

근전위 제어형 인공후두에 관한 연구

○민 혜정, 봉 정표*, 최 홍식**, 윤 형로

연세대 의공학 연구소 * 연세대 원주의대 이비인후과 **연세대 영동세브란스 이비인후과

The study of an artificial larynx controlled by the EMG

Hea-Jung Min, Jung-Pyo Bong*, Hong-Shik Choi**, Hung-Ro Yoon
Medical Eng. Res. Inst., Yonsei Univ.

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

**Dept. of Otol., Yongdong Severance Hospital, Yonsei Univ.

서론

후두암 등에 의해 후두를 적출한 사람은 물론 후두는 없지만, 후두를 제외한 구개, 혀, 입술등 거의 대부분의 조음기관이 정상적인 상태로 남아 있으므로, 여기에 어떠한 형태로든 음을 넣어주게 되면 말하는 것이 가능하게 되며, 이를 대용발성이라 한다. 대용발성법중에 가장 손쉽게 발생할수 있는 방법으로 전기 인공후두를 사용하는 것을 들수있다. 전기 인공후두란 직접적으로 전경부에 진동체를 장착하여 인두 절막을 진동시켜 음원을 만들어 그 음원을 구강내에 전달하는 방식이다.

일반적으로 전기 인공후두로 발생하는 것은 전기 에너지 사용하므로 어느 다른 대용 발생법 보다 장시간 회화가 가능하다는 것과 음량이 좋다는 장점이 있다. 그러나, 현재 시판되고 있는 인공후두는 손으로 인공후두를 경부에 장착하고, 음의 intensity와 pitch를 변하게 하는 스위치를 손가락으로 조절해야만 하는데, 실제로 회화중에 잘 조절한다는 것은 거의 불가능하므로, 음질이 기계적이어서 회화가 단조로우며, 명료도도 나쁘고, 발성을 의도했을때 자유롭게 발생하는 것도 어렵다^{1,2,3,4}. 그러나 아직 이런 손가락으로 조절하는 방식이외에는 실용화 된것은 없다⁴. 무엇보다도 큰 문제는 항상 전기 인공후두를 지니고 있어야 하며, 회화중에는 한손은 항상 전기 인공후두를 사용해야 하므로 일상생활에 있어 크게 불편하다.

따라서 본 연구는 상기의 단점을 개선한 근전위 제어형 전기 인공후두를 개발하는 것을 목적으로 한다. 그를 위해, 본 논문에는 인공후두의 제어 신호원이 되는 근육으로 흉골에서 설골에 부착되어 있는 흉골설골근을 선택하여, 그 근육이 인간의 의지로 제어 가능한가를 확인한 후, 그 근육의 근전위에 의해 제어되는 인공후두를 제작하여 그 성능을 평가 하였다.

본론

1. 수의적으로 흉골설골근에 의한 제어 가능성 검증

흉골설골근의 근전위를 입력하여 전기 인공후두를 제어하는 조건으로서, 음원의 시작과 정지 및 pitch 주파수 제어를 고려하였다. 음원의 시작과 정지 제어는, 근활동이 시작하는 시점에서 인공후두의 음원의 진동을 시작하고, 근활동의 종료시점에서 음원의 진동을 정지하게 하는 것을 생각하였다. 인공후두의 pitch 주파수 제어에 있어서 근전위의 진폭이 작아짐에 따라 pitch 주파수가 높아지는것을 고려하였다. 발생의도에 맞추어, 인간 의지에 따라 흉골설골근의 근전위의 진폭과 시간을 조절하여, 위의 제어 신호를 만들어 낼 수 있는가를 실험 하였다. 실험장치는 그림1에 제시한다.

이하의 전 실험에서, 피험자는 23-26세의 4명 이상의 후두기능이 정상적인 남자로 하였으며, 20번이상 반복 실험을 행하였다.

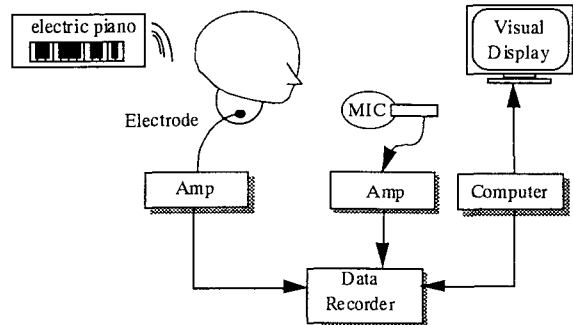


그림1 수의적으로 흉골설골근의 제어 가능성을 검사하기 위한 실험 시스템

1-1. 근전위에 동기한 발성의 시작과 정지에 관한 실험 (실험1)

발성중, 흉골설골근의 근전위의 시작과 정지에 동기해 발성을 시작하고 정지하는 것이 가능한가를 검사하기 위해, 수의적으로 흉골설골근의 근수축과 발성을 동시에 행하도록 하는 지시 조건하에서, 근전위의

시작/정지로 부터 발성의 시작/정지까지의 시간차를 조사했다.

시각신호는, 디스플레이위에 펄스로서, 시작과 정지를 지시하였으며, 이에 맞추어 피험자는 /i/의 발성을 시작한다. 또한, 발성의 시작과 정지에 맞추어, 흉골설골근의 수축을 시작하고 정지하도록 지시하였다. 각 피험자의 /i/ 발성에 대한 근수축의 시작 및 정지의 지연 시간차의 평균을 구하였다.

그결과를 그림2에 제시하며, /i/의 발성 시작에 비하여 근수축의 시작은 평균 195ms먼저 있었으며, 발성 종료에 비하여 근수축의 종료는 평균 6ms 늦은 경향을 나타냈다. 따라서, 흉골설골근의 근전위로 인공후두의 음원을 시작하고 정지할 가능성이 있다고 볼 수 있다.

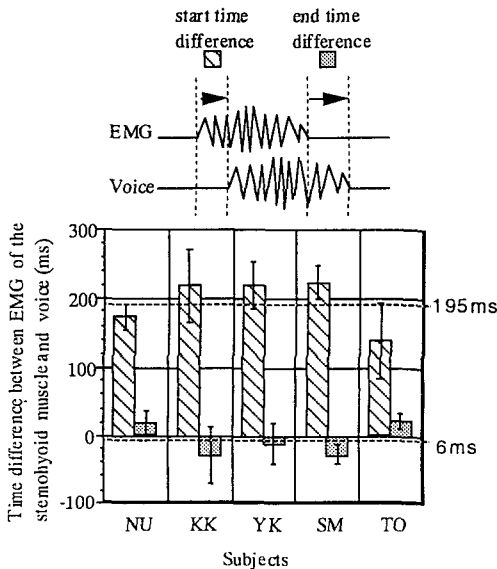


그림2 /i/ 발성에 대한 근수축의 시작/정지의 지연 시간차

1-2. 근전위 진폭과 음성 Pitch 주파수에 관한 실험 (실험2)

실험2에서는 발성중의 근전위 진폭과 음성 pitch 주파수와와의 관계에 대해 실험 하였다. 전자 피아노의 도(C3), 레(D3), 미(E3), 파(F3)의 음을 제시음으로서 피험자에게 들려준 후, 그 제시음과 똑같은 음정으로, 피험자가 /i/를 발성하며, 그와 동시에 근수축을 행하도록 지시했다. 그때, 파, 미, 레, 도의 순으로 근전위의 진폭을 점점 키치게 하도록 지시했다. 근전위의 데이터 처리 구간은 /i/의 음성이 지속하고 있는 구간과 같다. 그때의 근전위의 절대 평균 진폭을 구하여 IEMGstndlavg로 정규화 했다. 단 IEMGstndlavg는 피험자의 하악을 상방향으로 부하를 주며, 동시에 피험자는 하악이 올라가지 않도록 입을 벌림에 의해 아래 방향의 힘을 주도도록 하였을때, 흉골설골근의 근활동 시작으로 부터 2초간의 근전위를 기록하여, 이 기록된 근전위로 부터 절대치의 평균 진폭을 구한것이다.

그결과를 그림3에 나타낸다. 피험자가 발성했던 음

성의 pitch 주파수 변화와 근전위의 평균치와의 관계를 본다면 전 피험자는 부의 상관을 나타냈다. 즉, 4단계의 pitch에 맞추어, pitch가 낮아짐에 따라 근전위의 진폭을 크게 하는것이 가능했다. 따라서, 흉골설골근의 근전위로, 인공후두의 pitch 주파수를 적어도 4단계로 제어 할 가능성이 있다고 볼 수 있다.

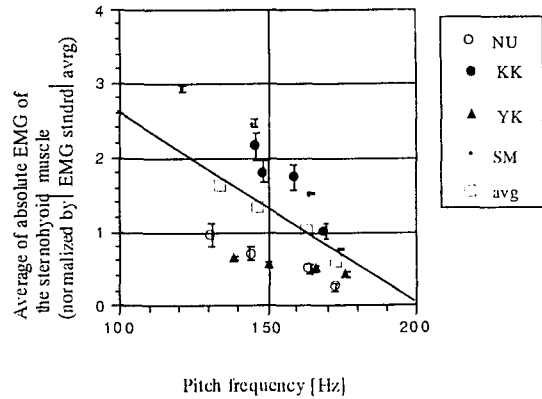


그림3 C3(도)에서 부터 F3(파)까지의 pitch 주파수 변화에 대한 흉골설골근 근전위의 진폭 특성

2. 근전위 제어형 전기 인공후두

흉골설골근의 근전위에 의해 제어되는 전기 인공후두를 제작하였다. 제작된 인공후두의 성능을 검사하기 위해, 본 인공후두를 사용하여 발성을 행하여, 인공후두 음원의 ON/OFF 및 pitch 주파수 제어에 대한 실험을 행하였다. 본 인공후두의 성능 검사를 위한 실험 장치는 그림 4와 같다.

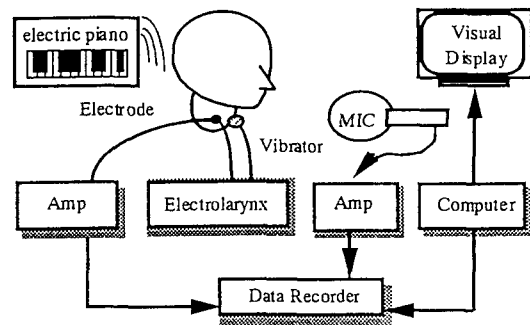


그림4 근전위 제어형 인공후두의 성능 검사를 위한 실험 시스템

2-1 인공후두 음원의 ON/OFF 제어의 실험(실험3)

흉골설골근 근수축의 시작/정지에 동기되어 인공후두의 음원이 ON/OFF를 행할때의 특성을 검사하기 위해, 근수축의 시작/정지로 부터 인공후두에 의한 음성의 시작/정지까지의 지연 시간차를 검사했다. 피험자는 시각신호에 맞추어 조음기관을 /i/의 발성과 똑같은 형태로 하여 인공후두를 동작 시켰다.

실험3의 결과는 그림 5에 제시한다. 인공후두의 진동은 근수축의 시작으로 부터 평균 41ms 늦으며, 근

수축의 종료로부터 23ms먼저 끝나는 경향이 있다. 이 결과로부터, 근전위의 시작/정지에 대응하여, 제작된 인공후두는 재빨리 발성의 시작/정지를 행할 수 있었던 것을 확인할 수 있었다. 즉, 제작된 인공후두에 의해 발성의도에 따라 발성 할 가능성이 있다고 말할 수 있다.

2-2 인공후두의 pitch 주파수 제어의 실험(실험4)

실험4는 근전위의 진폭과 인공후두에 의한 음성의 pitch를 검사한다. 전자 피아노의 도(C3), 레(D3), 미(E3), 파(F3)의 음을 제시음으로서 피험자에게 들려준 후, 그 제시음과 똑같은 음정으로, 조음기관을 /i/의 발성과 똑같은 형태로 하여 제작된 인공후두를 사용해 음을 내도록 지시하였다.

실험4의 결과를 그림6에 제시한다. 그림6은 본 인공후두에 의한 음성의 pitch 주파수와 근전위의 평균치와의 관계를 나타내며, 전 피험자에게서 부의 상관 관계를 나타냈다. 또한, 본 전기 인공후두를 이용한 발성에서는, 평균 85Hz로부터 143Hz까지의 pitch 주파수를 변화 시키는 것이 가능했다.

결론

본 논문은 흉골설골근의 근전위에 의해 제어되는 인공후두의 개발에 따른 연구에 관해 보고한 것이다. 이것을 다음과 같이 정리 한다.

- 1) 시각 및 청각 신호에 따라, 흉골설골근의 근전위의 지속시간 및 진폭을, 인간은 자신의 의지로 제어 가능하다는 것을 확인했다. 이로 부터, 흉골설골근의 근전위를 전기인공후두의 제어 신호원으로 사용 가능하다.
- 2) 흉골설골근의 근전위에 의해 제어되는 인공후두를 제작하였다.
- 3) 제작된 전기 인공후두의 성능을 검사한 결과, 본 인공후두 음원의 ON/OFF 제어 및 적어도 4단계의 pitch 주파수 제어가 가능했다.

급후, 본 인공후두를 개선하여, 후두적출자에게 보다 적합한 인공후두를 개발할 예정이다 있다.

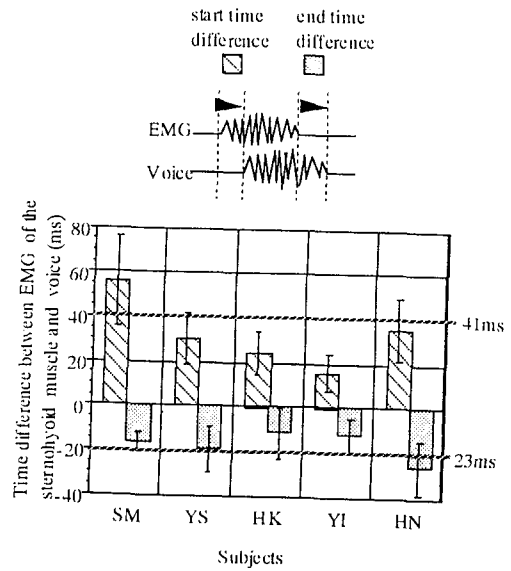


그림5 근전위 제어형 인공후두를 사용한 /i/ 발성에 대한 근수축의 시작/정지의 시간차

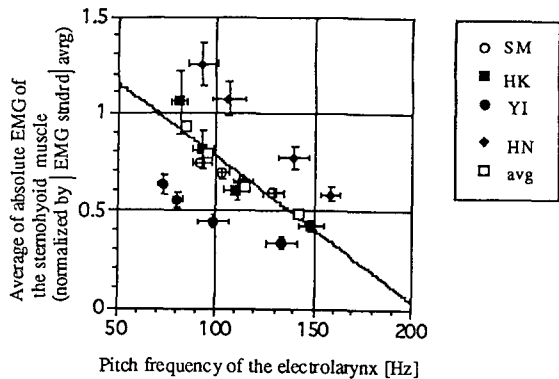


그림6 C3(도)에서 부터 F3(파)까지의 pitch 주파수 변화의 지시에 따른, 근전위 제어형 인공후두 음성의 pitch 주파수와 근전위

참고 문헌

[1] H. Fukuda, "Today and tomorrow of alaryngeal voice with an artificial larynx", The journal of the Acoustical society of Japan, Vol. 44, number 2, pp130-134 (1988)
 [2] 高橋宏明, "無喉頭發聲-治療の一環として," 音聲言語醫學, 28, 132-134 (1987)

[3] M. S. Weiss and A. G. Basili, "Electrolarygealspeech produced by laryngectomized subjects: perceptual characteristics," J. Speech Hearing Res. 28, 294-300 (1985)
 [4] 大森孝一, 兒島久剛, "振動部からみた喉摘後の大用音聲," 耳鼻臨床, 83, 945-952 (1990)