

시험적 의치형 전기후두의 어음명료도 및 소나그래프 검사

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실

김기령 · 홍원표 · 김광문 · 심윤주 · 이승철 · 김경수

노석헌 연구소

이 문 재

= Abstract =

Speech Intelligibility and Sonagraphic Evaluation of Experimental Model of Obturator-type Electrolarynx

Gill Ryoung Kim, M.D., Won Pyo Hong, M.D., Kwang Moon Kim, M.D.,
Yoon Joo Shim, M.A., Seung Chul Lee, M.D., Kyung Soo Kim, M.D.

Department of Otolaryngology, Yonsei University College of Medicine

Moon Chai Lee, M.D., Ph.D.

Ro Suck Hun Laboratory

Methods of voice rehabilitation in laryngectomees include training of esophageal speech, use of electrolarynx and pneumatic speech aid and surgical methods, etc.

In this paper, we introduce the experimental model of obturator-type electrolarynx which has several advantages for use such as ease of learning, no disagreeable appearance, and both hands not being occupied. We compared it to normal voice and other voice rehabilitation methods such as esophageal voice, Japanese pneumatic speech aid and cervical electrolarynx in intelligibility and sonagraphic evaluation.

The results are as follows :

- 1) Obturator-type electrolarynx exhibited the lowest intelligibility.
- 2) In sonagraphic evaluation, the spectrogram produced by the obturator-type electrolarynx was the most different from those of normal voice.

서 론

언어는 인류 특유의 의사전달수단이며 후두암 등으로 인하여 음성기관을 잃은 후두적출환자에게

있어서 음성재활은 가장 중요한 문제가 아닐 수 없다. 지금까지의 음성재활 방법으로는 기관식도 누공술을 포함해서 식도발성, 전기후두, 후적기 등의 여러가지 음성재활 방법들이 있으나(Table

3) 현재까지는 식도발성과 기관식도누공술에 의한 재활이 가장 좋은 방법으로 되어 왔다.

그러나 식도발성은 몇가지 신체적인 조건이 뒤따라야 하고, 익히는데 힘들다는 단점이 있으며, 기관식도누공술은 아직도 만족할 만한 성과를 보지 못하여 널리 이용되지 못하고 있다.

따라서 저자들은 노석현 연구소에서 고안 제작한 의치형 전기후두를 가지고 그 임상적 실용성을 검토해 보았으며 이를 위하여 정상후두음을 포함해서 다른 음성재활 방법인 경부형전기후두와 후적기 및 식도발성음에 의한 어음명료도를 비교하는 동시에 각각의 음성특성을 소나그라프(Sonograph, 음성묘사도)로 분석하므로써 의치형전기후두의 효능과 실용성 및 개선점등을 모색, 검토하였다.

연구재료 및 연구방법

치과에서 사용하는 상악용 의치에 Fig. 1 & Fig. 2에서와 같이 speaker, 개폐기(on-off switch), 회로판, 4.8volt 건전지, 충전판(charge terminal)등을 부착한 의치형 전기후두를 연구재료로 하였으며 이를 착용시에 외관상의 변화가 없도록 특별히 고안 되었다(Fig. 3).

이 경우에서 발성음은 Speaker에서 생성되며, 개폐기는 하악 구치로 작동되도록 하였고, 건전지는 재충전이 가능하도록 충전판을 고정하였다.

연구방법으로는 의치형전기후두와 경부형전기후두 및 후적기를 이용한 이들 발성음과 식도발성음 및 정상후두발성음을 각각 앉은 자세에서 microphone으로 부터 20cm 거리에서 함태영 어음명료도표를 낭독해서 Akai TP 1001 녹음기로 녹음한후 각각의 발성음을 60~70dB SPL로 재생시켜서 정상청력을 가진 21명을 대상으로 어음명료도를 비교관찰하였다. 또한 함태영 어음명료도표 중 “코” 라는 한 음질의 한국어 발음을 상기의 각 발성음으로 녹음하여 Digital Sonagraph, Model 7800(Kay Electric Corp.)으로 분석하였으며 아울러 기본주파수(fundamental frequency), 포르만트(formant) 형성정도, 강도변화(amplitude display) 및 시간-곡선 형태(time-wave form)등을 비교 분석하였다.

연구 성적

1. 어음명료도 검사

정상후두발성음을 이용한 어음명료도는 평균 92.3% (표준편차 $\pm 2.4\%$)였으며, 식도발성음의 경우는 58.7% (표준편차 $\pm 5.5\%$), 후적기발성음의 경우는 49.5% (표준편차 $\pm 11.5\%$), 경부형 전기후두발성음의 경우는 43.1% (표준편차 ± 5.5), 의치형 전기후두발성음의 경우는 27.1% (표준편차 $\pm 12.8\%$)였으며 (Table 1), 상기 각각의 어음명료도간에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$).

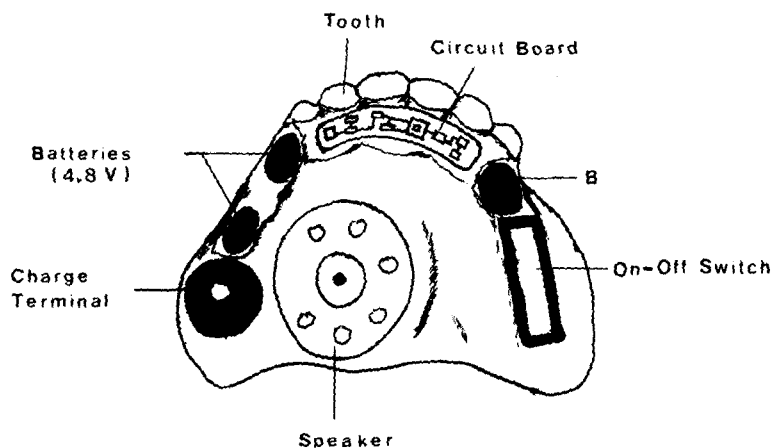


Fig. 1. Components of obturator-type electrolarynx.

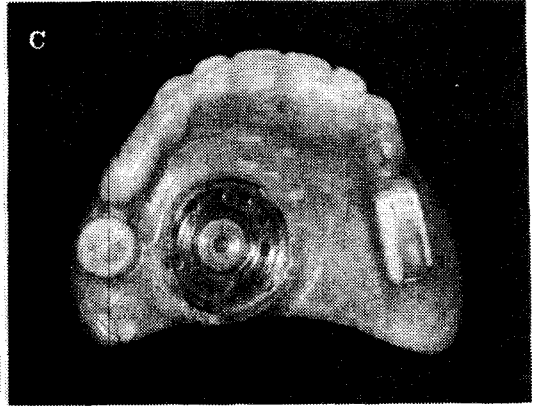
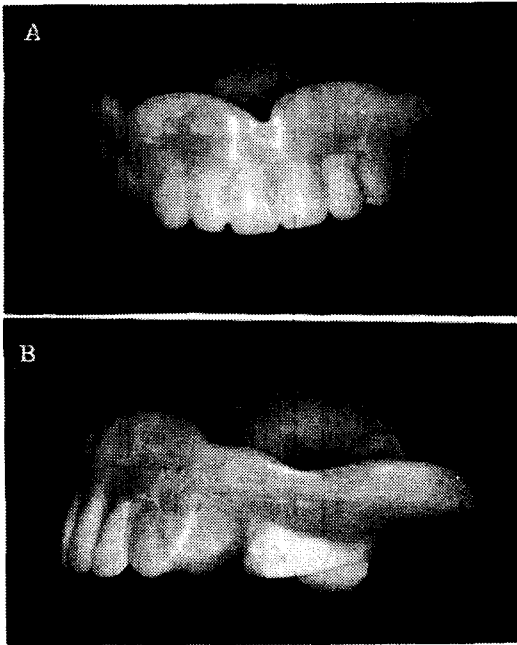


Fig. 2. Frontal view (A), lateral view (B), and undersurface (palatal portion, C) of the obturator-type electrolarynx.

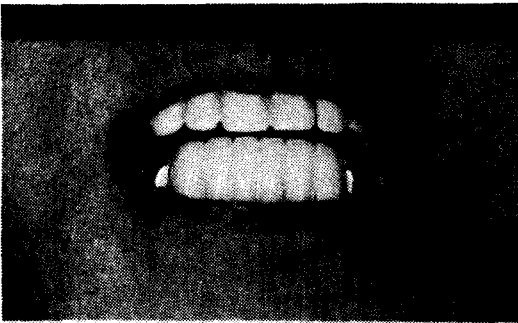


Fig. 3. Obturator-type electrolarynx in fitting.

2. 소나그래프 검사(Sonographic Evaluation)

기본주파수(fundamental frequency)는 정상발성음이 122Hz, 식도발성음이 76Hz, 후적기발성음이

| Voice type | Mean±SD |
|------------------------------|-----------|
| Normal Voice | 92.3±2.4 |
| Esophageal Voice | 58.7±5.5 |
| Peumatic Speech Aid | 49.5±11.0 |
| Cervical Electrolarynx | 43.1±11.5 |
| Obturator-type Electrolarynx | 27.1±12.8 |

p<0.01

139Hz, 경부형 전기후두발성음이 109Hz 였고 의치형 전기후두는 69Hz로 가장 낮았다.

포르만트 형성도는 후적기발성음에서 가장 잘 나타났으며 의치형 전기후두발성음에서는 정상적인 포르만트가 형성되지 않았다.

강도변화(Amplitude display)는 후적기발성음이 정상발성음과 가장 유사한 형태를 보였고, 의치형 전기후두발성음은 가장 단조로운 형태로서 정상발성음과의 차이가 컸다.

시간-곡선 형태(Time-wave form)는 후적기발성음이 정상음에 가장 가까웠으며, 의치형 전기후두발성음에서 가장 큰 차이를 보였다(Table 2, Fig. 4).

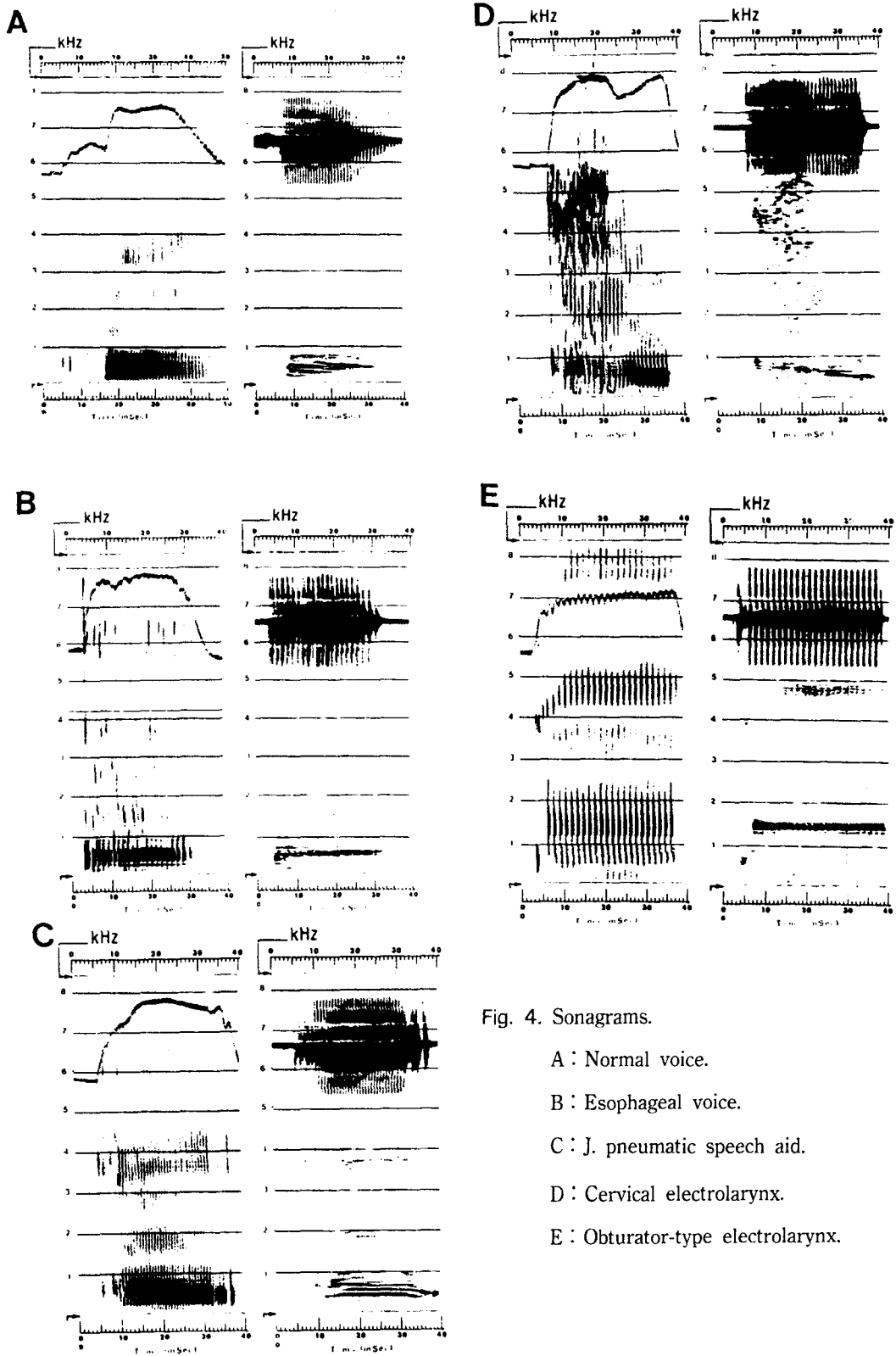


Fig. 4. Sonograms.

- A : Normal voice.
- B : Esophageal voice.
- C : J. pneumatic speech aid.
- D : Cervical electrolarynx.
- E : Obturator-type electrolarynx.

Table 2. Sonographic evaluation

| Voice type | Fundamental frequency (Fo) | Formants | Amplitude display | Time-wave form |
|------------------------------|----------------------------|-----------|-------------------|----------------|
| Normal Voice | 122 | Excellent | Excellent | Excellent |
| Esoph. Voice | 76 | Fair | Poor | Poor |
| Pneumatic Speech Aid | 139 | Good | Good | Fair |
| Cervical Electrolarynx | 109 | Good | Fair | Poor |
| Obturator-type Electrolarynx | 69 | Bad | Bad | Bad |

고 찰

후두적출후의 음성재활 방법으로는 Table 3에서와 같은 여러가지 방법들이 있으나⁴⁾ 현재 가장 널리 사용되고 있는 방법으로는 수술적인 Singer-Blom voice prosthesis의 삽입방법과⁴⁾⁵⁾ 비수술적인 방법인 식도발성과 경부형 전기후두 및 후적기가 널리 사용되고 있다.

식도발성은 인두-식도부위의 가성대형성 및 식도압형성등의 신체적 조건이 뒤따라야하며 식도발성에 익숙해지기 위해서는 장기간의 꾸준한 훈련기간이 뒤따라야 하는 어려움이 있다. 그러나 식도발성음이 경부형전기후두나 후적기에서보다 음고(pitch)나 어음명료도가 높고⁷⁾ 기구사용이 필요없는 편리함 등으로 현재 가장 널리 권장되고

있는 가장 좋은 음성재활방법으로 되어 있다. 저자들의 조사에서도 식도발성음이 어음명료도가 가장 높았다(Table 1).

경부형 전기후두는 전기면도기와 같은 형태의 밧데리형 발음기를 턱밑경부에 접촉시킴으로써 인두강 내로 전도되는 진동음을 이용해서 말을 하는 것으로서 Western electrolarynx, Aurex neo-vox electrolarynx, Servox speech aid등이 시판되고 4) 종류에 따라서 어느정도까지 음의 높이와 강도등을 조절할 수가 있으나 아직까지는 음이 단조롭고, 음고가 낮아서 듣기에 불편하므로 식도발성을 못하는 환자에게서 차선책으로 널리 사용되고 있다.

후적기는 일명 Tokyo type 라고도 하며 이는 기관기공과 구강을 연결하는 관속에 진동장치가 들어있는 언어보조기인데⁴⁾ 음의 질은 경부형전기후두보다 좋으나 어음명료도는 떨어진다. Mueller등은 그 원인으로서는 후적기내로 타액저류, 기공에 대한 밀착정도, 호기와 구음(articulation)간의 시간차등 이유를 들고 있으나⁸⁾ 저자들의 조사결과에서는 후적기가 경부형 전기후두보다 좋은 어음명료도를 보여주었다(Table 1).

의치형 전기후두는 1982년 Thomas Jefferson 대학에서 개발한 것으로서, 음의 크기가 작고 음고도 낮아서 불편하여 널리 사용되지 못했으며⁴⁾ 국내에서는 이문재씨(노석현 연구소)가 처음으로 이 장치를 개발하여 사용한 바 있다. 이 의치형 전기후두는 모든 장치가 의치내에 포함되어 있어서 외관상 보기 좋고, 양손을 모두 사용할 수 있으며, 쉽게 배워서 숙달될 수 있다는 장점이 있

Table 3. Methods of speech rehabilitation

| | |
|--------------------|--|
| Pneumatic Methods | |
| Non-pulmonary Air | |
| Esophageal | |
| Buccal | |
| Pharyngeal | |
| Pulmonary Air | |
| Non-surgical | |
| Surgical | |
| Electronic Methods | |
| Surgical | |
| Implanted | |
| Transfistula | |
| Non-surgical | |
| Transcervical | |
| Peroral | |
| Intraoral | |

으나, 다른 장치들에 비해서 어음명료도가 떨어질 뿐 아니라 의치를 부착하기 위해서는 건전한 상악치아들을 부분적으로 또는 전부 발치해야 하는 단점이 있다.

이상과 같은 관점에서 저자들은 의치형 전기후두의 어음명료도가 가장 낮다는 점에 관심을 가지고 이를 객관적으로 분석하는 동시에 앞으로의 개선책을 강구하기 위하여 정상음을 포함하여 의치형 전기후두, 경부형 전기후두 및 후적기를 이용한 발성음과 식도발성음에 대한 소나그라프 검사를 시행하였다.

현재까지 이용되고 있는 음성에 관한 연구방법으로는 음성의 물리학적 연구와 생리학적인 연구 및 심리학적 연구등 크게 3가지로 나눌 수 있는데²⁾ 여기서 소나그라프 검사(sonographic evaluation) 방법은 음성의 물리학적 연구에 해당된다.

김등은 한국어 어음에 관한 포르مان트의 위치, 폭, 강도 및 출현빈도등을 분석 하였고¹⁾, 문 등은 한국어 정상음에 대해 음고(pitch), 포르مان트 중심주파수 및 강도를 측정하였으며²⁾, 최 등은 한국인 사성에서의 포르مان트의 위치, 폭 및 강도등을 분석한 바 있으며³⁾ 김 등은 후두반회신경마비 환자의 음성에서 기저주파수의 변화폭, 변화속도, 상승속도 및 하강속도, 고음배음부 상대치(relative level of higher harmonic component), 잡음 상대치(relative level of noise) 및 제 1포르مان트 주파수등을 분석하였다⁶⁾. 이와같이 음성에 관한 연구에서 소나그라프는 1974년 Petter등이 개발한 이래로 음성에 대한 객관적 검사방법으로서 가장 널리 이용되고 있다.

최근에 저자들은 일련의 소나그라프 검사에서 기본주파수, 포르مان트, 강도변화(amplitude display) 및 시간-곡선형태(time-wave form)등을 지표로 이들 성적을 비교분석하였으며, 의치형 전기후두에서의 기본주파수가 다른 발성음들에 비해서 가장 낮았는데 앞으로 기본주파수가 높은 speaker를 개발 사용함으로써 여러가지 단점이 개선될 수 있을 것으로 생각된다.

포르مان트는 후두에서 형성된 성음(glottal sound)이 후두상부에 자리하고 있는 공명강(인두 및 구강등)에 의한 공명효과에 따라서 음의 강도나 주파수가 증감되므로써 어느 한 주파수를 중심으

로한 인근배음대에 에너지가 밀집된 배음주파대를 의미하며 이것은 모음의 가장 중요한 음향지표가 된다. Ylppo 및 Sovijarvi는 제1포르مان트는 인두강과, 제2포르مان트는 구강과, 제3포르مان트는 배설강 또는 전구강과, 제4포르مان트는 후두의 전장강과 관련이 깊다고 하였고, Sovijarvi는 발성의 높낮이에 따라서 제 1, 2 및 3포르مان트가 변화되나 제 4이상의 포르مان트는 변하지 않는다고 하였으며¹⁰⁾, Schutte등은 발성음의 포르مان트 위치에 영향을 미치는 요소로서, 신장(body height), 발성도(vocal tract)의 길이, 구개와 치아의 해부학적 위치등을 들고 있다⁹⁾.

저자들의 소나그라프검사 성적에서는 정상발성음을 제외하고는 포르مان트의 폭, 강도 및 출현빈도등이 뚜렷하지 않았기 때문에 다음과 같이 정상발성음의 포르مان트 형태와 상대적으로 비교할 수 밖에 없었다. 그 결과, 경부형 전기후두발성음, 후적기발성음 및 식도발성음은 정상발성음간에서 정도의 차이는 있어도 포르مان트 형성을 관찰할 수 있었으나 의치형 전기후두발성음은 포르مان트 형성이 거의 이루어지지 않았다. 이는 앞서 언급한 포르مان트의 형성과정으로 미루어 볼 때 의치형 전기후두의 구조를 개선하더라도 발성음의 공명구조를 변화시키기는 힘들 것으로 생각된다. 따라서 앞으로도 의치형 전기후두발성음의 낮은 어음명료도의 원인으로 포르مان트 형성정도가 가장 중요한 문제로 남아 있을 것으로 생각된다.

발성음의 강도변화(amplitude display)는 시간에 따른 음의 강도변화를 본 것으로서 의치형 전기후두에서 가장 단조로운 형태로 거의 일정한 강도를 나타냈으며 이는 발성음의 강도에 변화를 줄 수 있는 기계장착 등 새로운 고안이 필요할 것으로 생각된다.

끝으로 시간-곡선형태(time-wave form)는 시간에 따른 발성음의 주파수 변동과 강도변화가 복합적으로 나타난 것으로서 정상발성음의 형태와 비교해 볼 때 역시 의치형 전기후두에서 가장 큰 차이를 나타냈다.

이상과 같은 성적을 감안할 때 앞으로 언급한 여러가지 음성재활 방법중에서 의치형 전기후두는 어음명료도와 소나그라프상의 음질이 가장 저조하기 때문에 아직은 시험적 단계를 벗어나지 못

하고 있으며, 앞으로 더욱 많은 개선의 여지가 있다고 사려된다.

결 론

저자들은 종래의 음성재활 방법과 비교해서 의치형 전기후두에 대한 일련의 검사를 시행하므로써 그의 임상적 효율성을 검토하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

의치형 전기후두가 다른 음성재활 방법에 비해서 어음명료도가 가장 저조하다는 단점이 있으나, 외관상 좋고, 양손을 모두 사용할 수 있으며, 배우기가 쉽다는 등의 장점이 있다.

앞으로 의치형 전기후두음에서의 기본주파수와 음의 강도를 높이고 어음명료도를 증가시킬 수 있는 방안이 마련된다면 후두적출환자의 음성재활면에서 의치형 전기후두의 실용성이 높아질 것으로 생각된다.

References

- 1) 김희남·김기령 : 한국어 어음에 관한 음성언어의학적 연구. 연세의대논문집 12 : 60-79, 1979
- 2) 문영일 : Sonagraph에 의한 정상음성분석. 한이인지 16 : 25-32, 1973
- 3) 최생이 : 한국인 사성에 대한 음성의학적 연

구. 연세의대논문집 13 : 82-102, 1980

- 4) 홍원표 : 후두적출후의 음성재활. 서울심포지움 1 : 275-308, 1985
- 5) Gandour J, Weinberg B, Garziona B : Perception of lexical stress in alaryngeal speech. Journal of Speech and Hearing Research 26 : 418-424, 1983
- 6) Kim KM, Kakita Y, Hirano M : Sound spectrographic analysis of the voice of patients with recurrent laryngeal nerve paralysis. Folia Phoniatrica 34 : 124-133, 1982
- 7) Mueller PB : The Japanese pneumatic speech aid a comparative evaluation of vocal attributes. The Eye, Ear, Nose and Throat Monthly 52 : 384-386, 1973
- 8) Mueller PB, Kupperman GL : Post-laryngectomy speech ; an evaluation of a Japanese pneumatic speech aid. The Eye, Ear, Nose and Throat Monthly 51 : 478-481, 1972
- 9) Schutte HK, Miller R : Intraindividual parameters of the singers formant. Folia Phoniatrica 37 : 31-35, 1985
- 10) Ylppo A, Sovijarvi A : Sonographic and palatographic studies of full denture, half denture and edentulous cases. Acta Odont Scand 20 : 257, 1962