

의치형 인공 후두의 개발(I)

연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 의공학과,¹⁾ 연세대학교 치과대학 보철과²⁾
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실,³⁾ 한국음향연구소⁴⁾
세일전자,⁵⁾ 연세대학교 생체공학 협동과정⁶⁾

박용재¹⁾ · 정문규²⁾ · 최홍식³⁾ · 김한수³⁾ · 신승호³⁾
박인환⁴⁾ · 박노철⁴⁾ · 이희경⁵⁾ · 손창기⁵⁾ · 전현배⁶⁾

= Abstract =

Development of Denture Type Electrolarynx(I)

Yong Jae Park, M.D.,¹⁾ Moon Kyu Jung, M.D.,²⁾ Hong Sik Choi, M.D.,³⁾
Han Soo Kim, M.D.,³⁾ Seong Ho Shin, M.D.,³⁾ Ick Hwan Park⁴⁾,
No Churl Park, M.D.,⁴⁾ Hee Kyung Lee, M.D.,⁵⁾
Chang Ki Sohn, M.D.,⁵⁾ Hyun Bae Jeon, M.D.⁶⁾

*Department of Medical Engineering,¹⁾ Yongdong Severance Hospital,
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea*

Department of Prothodontics,²⁾ Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

Department of Otorhinolaryngology,³⁾ Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Korea Omyang Corporation,⁴⁾ Seoul, Korea

Seil Electronics,⁵⁾ Seoul, Korea

Department of Biomedical Engineering,⁶⁾ Graduate School, Yonsei University, Seoul, Korea

Denture-type Electrolarynx is being watched recently because it is easy to control the pitch and volume and it is not exposed on the outside. This system consists of three parts. The first is the Oral-Unit part, which contains a receiver, a loud speaker, and a rechargeable battery. The others are the Transmitter & Control-Unit Part, and the Charging-Unit part.

We have newly developed the Korean Denture-type Electrolarynx : NeoVox. That system is designed considering low-power consumption, wireless charging system, small size and the speaker emphasizing low-frequency. So that the laryngectomees feel comfortable to use it and speak naturally.

KEY WORDS : Korean denture-type electrolarynx · NeoVox.

서 론

도발성법을 최초로 여러 가지 다양한 방법들이 도입되어 왔다.¹⁾ 가장 간단한 식도 발성법의 경우 배우기가

후두 전적출술로 인한 음성장애인의 대용발성은 식

쉽지 않아, 많은 환자들은 다른 재활방법을 사용해야

논문접수일 : 2001년 5월 10일

심사완료일 : 2001년 6월 10일

책임저자 : 최홍식, 135-270 서울 강남구 도곡동 146-92 연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 이비인후과학교실

전화 : (02) 3497-3461 · 전송 : (02) 3463-4750 E-mail : hschoi@yumc.yonsei.ac.kr

하는 현실이다. 현재 사용되고 있는 방법들로는 '인공후두'의 사용, '기관 식도 누공장치 삽입술' 등이 흔히 이용되고 있으며, 동물실험 단계이기는 하지만 '후두이식'이 시도되고 있다. 최근에는 전기적으로 진동체를 구동시켜 만든 음원을 이용한 발성법이 크게 주목을 받고 있다.²⁾ 그 중에서도 의치형 전기 인공후두는 음고와 음량의 조절이 용이하고, 기구가 외부로 드러나지 않는 장점을 가지고 있다. 그러나, 현재 미국에서 시판되고 있는 UltraVoice사의 인공후두는 크기가 크고, 많은 전력 사용으로 장시간 사용이 어렵고, 완전 틀니형이며, 가격이 비싼 등 여러 가지 단점을 가지고 있어 널리 보급되고 있지 못하는 실정이다. 이런 현실에서 그 동안 축적된 기술들을 발전시켜 우수한 인공후두를 개발 국산화한다면, 후두적출자들에게는 '복음'이 될 것이며, 경제성도 높으리라고 사료된다. 이에, 본 연구자들은 국산 의치형 전기 인공후두 개발에 노력한 결과 일차적인 시작품이 제작되었기에 우선 보고하고자 한다.

본 론

1. 의치형 전기 인공 후두의 구성

의치형 전기 인공 후두는 그 구성에 따라 1) Oral Unit Part, 2) Control & Transmitter Unit Part, 3) Charging Unit Part로 나누어진다(Fig. 1).³⁾

1) Oral unit part

의치모양으로 구강 내에 삽입되는 부분으로 세 가지 기능으로 구분할 수 있다.

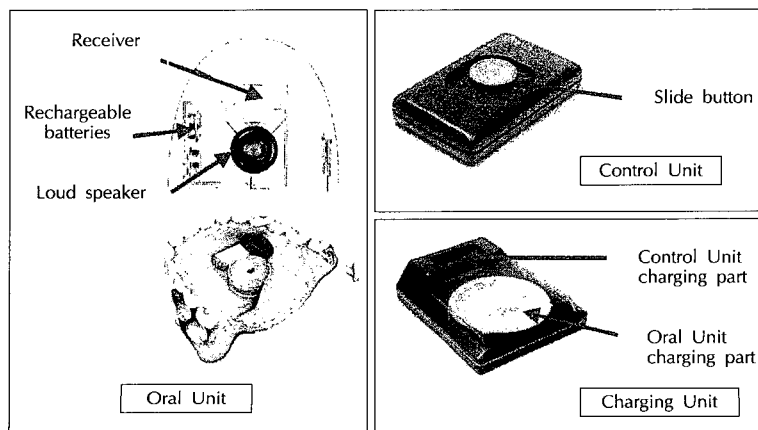


Fig. 1. Composition of the Denture-type Electrolarynx. The system consist of three parts.

(1) 스피커(Loud speaker)

틀니나 교정기 내부에 장착되는 스피커는 정상적인 후두가 만들어내는 음성과 유사한 음색을 만들어 낸다. 후두적출환자는 정상인들이 후두로부터 음성을 형성하는 것과 같은 방법으로 스피커에서 발생하는 진동음을 입 모양의 변화를 통하여 음성으로 변화시키게 된다. Loud speaker는 타액이나 음식으로부터 보호되기 위해서 유연성 막으로 덮여 있는데, 이것이 스피커의 발진을 구강 내로 전달하는 2,3차 진동판의 역할을 함께 하게 된다.

(2) 수신회로(Receiver)

Hybrid 방식으로 제작된 회로로서 Transmitter로부터 송신된 신호를 받아서 스피커에 저주파 신호를 공급하는 수신단자이다. 이 회로로부터 공급되는 신호는 음성의 크기(loudness)조절 뿐만 아니라 음고(pitch)를 조절하는 것도 가능하게 함으로써 정상적인 음성이 만들어 내는 것과 유사한 음색을 착용자가 발성할 수 있도록 한다.

(3) 충전지(Rechargeable batteries)

시계나 계산기에 사용되는 것과 유사한 크기의 전지로, 스피커와 수신회로에 전원을 공급하는 부분이다. 이것은 재충전이 가능하고 평균적으로 하루 동안 말할 수 있는 충전시간을 가지도록 제작되었다.

2) Control & transmitter unit part

사용자가 Oral Unit을 원격 조정할 수 있는 장치로서, 구강 내의 Control circuit에 modulation을 사용

하여 신호를 전송하는 송신단자이다. Slide 버튼 방식을 이용하여 버튼을 누르면 전원이 들어오고, 누른 상태에서 상하로 움직이면 볼륨을 조절하고, 좌우로 움직이면 음성의 고저(pitch)를 조절하도록 되어 있다.

3) Charging unit part

Oral Unit과 Control & Transmitter Unit의 전기를 충전하는 기구이다.

2. 한국형 의치형 전기 인공 후두-NeoVox

본 연구자들은 G7선도의료기술개발사업의 일환으로 1999년부터 한국형 의치형 전기 인공 후두-NeoVox의 개발에 착수하였다. NeoVox의 초기 개발 목표 및 과제는 Oral Unit은 기존 UltraVoice에 비해 한국인의 체형에 맞게 소형화하며, 실제 음성과 유사한 저주파 진동형 스피커를 사용하여 고음질을 이루고, 무선충전 방식을 택하여 충전단자로 인한 불편감을 감소시키는데 중점을 두었다. Transmitter/Control Unit은 전력 소모를 줄여 장시간 사용이 가능하게 하며, 소형/편리성을 추구하고, 다양한 음고와 음량을 표현할 수 있도록 노력하였다. 금년까지 진행된 연구 결과는 다음과 같다.

1) Oral unit part

(1) 스피커(Loud speaker)

스피커 전문 제작 업체인 한국음향(주)연구소와 공동연구제작을 하였다. 의치 내에 삽입된 스피커는 정상적인 후두가 만들어내는 진동음을 낼 수 있도록 저주파 강조형 ND(Neodymium) Magnet을 이용, 19.3Φ×5T

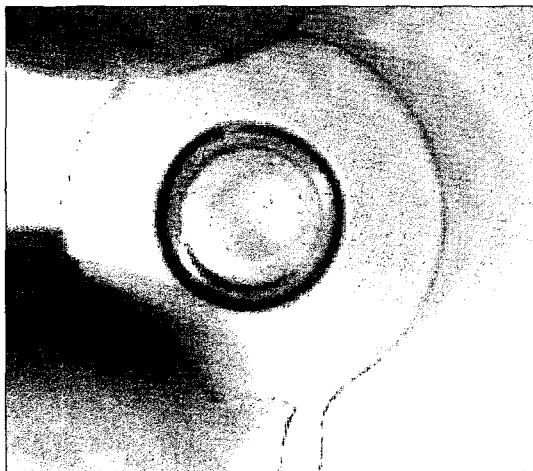


Fig. 2. ND(Neodymium) Magnet speaker.

로 어른 손톱 크기 만한 소형으로 제작하였다(Fig. 2).

(2) 수신기(Receiver)

세일전자(주)에서 의치 내에 삽입됨으로 인한 오염, 제한된 구조, 크기, 오염에 따른 기능유지, 전력 소모량 등의 해결을 위한 중점적 내용을 바탕으로 실험하였으며, 국산 wafer hybrid를 제작하는데 성공하였다. 또한 기존 제품에서 있었던, 송신기와 근거리에서 발생하던 전파간섭에 의한 오작동을 크게 개선하였다(Fig. 3).

(3) 충전지(Rechargeable batteries)

의치내에 삽입되는 충전지의 문제점은 수입품을 검토한 결과 크게 두 가지가 있었다. 첫째는 충전지의 크기 때문에 의치 내에 삽입되었을 경우 돌출이 심하여 착용 시 불편할 뿐 아니라 조음에 영향을 주었다. 둘째는 유선 충전 방식으로 충전 단자가 이물질로 오염이 되었으며, 충전 시 불편하였다.

전자의 해결은 수신기의 전력 소모량 감소시키는 한편 스피커의 효율은 올려, 충전지의 용량을 줄여 크기를 줄였으며, 후자는 충전기를 무선 충전 방식으로 제작하여 해결하였다.

2) Control & transmitter unit part

이 부위는 기존 외산 제품에 비해 가장 많은 개선을 가져 온 부분으로 저전력화, 소형화 및 음질 개선에 성

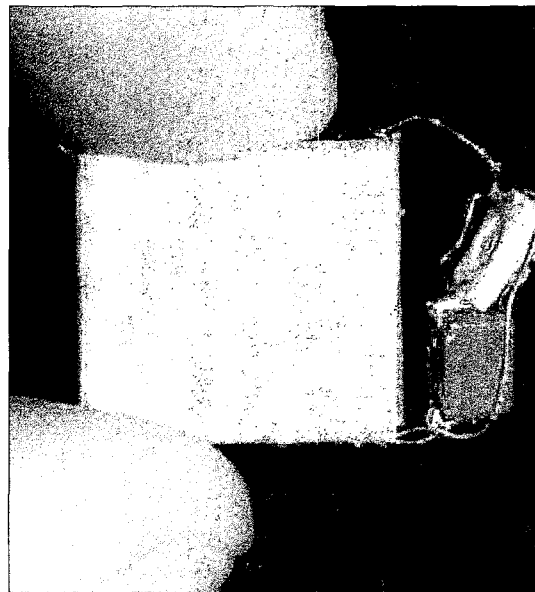


Fig. 3. Receiver-Wafer hybrid.

공하였다. 먼저 외형을 보면, NeoVox는 크기 54×76×16mm에 중량 48.5g으로 UltraVoice에 비해 부피는 41%, 중량은 42%로 감소하였다(Fig. 4). 전력 소모량은 신호시/무신호시 모두 대폭 감소시켜, 상대적으로 동작 수명이 연장 되었으며, 음질의 조절도 6×10 matrix로 조절되어 더 미세한 음색까지 표현할 수 있게 되었다(Table 1).

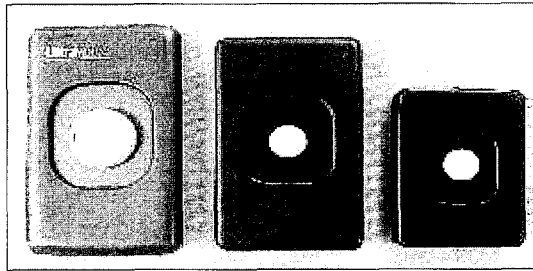
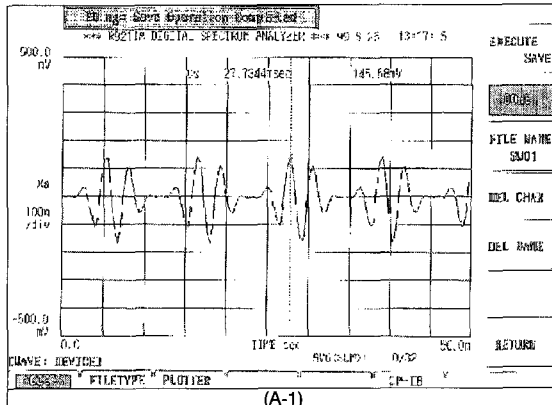


Fig. 4. External form of the Transmitter. (Left : UltraVoice, Middle : 1st preliminary product, Right : NeoVox).

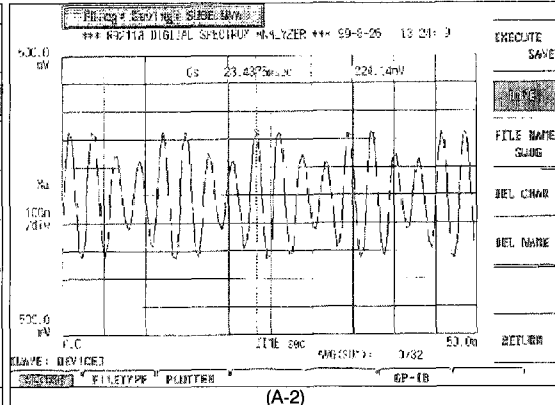
신호 파형을 보면 UltraVoice에 비해 Sine wave에 더 가까운 형태를 가지고 있다. 그렇기 때문에 스피커 출력시 진동판이 더 부드럽게 진동되며 volume 조절 시에도 파형 왜곡도 거의 감소하였다(Fig. 5). 스펙트럼의 경우는 기본 공진 주파수가 356~455Hz로 UI-

Table 1. Result-Transmitter & Control part. In comparison with UltraVoice, NeoVox is smaller, lighter, and less-consumed electric power

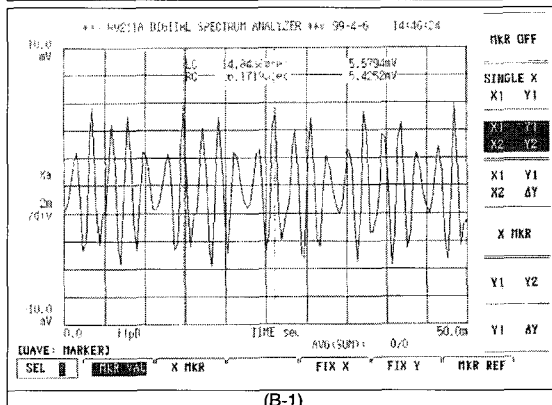
구분	UltraVoice	신제품	NeoVox
항목			
외형 (가로×세로×높이)	65×112×22mm		54×76×16mm
무신호 전압	6V		9V
무신호 전류	33μA		0.6μA
신호전류	31.2mA		11mA
Matrix	32(4×8)		60(6×10)
Volume	4단계		6단계
Frequency	8단계		10단계



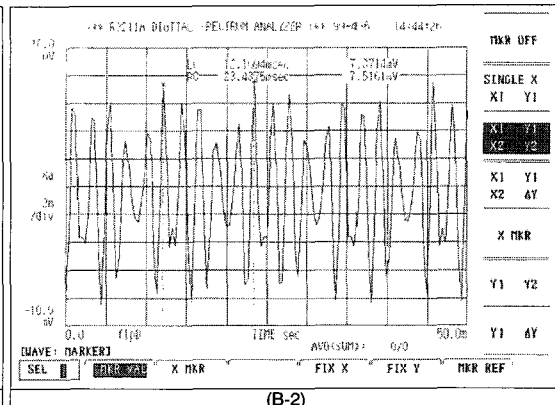
(A-1)



(A-2)



(B-1)



(B-2)

Fig. 5. Analysis of signal spectrums. The signal spectrum of NeoVox(A) is more stable than that of UltraVoice(B). In changing of loudness(A-1, B-1 : minimum ; A-2, B-2 : maximum), NeoVox maintains the sine curve but the spectrum of UltraVoice is distorted.

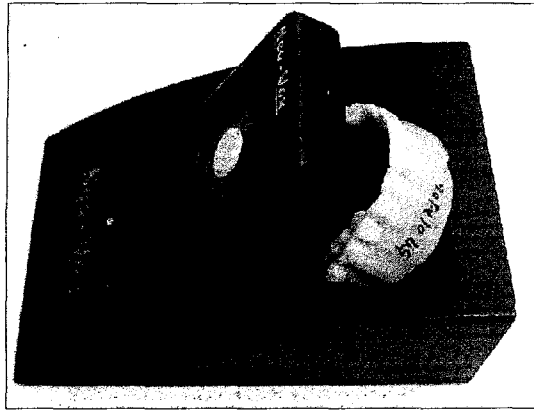


Fig. 6. NeoVox.

traVoice의 386~443Hz에 비해 선택도(selectivity)가 훨씬 우수하였다. 수신회로 부분의 실험에서도 송신부와와의 거리에 따른 증폭도가 일정 거리 내에서는 거의 일정하게 나타났고, 복조 및 증폭 부분에서 송신 신호를 거의 완벽하게 복원해 내었다.

3) Charging unit part

Oral Unit내에 삽입된 수신기 전원공급을 위한 충전지는 무선 충전 방식으로 송신기(Transmitter and Control)의 충전지는 유선 충전 방식으로 제작하였다.

토 의

현대사회의 환경적 요인 등으로 인하여 호흡기암의 발병율이 점차 높아짐에 따라, 후두암이나 하인두암으로 인하여 '후두전적출술'을 시행받음으로써 말로 의사 표현하는 것을 상실하게 되는 환자의 숫자가 매년 늘어나고 있으며, 교통사고 등으로 인하여 후두의 신경들이 마비되어, 후두가 달려는 있으나 기능을 전혀 발휘하지 못하는 '후두 기능 손실' 환자들의 숫자도 증가 추세이다.⁴⁾

역사적으로 보면, 1841년 Reynaud가 식도발성을 최초로 보고하였으며, 1859년부터 1942년까지 후두적출자를 위한 수술방법과 장치가 혁신적으로 실험되었다. 그 예로 1873년 Billroth가 최초의 후두적출을 성공한 다음해, Gussenbauer는 호기를 이용한 금속피리를 진동시켜 만든 음을 인두에 넣는 Y자형의 기구를 고안하였다.⁵⁾ 1958년과 1959년에 Conley는 내부적 및 외부적으로 기관-식도 선트를 보고하였는데,⁶⁾ 현재 일반적으로 많이 사용되고 있는 기관-식도 선트의 수술은 1960년부터

1975년의 사이에 Asai, Montgomery, Shedd, Kormorn, Edwards, Taub 및 Sisson과 McConnel 등이 보고한 것들이다.⁷⁻¹⁰⁾

1975년부터 1980년의 사이에 전기인공후두의 활발한 연구가 시작되었다. 전기인공후두는 크게 경부형(Neck type)과 구강형(Mouth type)으로 분류된다. 경부형은 전경부에 진동체를 장착하여, 인두점막을 진동시켜 음원을 만들어 구강 내로 그 음원을 보내는 방식으로 현재 일반적으로 사용되는 것으로써 1942년 Green은 전지 부착식의 전기인공후두를 고안했으며,¹¹⁾ 1959년 Barney 등은 선택적으로 음고의 조절을 가능하게 한 소형의 전기인공후두를 개발하였다. 현재, 이들의 개량형으로써 시판되어지고 있는 것들은 음고와 음량의 조절은 가능하지만, 실제 발생 중에는 사용하기 어렵다는 단점이 있다. 구강형은 전기적으로 발생시킨 진동을 tube 등을 사용해 구강 내로 전달하는 방법으로, 1918년 Onodi는 발신기의 음을 증폭시켜 tube로 구강 내로 전달하는 방법을 연구했다. 그후, 여러 가지가 개발되었으며, 그 중에는 어느 정도 음고의 조절이 가능한 것도 있으나, 피리식 인공후두인 Tapia와 비교해 큰 이점이 없는 관계로 현재에는 거의 사용되고 있지 않다.¹²⁾

의치형 전기후두는 구강형의 일종으로 다른 음성재활 방법에 비해서 어음 명료도가 저조하다는 단점을 가지나¹³⁾ 장비설치의 편의성(수술 불필요), 음식물 섭취시 장치의 구강 내 안정성, 남성과 여성의 주파수대역을 분리(발성음색의 조절), 충전의 편의성(1회충전으로 1일지속) 등의 장점으로 새로운 전기 인공후두로 주목을 받게 되었다.¹⁴⁾

의치형 전기 후두는 1982년 미국의 Thomas Jefferson 대학에서 처음 개발되었으며, 국내에서는 1989년 노석현 연구소에서 의치 내에 스위치를 부착한 장치를 개발하였으나, 단조로운 기능과 음고/음량 조절의 어려움 등으로 널리 사용되지는 못하였다. 이후, 90년대 초반, 미국의 UltraVoice사에서 무선 제어 및 음량, 음고의 조절이 자유로운 의치형 인공 후두를 개발하여 각광을 받았으나, 기계 자체만의 단가가 400~500만원에 이르는 고가이며, 어려운 설치 과정과 전체 틀니형으로 사용상의 제한점 등으로 인해 국내에는 시술 예가 극히 드문 상황이다.

이에 본 연구자들은 1999년부터, G7 project의 선도 기술개발사업의 일환으로 한국형 의치형 전기인공후두

인 NeoVox의 개발에 착수하여, 2000년 4월 시제품이 완성되었다(Fig. 6). NeoVox를 기존 외산 제품인 UltraVoice와 비교해 본 결과, Oral Unit Part는 집적회로의 제작 성공과 스피커의 크기 감소로 소형화되었으며, 무선 충전방식으로 유선 충전방식의 단자노출로 인한 부식과 불편을 해결하였다. 또한 부분 틀니형으로 유치아에서도 사용이 가능하게 되었다. Control & Transmitter Part는 저전력화(무신호시 전류 : 1/30, 신호시 전류 : 1/2~1/3), 소형화(부피 : 41.7%, 중량 : 42%), 음고 및 음량개선(6×10 channel, 주파수 동조형)이 되었다. Charging Unit Part는 Oral Unit Part는 무선 충전 방식을, Control & Transmitter Part는 유선 충전 방식을 사용하였다.

현재 온도차에 의한 결로 및 부식을 방지하며, 진동판의 인체와 친화성, 기능 유지 등을 고려한 Denture Part를 본 치과대학 보철과에서 제작중에 있다. 의치 부분이 완성되면 임상 실험 후에 본 기계의 음성학적 특성 및 실제 환자 적용도를 보고할 예정이다.

결 론

의치형 전기 인공 후두는 후적자의 대용 발생법으로 사용 가능한 좋은 방법으로 한국형 의치형 인공 후두인 NeoVox는 기존 외산 제품인 UltraVoice와 비교해 본 결과, 소형화, 저전력화, 고음질화에 성공하였다.

NeoVox는 현재 시제품 완성 단계로 임상 실험 후 실용화된다면, 많은 후적자들에게 도움이 되며 외화 절약에도 일조할 것으로 생각된다.

중심 단어 : 한국형 의치형 인공후두 · NeoVox.

본 연구는 보건복지부에서 주관한 '98년도 G7선도의료기술개발사업의 지원(HMP-98-G-3-062)에 의하여 이루어진 것임.

References

1) Omori K, Kojima H : *Vocal Rehabilitation after to-*

tal laryngectomy : Review of the literature. Pract Otol. 1990 ; 83(6) : 949-952

2) Bailey BJ, Griffiths CM, Everett R : *An implanted electronic laryngeal prosthesis. Ann Otol. 1976 ; 85 : 472-483*

3) 전현배 · 박용재 · 최홍식 · 정문규 · 김성민 : 의치형 전기 인공 후두 송 · 수신 system 및 speaker 개발. 대한의용생체공학회지. 1999 ; 21(2) : 33-34

4) Ackerstaff AH, et al : *Communication, functional disorders and lifestyle changes after total laryngectomy. Clin Otolaryngol. 1994 ; 19 : 295-300*

5) Alberti PW : *Panel discussion : the historical development of laryngectomy. II. The evolution of laryngology and laryngectomy in the mid-19th century. Laryngoscope. 1975 ; 85 : 288-298*

6) Conley JJ, DeAmesti F, Pierce JK : *A new surgical technique for vocal rehabilitation of the laryngectomized patient. Ann Otol Rhino Laryngol. 1958 ; 67 : 655-661*

7) Asai R : *Laryngoplasty after total laryngectomy. Arch Otolaryngol. 1972 ; 95 : 114-119*

8) Komorn RM : *Vocal rehabilitation in the laryngectomized patient with a tracheoesophageal shunt. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1974 ; 83 : 445-451*

9) Taub S : *Air bypass voice prosthesis for vocal rehabilitation of laryngectomies. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1975 ; 84 : 45-48*

10) Hukuda H : *Today and tomorrow of alaryngeal voice with an artificial larynx. J Acoust Soc Jpn. 1988 ; 44 : 130-134*

11) Greens JS : *Rehabilitating the laryngectomized patient. Bull Amer Cancer Soc. 1942 ; 24 : 3-4*

12) McRae RG, Pillsbury HR : *A modified intraoral electrolarynx. Arch Otolaryngol. 1979 ; 105 : 360-361*

13) 김기령 · 홍원표 · 김광문 : 시험적 의치형 전기 후두의 어음명료도 및 소나그래프 검사. 대한음성언어학회지. 1989 ; 3 : 6-12

14) Henley JL, Haufeld JN, Jakubczak G : *Artificial larynx prosthesis : comparative-clinical evaluation. Laryngoscope. 1984 ; 94 : 43-45.*