



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

의학석사 학위논문

Bimodal stimulation

(일측 인공와우, 반대측 보청기) 시행 중인

환자 중 이득이 큰 환자군의 특징 분석

Analysis of characteristics of group with large benefit among
the patients using bimodal stimulation

울산대학교 대학원

의 학 과

이 상 훈

Bimodal stimulation

(일측 인공와우, 반대측 보청기) 시행 중인

환자 중 이득이 큰 환자군의 특징 분석

지도교수 정종우

이 논문을 의학석사 학위 논문으로 제출함

2017년 12월

울산대학교대학원

의학과

이상훈

이상훈의 의학석사학위 논문을 인준함

심사위원 안중호 (인)

심사위원 정종우 (인)

심사위원 강우석 (인)

울산대학교대학원

2017년 12월

국문요약

서론 : 인공와우이식 수술 후 소리인지 및 언어 이해에 있어 큰 향상을 보여 청능 재활에 있어 큰 역할을 해주고 있지만, 소음환경에서 편측으로 이식된 인공와우의 효과는 제한적인 경우가 많이 보고되었다. 그 결과 성공적인 인공와우이식 수술 후에도 반대쪽 귀에 보청기를 지속적으로 사용하는 환자들이 다수 있으며, 소음환경에서의 소리분별이나 소리의 방향 분별 등에 있어 이득이 있다고 보고한다. 이는 양이청취의 효과인 것으로 여겨진다. 일측 인공와우이식 수술을 받은 환자에서 양이청취를 시행하는 방법으로는 반대측 귀에 인공와우이식 수술을 시행하는 방법과 반대측 귀에 보청기를 사용하는 bimodal stimulation 방법이 있다. 양이청취의 효과에 대한 선행 연구들의 결과에 따르면, 일측 인공와우이식 단독보다는 양이청취를 시행하는 것이 두영효과(head shadow effect)의 제거, 양이진압 효과 (binaural squelch effect), 양이합산 효과(binaural summation effect) 등을 통해 소음 환경에서의 지각력 향상에 도움을 주는 것으로 알려져 있으며, 위치와 방향 분별력 향상, 소리의 질적 향 등 여러 측면에서 이득이 있는 것으로 보고되었다. 인공와우이식 적응 대상이 되는 고도 난청 환자에서도 저주파수의 잔존청력이 남아있는 경우가 많고, 최근 고출력 고성능 보청기가 개발됨에 따라 일측 인공와우 수술 후 반대측 귀에 보청기를 착용하는 bimodal stimulation 에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 본원에서 일측 인공와우이식 수술을 시행 받은 환자 중 bimodal stimulation 을 지속하고 있는 환자들에서 실제로 어느 정도의 효과가 있는지, 그리고 효과가 큰 환자군은 어떤 특징을 가지고 있는지 분석해 봄으로써, 일측 인공와우이식 수술을 받은 환자들 중 어떤 환자들에게 반대측 귀에 보청기 사용을 적극 권유하고 지속적인 평가를 시행하는 것이 도움될지 알아보고자 하였다.

연구 대상 및 방법: 2000 년 1 월부터 2016 년 1 월까지 본원에서 일측 인공와우이식 수술을 받은 환자 중 반대측 귀에 보청기 사용을 1 년 이상 지속하고 있는 환자를 대상으로 하였다. 연구 대상 환자의 성별, 수술 시행 당시 연령, 청력저하 발병시기, 인공와우 기계 및 보청기 기계, 수술 전 청력 및 보청기측 귀의 잔존청력 여부, 내이 기형 여부 및 동반 장애 여부, 수술 전후 언어평가 결과 등을 리뷰하였다. 잔존 청력 평가를 위해 250Hz, 500Hz, 1000Hz 에서 측정된 청력역치의 산술평균을 이용하였다. 1000Hz 이하 저주파수에서의 청력역치 평균이

90dB 이하인 환자들을 잔존청력이 있는 것으로 정의하였다. 반대측 귀에 보청기를 착용함으로써 얻는 이득에 대해서는 설문을 통하여 평가하였다. Korean version of The Speech, Spatial and Qualities of Hearing scale (K-SSQ) 의 12 문항을 이용하였으며, 설문점수 24 점을 기준으로 bimodal stimulation 의 이득이 큰 군과 큰 이득이 없는 군으로 나누어 각 환자군의 특징을 분석하였다.

결과: 총 49 명의 환자를 대상으로 연구를 진행하였으며, 남자 환자가 27 명 여자 환자가 22 명이었고, 수술 당시의 평균 나이는 6.7 세 (1.1 세 - 45.3 세) 였다. 36 명 (73.5%)의 환자에서 인공와우에 더해 반대측에 보청기를 착용함으로써 추가적인 이득이 큰 것으로 나타났다. 인공와우 단독 사용 시보다 bimodal stimulation 을 시행 하였을 때, 단음절 어음인지율이 평균 8.4% 유의하게 증가하였다. 잔존 청력이 남아 있는 환자는 총 43 명 (87.8%)에서 확인되었고, bimodal stimulation 의 이득이 큰 군에서 잔존청력이 있는 환자의 비율이 유의하게 더 높았다. 수술당시 나이나 조사당시 인공와우 착용 기간, 수술전 보청기 착용 기간, 청력저하 발생시기, 내이기형 유무는 의미있는 차이를 보이지 않았다. K-SSQ12 설문 점수는 연구 환자 전체를 대상으로 평균 22.3 점 (4-39 점) 이었으며, 이득이 큰 군에서는 평균 27.1 점, 이득이 크지 않은 군에서 평균 12.1 점이었다. 설문점수는 보청기 착용 전 저주파수 청력 역치의 평균과 유의한 음의 상관관계를 나타내었으며, 또한 보청기 착용 후의 청력역치 중 250Hz, 500Hz 에서의 역치와 설문점수 간의 유의한 상관관계가 나타났다. 보청기 착용 후의 discrimination 값과 설문점수 사이에도 유의한 상관관계가 확인되었다. 발병시기가 postlingual 환자들에서는 수술 전 보청기 착용을 오래 할수록 K-SSQ12 설문점수가 높은 경향이 관찰되었다.

결론 : 일측 인공와우 단독보다는 bimodal stimulation 을 통한 양이청취가 이득이 있음을 확인할 수 있었으며, bimodal stimulation 의 효과에 대한 설문점수는 저주파수영역의 잔존청력, 보청기 착용 후의 저주파영역 청력역치, 보청기 착용 후의 discrimination 값과 유의한 상관관계를 보였다. 일측 인공와우이식 수술을 시행한 환자에서 반대측 귀에 잔청이 남아있다면 우선적으로 보청기를 착용해보고 그 효과에 대하여 청력검사 및 설문 등을 통하여 파악하는 것이 도움될 것으로 판단된다. 또한 인공와우이식 수술 전 반대측 귀에 보청기를 착용한 적 있는 환자에서는, 보청기를 착용함으로써

discrimination 값이 올라가는 등의 효과가 있었다면 bimodal stimulation 시행 시에도 효과가 클 것으로 기대된다. 따라서 인공와우이식 수술 전 양측에 보청기 착용을 시도해보고 그 효과를 미리 알아두는 것이 추후 결과를 예측하는데 도움 될 것으로 생각된다. 마지막으로 발병시기가 postlingual 인 환자의 경우에 수술 전 보청기 착용을 오래 했다면, bimodal stimulation 을 통해 이득을 볼 가능성이 있음을 염두에 두고 일측 인공와우 수술 후 반대측에 보청기를 적극적으로 사용해보도록 권유하는 것을 좋을 것으로 생각된다.

차 례

요약.....	i
그림목차.....	v
서론.....	1
연구 대상 및 방법.....	8
결과.....	10
고찰.....	20
결론.....	27
참고문헌.....	29

그림목차

표 1. 인공와우 수술 후 결과에 영향을 미치는 인자 2

그림 1. 세가지 양이청취의 효과 (두영 효과, 양이진압 효과, 양이합산 효과)
..... 4

표 2. Characteristics of study patients 13

그림 2. K-SSQ12 설문점수와 low tone threshold 평균과의 상관관계 및 분포도
..... 14

그림 3. Mean unaided threshold in the nonimplanted ear by each frequencies
..... 15

그림 4. Mean aided threshold in the nonimplanted ear by each frequencies.
..... 16

표 3. 보청기 착용 전 주파수별 청력역치와 K-SSQ12 설문점수 간의 상관분석
결과 17

표 4. 보청기 착용 후 주파수별 청력역치, functional gain 값과 K-SSQ12
설문점수 간의 상관분석 결과 18

부록 1 K-SSQ12 설문 문항 19

서론

인공와우는 기능을 잃은 와우를 대체하는 인공 이식물로, 보청기를 사용하여도 효과를 얻을 수 없는 고도 난청 환자들에게 유용한 청력을 제공한다. 1957년 Djourno와 Eyries가 전농환자의 와우에 전극을 삽입하여 전기자극을 통하여 음을 감지했던 케이스를 시작으로 1984년 3M/house 단채널 인공와우가 미국에서 처음으로 임상에 도입되었고, 이후 인공와우이식 수술이 본격적으로 시행되기 시작하였다.¹ 우리나라에서는 1988년 Nucleus 22 채널 인공와우이식 수술이 처음 시행된 이후, 현재까지 약 1만건의 인공와우 이식수술이 시행되었다. 초창기에는 잔존청력이 없는 전농 성인 환자만을 대상으로 하였으나 기계와 수술술기의 발달로 성인뿐만 아니라 소아, 내이 기형이 있는 환자, 잔존청력이 존재하는 환자 등 인공와우이식 수술의 대상범위가 확대되었다.² 또한 2005년 인공와우이식 수술이 국민건강보험의 적용을 받을 수 있게 되면서 수술 사례가 더욱 늘어났다.

와우이식은 고도의 기술을 요하는 수술로서, 와우내로 전극이 삽입되고 외부의 소리신호가 전기신호로 변환되어 와우 내 청신경을 자극하여 뇌에서 소리를 인지하는 과정을 거치게 된다. 인공와우이식의 성공적인 수술 여부는 술 후 청각수행능력을 평가하여 이루어지게 되는데 고도난청환자들의 재활수단으로 와우이식이 보편화가 되면서 이러한 수술 결과에 대한 연구는 술자들의 주된 관심분야가 되었다. 와우이식술의 결과는 이와 관련된 여러 요인들에 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 지금까지 문헌상으로 보고된 인공와우이식 결과에 영향을 미치는 인자들에 대해 표 1에 나타내었다.³

인공와우이식 수술 후 소리인지 및 언어 이해에 있어 큰 향상을 보여 청능재활에 있어 큰 역할을 해주고 있지만, 소음환경에서 편측으로 이식된 인공와우의 효과는 제한적인 경우가 많이 보고되었다.^{4,5} 그 결과 성공적인 인공와우이식 수술 후에도 반대쪽 귀에 보청기를 지속적으로 사용하는 환자들이 다수 있으며, 소음환경에서의 소리분별이나 소리의 방향 분별 등에 있어 이득이 있다고 보고한다. 이에 양이청취 (binaural hearing)에 대한 관심이 높아졌다. 일측 인공와우이식 수술을 받은 환자에서 양이청취를 시행하는 방법으로는 반대측 귀에 인공와우이식 수술을 시행하는 방법과 반대측 귀에 보청기를 사용하는 bimodal stimulation 방법이 있다.

표 1. 인공와우 수술 후 결과에 영향을 미치는 인자

Prognostic factor

<i>Device factor</i>	CI technology	Cording strategy
		Electrode design
<i>Patients factor</i>	Physiology and function	Onset of deafness
		Length of deafness
		Age of implantation
		Auditory neuroplasticity
	Multiple disabilities	Comorbidity
	Perinatal morbidity	Meningitis
	Medical/Surgical issues	Anatomic abnormality
	Preoperative function	Residual hearing
	Education/rehabilitation	Mode of communication
		Education & postimplantation rehabilitation service
<i>Socioeconomic factor</i>	Social factor	Family support
		Socioeconomic status
<i>Recent issues</i>		Preoperative use of hearing aid in CI side
		Surgical approach
		Brand of CI
		Percentage of active electrode
		Bony cochlear nerve canal
		Insertion depth angle
		Genetic mutation
		Duration of CI exposure

양이청취의 효과에 대한 많은 선행 연구들이 진행되었으며, 양이청취를 통하여 얻을 수 있는 대표적인 효과들에 대하여 그림 1 과 같이 나타낼 수 있다.⁶ 첫 번째로 두영효과(head shadow effect)의 제거 혹은 감소이다. 두영효과란 한쪽 측면에서 발생한 소리가 반대쪽 귀로 전달될 때 머리에 의해 소리전달이 방해받아서 소리가 감소되는 현상으로, 이 효과는 머리의 둘레에 비하여 파장이 짧으면 그 영향이 줄어든다. 특히 1500 Hz 이상의 고주파수 영역에서 영향이 큰 것으로 보고되었다. 연구마다 어음 역치 향상에 작용하는 정도는 조금씩 다르지만 bimodal stimulation 을 시행하는 성인에서 1~3dB 가량^{7,8}, 양측 인공와우이식 수술을 받은 성인에서 2~6dB⁹⁻¹¹ 정도의 역치 향상 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

다음으로 양이진압 효과 (binaural squelch effect) 가 발생한다. 이는 원하는 어음과 배경소음을 한쪽 귀로 들을 때보다 양쪽 귀로 들을 때 두가지 소리를 더 효과적으로 분리시키고 소음의 차폐효과를 감소시키는 현상이다. 따라서 일측 인공와우만을 사용할 때에 비해 양이청취를 통해 소음을 더 잘 분리하고 억제하여 소음 환경에서 어음인지에 이득을 볼 수 있다. 이 효과를 통하여 약 2dB 정도 어음 역치 향상에 혜택을 보는 것으로 알려져 있다.¹²

세 번째로 양이합산 효과(binaural summation effect)는 양측 귀를 통해 들어온 소리가 중추신경계에서 합해지면서 나타나는 현상으로, 한쪽 귀로 들을 때보다 양이청취 시 약 3dB 가량 어음 역치에 이득을 볼 수 있다.¹³ 또한 이 효과의 일환으로 특히 소아의 경우 청각 중추의 발달에도 양이청취가 이득을 줄 수 있을 것으로 생각된다.¹¹

이러한 효과들에 의해 어음인지 역치의 향상 뿐만 아니라, 소리의 위치와 방향에 대한 분별력 또한 향상됨이 보고되었다.^{14,15} 이외에도 양이청취는 소리의 질적 향상, 평형감각의 증진, 이명의 억제 등 여러 측면에서 이득이 있는 것으로 보고되었다.^{6,15-19}

이에 대부분의 저자들에서 양이청취의 효과에 대해서는 인정하고 있으며, 일상 생활에 명백한 부정적인 영향이 없다면 모든 일측 인공와우이식 환자에서 반대측 귀에 보청기를 착용하여 양이청취를 적용해 볼 것을 권장하고 있다.^{20,21}

그러나 양이청취의 두가지 방법인 bimodal stimulation 과 양이 인공와우이식의 효과를 비교한 연구가 많지 않고, 그 결과도 다양하여 각 방법의 적응증에

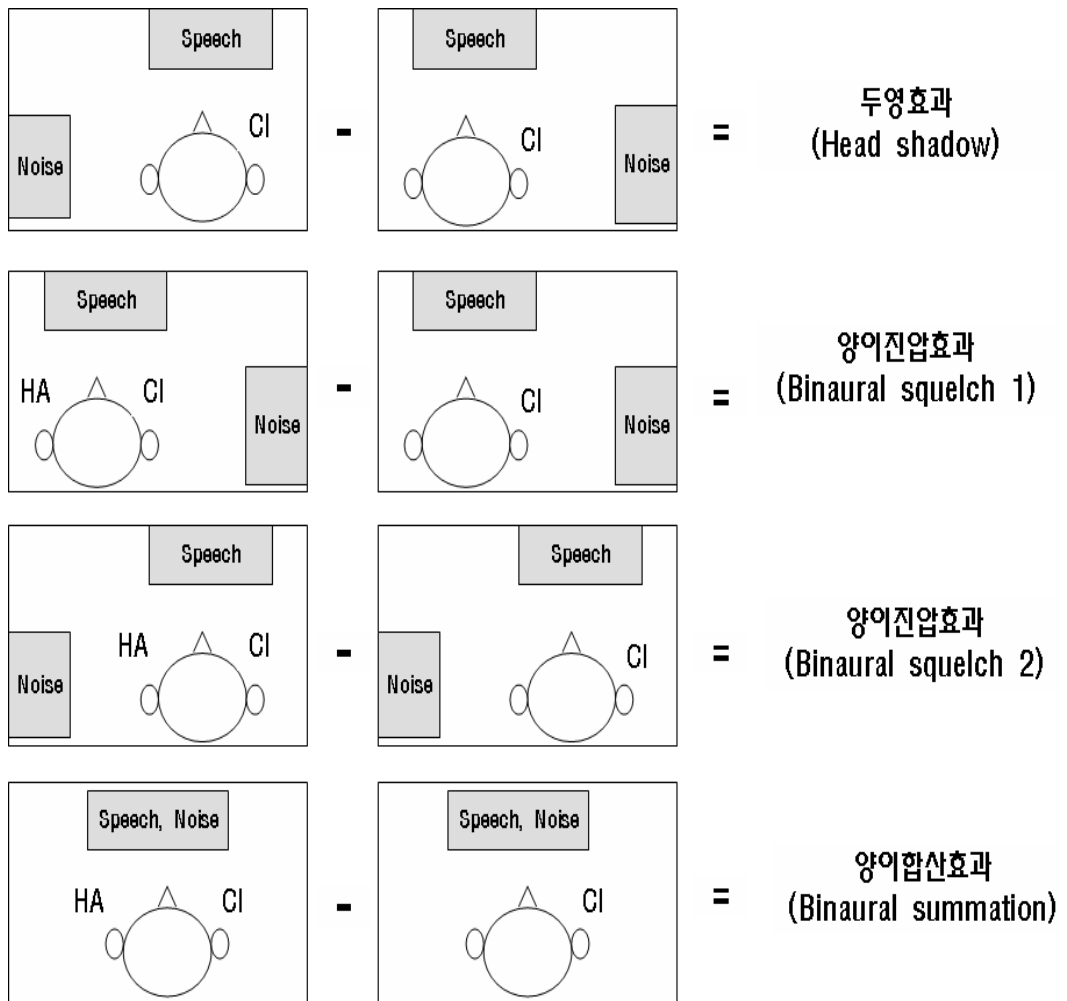


그림 1. 세가지 양이청취의 효과 (두영 효과, 양이진압 효과, 양이합산 효과)

있어 아직 명확한 기준은 없는 상태이다. 두가지 방법을 비교한 선행 연구들을 보면 어음 역치 향상의 효과면에서는 양측 인공와우이식 환자군에서 더 우월한 결과를 보인다는 연구들도 있었고^{22,23}, 2007년 시행된 메타분석 등 일부 연구에서 두 방법 사이에 의미있는 차이가 없다는 연구들도 있었다.²⁴⁻²⁶ 2011년에 시행된 메타분석에서는 bimodal stimulation의 경우 양이 인공와우이식의 경우 보다 양이진압효과 면에서 이득이 조금 떨어진다는 결과가 나오기도 하였다.¹⁸ 소리 위치 분별에 있어서도 두 군의 차이가 없다는 보고도 있었고²⁴, 통계적으로 유의하진 않으나 양이 인공와우이식 환자군에서 수치상 좀 더 나은 결과를 보였다는 발표도 있었다.²⁷ 잔존청력이 남아있는 환자에서는 환경음을 듣거나 소음 환경에서 원하는 음색을 감지하는 데 있어 보청기를 사용한 환자군에서 더 나은 결과를 보이기도 하였으며,²⁸ 저음역 음성 신호가 운율을 제공하기 때문에 소아에서는 bimodal stimulation을 시행한 군에서 언어능력의 생성에 있어 더 나은 결과를 보인다는 보고도 있었다.²⁹

2005년 스페인에서 발표된 international consensus에서 일측 인공와우이식 수술 만으로는 결과가 불만족스러운 경우, 와우 골화가 진행될 가능성이 있는 환자, 직업적으로 양이청취가 필요한 경우, 영구적인 양측 심도난청 환자에서는 반대측 귀에 인공와우이식 수술을 시행하고, 잔존청력이 있는 환자, 반대측 귀에 보청기 사용효과가 좋은 환자, 소아는 정확한 청력을 파악하기 힘들기 때문에 가급적 모든 소아에서는 bimodal stimulation을 시행하자고 제안하였다.³⁰ Ching 등은 bimodal stimulation과 양측 인공와우이식의 결과를 정리한 리뷰 저널을 통해 두가지 방법 모두 일측 인공와우만 적용한 경우에 비하면 명확한 이득이 있으므로 반대측 귀에 양이청취를 위한 어떠한 장치를 착용하는 것이 바람직하다고 주장하면서, 두가지 중 어떤 방법이 개인에게 더 적합한지에 대한 결정을 내리기엔 아직 증거가 부족하다는 결론을 내린 바 있다.¹¹

예전에 비해 인공와우이식 수술의 적용 범위가 확대됨에 따라 수술 대상이 되는 고도 난청 환자에서도 저주파수의 잔존청력이 남아있는 경우가 많고³¹, 최근 고출력 고성능 보청기가 개발되어 잔존청력의 증폭이 용이해져 bimodal stimulation에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 보험적용 문제나 경제적 측면, 수술자체에 대한 부담 등의 이유로 반대측 귀에 인공와우이식을 거부하는 환자들도 상당수 존재하기에, bimodal stimulation은 실제로 많이 이용될 여지가

있을 것으로 생각된다.

그와 더불어 반대측 귀에 보청기를 착용하게 되면, 앞서 기술한 양이청취의 효과에 더하여 보청기와 인공와우 간의 상보작용(complementarity)이 발생할 수 있다. 보청기를 통해 전달되는 저주파영역의 정보와 인공와우를 통해 전달되는 고주파 정보가 결합되어 추가적인 이득이 있을 수 있다는 것이다. 저주파영역의 음은 화자의 음성 기본 주파수(fundamental frequency, F0)에 대한 정보를 포함하는데, 음조를 기반으로 음의 구성 요소를 분리하는데 도움을 주어 여러 화자가 있는 상황에서 음성 인식하는데 도움이 될 수 있다.³² 또한 음조 정보는 유성음과 무성음의 구별, 언어의 어휘 정보뿐만 아니라 억양, 어조와 관련된 정보를 전달한다. 반대로, 고주파수의 음은 자음의 표현 방식 및 위치와 관련된 중요한 언어 정보를 포함한다.³³ 이러한 상보작용을 통해 언어적, 비언어적 의사소통에 이득을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

이처럼 bimodal stimulation에 대한 관심이 높아지면서 국내에서도 bimodal stimulation의 효용성에 관한 연구들이 진행된 바 있다. 임 등³⁴은 잔존청력 정도에 따른 bimodal hearing에 대한 연구를 통하여 잔존청력이 있는 환자에서 인공와우 단독 사용에 비해 향상된 어음인지력을 보였으나, 잔존청력의 정도와 그 효과는 유의한 관계가 없었다고 보고한 바 있다. 허 등³⁵은 반대측 귀에 보청기를 착용함으로써 HINT(Hearing in noise test)에서 수행도가 향상됨을 보고하였다. Bimodal stimulation의 이득에 대하여 객관적 검사와 주관적 설문간에는 정확히 일치하지 않는다고 보고되기도 하였다.³⁶ 소아 환자 중 양측인공와우 환자와 bimodal stimulation을 비교한 보고도 있었으며 두 군 사이에 소리의 위치분별, 어음인지력에 있어 유의한 차이는 없었으나 첫번째 수술한 인공와우 기기 방향에서 소음을 들려주는 상황에서는 양측 인공와우를 착용한 환자에서 조금 더 나은 결과로 보인다고 보고하였다.²⁷

그러나 대부분은 연구에서 대상 환자수가 많지 않았고, 대상 환자군의 특징에 대한 분석은 이루어지지 않은 경우가 많았다. 이에 본원에서 일측 인공와우이식 수술을 받은 후 bimodal stimulation을 지속하고 있는 환자들에서 실제로 어느 정도의 효과가 있는지 확인해보고 이득이 큰 환자들은 어떤 공통적 특징을 갖고 있는지 알아보려고 하였다. 또한 이득이 있는 여부에 대한 평가에 대하여 비용이 드는 검사나 질문 문항이 많은 긴 설문지 보다는, 실제 외래 진료 시 질문

몇 가지로 시행하여도 평가가 가능할지 확인해 보고자 하였으며, 이를 위해 이전에 보고된 설문지 일부 문항을 이용하여 평가 후 기존 보고들과의 결과를 비교해 보기로 하였다.

궁극적으로 효과가 큰 환자들은 어떤 특징을 가지고 있는지 분석해 봄으로써, 일측 인공와우이식 수술을 받은 환자들 중 어떤 환자들에게 반대측 귀에 보청기 사용을 적극적으로 권유할지 결정하는데 도움을 받을 수 있을 것으로 기대하였다.

연구 대상 및 방법

2000 년 1 월부터 2016 년 1 월까지 본원에서 일측 인공와우이식 수술을 받은 환자 중 반대측 귀에 보청기 사용을 지속하고 있는 환자를 대상으로 하였다. 이전 다른 연구에 의하면 bimodal stimulation 을 적용하는 환자의 경우 1 년이상 보청기를 착용하였을 때 최대효과를 나타낸다는 보고가 있어³⁷, 인공와우 수술 후 반대측 보청기 사용을 지속한 기간이 1 년이상 지난 환자만을 연구에 포함하였다. 연구 대상 환자의 성별, 수술 시행 당시 연령, 청력저하 발병시기, 인공와우 기계 및 보청기 기계, 수술 전 청력 및 보청기측 귀의 잔존청력 여부, 내이 기형 여부 및 동반 장애 여부, 수술 전후 언어평가 결과 등을 리뷰하였다. 청력저하의 발병시기는 prelingual 과 postlingual 로 분류하여 분석하였으며, 내이 기형에 대해서는 수술전 시행한 CT 와 MR 그리고 수술장 소견을 종합하여, 보청기 착용하는 귀의 Mondini 기형, 전정도수관 확장증 (Ealarged vestibular aqueduct syndrome), 와우신경관 협착, 와우신경의 무형성과 저형성 등을 모두 포함하였다. 고도난청으로 분류된 환자들에서 주로 1000Hz 이하의 저주파영역에서 잔존청력이 남아 있는 경우가 많고, 기존에 이용되는 3, 4, 6 분법에 의한 청력결과는 이를 충분히 반영하지 못하기 때문에³¹, 잔존 청력 평가를 위해 250Hz, 500Hz, 1000Hz 에서 측정된 청력역치의 산술평균을 이용하였다. 1000Hz 이하 저주파영역에서의 청력역치 평균이 90dB 이하인 환자들을 잔존청력이 있는 것으로 정의하였다.

반대측 보청기 착용으로 인한 이득에 대하여는 설문을 시행하여 평가하였다. 사용된 설문지는 2004 년 Gatehouse 와 Noble 에 의해 처음 도입되어 양이청취에 대한 평가에 널리 사용되는 The Speech, Spatial and Qualities of Hearing scale (SSQ)³⁸ 을 한국어 버전으로 번역한 Korean version of The Speech, Spatial and Qualities of Hearing scale (K-SSQ)³⁹ 를 이용하였으며, 외래에서 보다 간편하고 빠르게 설문조사를 시행하기 위하여 문항 중 일부만 사용하였다. SSQ 는 총 49 문항으로 speech perception, spatial hearing, qualities of hearing 세 영역에 대한 평가를 실시하는 설문지로, 2013 년 Noble 등은 외래 상황 및 임상 연구에서 간편하고 유용하게 이용할 수 있는 The Speech, Spatial and Qualities of Hearing scale 12 (SSQ12) 를 제시한 바 있어⁴⁰, 본 연구에서는 K-SSQ 중 SSQ12 에 해당하는 12 문항을 K-SSQ12 로 명명하여 이용하였으며, 부

록 1 에 표로 첨부하였다. 외래 내원 일자에 연구에 대한 설명 후 동의를 구하고, 설문을 시행하였으며, 내원 일에 완료하지 못한 경우 유선상으로 설문을 완료하였다. 일측 인공와우만 사용 했을 때와 bimodal stimulation 을 시행했을 때를 비교하기 위해, 반대측 귀에 보청기를 추가로 착용하기 전후를 비교하여 각 문항에 대하여 -5 에서 +5 점까지 점수를 매기도록 하였다.

대상 기간 동안 1 년 이상 bimodal stimulation 을 적용한 환자는 총 54 명 이었으며, 이 중 2 명의 환자에서는 추적 기간 중 반대측 인공와우 수술을 시행받아 연구대상에서 제외하였고, 3 명의 환자는 설문에 응답하지 않아 제외되어 총 49 명의 환자가 연구에 포함되었다.

주관적인 이득이 있는 경우 SSQ 설문 점수에서 항목당 평균적으로 +2 점도의 결과를 보인다는 연구가 있어 ⁴¹. K-SSQ12 설문점수에서 각 항목별로 +2 점에 해당하는 총점 24 점을 기준으로 반대측 보청기를 통한 추가적인 이득이 큰 군과 큰 이득이 없는 군으로 나누어 양 군간의 특징을 분석하였다. 통계적 분석을 위해 SPSS 22.0 (IBM, Armonk, NY, USA) 가 사용되었고 분석방법으로는 T-test, Pearson' s Chi-square test, 상관분석을 이용하였다. P-value<0.05 이하를 유의한 값으로 설정하였다.

결과

총 49 명의 환자를 대상으로 연구를 진행하였으며, 남자 환자가 27 명 여자 환자가 22 명이었고, 수술 당시의 평균 나이는 6.7 세 (1.1 세-45.3 세) 였다. 연구 대상 환자의 특성을 bimodal stimulation 에 이득이 큰 군과 이득이 크지 않은 군으로 나누어 표 2 에 요약하였다. 36 명(73.5%)의 환자에서 인공와우에 더해 반대측에 보청기를 착용함으로써 추가적인 이득이 큰 것으로 나타났다. 잔존 청력이 남아 있는 환자는 총 43 명(87.8%)에서 확인되었고, bimodal stimulation 의 이득이 큰 군에서 잔존청력이 있는 환자의 비율이 유의하게 더 높았다. 수술당시 나이나 조사 당시 인공와우 착용 기간, 수술전 보청기 착용 기간 등에는 양 군간의 차이는 없었다. 보청기측 귀에 내이기형이 동반된 환자는 총 20 명(40.8%) 이었다. K-SSQ12 설문 점수는 연구 환자 전체를 대상으로 평균 23.2 점 (4-39 점) 이었으며, 평균 점수에서 양 군간의 유의한 차이가 확인되었다.

K-SSQ12 설문 점수

인공와우만 사용했을 때와 비교하여 반대측 귀에 보청기를 착용한 전후 결과를 파악하기 위해, 각 항목당 -5 점 에서 +5 점을 매기도록 하였고 따라서 총점을 -60 ~ +60 까지 나올 수 있는데, 모든 환자에서 총점은 양의 값을 나타내었다. 최소 점수는 4 점이였으며, 최고점은 39 점이었다. 설문점수는 보청기 착용 전 저주파수 청력 역치의 평균과 유의한 음의 상관관계를 나타내었으며 분포는 그림 2 에 제시되었다. 24 점을 기준으로 하였을 때 bimodal stimulation 을 시행함으로써 주관적으로 큰 이득이 있는 환자는 36 명었다. 이득이 큰 환자군과 뚜렷하지 않은 환자군 간의 K-SSQ12 설문 점수를 비교해 보았을 때, 이득이 큰 환자군의 경우 평균 27.1 점 (25.2-28.8 점, 95% 신뢰구간), 큰 이득이 없는 환자군에서는 평균 12.1 점 (7.2-17.5 점, 95% 신뢰구간) 로 의미 있는 차이를 보였다. ($P < 0.001$)

청력검사 결과 및 보청기측 귀의 잔청 여부

연구 대상 환자 중 43 명 (87.8%) 에서 보청기측 귀에 잔청이 있는 것으로 확인되었다. 두 군을 비교하였을 때 bimodal stimulation 의 이득이 있는 군에서 유의하게 잔청이 있는 환자의 비율이 높았으며, K-SSQ12 설문점수에 있어서도 잔

청이 있는 환자에서 점수가 유의하게 더 높은 것으로 나타났다. ($P=0.009$)
잔존청력의 주파수별 특이성을 확인하기 위해, 두 군의 보청기 착용 전 주파수별 청력역치를 비교해 본 결과, 500Hz, 1000Hz 에서 유의한 차이를 보였다. (그림 3) 보청기 착용 후의 청력역치와 비교해 보았을 때는 250Hz, 500Hz 의 역치가 유의하게 달랐다. (그림 4)

K-SSQ12 설문점수와 청력검사 사이의 상관관계

K-SSQ12 설문점수와 주파수별 청력역치를 보청기 착용 전과 후로 나누어 상관관계를 분석하였다. 보청기 착용 전 250Hz, 500Hz, 1kHz 에서 유의한 음의 상관관계를 나타내었고, (표 3) 보청기 착용 후에는 250Hz, 500Hz 에서 유의한 상관관계가 확인되었다. (표 4)

보청기 착용의 효과와 설문점수 간의 상관관계

보청기 착용에 대한 효과 지표로 SRT 값과 speech discrimination 값을 분석에 이용하였다. SRT 값은 두군 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나 bimodal stimulation 이득이 큰 군에서 aided speech discrimination 값이 유의하게 높게 측정되었다. ($P=0.003$) K-SSQ12 점수 또한 aided speech discrimination 값과 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. (표 4, $P<0.001$, Pearson correlation coefficient=-0.596) 설문점수와 SRT 값과는 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. ($P=0.537$)

어음인지검사 결과

인공와우 단독 사용 시보다 bimodal stimulation 을 시행 하였을 때, 단음절 어음인지율이 평균 8.4% 유의하게 증가하였다.

인공와우를 통한 소리 인지 및 이해의 정도가 크지 않은 경우 반대측에 보청기를 착용함으로써 추가적인 이득을 얻고 있다고 답변한 환자도 있었으나, 인공와우만 착용한 상태에서 시행한 어음인지검사상의 단음절 어음 인지검사 결과에 있어 두 군 사이에서 유의한 차이는 관찰되지 않았다. ($P=0.269$)

수술 전 보청기 착용 기간

두 군 사이에 수술 전 보청기 착용 기간은 유의한 차이를 보이지 않았다. ($P=0.638$) 발병시기가 postlingual 환자들만 따로 분석해 보았을 때 수술 전 보청기 착용을 오래 한 환자에서 K-SSQ12 설문점수가 좀 더 높은 경향을 보였지만 통계적으로 유의하지는 않았다. ($P=0.07$, Pearson correlation coefficient=0.270)

내이 기형 및 동반기형

보청기측 귀에 동반된 내이 기형이 20 명의 환자에서 확인되었으며, 이득이 큰 군에서 16 명, 이득이 작은 군에서 4 명이나 군 사이에 유의한 차이는 없었다. ($P=0.394$) Mondini 기형이 9 명으로 가장 많은 비율을 차지하였고, 정정도수관 확장증이 7 명, vestibular anomaly 2 명, 와우신경 저형성이 2 명으로 나타났다. 이 중 4 명은 선천성 기형 증후군으로 진단된 환자로 다른 부위의 기형이 동반되어 있었다.

표 2. Characteristics of study patients ($n = 49$)

	Bimodal benefit (+) (n=36)	Bimodal benefit (-) (n=13)	P-value
성별, 남/여	17/19	10/3	0.067
Prelingual/postlingual	18/18	9/4	0.241
수술당시 나이 (세)	12.9 (1.5-42.8)	13.4 (1.1-45.3)	0.917
인공와우 착용 기간 (개월)	76.1 (21-130)	88.0 (17-203)	0.429
수술 전 보청기 착용 기간 (개월)	69.5 (3-396)	70.3 (3-300)	0.960
보청기측 귀 잔존 청력, 없음/있음	3/33	3/10	<0.05
내이 기형, 없음/있음	20/16	9/4	0.395
K-SSQ12 점수 (SD)	27.1 (6.27)	12.1 (9.11)	<0.001

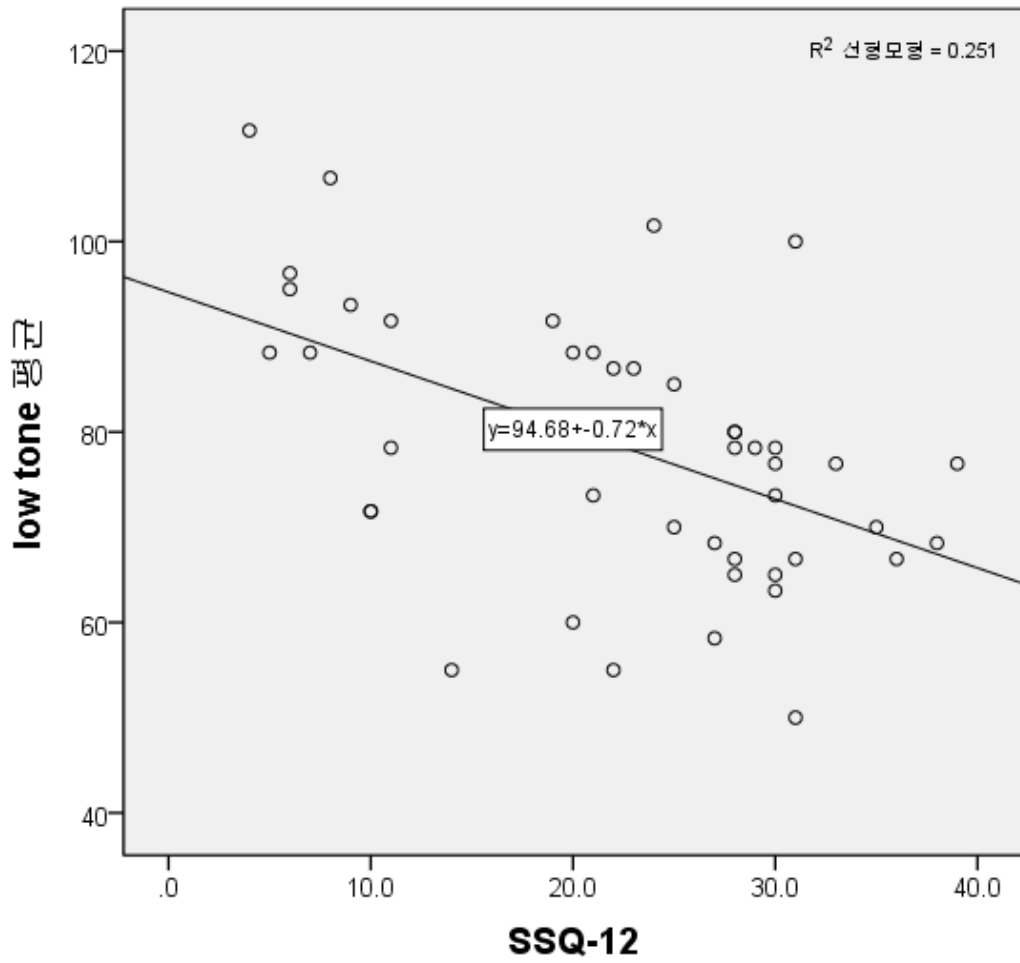


그림 2. K-SSQ12 설문점수와 low tone threshold 의 평균사이의 상관관계 및 분포도

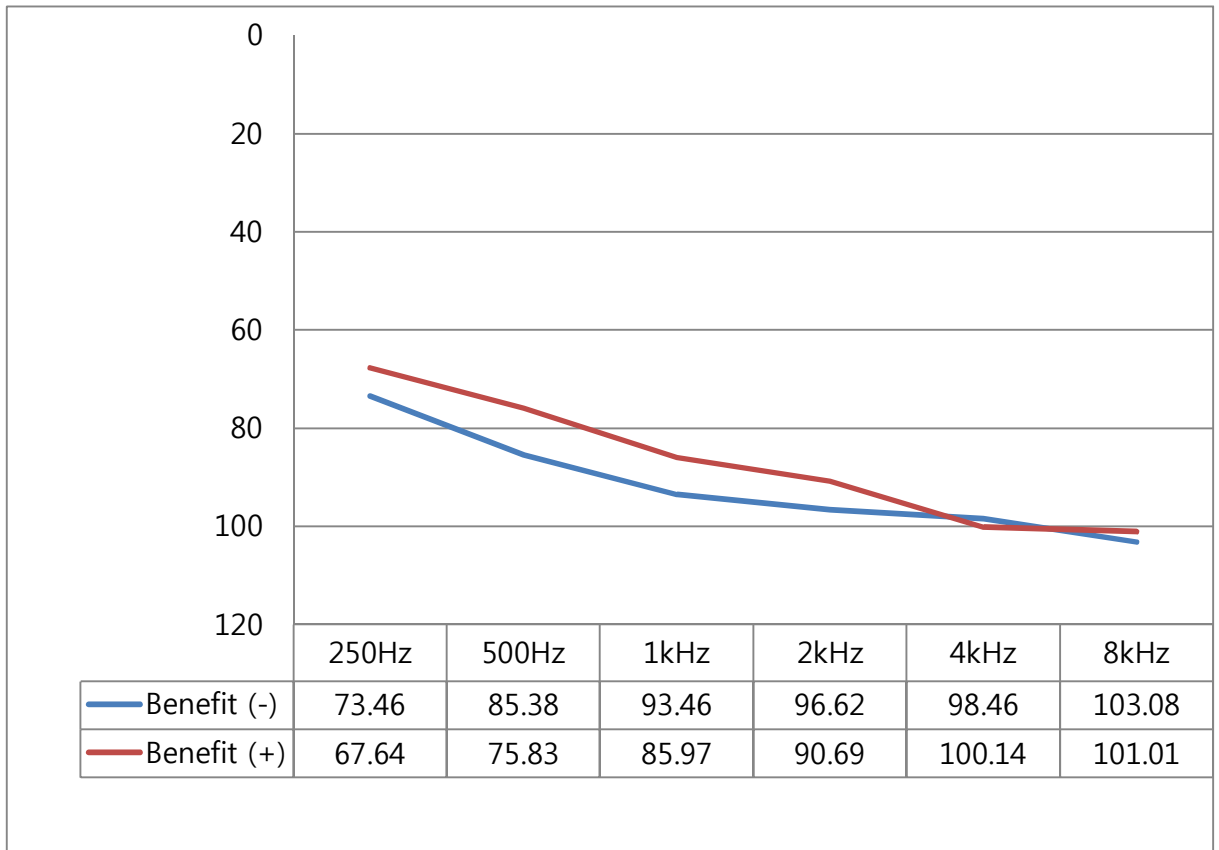


그림 3 Mean unaided threshold in the nonimplanted ear by each frequencies.
 (* indicates statistically significant differences)

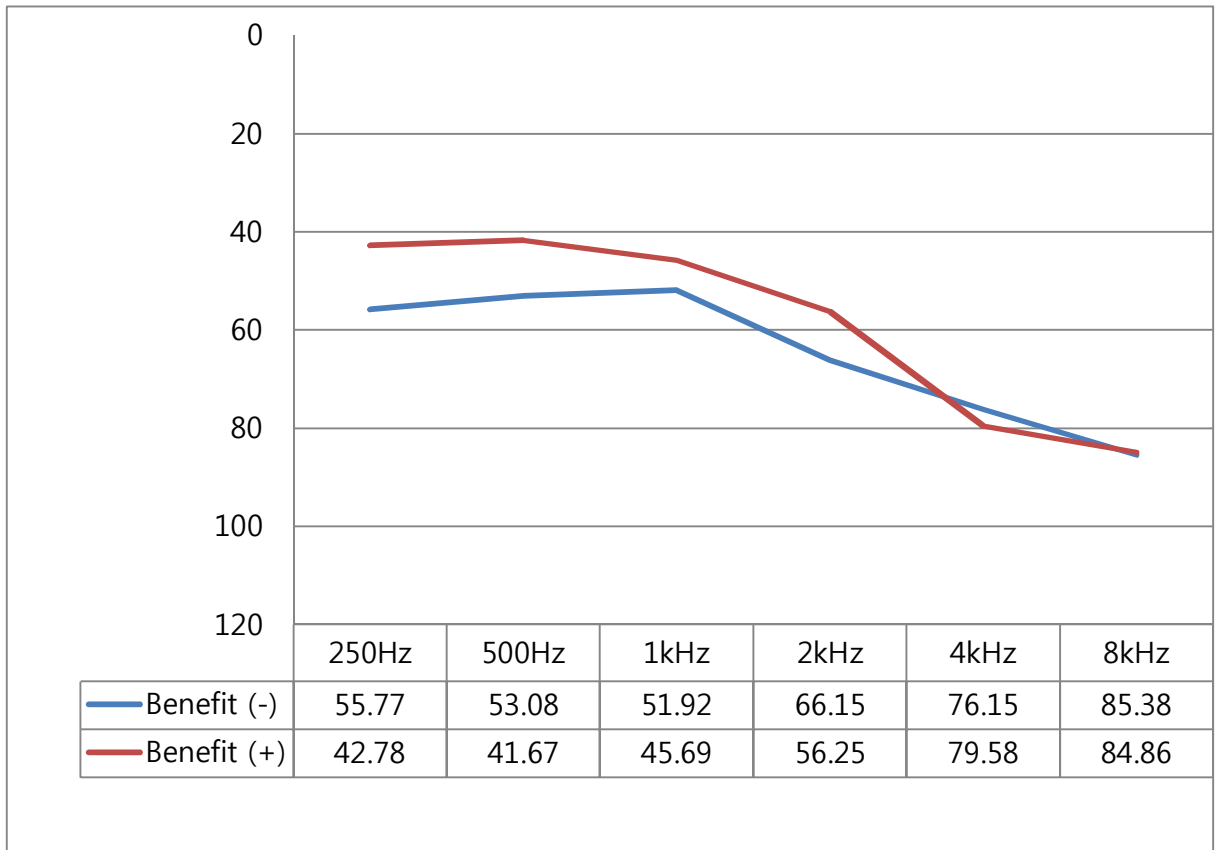


그림 4 Mean aided threshold in the nonimplanted ear by each frequencies.

(* indicates statistically significant differences)

표 3. 보청기 착용 전 주파수별 청력역치와 K-SSQ12 설문점수 간의 상관분석 결과

	Pearson 상관계수	<i>P</i> -value
Unaided hearing threshold		
250Hz	-0.400	0.004
500Hz	-0.518	<0.001
1000Hz	-0.433	0.002
2000Hz	-0.275	0.056
4000Hz	-0.173	0.235
8000Hz	-0.342	0.160

표 4. 보청기 착용 후 주파수별 청력역치, functional gain 값과 K-SSQ12 설문점수 간의 상관분석 결과

	Pearson 상관계수	P-value
Aided hearing threshold		
250Hz	-0.297	0.038
500Hz	-0.323	0.024
1000Hz	-0.252	0.080
2000Hz	-0.260	0.071
4000Hz	-0.151	0.300
8000Hz	-0.192	0.187
Aided SRT	0.090	0.537
Aided discrimination	0.596	<0.001

부록 1. K-SSQ12 설문 문항

Index	질문내용	더 불편하다			차이없다			매우 도움된다				
		-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Speech 1	당신은 TV 가 켜 있는 방에서 누군가와 대화할 때 TV 볼륨을 줄이지 않고도 그 사람의 대화를 잘 이해합니까?											
Speech 4	당신은 소음이 있는 환경 (예, 시끄러운 식당)에서 5 명 정동의 사람들과 얼굴을 마주보며 앉아 있을 때 그 사람들의 대화를 잘 알아듣습니까?											
Speech 10	당신이 누군가와 대화하고 있을 때 동시에 TV 에서 들리는 뉴스가 듣고 싶다면, 당신은 그 사람의 대화와 TV 속 뉴스 내용 두 가지 모두를 이해할 수 있습니까?											
Speech 11	당신이 많은 사람들이 대화하고 있는 시끄러운 방에서 한 명의 대화에 집중하고 싶을 때 그 사람의 대화를 잘 알아듣습니까?											
Speech 12	당신은 말하는 사람이 무작위로 바뀌며 대화가 이어지는 상황 (예, 그룹토론)에서 화자가 바뀔 때마다 새로운 화자가 말하는 첫 부분을 놓치지 않고 대화를 쫓아가며 잘 이해할 수 있습니까?											
Spatial 6	당신이 야외에서 있을 때 개 짖는 소리가 크게 들렸다면 그 개의 위치를 눈으로 확인하지 않고 소리만으로 그 개가 어디에 있는지 알 수 있습니까?											
Spatial 9	당신은 소리만 듣고 버스나 트럭이 얼마나 멀리 떨어져 있는지 알 수 있습니까?											
Spatial 13	당신은 버스나 트럭의 소리만을 듣고 그 차가 당신을 향하고 있는지 아니면 반대로 당신으로부터 멀어져 가고 있는지를 알아차릴 수 있습니까?											
Quality 2	당신이 두 가지 이상의 소리를 동시에 들었을 때, 그 소리들이 뒤섞인 한 개의 소리로 들린 편이었습니까?											
Quality 7	당신에게 친숙한 악기들로 연주된 음악을 들었다면 어떤 악기들이 사용되었는지 알 수 있습니까?											
Quality 9	당신이 주로 듣게 되는 주위 소리들이 (음악, 환경을 모두) 당신에게 깨끗하고 분명하게 들립니까?											
Quality 14	당신이 다른 사람이 말하는 것을 들으려고 할 때 많이 집중을 해야 합니까?											

고찰

양이청취는 두영효과의 제거, 양이진압 효과, 양이합산 효과 등을 통하여 소음 환경에서의 언어지각력 향상에 도움을 주며⁶, 양쪽 귀로 들어오는 소리의 시간차, 강도차를 통해 소리나는 위치와 방향 분별에 도움을 준다.⁴² 특히 소음 환경에서의 언어이해에 도움을 주는 것으로 알려져 있다. 또한 대뇌 청각 피질의 양측을 자극함으로써 중추 청각계 발달에도 도움을 준다.¹¹ 일측 인공와우이식 수술 환자에서 양이청취를 위한 방법으로 반대측 귀에 인공와우이식을 추가로 시행하는 방법과 반대측 귀에 보청기를 착용하여 bimodal stimulation 하는 방법이 있으며, 이러한 방법을 통한 양이청취의 효과를 일측 인공와우 착용과 비교한 선행연구들이 진행되었다. Ching 등¹⁶은 2004년 21명의 일측 인공와우를 사용중인 성인환자를 대상으로 반대측 귀에 보청기를 착용함으로써 조용한 환경 및 소음환경에서의 문장지각력, 방향분별력, 설문조사점수 모두에서 더 좋은 점수를 보인다는 보고를 하였으며, 소아 환자 29명을 포함하여 2006년에 인공와우에 더해 보청기를 착용함으로써 어음인지도가 10~20% 향상되는 결과를 보이며 방향분별력 검사 상에도 더 좋은 수행력을 보인다고 보고하였다.⁴³ 자가 설문지를 이용한 다른 연구에서는 일측 인공와우 수술, 양측 인공와우 수술, bimodal stimulation 의 세 그룹 중 주관적인 효과면에서 가장 낮은 점수가 나오기도 하였지만⁴⁴, 저자는 이에 대해 인공와우가 충분한 효과를 나타내는 환자에서는 보청기 사용을 중단하고, 인공와우의 효과가 충분하지 못한 환자들에서 보청기 사용을 지속하여 이런 환자들이 연구에 다수 포함되었기 때문에 나타난 결과일 것이라고 제시하였다. 이렇듯 서론에서 언급한 바와 같이 양이청취를 통한 효과가 있음은 대부분의 저자들이 동의하지만, 양측 인공와우이식 수술을 시행하는 것과 반대측에 보청기를 사용하는 방법 사이에는 장단점이 있어 명확한 기준이 확립되지 않은 상태이다.^{11,30}

반대측에 인공와우이식 수술을 하는 경우, 대부분의 환자에서 일측 인공와우만으로 어음인지가 가능하여 반대측 인공와우 수술로 첫 수술과 같은 큰 효과를 얻기 어려우며 고가의 비용 및 전신마취를 감수해야한다는 단점이 있고²², 인공와우의 경우 제한된 음의 스펙트럼이 사용자에게 전달되기 때문에 소리의 질적인 면, 음의 즐거움 및 멜로디 인식에 대한 부분에서 제한이 많은 것으로 알려져 있다.^{45,46} 반면 반대측에 보청기를 착용하는 것은 시행이 용이하고 저주파수

의 음이 갖는 특징인 음조, 음색을 감별하는 능력을 보청기를 통해 강화하여 자연스러운 소리를 듣는데 도움을 주고 소음 환경에서 원하는 음을 찾는 데 더 도움이 된다는 장점이 있다.²⁸ 또한 많은 환자들이 정확한 청력검사가 어려운 어린 나이에 인공와우 수술을 시행하기 때문에 특히 소아에서는 bimodal stimulation을 원하는 추세이다. 게다가 보청기의 발달도 bimodal stimulation에 대한 관심이 더욱 높아졌다.

그러나 이전 문헌들에서는 bimodal stimulation 대상 환자군의 특징에 대한 분석은 이루어지지 않은 경우가 많았다. 이에 본원에서 일측 인공와우이식 수술을 받은 후 bimodal stimulation을 지속하고 있는 환자들에서 양이청취 효과를 평가해 보고, 대상 환자의 특성에 따라 결과를 해석해 보고자 하였다. 49 명의 환자를 대상으로 K-SSQ12 설문검사를 시행하였으며, 이득이 큰 환자들의 특성을 파악하기 위해 수술 전후 청력검사 결과 및 보청기 착용 전후의 청력검사 결과를 비롯한 인공와우 착용기간, 보청기 착용 기간 등을 리뷰하였다.

우선 전체 환자를 대상으로 하여 전체 환자를 대상으로 하여 분석해 보았을 때 어음인지검사의 단음절 검사에서 인지율이 인공와우 단독 사용 시보다 bimodal stimulation을 하였을 때 평균 8.4% 유의하게 증가하는 것을 확인하였다. 이전 연구들을 살펴보면 일부에서는 bimodal stimulation 시행 후 어음인지력이 감소하는 경우가 있다는 보고도 있지만^{6,24}, 대부분의 연구 및 meta 분석 등에서는 bimodal stimulation이 어음인지에 도움을 주는 것으로 나타났으며 본 연구의 결과도 이와 같은 결과를 나타내었다.^{11 25,43} bimodal stimulation을 통한 이득의 정도는 보고마다 달랐는데, Jang 등⁴⁷은 조용한 환경에서 평균 9.6%, 소음 환경에서 5.4% 추가적인 이득을 보는 것으로 보고한 바 있으며, Ching 등은 성인에서 12%, 소아에서 17% 가량 이득이 있다고 보고한 바 있다.⁴³

보청기 착용 전과 후를 비교하여 추가적인 이득이 있는지 확인하기 위해 설문조사 당시 각 항목당 -5 점 ~ +5 점의 점수를 매기도록 하였는데, 본 연구에서는 총점이 음의 값을 보인 환자는 관찰되지 않았다. 모든 연구 대상 환자에서 설문점수 총점이 양의 값을 나타냈다는 것도 다른 연구들처럼 bimodal stimulation 시행 시 도움된다는 것과 일맥상통 하는 것으로 생각할 수 있으나 보청기를 착용했을 때 추가적인 이득이 없다고 느꼈던 환자들은 이후 지속적인 bimodal stimulation을 시행하지 않아 연구 대상에 적게 포함되어 이러한 결과에 영향

을 주었을 수 있다. SSQ 설문을 이용한 다른 연구에서는 bimodal stimulation 을 시행한 상태의 판정을 위해 0 ~ 10 scale 진행된 설문이 많았고, 점수의 평균은 37.5% ~ 62.8% 로 문헌마다 조금씩 다르게 보고되었다.^{35,36,48} 본 연구의 설문점수는 -5 ~ +5 점으로 했을 때 평균 23.2 점이었으며, 백분율로 환산하면 38.7% 로 이전 연구들과 비슷하지만 약간 평균점수가 낮은 양상이었다.

연구 대상 환자에 있어 특징적인 점은 대상 환자의 대부분인 43 명 (87.8%) 에서 보청기측 귀에 잔존청력이 있었다는 것이다. 이는 잔존청력이 남아 있어 보청기를 끼도록 적극 권유했던 환자들만이 bimodal stimulation 을 유지했을 가능성이 크며, 본 연구에서 반대측 귀에 1 년 이상 보청기를 착용한 환자만을 대상으로 하였기 때문에 생긴 일종의 선택 바이어스가 작용했을 것으로 생각된다.

본 연구의 결과를 보면 bimodal stimulation 을 시행함으로써 큰 이득을 얻은 환자군에서 잔존청력이 남아있는 환자의 비율이 유의하게 높았으며, 잔존청력이 있는 경우 설문조사 점수도 높게 나온 것을 확인할 수 있다. 주파수별로 분석해보았을 때, 저주파수 영역, 특히 500, 1000Hz 에서의 청력역치가 양 군 간에 유의하게 차이 났으며, 250, 500, 1000Hz 에서의 청력역치와 K-SSQ12 설문점수가 유의한 음의 상관관계를 나타내었다. 이는 잔존청력이 남아 있는 환자 경우 인공와우이식 수술 후 결과가 좋은 것으로 알려져 있으며⁴⁹, 저음부의 잔존 청력의 역치가 bimodal 사용 정도와 만족도에 유의한 영향을 미친다는⁵⁰ 선행 연구들과 어느정도 합치되는 결과이다. 주파수에 따른 분석을 시행했던 이전 연구의 결과를 보면 Ching 등⁴³ 은 500, 1000, 2000Hz 에서의 잔존청력 정도와 bimodal 이득의 정도와는 의미있는 상관관계가 없다고 보고한 바 있고, Scorpecci 등⁵⁰ 은 250, 500Hz 에서의 잔존청력 역치가 90dB 보다 좋은 경우 반대측에 보청기를 더 많이 착용하게 되며 125, 250, 500Hz 에서의 청력역치의 평균이 bimodal stimulation 의 결과에 영향을 주는 것으로 보고하였다. 연구마다 1000Hz 에 대한 결과가 조금씩 다르긴 하지만 본 연구의 결과를 포함하여 대부분의 연구에서 저주파영역의 청력역치가 유의한 결과를 나타내는 양상을 보였다.^{43,50,51} 이는 인공와우의 대상이 되는 환자들에서 잔존청력이 대부분 저주파영역에 남아있으며, 이 저주파영역의 소리를 증폭시킴으로써 bimodal stimulation 의 특징인 보청기와 인공와우 간의 상보작용이 잘 발휘될 수 있기 때문인 것으로 생각된다. 임 등³⁴ 은 저주파수영역의 잔존청력의 정도에 초점을 두어 250, 500, 1000Hz 에서의

청력역치의 평균이 90dB 보다 좋은 군과 나쁜 군으로 나누어 비교해 보았을 때, 잔존청력이 좋은 군에서 단음절 어음인지율에 있어 전체적으로 좋은 결과를 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다고 보고한 바 있다. 그러나 본 연구에서는 cut-off 값을 정하여 분석하지는 않았지만 설문점수와 상관을 분석했을 때 250, 500, 1000Hz 와 유의한 상관관계가 나타났는데, 이는 전체 대상 환자수의 차이도 있고, K-SSQ12 설문이 소음상황에서의 어음인지력 뿐만 아니라 위치, 방향 분별, 소리의 질 등을 종합적으로 평가하기 때문에 나타나는 결과로 볼 수도 있을 것이다.

다음으로 보청기 착용 후의 청력검사 결과와 K-SSQ12 결과를 비교하기 위해, 보청기 착용후의 각 주파수별 청력역치 및 SRT 값, discrimination score 를 분석에 이용하였다. 그 결과 이득이 큰 군과 이득이 크지 않은 군에서 250, 500Hz 에서의 보청기 착용 후 청력역치가 유의한 차이를 보였다. 다음으로 설문점수와 상관을 분석하였을 때, 마찬가지로 250, 500Hz 에서의 역치와 유의한 음의 상관관계를 보였으며, SRT 값은 유의한 관계가 없었고 discrimination 값은 의미있는 양의 상관관계를 보였다. 이전 연구들을 살펴보면, 2012 년 윤 등⁵² 은 보청기 착용 후 1000Hz 이하의 주파수영역에서 청력역치 평균이 bimodal stimulation 의 결과에 유의한 영향을 미친다고 보고하였으며, 다른 연구에서는 보청기 착용 후 청력역치의 평균이 50dB 보다 좋은 경우에 어음인지나 소리방향 분별에 있어 인공와우 단독보다 유의한 효과를 나타낸다고 보고 하기도 하였다.⁴⁷ 2015 년 2247 명을 대상으로 양측인공와우 이식과 bimodal stimulation 의 효과를 비교하기 위하여 미국에서 시행된 다기관 연구에서는 보청기측 잔존청력의 정도가 소음상황에서의 어음인지에 중요한 영향을 미치며, discrimination 값도 유의한 상관관계가 있다고 보고하였다.⁵³ 또한 조용한 환경과 소음환경 모두에서 어음인지력에 있어서는 양측 인공와우를 사용하는 경우가 bimodal stimulation 보다 더 나은 결과를 보이지만, bimodal 의 경우 보청기 착용 후 discrimination 값이 60% 보다 좋을 경우 양측 인공와우를 시행한 환자과 같은 결과를 보인다고 하였다. 본 연구와 이전 연구들의 결과를 종합 해 볼 때, SRT 값은 저주파영역보다는 회화영역에서의 청력을 더 비중있게 반영하기 때문에 보청기의 효과에 주안을 둔 설문점수와는 유의한 상관관계가 없었던 것으로 생각 된다. 반면 discrimination 값이 높을수록 설문점수가 높은 것으로 나타났는데,

이 discrimination 값이 높다면 양이청취를 통해 얻을 수 있는 공간인지나 소리의 질 향상에 있어서의 효과도 높게 나타날 수 있으며, discrimination 값은 단순히 언어 인지 및 이해의 정도만 반영하는 것이 아니라 이런 종합적인 것들을 반영할 수 있는 수치이기 때문에 나타나는 결과로 생각해볼 수 있다. 또한 이 결과를 토대로 볼 때, 인공와우 수술 전에 양측 귀에 일정기간 보청기를 착용하여 그 효과를 확인해본다면 추후 bimodal stimulation 의 이득을 예측하는 데 도움될 것으로 생각된다. 이는 인공와우이식을 시행할 귀 선택 방법에 있어, 비교적 잔존청력이 좋은 쪽은 보청기 착용을 위해 남겨두고 잔존청력이 안 좋은 쪽에 인공와우이식을 시행하는 것을 선호한다⁵⁴ 는 보고와 어느정도 연관성이 있을 것이다. 여기서 또 하나 생각해야할 점은 인공와우이식의 경우 어린 나이에 수술이 시행되는 경우가 많은데 소아에서는 청력검사 정확하지 않을 수 있으므로, 소아에서는 수술 전 확인했던 보청기의 효과가 크지 않다고 여겨지더라도 bimodal stimulation 을 우선적으로 권유하는 것을 도움될 것으로 판단된다.

같은 맥락에서 수술 전 보청기를 착용한 기간이 길다는 것은 보청기를 통해 그만큼의 이득이 보고 있다는 것을 의미할 것이라 생각하여 양 군 간의 보청기 착용 기간에 있어 차이가 있는지, 보청기 착용기간과 설문점수 간에 유의한 상관관계가 있는지에 대하여 분석하였다. 두 군 사이에 보청기 착용기간에 있어서는 차이가 없었으며, 보청기 착용기간과 설문점수 사이에도 의미 있는 결과는 나타나지 않았다. 다만 postlingual 환자만 대상으로 분석하였을 때에는, 통계적으로 유의하지는 않았지만 보청기 착용을 오래 한 환자에서 K-SSQ12 설문점수가 좀 더 높은 경향을 보였다. 유사한 결과를 보인 연구로 2009 년 허 등³⁵ 은 postlingual 난청인 10 명과 건청성인 10 명을 대상으로 한 연구에서 HINT 평균 결과값이 인공와우 반대측 귀에 보청기를 오래 착용했거나 난청기간이 길수록 좋은 것으로 보고한 바 있다. Prelingual 환자의 경우 대부분 소아이고 보청기를 3~6 개월 정도 짧게 착용해 본 후 수술을 시행한 경우가 많아 본 연구에서 모든 환자를 대상으로 결과를 분석했을 때에는 관계가 없는 것으로 나왔고 postlingual 환자만 대상으로 하였을 때는 어느정도 경향이 나타났을 것으로 생각된다.

인공와우를 통하여 소리 인지 및 이해에 큰 도움을 받고 있지 못한 성인 환자에서 반대측에 보청기를 착용함으로써 추가적인 이득을 크다고 답변한 환자도

있었으나, 인공와우만 착용한 상태에서 시행한 단음절 어음인지검사 결과에 있어 두 군 사이에서 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 다른 연구에서는 인공와우 착용기간이 길수록, 인공와우를 착용 한 상태의 2000Hz 청력역치가 좋을수록 SSQ 설문점수가 높다는 보고도 있었으나³⁵, 본 연구에서는 인공와우 착용 후의 청력역치나 어음인지 결과와 설문점수 간에는 유의한 상관관계가 나타나지 않았다.

내이기형 유무를 살펴보았을 때 보청기측 귀에 동반된 내이 기형이 20 명의 환자에서 확인되었으며, 이득이 큰 군에서 16 명, 이득이 작은 군에서 4 명으로 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. Mondini 기형이 9 명으로 가장 많은 비율을 차지하였다. 기형이 동반된 환자 수가 많지 않아 종류별로 분석을 시행해 보지 못했지만, 보청기측 귀에 내이기형의 존재유무 자체보다는 동반된 기형의 종류가 청신경의 기능에 영향을 주는 지가 중요하게 작용할 것으로 생각된다. 또한 내이 기형의 경우 시간이 지남에 따라 청력이 점차 나빠지는 기형도 있으며 이런 경우에 어느 시점에 검사 및 설문조사를 했는지가 결과에 영향을 줄 수 있을 것이다. 실제로 본 연구에서도 추적 기간 중 반대측에 인공와우이식 수술을 시행하여 제외된 환자 중 2 명이 내이 기형이 있던 환자였으며, bimodal stimulation 이 초기에는 효과가 있었지만 시간이 지나면서 점차 효과가 떨어져 반대측에 인공와우이식 수술을 시행하였다고 답하였다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있을 것으로 생각된다. 첫번째로 본 연구는 bimodal stimulation 을 1 년 이상 시행한 환자를 대상으로 하였는데, 반대측 귀에 1 년 이상 보청기를 착용한 했다는 것은 어느 정도 효과가 있었기 때문에 사용을 지속했을 것이므로 연구 대상 환자 선정에 있어 선택 바이어스의 가능성이 있을 수 있다. 설문 점수상 총점이 음의 값이었던 환자가 없었던 것이 이를 반영하는 것으로 생각된다. 또한 주관적인 설문조사 결과를 바탕으로 분석했다는 점에서 한계점이 있으며, K-SSQ12 설문지 같은 경우 청각인지와 관련한 여러 척도와 관련된 문항들이 포함되어 있어 전체적인 파악에는 도움이 되지만, 문항수가 많지 않아 각 척도 별로 분석하기에는 제한 사항이 있다는 점도 또 하나의 한계점으로 볼 수 있다. 그리고 설문 조사를 특정 시점에 일괄적으로 시행하여 분석을 진행하였기에, 조사 시점이 환자 개개인별로 인공와우이식 수술을 시행 받은 후 기간, 반대측 귀에 보청기를 착용한 기간이 다르다는 점도 분석결과에

영향을 주었을 가능성이 있다. 따라서 추후 연구에서는 일측 인공와우이식 수술 후 반대측에 보청기 착용을 시작한 시점부터 일정 간격으로 설문을 시행하여 시기별로 양상을 분석해 본다면 좀 더 bimodal stimulation 이득 정도를 잘 예측할 수 있는 분석이 가능할 것으로 생각된다.

결론

결론적으로 일측 인공와우 단독보다는 bimodal stimulation 을 통한 양이청취가 이득이 있음을 확인할 수 있었으며, bimodal stimulation 의 효과에 대한 주관적인 만족도는 저주파수영역의 잔존청력, 보청기 착용 후의 저주파영역 청력역치, 보청기 착용 후의 discrimination 값과 유의한 상관관계를 보였다.

따라서 일측 인공와우이식 수술을 시행한 환자에서 반대측 귀에 잔청이 남아있다면 우선적으로 bimodal stimulation 을 적용해보고 그 효과에 대하여 청력검사 및 설문 등을 통하여 파악하는 것이 도움될 것으로 판단된다. Bimodal stimulation 의 효과에 대하여 주관적인 설문점수와 객관적 검사 결과 간에 정확히 일치하지 않다는 보고도 있기 때문에³⁶, 효과 판정에 있어 검사 뿐만 아니라 설문조사나 면담 등이 필수적일 것으로 생각된다. 특히 bimodal stimulation 을 적용함으로써 얻는 주관적인 이득이 없다면, 반대측 귀에 보청기를 착용하는 그 행위 자체를 하지 않게 될 가능성이 크기 때문에 이러한 주관적인 검사의 결과가 bimodal stimulation 을 지속적으로 사용할지 결정하는데 있어 중요한 역할을 할 것으로 생각된다.

본 연구 결과만으로는 어떤 환자에서 bimodal stimulation 적극적으로 권유할지 반대측 인공와우이식 수술을 하는 것이 도움이 될지에 대하여 결론 내리기 힘들지만, 우선 bimodal stimulation 을 시행해 본 후 그 효과를 먼저 확인해 보고, 이 결과에 따라 환자, 보호자와 상의하는 것이 좋을 것이다. 기존 보고들에 따르면 양측귀에 인공와우를 착용한 경우와 bimodal stimulation 을 시행하는 것에는 각각의 장단점이 있기 때문에, 환자 개개인 별로 현재 상태에서 어떤 요소들에서 불편하고 어떤 요소들에서 더 혜택을 볼 수 있는지에 따라 두 가지 방법 중에 선택하는 것이 좋을 것이다.

또한 인공와우이식 수술 전 반대측 귀에도 보청기를 착용한 적 있는 환자라면 보청기를 꺼서 discrimination 값이 올라가는 등의 효과가 있었다면 bimodal stimulation 시행 시에도 효과가 클 것으로 기대된다. 따라서 인공와우이식 수술 전 양측에 보청기 착용을 시도해보고 그 효과를 미리 알아두는 것이 추후 결과를 예측하는 데 도움 될 것으로 생각된다.

마지막으로 발병시기가 postlingual 인 환자의 경우에 수술 전 보청기 착용을 오래 했다면, bimodal stimulation 을 통해 이득을 볼 가능성이 있음을 염두에

두고 일측 인공와우 수술 후 반대측에 보청기를 적극적으로 사용해보도록 권유하는 것을 좋을 것으로 생각된다. 그러나 어떤 시점까지 보청기를 써보고 그 효과를 판정하는 것이 정확할지에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

참고 문헌

1. Djourno A, Eyries C: [Auditory prosthesis by means of a distant electrical stimulation of the sensory nerve with the use of an indwelt coiling]. *Presse Med* 65:1417, 1957
2. Parkinson AJ, Arcaroli J, Staller SJ, et al: The Nucleus® 24 Contour™ cochlear implant system: adult clinical trial results. *Ear and Hearing* 23:41S-48S, 2002
3. Jang JH, Lee SH: Updates in Prognostic Factors of Cochlear Implantation. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery* 57:738-747, 2014
4. Fetterman BL, Domico EH: Speech recognition in background noise of cochlear implant patients. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery* 126:257-263, 2002
5. Hamzavi J, Franz P, Baumgartner WD, et al: Hearing performance in noise of cochlear implant patients versus severely-profoundly hearing-impaired patients with hearing aids. *Audiology* 40:26-31, 2001
6. Dunn CC, Tyler RS, Witt SA: Benefit of wearing a hearing aid on the unimplanted ear in adult users of a cochlear implant. *J Speech Lang Hear Res* 48:668-80, 2005
7. Middlebrooks JC, Green DM: Sound localization by human listeners. *Annu Rev Psychol* 42:135-59, 1991
8. Mencher GT, Davis A: Bilateral or unilateral amplification: is there a difference? A brief tutorial. *Int J Audiol* 45 Suppl 1:S3-11, 2006
9. Tyler RS, Noble W, Dunn C, et al: Some benefits and limitations of binaural cochlear implants and our ability to measure them. *Int J Audiol* 45 Suppl 1:S113-9, 2006
10. Bronkhorst AW, Plomp R: Effect of multiple speechlike maskers on binaural speech recognition in normal and impaired hearing. *J Acoust Soc Am* 92:3132-9, 1992
11. Ching TY, van Wanrooy E, Dillon H: Binaural-bimodal fitting or bilateral implantation for managing severe to profound deafness: a review. *Trends Amplif* 11:161-92, 2007
12. Bronkhorst AW, Plomp R: The effect of head-induced interaural time and level differences on speech intelligibility in noise. *J Acoust Soc Am* 83:1508-16, 1988
13. Hawkins DB, Prosek RA, Walden BE, et al: Binaural loudness summation in the

hearing impaired. *J Speech Hear Res* 30:37-43, 1987

14. Potts LG, Skinner MW, Litovsky RA, et al: Recognition and localization of speech by adult cochlear implant recipients wearing a digital hearing aid in the nonimplanted ear (bimodal hearing). *J Am Acad Audiol* 20:353-73, 2009

15. Seeber BU, Baumann U, Fastl H: Localization ability with bimodal hearing aids and bilateral cochlear implants. *J Acoust Soc Am* 116:1698-709, 2004

16. Ching TY, Incerti P, Hill M: Binaural benefits for adults who use hearing aids and cochlear implants in opposite ears. *Ear Hear* 25:9-21, 2004

17. Mok M, Grayden D, Dowell RC, et al: Speech perception for adults who use hearing aids in conjunction with cochlear implants in opposite ears. *J Speech Lang Hear Res* 49:338-51, 2006

18. Schafer EC, Amlani AM, Paiva D, et al: A meta-analysis to compare speech recognition in noise with bilateral cochlear implants and bimodal stimulation. *Int J Audiol* 50:871-80, 2011

19. Illg A, Bojanowicz M, Lesinski-Schiedat A, et al: Evaluation of the bimodal benefit in a large cohort of cochlear implant subjects using a contralateral hearing aid. *Otol Neurotol* 35:e240-4, 2014

20. Fielden CA, Kitterick PT: Contralateral acoustic hearing aid use in adult unilateral cochlear implant recipients: Current provision, practice, and clinical experience in the UK. *Cochlear Implants Int* 17:132-45, 2016

21. Firszt JB, Reeder RM, Skinner MW: Restoring hearing symmetry with two cochlear implants or one cochlear implant and a contralateral hearing aid. *J Rehabil Res Dev* 45:749-67, 2008

22. Brown KD, Balkany TJ: Benefits of bilateral cochlear implantation: a review. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 15:315-8, 2007

23. Muller J: [Bilateral cochlear implants]. *Hno* 65:561-570, 2017

24. Litovsky RY, Johnstone PM, Godar SP: Benefits of bilateral cochlear implants and/or hearing aids in children. *Int J Audiol* 45 Suppl 1:S78-91, 2006

25. Schafer EC, Amlani AM, Seibold A, et al: A meta-analytic comparison of binaural benefits between bilateral cochlear implants and bimodal stimulation. *J Am Acad Audiol*

18:760-76, 2007

26. Mok M, Galvin KL, Dowell RC, et al: Spatial unmasking and binaural advantage for children with normal hearing, a cochlear implant and a hearing aid, and bilateral implants. *Audiol Neurootol* 12:295-306, 2007

27. Choi JE, Moon IJ, Kim EY, et al: Sound Localization and Speech Perception in Noise of Pediatric Cochlear Implant Recipients: Bimodal Fitting Versus Bilateral Cochlear Implants. *Ear Hear* 38:426-440, 2017

28. Kong YY, Stickney GS, Zeng FG: Speech and melody recognition in binaurally combined acoustic and electric hearing. *J Acoust Soc Am* 117:1351-61, 2005

29. Nitttrouer S, Chapman C: The effects of bilateral electric and bimodal electric-acoustic stimulation on language development. *Trends Amplif* 13:190-205, 2009

30. Offeciers E, Morera C, Muller J, et al: International consensus on bilateral cochlear implants and bimodal stimulation. *Acta Otolaryngol* 125:918-9, 2005

31. Chang JE, Bai JY, Zeng FG: Unintelligible low-frequency sound enhances simulated cochlear-implant speech recognition in noise. *IEEE Trans Biomed Eng* 53:2598-601, 2006

32. Assmann PF, Summerfield Q: Modeling the perception of concurrent vowels: vowels with different fundamental frequencies. *J Acoust Soc Am* 88:680-97, 1990

33. Miller GA, Nicely PE: An analysis of perceptual confusions among some English consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America* 27:338-352, 1955

34. Lim EJ, Lee KY, Kim YH, et al: Effect of Bimodal Hearing in Speech Perception Under Noisy Environment According to Residual Hearing. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 52:29-35, 2009

35. 허지혜, 이재희: 인공와우와 보청기 양이착용이 K-HINT 수행도에 미치는 혜택. *청능재활* 5:60-70, 2009

36. Heo JH, Lee JH, Lee WS: Bimodal benefits on objective and subjective outcomes for adult cochlear implant users. *Korean J Audiol* 17:65-73, 2013

37. Luntz M, Shpak T, Weiss H: Binaural-bimodal hearing: concomitant use of a unilateral cochlear implant and a contralateral hearing aid. *Acta Otolaryngol* 125:863-9, 2005

38. Gatehouse S, Noble W: The Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ). *Int J Audiol* 43:85-99, 2004
39. Kim BJ, An Y-H, Choi J-W, et al: Standardization for a Korean Version of the Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale: Study of Validity and Reliability. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 2017
40. Noble W, Jensen NS, Naylor G, et al: A short form of the Speech, Spatial and Qualities of Hearing scale suitable for clinical use: the SSQ12. *Int J Audiol* 52:409-12, 2013
41. Laske RD, Roosli C, Pfiffner F, et al: Functional Results and Subjective Benefit of a Transcutaneous Bone Conduction Device in Patients With Single-Sided Deafness. *Otol Neurotol* 36:1151-6, 2015
42. Ching TY, Hill M, Brew J, et al: The effect of auditory experience on speech perception, localization, and functional performance of children who use a cochlear implant and a hearing aid in opposite ears. *Int J Audiol* 44:677-90, 2005
43. Ching TY, Incerti P, Hill M, et al: An overview of binaural advantages for children and adults who use binaural/bimodal hearing devices. *Audiol Neurootol* 11 Suppl 1:6-11, 2006
44. Noble W, Tyler R, Dunn C, et al: Unilateral and bilateral cochlear implants and the implant-plus-hearing-aid profile: comparing self-assessed and measured abilities. *Int J Audiol* 47:505-14, 2008
45. Gfeller K, Woodworth G, Robin DA, et al: Perception of rhythmic and sequential pitch patterns by normally hearing adults and adult cochlear implant users. *Ear Hear* 18:252-60, 1997
46. Gfeller K, Christ A, Knutson J, et al: The effects of familiarity and complexity on appraisal of complex songs by cochlear implant recipients and normal hearing adults. *J Music Ther* 40:78-112, 2003
47. Jang JH, Lee JH, Chang SO, et al: Effect of aided hearing in the nonimplanted ear on bimodal hearing. *Otol Neurotol* 35:e270-6, 2014
48. Farinetti A, Roman S, Mancini J, et al: Quality of life in bimodal hearing users (unilateral cochlear implants and contralateral hearing aids). *Eur Arch Otorhinolaryngol* 272:3209-15, 2015

49. Chiossi JSC, Hyppolito MA: Effects of residual hearing on cochlear implant outcomes in children: A systematic-review. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 100:119-127, 2017
50. Scorpecci A, Giannantonio S, Pacifico C, et al: Bimodal Stimulation in Prelingually Deaf Children: Lessons from a Cross-sectional Survey. *Otolaryngol Head Neck Surg* 155:1028-1033, 2016
51. Lee SH, Lee KY, Huh MJ, et al: Effect of bimodal hearing in Korean children with profound hearing loss. *Acta Otolaryngol* 128:1227-32, 2008
52. Yoon YS, Shin YR, Fu QJ: Clinical selection criteria for a second cochlear implant for bimodal listeners. *Otol Neurotol* 33:1161-8, 2012
53. Blamey PJ, Maat B, Baskent D, et al: A Retrospective Multicenter Study Comparing Speech Perception Outcomes for Bilateral Implantation and Bimodal Rehabilitation. *Ear Hear* 36:408-16, 2015
54. Francis HW, Yeagle JD, Brightwell T, et al: Central effects of residual hearing: implications for choice of ear for cochlear implantation. *The Laryngoscope* 114:1747-1752, 2004

영문요약

Introduction : Although cochlear implantation plays a major role in the rehabilitation of the hearing by showing a great improvement in the perception of speech and language understanding, the effects of implanted device in the noisy environment have been reported to be limited. As a result, there are many patients who continue to use hearing aids in the opposite ear after successful cochlear implantation. They report that they benefit from sound discrimination in the noisy environment and sound discrimination. This is thought to be the effect of binaural hearing. There are two methods of performing binaural hearing in patients who have underwent unilateral cochlear implantation; bilateral cochlear implantation or bimodal stimulation. (using hearing aids in the opposite ear) According to the results of previous studies on the effects of binaural hearing, removal of head shadow effect, binaural squelch effect and binaural summation effect are known to help improve the perception of sound in noise environment. And it has been reported that there is a gain in various aspects such as improvement of sound localization & sound quality. There are many cases of residual hearing of low frequency among the patients who are candidate to cochlear implantation and as the high performing hearing aids developed, interest in bimodal stimulation after unilateral cochlear implantation is increasing. The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of bimodal stimulation in patients who underwent unilateral cochlear implantation, and to investigate the characteristics of patients with large effect group.

Materials & Methods : We enrolled the patients who underwent unilateral cochlear implantation from January 2000 to January 2016 and who were using hearing aids in opposite ear for more than one year. We reviewed gender, age at the time of surgery, age at onset of hearing loss, cochlear implant and hearing aid devices, presence of residual hearing, presence of inner ear anomaly. We used the arithmetic mean of the hearing thresholds

measured at 250Hz, 500Hz, and 1000Hz for residual hearing. Patients with a hearing threshold below 90 dB below 1000 Hz were defined as having residual hearing. The benefits of wearing hearing aids in the opposite ear were assessed through questionnaires. Twelve items in the Korean version of The Speech, Spatial and Qualities of Hearing scale (K-SSQ) were used. Based on the questionnaire score of 24, the characteristics of each group were analyzed by dividing them into large benefit of bimodal stimulation group and no benefit group.

Results : A total of 49 patients were enrolled in this study. There were 27 male and 22 female patients. The mean age at operation was 6.7 years (range 1.1 to 45.3 years). In 36 patients (73.5%), additional benefit was shown by wearing a hearing aid on the opposite ear. When bimodal stimulation was performed, the monosyllabic word recognition rate increased significantly 8.4% on average. Patients with residual hearing were identified in 43 patients (87.8%), and the proportion of patients with residual hearing was significantly higher in group with a large benefit of bimodal stimulation. There was no significant difference in age at operation, duration of cochlear implantation, duration of hearing aid preoperatively, duration of hearing loss, and presence of inner ear anomaly. The questionnaire scores showed a significant correlation with the low-frequency hearing threshold before wearing the hearing aid, and a significant correlation was found between the threshold at 250 Hz and 500 Hz and the questionnaire score after wearing the hearing aid. There was also a significant correlation between the discrimination score and the questionnaire score after wearing the hearing aid. In postlingual deaf patients, the longer the period of wearing the hearing aid, the higher the questionnaire score was.

Conclusion : Bimodal stimulation was more effective than unilateral cochlear implantation alone. The questionnaire scores on the effect of bimodal stimulation showed a significant correlation with residual hearing

in the low frequency, low frequency hearing threshold after wearing the hearing aid, and discrimination score after wearing the hearing aid. In patients who have undergone unilateral cochlear implantation, it is helpful to use hearing aids on the opposite ear first, and to check their effectiveness through audiometry and questionnaires. In addition, in patients who have been wearing hearing aids in the contralateral ear before the cochlear implantation, if the hearing aid has effectiveness such as increasing the discrimination score, it is expected to be large benefit in the case of bimodal stimulation. Therefore, it would be helpful to try the hearing aids on both sides before the cochlear implant and to know the effect in advance.