

조음 발성과 흉골설골근 근전위와의 관계

민 혜정, 봉 정표*, 최 홍식**, 윤 형로
연세대 의공학 연구소

* 연세대 원주의대 이비인후과

**연세의대 이비인후과, 음성언어의학연구소

The relationship of the articulation and the EMG of sternohyoid muscle

Hea-Jung Min, Jung-Pyo Bong*, Hong-Shik Choi**, Hyung-Ro Yoon

Medical Eng. Res. Inst., Yonsei Univ.

*Dept. of Otol., Wonju College of Medicine, Yonsei Univ.

**Dept. of Institute of Logopedics & phoniatrics, Yonsei Univ

ABSTRACT

In this paper, we studied about the EMG of sternohyoid muscle(SH) during articulation. we selected /ki/ as the word that use subaxial a little, and /pa/, /pan/ as the word that use subaxial very much. The subjects were 4 persons with normal larynx. We indicated them to unify the amplitude of SH EMG during /ki/, /pa/, /pan/ phonation, and measured the amplitude of SH EMG between a phoneme and a phoneme.³

At the results, we found that the subjects can not control to unify the amplitude of EMG during articulation.

서론

인간은 아침에 눈을 뜨면서 잠들기까지 언어생활을 하기 때문에 언어는 인간에 있어 필수 불가결한 것이며, 언어는 말을 통해 표현된다.

말소리 즉 음성이란 폐에서 나온 공기를 입이나 코를 통해 밖으로 나오는 동안 조음기관이 작용하여 만드는 음파이다. 폐를 떠난 공기가 처음 만나는 조음기관이 후두이며 후두는 연골로 된 조직으로서 그 속에 두 개의 얇은 막으로 된 성대를 갖고 있다. 성대의 두 얇은 막 사이의 간격이 성문이다¹⁾.

발성시, 우선 간격이 좁혀 저진 성문은 폐로부터 호기류가 들어오면 성대가 진동하여 성문이 주기적으로 열리고 닫히고를 반복함에 의해 음원 파형이 만들어진다. 이 음원 파형이 인두, 구강, 비공으로 구성된 성도로 보내져 혀, 입술, 구개법, 하악 등의 조음기관의 주파수 특성에 의해 스펙트럼 성분이 변화한 후, 구강 밖으로 방사되어 음성이 된다. 발성 메카니즘에 있어서, 후두근과의 관계는 양성대가 내전하여 정중으로 접촉하여, 성문을 닫는다. 성문은 앞의 2/3가 막상부, 후의 1/3이 연골부로

되어 있지만, 막상부를 닫는 것이 측근, 양측의 연골부를 닫는 것이 횡근이다. 내근도 수축하여, 막상부의 폐쇄를 강하게 하는 것과 함께 긴장을 가중시킨다. 즉 발성시의 성문 폐쇄는 단순히 양측 성대가 정중으로 접촉하고 있는 것만이 아니라 성대에는 장력이 존재하므로 성문 저항이라 하는 물리적 힘을 형성시킨다. 더욱이 성대에는 두께가 있으므로 접촉부는 상하로 폭이 꽤 있다. 이와 같이 해서 폐쇄한 성대에 아래에서 호기압이 가해진다. 호기압이 성문 저항보다 강하게 되면 성대는 좌우로 눌러 열려 성문은 확대하게 되며, 이에 의해 호기가 성문상강에 유출하면 성문에 걸리는 압력이 저하하여 성대의 장력 때문에 성문은 다시 닫히게 된다. 이들의 반복에 따라 성대는 진동하여, 호기류를 단속하는 것에 의해 후두 음원이 만들어진다. 성대의 이와 같은 운동은 거의 주기적으로서, 성대의 진동수는 음성의 기본 주파수(fundamental frequency)가 된다^{2,3)}. 후두 적출에 의해 성대를 잃어버린 사람은 이와 같은 절차에 의한 음원 파형의 생성이 불가능하기 때문에 통상의 발화 기능을 잃어버리게 된다.

후두근은 크게 나누어 외 후두근과 내 후두근으로 나눌 수 있으며, 위와 같이 발성에 직접 관련되는 근육들이 내 후두근이며, 후두적출시 전부 적출되어진다. 외 후두근은 후두를 설골, 하악 등과 연결시켜 지탱해 주는 것과 함께 연하, 발성시에 후두의 움직임에 관련이 있는 근육이다. 외 후두근 중에도 발성과 관련 있는 근육들은 대부분이 후두적출시 적출되어진다. 발성과 관련 있는 외 후두근중에 적출시 일부 남겨질 수 있는 근육으로 흉골설골근을 들 수 있다. 흉골설골근은 흉골과 설골 사이에 있는 근육으로 본래의 기능은 설골을 끌어 내리는 것이다. 또한 흉골설골근은 턱의 움직임에도 영향을 받으므로, 조음 발성시 영향을 받는다. 조음조작중 흉골설골근 근전위 진폭의 안정도는 근전도 신호를 제어원으로 사용하는 응용 분야에 있어서 그리고 조음 음성학적 측면에 있어서 의미 있

는 기초 데이터가 된다.

따라서 본 연구는 턱을 그다지 사용하지 않는 발화와 비교적 많이 사용하는 발화시에 있어 피험자가 근전위의 진폭을 얼마나 안정하게 하는 것이 가능한가를 검사하였다.

실험 방법

조사어로는 턱을 그다지 사용하지 않는 발화 /ki/, 비교적 크게 움직이는 발화로서 /pa/, /pan/을 선택했다. 각각의 단음절을 4회 연속적으로 반복해서 피험자에게 발화시켰다. 이때 발화의 내용에 관계없이 가능한 한 일정한 강도의 근수축을 행하도록 지시했다.

발화의 상태를 소나그램 (SIFT 알고리즘의 창: 40ms, FFT의 포인트수 : 256, 선형예측 계수 : 18)으로 확인 하면서 근전위의 처리 부분을 선정하였다. /ki/의 경우, /k/ 와 /i/의 사이의 구분 선은 /i/의 제1, 제2 폴만트가 명확하게 보이기 시작하는 부분으로 하였다. /pa/의 경우는 /p/ 와 /a/의 사이의 구분 선은 /a/의 제1, 제2 폴만트가 명확하게 보이기 시작하는 부분으로 하였다. /pan/의 경우는 /p/ 와 /a/의 구분 선은 /pa/의 경우와 똑같이 /a/의 제1, 제2 폴만트가 명확하게 보이기 시작하는 부분으로 선정하였다. /a/ 와 /n/의 사이의 구분 선은 /a/의 제1 폴만트 및 제2 폴만트가 전혀 보이지 않게 된 처음 부분으로 하였다. 각 조사어에서 어두의 파열음 부분은 처리하지 않았다.

각 실험에 임하기 전에 각 피험자의 근활동 강도의 평가를 위해 피험자별로 기준 전위를 아래와 같이 설정하였다.

i) 피험자의 하악을 상방향으로 부하를 주며, 동시에 피험자는 하악이 올라가지 않도록 입을 벌림에 의해 아래 방향으로 힘을 주도도록 하였을 때, 근활동의 시작으로부터 2초간의 근전위를 기록하였다. 이때의 2초간의 흉골설골근 근전위 trend를 이하 EMG_{stdrd} 라 한다.

ii) EMG_{stdrd} 에서 절대치의 평균 진폭을 구한다. 이를 이하 $|EMG_{stdrd}|_{avg}$ 라 한다. 근전위의 신호 처리에 있어서는 아래와 같은 순서로 행하였다

i) 근활동의 시작/정지의 판단 기준으로서 $|EMG_{stdrd}|_{avg}$ 의 0.2배를 문턱치로 했다.

ii) 근전위의 진폭의 정규화에 있어서, 근전위의 절대치의 평균 진폭을 구해서 $|EMG_{stdrd}|_{avg}$ 으로 나누었다. 이와 같이 정규화된 것을 이하 EMG_{nrmz} 라 한다.

각 피험자에 있어서 각 음소의 구간의 EMG_{nrmz} 을 검사하였다.

피험자로서 23세에서 26세가 되는 4명의 후두기능이 정상인 남성을 선택하였으며, 전 실험에 있어 계측은 20회 반복해서 행하였다.

결과

본 실험의 결과의 일례를 그림1에 제시한다. 위로부터 음성, 흉골설골근의 근전위의 절대치, 소나

그램 및 pitch 주파수를 나타내고 있으며, 처리부분은 선정 부위가 폴만트 및 pitch 주파수의 특징점과 일치하고 있는 것을 알 수 있다.

그림 2는 /ki/에 있어 반복하고 있는 모음 부분과 자음 부분을 나누어 해석한 것이다. 4예를 평균하면 /ki/의 발화를 4회 연속적으로 반복한 경우에는 자음 부분의 EMG_{nrmz} 는 0.617 이며, 모음 부분은 0.542 였다. 즉 모음 부분의 근전위보다 자음 부분의 근전위가 $|EMG_{stdrd}|_{avg}$ 의 약 0.075배 크게 얻어졌다. 각 피험자에서 EMG_{nrmz} 는 자음 부분이 모음 부분보다 유의에 큰 값이었다(유의 수준1%).

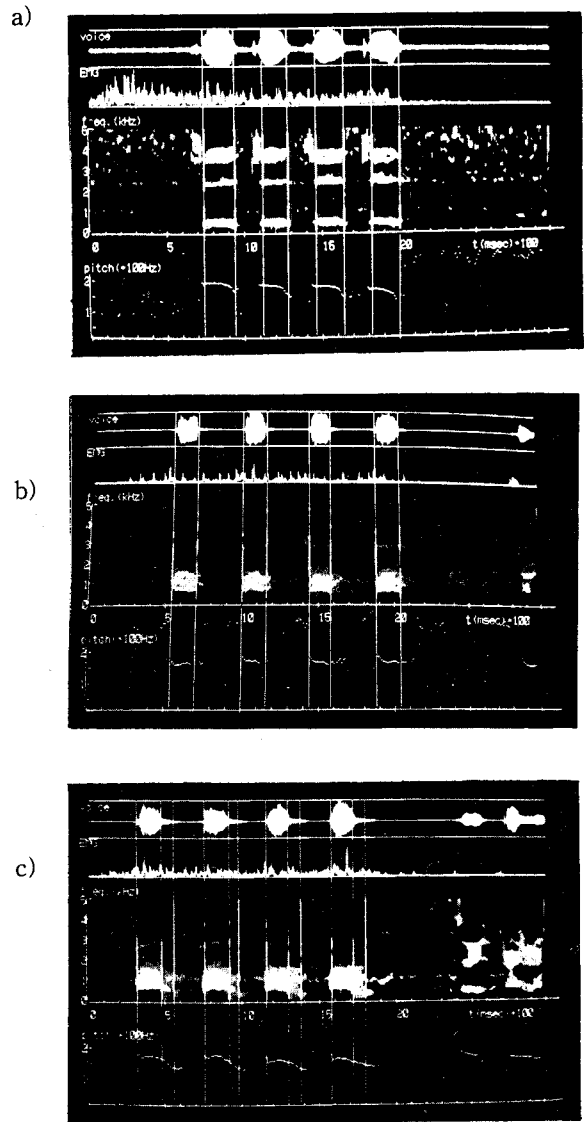


그림 1 일정한 근전위를 내도록 지시한 경우의 음성과 흉골설골근의 근전위 (a) /ki/ (b) /pa/ (c) /pan/

(위로부터 음성, |EMG|, 소나그램, pitch 주파수를 나타냄)

/pa/를 4회 연속 반복한 경우, 4인의 결과를 평균한 것으로 자음 부분의 EMG_{nrmlz} 는 0.573이며, 모음 부분은 0.493이다(그림3). 즉 모음 부분 근전위보다 자음 부분 근전위가 $|EMG_{stdrd}|_{avg}$ 의 약 0.08배 크게 얻어졌다. 각 피험자에서 EMG_{nrmlz} 는 자음 부분이 모음 부분보다 유의하게 컸다(유의 수준 1%).

그림 4는 /pan/을 반복하면서 근전위를 일정하게 내도록 지시한 결과로 /p/, /a/, /n/의 구간의 EMG_{nrmlz} 는 각각 1.028, 0.892 및 0.718이었다. 이 결과로부터 /p/와 /a/, /a/와/n/ 및 /n/과/p/의 차를 각각 $|EMG_{stdrd}|_{avg}$ 의 약 0.136, 0.174, 0.31배 이었다. 4례 중 3예에는 /p/의 구간에서 근전위가 /a/, /n/에 비교하여 유의하게 큰 차를 나타냈다. 남아 있는 YK에서는 /p/, /a/, /n/의 구간의 근전위에서 유의차가 나타나지 않았다(유의 수준1%).

고찰

조음 조작과 독립해서 흉골설골근의 근전위를 일정한 진폭을 유지하는 것이 어느 정도까지 가능한가를 검사하였다. 일반적으로 흉골설골근 근전위는 발성 전 약 244ms전부터 활동한다⁴⁾.

/ki/의 발성에서의 음소 구간의 근전위 차가 /pa/, /pan/에서의 각 음소 구간의 근전위 차보다 적었다. 이는, /ki/에서 모음 /i/는 일반적으로 입을 거의 벌리지 않으므로 턱을 거의 움직이지 않고 발음되며, /ki/는 혀의 중간 부분이 경구개와 접촉하게 된다¹⁾. 또한 /k/와 /i/ 음소 구간의 근전위 차는 $|EMG_{stdrd}|_{avg}$ 의 약 0.075배이다. 이는 /k/와 /i/의 조음 조작에 의한 근전위 진폭이 본인이 낼 수 있는 최대 근전위의 약 7.5%에 해당하는 크기로 유동함을 나타낸다.

일반적으로 /a/발성시에 입을 크게 벌림에 의해 턱이 움직여지고 그에 따라 흉골설골근도 비교적 크게 동작하게 된다. 따라서 /p/와 /a/ 음소 구간의 근전위 차가 /k/와 /i/에서의 근전위 차보다 크다.

음소 구간의 근전위 차가 제일 큰 것은 /pan/발성시, /n/과 /p/ 경우로서, $|EMG_{stdrd}|_{avg}$ 의 약 0.31배였다. 이는 /n/과 /p/의 조음 조작에 의한 근전위 진폭의 유동은 본인이 낼 수 있는 최대 근전위의 31%에 해당하는 크기임을 나타낸다. 치경 자음/n/은 혀끝을 위 앞니의 뒷부분과 밀착시키고 발음하며, 양순 파열음/p/는 연구개를 위로 올려 비강의 통로를 차단함과 동시에 구강을 폐쇄하였다가 갑자기 양순을 열어 구강을 열어 줌으로써 만들어 주는 소리이다¹⁾. 따라서 /n/발성시에는 설골을 끌어내리는 흉골설골근의 기능으로 볼 때 그다지 활동하지 않을 것이며, 양순을 갑자기 열어 주는 /p/의 경우에는 순간적으로 흉골설골근이 크게 활동하는 것에 의해 /n/과 /p/에 있어 근전위의 차가 큰 것으로 생각된다.

이상으로 부터 정상 후두의 사람이 조음 조작과 무관계하게 일정한 근전위를 내도록 하는 것은 곤란한 것을 알았다. 또한 본 실험에 있어 음소간의 근전위의 유동은 약 7.5%에서 부터 31%까지를

나타냈다.

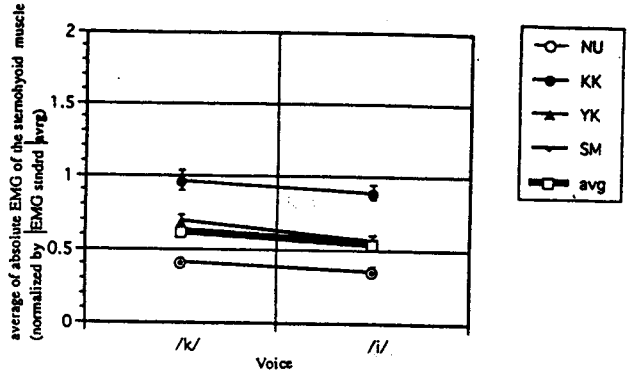


그림 2 /ki/를 4회 연속 발화중, 일정한 근전위를 내도록 지시한 경우

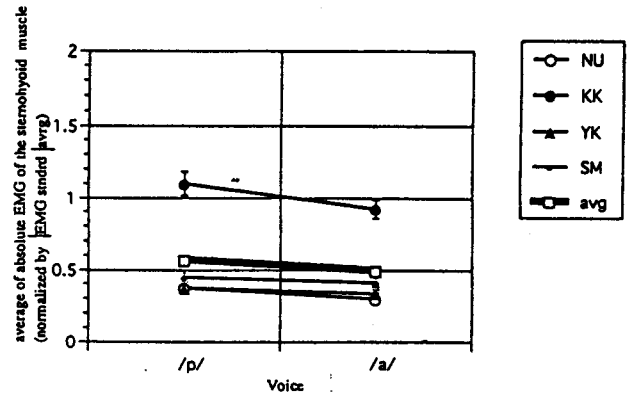


그림 3 /pa/를 4회 연속 발화중, 일정한 근전위를 내도록 지시한 경우

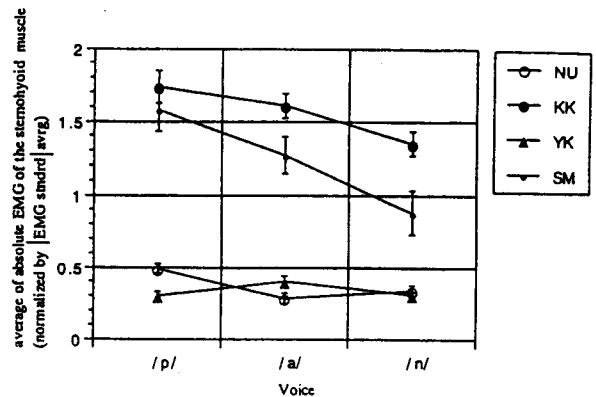


그림 4 /pan/를 4회 연속 발화중, 일정한 근전위를 내도록 지시한 경우

본 연구에서 흉골설골근 근전위 진폭으로 인공 후두의 pitch를 제어할 때, 그 인공 후두로 일정한 pitch로 계속 발성하는 것은 어렵다는 것을 알았다.

결론

- 1) 흉골설골근의 근전위를 조음 조작과 독립하여 일정한 진폭을 가지도록 동작시키는 것은 곤란하다.
- 2) 근전위의 유동은 비교적 턱의 움직임이 적은 조음 조작에 있어서 최대 근전위의 7.5%이며, 비교적 턱의 움직임이 큰 경우에는 최대 근전위의 31%에 해당했다.

참고문헌

1. 남기심, 이정민, 이홍배, “언어학 개론” 답출판사 pp. 193-205, 1994
2. G. J. Borden and K. S. Harris 著, 廣瀬肇 譯, “ことばの科學入門”, 日本製版, 東京, pp. 84-113, 1984
3. 北村武, “耳鼻咽喉科學”, 文光堂, 東京, 1985
4. 민혜정, 봉정표, 최홍식, 윤형로, “인공후두 제어원으로서의 흉골설골근 사용의 타당성 검증”, 의공학회지, vol.17, No.2, pp. 201-207, 1996