로 바뀌고 나머지는 정맥혈 속에 남는다고 알려져 있다.

Fujiarara(2001) 등에 의하면 혈액 내의 산소 양을 나타내는 혈중 산소포화도는 동맥혈 내 헤모글로빈과 산소와의 가역적으로 결합하여 말초조직으로 산소를 운반하는 기능을 수행하는 것으로서, 혈중 산소포화도가 감소하면 결과적으로 조직으로 운반되는 산소의 양도 감소하게 된다. 그러면 인체의 각 부분의 대사에 필요한 산소 및 에너지가 충분히 공급되지 않아 허혈이나(Ischemia)이나 장기 장애를 일으키기도 한다고 보고하고 있다. 혈중산소포화도를 측정하는 방법으로는 혈액가스를 분석하는 방법과 맥박산소계측기를 사용하는 방법이 있는데, 이번 연구에서 맥박산소계측기를 사용하였다. Tremper(1989) 등은 맥박산소계측기는 동맥혈액의 산소분압이나 농도를 측정하는 기구는 아니고 광원(light source)과 감지기(sensor) 사이에 있는 박동성 동맥혈관의 팽창과 수축에 따라서 감지되는 광량이 불포화혈색소와 포화혈색소간의 감각비(sensitive fraction)에 의해서 좌우되는 성질을 이용하여 비 침습적 방법으로 계속해서 동맥혈액의 산소포화도를 측정할 수 있도록 고안된 장치로서 연구결과 맥박산소계측기에 나타나는 산소포화도는 실제로 측정된 동맥혈액의 산소포화도와 거의 일치하는 것으로 알려져 있다. 그러나 심한저체온, 빈혈, 혈액순환장애가 있는 경우, 주위에 강렬한 빛이 있거나, 환자가 움직일 때에는 신뢰도가 떨어진다고 알려져 있다. 이번 연구에서 발성훈련 전 혈중산소포화도가 남성 실험 군에서 평균이 약간 낮았으나 정상범위 오차 범위 안에 있었으며 실험 군 모두에서 발성 전 후 큰 차이를 보이지 않았으며 모두 정상적인 범위에 있었다. 이

산화탄소는 조직에서 산화대사과정의 최종산물로서 대부분 탄산의 형태로 혈장에 녹아 있거나 헤모글로빈과 결합되어있고 일부만 혈장 내에 유리형태로 녹아있다. 혈장에 녹아 있는 유리 형태의 이산화탄소 가스는 순환을 통해 폐의 말초 혈액 내로 운반되고 폐포 내에서 확산되어 체외로 배출되게 된다. Soubani(2001)는 이산화탄소 가스의 폐포 내에서의 분압은 폐포 말초 혈액 내 이산화탄소 분압과 일치하고 또한 이 폐포 말초 혈액 내 이산화탄소 분압은 Fick relationship에 의해 동맥혈 이산화탄소의 분압과 일치하게 된다. 따라서 호기 말에 측정되는 이산화탄소 분압은 동맥혈 이산화탄소의 분압과 일치하게 된다. 그러나 실제로는 생리학적인 사강이 존재하기 때문에 호기말 이산화탄소 분압은 동맥혈 이산화탄소 분압에 비해 대략 2-5 mmHg 낮게 측정 된다고 하였다.

Marx(2006) 등과 Garcia(2003) 등은 이산화탄소는 물리, 화학적으로 안정된 기체로 정상인은 분당 200 ml 정도 배출하는데 과 호흡으로 인하여 이산화탄소가 과도하게 토출되면 저이산화탄소 증(Hypocapnia)에 걸리게 된다고 하였다. 정상적 환기 및 순환상태를 가진 사람에서 호기 말 이산화탄소 농도는 동맥혈 이산화탄소 농도를 잘 반영하며 그 차이는 대략 3-8 mmHg 정도로 반듯이 누운 자세에서는 좀 더 커지며 폐순환의 감소나 폐 단락이 증가할 때 그 차이가 커진다고 하였다. 또한 호기 말 이산화탄소 농도는 체내 이산화탄소의 생성과 폐환기, 폐순환에 의해 영향을 받는다. 동맥혈 이산화탄소를 반영하여 비 침습적 방법으로 폐의 환기 상태를 감시하거나 기도삽관의 위치를 확인하는데 주로 사용되고 있으며, 최근에 Soubani(2001)는 당뇨병 케톤산증 환자의 대사상태를 평가하기 위한 방법으로 연구되기도 한다고 하였으며, Lim(1988) 등은 동맥혈의 이산화탄소분압은 뇌혈류에 영향을 미치며, Song(1990) 등은 이산화탄소는 동맥의 평활근에 작용하여 뇌혈류에 영향을 미친다는 보고하고 있다. 또한 이산화탄소 변화에 따른 뇌 세포액의 Ph에 의한 영향이 원인이라고도 하였다. 그리고 Slutsky(1991) 등은 과 호흡이란 대사로 인한 이산화탄소의 생성속도보다 폐포 환기의 증가로 인한 배출속도가 빨라 이산화탄소분압이 정상범위인 37-43 mmHg보다 낮게 떨어지는 경우이며, 이산화탄소분압에 영향을 미치지 않고 단지 분당 호흡의 증가를 의미하는 과 호흡과는 호흡속도만 증가되어있는 빈 호흡과는 다르다고 하였다. 이번 연구에서 발성훈련 전 후에 폐포 내 이산화탄소 분압이 가장 두드러지게 차이를 보였다. 또한 2분 발성 후 어느 정도 휴식을 취한 후 4 분을 발성 하였는데도 불구하고 유의한 차이를 보였고, 역시 4분 발성 후에도 어느 정도 휴식을 취한 후에도 정상 값(36 mmHg 이상) 보다 낮았는데 이는 완전한 휴식 후에 발성 한 것이 아니라 실험 전에도 어느 정도 발성 훈련을 한 것이 원인이라 추정된다. 또한 주목 할만 한 것은 발성 훈련 후에는 정상치보다 아주 낮은 값을 나타내 저 이산화탄소증현상을 보였다. 발성 시 지속적이고 반복적인 깊은 호흡은 과 호흡상태를 만들어 혈액중 이산화탄소를 과잉 토출시켜 동맥 혈 내 이산화탄소부분압력을 저하시키면 Ph농도가 상승하여 호흡성 알카리증을 초래하여 그 결과 이온화 칼슘의 저하를 일으켜서 신경, 근육의 흥분성을 높이고 산소의 감소를 위해 뇌혈관을 수축시켜 혈류를 감소시키면 현기증, 국소빈혈, 어지럽거나 부정맥, 두통 등이 나타난다. Lewis(1986), Lee(2000), Prough(2001), Phillipson(2001) 이런 현상이 성악가들이 발성훈련전후나 고음발성 후 가장 후 어지러움이나 멍한 상태의 한 원인이라 생각된다.

5. 결 론

호흡기능과 발성 기능이 정상적인 성악가들을 대상으로 한 발성 훈련 전 후의 혈중산소포화도와 혈중이산화탄소 포화도의 변화에 대한 연구에서 발성훈련 시 심호흡을 반복적으로 사용하게 되고 고음에서는 더 많은 공기와 호흡압력을 사용하므로 일종의 과 호흡상태가 된다. 과 호흡을 하게 되면 혈중 이산화탄소분압이 낮아지는데 이것은 호흡성 알카리증을 초래하여 그 결과 이온화 칼슘의 저하를 일으켜서 신경, 근육의 흥분성을 높이고 산소의 감소를 위해 뇌혈관을 수축시켜 혈류를 감소시키면 현기증, 국소빈혈, 어지럽거나 부정맥, 두통 등을 일으킬 수 있는데, 이것은 성악가들이 발성 시 어지러움을 느끼거나, 정신이 멍하게 되는 원인 중에 하나라고 생각된다.

참 고 문 헌

- 강성웅, 백선경, 나영무, 문재호, 김태선. 1997. “뒤시엔느 근디스트로피에서 폐기능검사와 최대정적 압력의 임상적의의.” *대한재활의학회지* 21, 936-941.
- 남도현, 안철민, 최홍식. 2002. “성악가와 성악훈련을 받지 않은 일반인과 성대질환이 있는 환자에서 최대흡기압, 최대호기압, 최대발성지속시간에 관한 연구.” *대한음성언어의학회지* 13(2), 117-123.
- Fujiarara, T. & Maeda, M. 2001. “Effects of oxygen and refresh space for the elderly.” *Journal of Human Life Engineering* 2(3), 8-11.
- Lim, J., Shin, C. & Park, J. 1988. “Change of internal jugular venous oxygen content with difference in arterial CO₂ tension.” *Journal of the Korea Society of Anesthesiologists* 21(3), 493-496.
- Karvonen, J., Saarelainen, S. & Nieminen, M. 1994. “Measurement of respiratory muscle forces based on maximal inspiratory and expiratory pressures.” *Respiration* 61(1), 28-31.
- Lewis, R. A., Howell, J. B. 1986. “Definition of the hyperventilation syndrome. *Bull Eur Physiopathol Respir.* 22: 201-5.
- Lee, J. & Kim, Y. 2000. *Psychiatry*. Seoul: Ilchokak Publishing Co.
- Marx, J., Hockberger, R. & Walls, R. 2006. “Rosen’s emergencymedicine.” *Concepts and Clinical Practice 6th ed.* Philadelphia: MOSBY, 35-41.
- Garcia, E., Abramo, T., Okada, P., Guzman, D., Reisch, J. & Wiebe, R. 2003. “Capnometry for noninvasive continuous monitoring of metabolic status in pediatric diabetic ketoacidosis.” *Crit Care Med.* 31, 2539-43.
- Prough, D. & Mathru, M. 2001. “Acid-base, fluids, and electrolytes.” In Barash, P., Cullen, B. & Stoelting, R.(eds.) *Clinical Anesthesia*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins. 168.
- Phillipson, E. A. 2001. “Disorders of ventilation.” In Braunwald E, Hauser, S., Fauci, A., Longo, D., Jameson, J., Kasper, D.(eds.) *Arrison’s Principles of Internal Medicine*. McGraw-Hill, 1519-20.
- Soubani, A. 2001. “Noninvasive monitoring of oxygen and carbon dioxide.” *Am J Emerg Med* 19, 141-146.
- Song, S. & Kang, H. 1990. “The change of cerebrospinal acid-base balance during prolonged hyperventilation.” *Journal of the Korea Society of Anesthesiologists* 23(5), 698-703.

Slutsky, A. & Phillipson, E. 1994. "Textbook of respiratory medicine" In Murray, J. & Nadel, J. (eds.) *Hyperventilation Syndrome*. Saunders, 2325-2332.

Tremper, K. & Barker, S. 1989. "Pulse oximetry." *Anesthesiology* 70, 98-108.

접수일자: 2007. 7. 25

게재절정: 2007. 8. 30

▲ 남도현

서울특별시 도곡동 146-92 영동세브란스 병원 별관7층 이비인후과교수실(우: 146-92)

연세대학교 의과대학 이비인후과 교실 음성언어의학연구소

Tel: +82-02-2019-3461 Fax: +82-02-3463-4750

H/P: 011-218-3608

E-mail: dhnambar@yumc.yonsei.ac.kr