

## 미세증가감수지수검사와 자기청력검사를 이용한 난청 유형의 감별 진단

### Differential Diagnosis on the Types of Hearing Loss using Short Increment Sensitivity Index(SISI) Test and Bekesy Audiometry

김진동<sup>1</sup>, 전계록<sup>1</sup>, 왕수건<sup>2</sup>, 신범주<sup>3a</sup>

(Jin Dong Kim<sup>1</sup>, Gye Rok Jeon<sup>1</sup>, Soo Geon Wang<sup>2</sup>, and Bum Joo Shin<sup>3a</sup>)

#### Abstract

As using recruitment phenomenon, SISI test and Bekesy audiometry are employed to differentially diagnose both the cochlear hearing loss and the retrocochlear hearing loss. The main purpose of this study is to find out the sensitivity and specificity of the SISI test within the scope of 1 KHz to 4 KHz in diagnosing various types of hearing losses. In this study, the Bekesy audiometry was conducted for Bekesy audiograms of certain groups according to Jerger's classification, which included persons with normal hearing and patients with hearing impairment. Subject persons of the SISI test were categorized into the several groups with normal hearing, mild hearing loss, moderate hearing loss, moderate-severe hearing loss and severe hearing loss, respectively. The sensitivity and specificity of certain groups were evaluated according to the SISI scores of 20 % below, 25 ~ 65 %, and more than 70%. Also, the Bekesy audiometry is conducted on the several subject groups with normal hearing, mixed hearing loss, and sensori-neural hearing loss.

**Key Words** : SISI test, Bekesy audiometry, Sensitivity, Specificity

#### 1. 서론

일반적으로 난청 (hearing loss)의 유형은 순음 청력검사 (pure tone audiometry, PTA), 즉 기도 청각역치 (air conduction threshold) 결과와 골도 청각역치 (bone conduction threshold) 결과를 비교하여 전음성난청 (conductive hearing loss, C-HL), 혼합성난청 (mixed hearing loss, M-HL), 감각신경성난청 (sensori-neural hearing loss, SNHL) 등으로 구분한다[1].

전음성 난청은 전음기관인 외이나 중이의 장애로 발생하는 난청이며, 감각신경성 난청은 와우나 청신경 (VIIIth nerve)에 병변이 있을 때 발생하는 난청을 의미한다. 그리고 감각신경성 난청은 그 병변의 부위가 내이에 있는지 혹은 그보다 상부에 있는지에 따라 미로성 난청(cochlear hearing loss)과 후미로성 난청(retrocochlear hearing loss)으로 구분할 수 있다. 미로성 난청은 와우의 유모세포의 장애로 인해 발생하는 난청으로 소음성난청 (noise induced hearing loss)과 이독성 약물에 의한 난청이 대표적이다. 후미로성 난청은 청신경에서부터 뇌간에 이르는 신경 경로의 장애로 발생하는 난청으로 청신경 종양 등이 있다. 혼합성 난청은 전음성 난청과 감각신경성 난청이 혼재한 경우를 의미한다[1,2].

누가현상 (loudness recruitment)이란 역치상 가 청음역이 축소되어 역동범위가 좁아져 있기 때문

1. 부산대학교 의학전문대학원 의공학교실  
2. 부산대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실  
3. 부산대학교 바이오메디컬공학과  
(경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 50)  
a. Corresponding Author : bjshin@pusan.ac.kr  
접수일자 : 2009. 6. 9  
1차 심사 : 2009. 6. 29  
심사완료 : 2009. 7. 21

에 역치상 작은 음의 크기 (sound intensity) 변화에도 민감하게 반응하는 현상을 나타낸다. 즉 내이의 유모세포, 특히 외유모세포의 손상이 원인인 미로성 난청인은 역치상 작은 음의 크기 변화에 민감하게 반응한다[3]. 정상인의 경우 역치상 자극음의 강도가 증가함에 따라 주관적인 음의 크기 (loudness)가 비례적으로 증가한다. 전음성 난청이 있으면 와우에 도달하는 음의 크기가 전음 기관의 손실만큼 전달이 되지 않지만 역치상 자극음의 강도의 증가에 따른 주관적인 음의 크기의 증가는 정상과 비슷한 양상을 나타낸다. 미로성 난청인은 청력손실이 존재하면서도 불쾌 역치(uncomfortable level)는 정상 청력과 비슷하다[2].

미로성 난청일 경우 누가현상은 세 가지, 즉 완전 누가현상 (complete recruitment), 불완전 누가현상 (incomplete recruitment), 과 누가현상(hyper-recruitment)으로 구분할 수 있다. 완전 누가현상은 역치상 자극음의 강도가 증가함에 따라 정상인의 주관적인 소리의 크기에 대한 감각과 비슷하게 따라가는 현상을 나타낸다. 불완전 누가현상은 역치상의 자극음이 증가함에 따라 정상인의 주관적인 소리의 크기에 대한 감각에 결코 도달하지 못하고, 정상인과 같이 비례적으로 증가하지 않는 현상을 나타낸다. 과 누가현상은 역치상 자극음이 증가함에 따라 주관적인 소리크기에 대한 감각이 정상인의 감각을 초과하는 현상을 나타낸다[2].

후미로성 난청일 경우에는 누가현상과 반대되는 역치상 자극음의 강도가 증가함에 따라 주관적인 소리크기의 감각이 비례적으로 증가하지 않고 서서히 나타나며, 정상인의 감각에 도달하지 않는 decruitment 현상을 나타낸다. 즉, 불쾌역치는 완전 누가현상에서는 정상인과 거의 비슷하고, 불완전 누가현상과 decruitment 현상에서는 정상인보다 높으며, 과 누가현상에서는 정상인보다 낮다[2].

따라서 누가현상이 양성인 경우 유모세포의 병변을 나타내는 것으로 미로성 난청과 후미로성 난청의 감별에 도움을 주는 검사로 사용되어 왔다[2].

누가현상을 이용한 검사법은 양측귀교대평형 (alternative binaural loudness balance, ABLB) 검사, 일측귀평형검사 (monaural loudness balance, MLB) 검사 등이 있으나, 양측귀의 난청이 비슷한 경우 사용할 수 없는 단점을 지니고 있다. 또한 음의 크기의 판별 역치를 측정하여, 정상귀의 역치와 비교하는 방법으로 진폭 변조법과 두음 비교법이 있으며, 이 방법들은 양측성 난청일 때 사용 가능하나 정량화가 어렵고 신빙성이 낮은 단점을 지니

고 있다. 따라서 이러한 검사법들의 문제점을 보완하고, 검사법의 규격화와 간편화를 위해 미세증가 감수지수 (short increment sensitivity index, SISI) 검사법이 제안되었다. SISI 검사법은 일정 강도의 역치상 순음을 연속적으로 들려주나 일정한 시간이 경과한 후 측정 주파수별로 짧은 시간 동안 음의 크기를 약간씩 증가시키면서 청력을 검사하는 방법이다. 그리고 측정 주파수별로 SISI에 의해 증폭된 음의 크기를 감지하는 능력을 백분율로 표시하는 검사법으로 일측성 난청뿐만 아니라 양측성 난청인 경우에도 적용될 수 있음이 증명되었다[3,4].

자기청력검사 (Bekesy audiometry) 역시 단속음 (interrupted tone)과 연속음 (continuous tone)의 차이와 상·하 쪽의 차이로 Jerger 분류법에 따라 청력 역치 평가와 더불어 누가현상 측정에 사용할 수 있다[5].

우리나라의 경우 IT 강국으로 각 가정마다 한 대 이상의 컴퓨터를 지니고 있으며, 인터넷을 이용하여 많은 정보를 획득하고 있다. 따라서 컴퓨터를 기반으로 한 순음청력검사 시스템을 개발할 경우 난청 증후를 나타내는 환자가 병원을 내원하지 않고도 자신의 청각 역치를 측정할 수 있다[6-9]. 그러나 컴퓨터 기반의 순음청력검사 시스템 개발에는 다음과 같은 여러 가지 난제들이 존재하고 있는 실정이다. 먼저, 청력검사에 사용되는 음에 대한 보정이 어렵다. 다음으로 골도 진동기가 구비되어 있지 않은 장소에서 순음청력검사를 시행할 경우 헤드폰을 통해 기도 최소가청역치만을 측정할 수 있다. 이런 경우 난청의 정도와 기도 최소가청역치의 변이 현상은 알 수 있으나, 난청의 유형을 판단할 수 없어 실제적으로 순음청력검사라고 할 수 없다.

본 연구에서는 현재까지 순음을 이용한 달팽이관의 기능 검사 중 누가현상을 이용하여 미로성 난청의 감별 진단을 위해 사용된 SISI 검사와 자기청력검사를 이용하여 난청의 유형을 판별하고자 하였다.

## 2. 검사 방법

### 2.1 실험 대상군

검사 대상은 총 188귀로 정상인 63 귀, 전음성 난청 30 귀, 혼합성 난청 30 귀, 감각신경성 난청 65 귀 등으로 선정하였다. 실험을 시행하기 이전에

이학적 검사를 시행하여 고막의 상태를 확인한 후 고막 운동성 검사와 순음청력검사를 시행하여 난청의 유형을 감별하였다.

전음성 난청의 경우에는 기도 역치는 정상보다 상승되어 있으나 골도 역치는 정상인 경우를 의미한다. 그리고 감각신경성 난청은 기도와 골도의 역치가 동반 상승되어 있으면서, 기도-골도 역치차이 (air-bone gap)가 10 dB HL(hearing level) 이내일 경우이다. 혼합성 난청은 기도와 골도 역치가 동반 상승되어 있으나, 기도 골도 최소 가청역치의 차이가 10 dB HL 이상인 경우로 정한다. 난청 정도는 ISO 1964 의 기준에 따라 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz의 산술평균을 구하여 판정하고 있다[1].

## 2.2 실험 방법

본 연구에서는 SISI 검사를 위해 측정 주파수 영역을 1 KHz와 4 KHz 를 사용하였다. 해당 주파수의 기도 역치보다 20 dB 상승시킨 역치상 순음을 지속적으로 들려주다 5 dB 상승시킨 순음을 200 ~ 250 ms 동안 들려주는 방식으로 20회 반복하여 인가되는 순음을 감지하는 훈련을 시킨 후 최종적으로 1 dB 상승된 순음을 20회 들려주고 이에 대한 감지 능력을 백분율로 나타내어 진단에 활용한다. 자기청력검사는 측정 주파수영역을 0.125 ~ 8 KHz 까지 선정하고 인가하는 순음은 0 ~ 120 dB HL 까지로 선정하였다. 선정된 주파수 영역에서 인가하는 순음을 연속음과 단속음으로 구분하여 측정하였으며, Jerger의 분류에 따라 청력도를 구분하였다.

## 2.3 판별 기준

SISI 검사 결과의 누가현상 판정은 1 dB 순간 증감 음에 대한 인지율 70 % 이상일 경우 완전누가현상, 25 ~ 65 % 일 경우 불완전누가현상, 20 % 이하인 경우 누가현상 음성으로 판정하였다[3]. 그리고 완전 누가현상일 경우에는 감각신경성 난청, 누가현상 음성일 경우에는 전음성 난청, 불완전 누가현상일 경우에는 혼합성 난청으로 판정하였다.

자기청력검사의 청력도(Bekesy audiogram)는 X-Y 그래프로 기록되며, X축은 주파수, Y축은 음의 크기를 나타낸다. 따라서 검사시간에 따른 주파수와 음의 크기 변화가 동시에 측정되어 진다. 검사시간이 경과함에 따라 자극음의 주파수는 연속적으로 증가하며, 자극음의 크기는 측정 대상자의 인지 능력에 따라 가변된다. 즉 측정 대상자가 인

가되는 자극음에 반응을 할 경우에는 다음에 인가되는 자극음의 크기는 감소하고 반응이 없을 경우에는 자극음의 크기는 증가한다. 자극음은 연속음과 단속음을 사용하며 청력역치나 역치의 상·하폭 등의 반응 결과를 비교 평가하여 정상과 누가현상을 판별한다[5].

자기청력검사의 결과는 Jerger 분류 I형에서 Jerger 분류 IV형으로 구분하였다. Jerger 분류 I형은 연속음과 단속음의 역치는 비슷하나 역치의 상·하폭이 3 dB에서 20 dB까지 평균 10 dB 이내인 경우이며, 정상인이나 전음성 난청에서 주로 관찰된다. Jerger의 분류 II형 청력도는 1 KHz 이하의 자극에서는 I형과 같으나 1 KHz 이상의 자극에서는 연속음 자극에 대한 역치가 단속음 자극에 대한 역치보다 저하되어 청력도상 아래로 그려지나, 차이는 20 dB 이내로 하였다. 고주파수 영역에서는 연속음 자극일 경우 측정 대상자의 응답이 자극음 진폭이 5 dB 이내로 좁아지나, 단속음 자극일 경우 자극음 진폭이 10 ~ 20 dB 정도로 넓어지는 경향을 나타내는 경우이다. III형 청력도는 매우 낮은 주파수에서부터 단속음과 연속음의 자극에 의한 역치차이가 현저히 증가되어 1 KHz 부근에서 청력검사의 최대 강도 한계에 도달할 정도가 되어 역치 측정이 불가능하게 되지만 역치의 상·하폭에는 큰 차이가 나지 않는 경우로 주로 후미로성 난청인 청신경 종양과 급성 감각신경성 난청에서 나타난다. IV형 청력도는 연속음과 단속음 자극시 역치가 일정한 범위내(20 dB 이내)의 차이를 보이는 것은 II형과 유사하나 IV형에서는 1 KHz 이하의 저음역에서도 역치 차이가 발생하는 것이 다르다. 연속음 자극시 고주파수 음역에서 역치의 상·하폭이 약간 작아질 수도 있다. 주로 후미로성 난청에서 나타난다[5].

자기청력검사 결과 제 II형 청력도로 나타날 경우 누가현상이 존재하는 것으로 생각하여 감각신경성 난청, III형과 IV형 청력도는 누가현상이 없는 감각신경성 난청으로 판정하였다. 그 외 I형 청력도는 정상이나 혼합성 난청으로 판정하였다.

본 연구에서는 순음청력검사로 난청의 유형을 감별 진단한 결과와 SISI 검사를 이용하여 난청의 유형을 감별 진단하기 위해 민감도와 특이도를 구한 결과를 비교 평가하였다. 그리고 자기청력검사의 결과는 난청 유형별로 Jerger 분류에 따라 구분하여 난청 유형의 감별 진단의 유의성을 관찰하고자 하였다.

### 2.3.1 SISI 검사 결과의 민감도와 특이도 구하는 방법

SISI 검사 결과를 이용하여 난청의 유형을 감별 진단하기 위해 민감도와 특이도를 구하는 방법은 표 1에서부터 표 3까지와 같다. 식 (2.1), (2.2)와 같다.

표 1. 1 KHz와 4 KHz에서 SISI 점수가 20% 이하인 경우 민감도와 특이도.

**Table 1.** Sensitivity and specificity in SISI scores of 20 % below at frequencies of 1,000 and 4,000 Hz.

TP	SISI scores of 25 % below, CHL
FN	SISI scores of 25 % below, MHL or SNHL
TN	SISI scores of 25 % & more, MHL or SNHL
FP	SISI scores of 25 % & more, CHL

Legend:

- TP: true positive, - FN: false negative,
- TN: true negative, - FP: false positive,
- CHL: conductive hearing loss,
- MHL: mixed hearing loss,
- SNHL: sensorineural hearing loss

표 2. 1 KHz와 4 KHz에서 SISI 점수가 25 ~ 65 % 이하인 경우 민감도와 특이도.

**Table 2.** Sensitivity and specificity in SISI scores of 25~65 % at frequencies of 1,000 and 4,000 Hz.

TP	SISI scores of 25 ~ 65 %, MHL
FN	SISI scores of 25 ~ 65 %, CHL or SNHL
TN	SISI scores of 25 % below or 70 % & more, CHL or SNHL
FP	SISI scores of 25 % below or 70 % & more, MHL

표 3. 1 KHz와 4 KHz에서 SISI 점수가 70 % 이상인 경우 민감도와 특이도.

**Table 3.** Sensitivity and specificity in SISI scores of 70 % & more at frequencies of 1,000 and 4,000 Hz.

TP	SISI scores of 70 % & more, SNHL
FN	SISI scores of 70 % & more, CHL or MHL
TN	SISI scores of 70 % below, CHL or MHL
FP	SISI scores of 70 % below, SNHL

SISI 검사 결과를 이용하여 난청의 유형을 감별 진단하기 위해 민감도와 특이도를 산출하는 수식은 다음과 같다.

$$Sensitivity = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad (2.1)$$

$$Specificity = \frac{TN}{(TN+FP)} \quad (2.2)$$

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 정상인에서 SISI 점수의 민감도

정상인을 대상으로 실험을 수행한 결과 1 KHz와 4 KHz의 1 dB 증가에 대한 SISI 점수가 70 % 이상인 완전 누가현상은 63귀 중 각각 0귀와 16귀로 나타났었고, SISI 점수가 25 ~ 65 %인 불완전 누가현상은 2귀와 3귀, SISI 점수가 20 % 이하인 누가현상 음성은 61귀와 44귀로 관찰되었다. 누가현상이 음성이면서 정상 청력일 경우의 민감도는 1 KHz에서 96.8 %, 4 KHz에서는 69.8 %로 관찰되었다. 실험 결과를 정리하면 표 4와 같다.

표 4. 정상인 실험 결과 1 KHz와 4 KHz의 1 dB 증가에 대한 SISI 점수.

**Table 4.** SISI scores(in percentage) of 1 dB increment at frequencies of 1,000 and 4,000 Hz in normal hearing ears.

SISI Scores	frequency	
	1 KHz	4 KHz
25 % below	61	44
25~65 %	2	3
70 % & more	0	16

### 3.2 난청 유형의 감별진단을 위한 난청 정도에 따른 SISI 점수의 민감도와 특이도

1 KHz와 4 KHz의 SISI 점수를 난청의 유형과 난청의 정도별로 정리하여 표 5와 6에 나타내었고, 난청 정도에 따른 SISI 점수의 민감도와 특이도를 산출하여 표 7과 8에 나타내었다.

#### 3.2.1 경도 난청에서 SISI 점수의 민감도와 특이도

경도 난청은 총 40귀 중 전음성 난청은 12귀, 혼합성 난청 1귀, 감각신경성 난청 27귀이었으며, 이를 표 5와 표 6에 나타내었다.

표 5의 경도 난청 (mild HL)에서와 같이 1 KHz에서의 SISI 점수가 20 % 이하인 36귀로 전음성 난청 11귀(진양성), 혼합성 난청 1귀와 감각 신경성 난청 24귀(위양성)이었다. SISI 점수가 25 % 이상이면서 혼합성 또는 감각신경성 난청이 각각 0귀와 3귀(진음성), 전음성 난청은 1귀(위양성)이었다. 경도 난청에서 1 KHz SISI 점수가 20 % 이하일 경우 표 7에서와 같이 민감도와 특이도는 각각 11/11+24(31.4 %)와 3/3+1(75 %)이었다.

SISI 점수가 25 ~ 65 %인 혼합성 난청은 0귀(진양성), 전음성 난청과 감각신경성 난청은 각각 1귀와 2귀(위음성)이었다. SISI 점수가 20 % 이하 또는 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 감각신경성 난청(진음성)은 36귀, 전음성 또는 감각신경성 난청(위양성)은 1귀로 민감도와 특이도는 표 7에서와 같이 각각 0 %, 36/36+1(97.3 %)이었다.

SISI 점수가 70 % 이상은 1귀로 감각신경성 난청이었고(진양성), SISI 점수가 70 % 이상이면서

PTA 상 전음성 또는 혼합성 난청(위음성)은 없었다. 그리고 SISI 점수가 65 % 이하이면서 전음성 또는 혼합성 난청(진음성)은 13귀, 감각신경성 난청은 26귀(위양성)로 민감도와 특이도는 표 7에서와 같이 각각 1/1+0(100 %) , 특이도는 13/13+26(33.3 %)이었다.

표 6의 경도 난청 (mild HL)에서와 같이 4 KHz에서 SISI 점수가 20 % 이하인 경우 9귀이며, 전음성 난청이 5귀(진양성), 혼합성 난청은 1귀, 감각신경성 난청은 3귀(위음성)이었다. SISI 점수가 25 % 이상이면서 혼합성 또는 감각신경성 난청이 각각 0귀와 24귀(진음성), 전음성 난청은 7귀(위양성)이었다. SISI 점수가 20 % 이하인 경우 민감도와 특이도는 표 8에서와 같이 각각 5/5+3(62.5 %)와 24/24+7(77.4 %)이었다.

SISI 점수가 25 ~ 65 %는 혼합성 난청 0귀(진양성), 전음성 난청과 감각신경성 난청은 각각 2귀와 3귀(위음성)이었다. SISI 점수가 20 % 이하 또는

표 5. 다양한 청력손실을 지닌 125귀에서 1 KHz SISI 점수와 PTA 평균에 따른 귀의 분포.

Table 5. Distribution of the ears according to 1 KHz SISI Scores and PTA average in 125 ears with various hearing loss.

Degrees of HL	1 KHz SISI Scores									Sum
	20 % below			25 ~ 65 %			70 % & more			
	CHL	M-HL	SNHL	CHL	M-HL	SNHL	CHL	M-HL	SNHL	
Mild	11	1	24	1	0	2	0	0	1	40
Moderate	14	8	8	0	0	0	0	2	13	45
Moderate-Severe	3	8	2	0	0	0	1	2	9	25
Severe	0	3	0	0	1	0	0	5	4	13
Profound						1			1	2
	28	20	34	1	1	3	1	9	28	125

Legend : HL : hearing loss, CHL : conductive HL, MHL : mixed HL, SNHL : sensorineural HL.

표 6. 다양한 청력손실을 지닌 125귀에서 4 KHz SISI 점수와 PTA 평균에 따른 귀의 분포.

Table 6. Distribution of the ears according to 4 KHz SISI Scores and PTA average in 125 ears with various hearing loss.

Degrees of HL	4 KHz SISI Score									Sum
	20 %이하			25 ~ 65 %			70 %이상			
	CHL	M-HL	SNHL	CHL	M-HL	SNHL	CHL	M-HL	SNHL	
Mild	5	1	3	2	0	3	5	0	21	40
Moderate	7	5	1	2	0	1	5	5	19	45
Moderate-Severe	3	3	0	0	0	1	1	7	10	25
Severe	0	4	2	0	0	0	0	5	2	13
Profound			1						1	2
	15	13	7	4	0	5	11	17	53	125

70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 감각신경성 난청(진음성)은 34귀, 혼합성 난청(위양성)은 1귀이었으며, 민감도와 특이도는 표 8에서와 같이 각각 0 %, 34/34+1(97.1 %)이었다.

SISI 점수가 70 % 이상은 26귀로 감각신경성 난청이 21귀(진양성)이었고, SISI 점수가 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 혼합성 난청(위음성)은 5귀, SISI 점수가 65 % 이하이면서 전음성 또는 혼합성 난청(진음성)은 8귀, 감각신경성 난청 6귀(위양성)이었으며, 표 8에서와 같이 민감도와 특이도는 각각 21/21+5(80.8 %), 특이도는 8/8+6(57.1 %)이었다.

### 3.2.2 중등도 난청에서 SISI 점수의 민감도와 특이도

중등도 난청은 총 45귀 중 전음성 난청이 14귀, 혼합성 난청이 10귀, 감각신경성 난청은 21귀이었으며, 이를 표 5와 표 6에 나타내었다.

표 5의 중등도 난청 (moderate HL)에서와 같이 1 KHz에서 SISI 점수가 20 % 이하는 30귀이었고, 전음성 난청 14귀(진양성), 혼합성 난청 8귀, 감각신경성 난청 8귀(위음성)이었다. SISI 점수가 25 % 이상이면서 혼합성 또는 감각신경성 난청은 각각 2귀와 13귀(진음성)이었고, 전음성 난청은 0귀(위양성)이었다. 그리고 SISI 점수가 20 % 이하일 경우 민감도와 특이도는 표 7에서와 같이 각각 14/14+16(46.7 %)와 15/15+0 (100 %)이었다. 또한 SISI 점수가 25 ~ 65 %에서는 혼합성 난청이 0귀(진양성), 전음성 난청과 감각신경성 난청은 각각 0귀와 0귀(위음성)이었고, SISI 점수가 20 % 이하

표 7. 난청의 정도에 따른 1 KHz SISI 점수의 민감도와 특이도.

Table 7. Sensitivity and Specificity of 1 KHz SISI Score according to degrees of hearing loss.

Frequency degrees of dB HL.	1 KHz SISI scores(%) in 1dB increment					
	0 ~ 20 %		25 ~ 65 %		70 ~ 100 %	
	sensitivity	specificity	sensitivity	specificity	sensitivity	specificity
0~25						
26~40	31.4 % (11/35)	75 % (3/4)	0 % (0/0)	97.3 % (36/37)	100 % (1/1)	33.3 % (13/39)
41~55	46.7 % (14/30)	100 % (15/15)	0 % (0/0)	77.8 % (35/45)	86.7 % (13/15)	73.3 % (22/30)
56~70	23.1 % (3/13)	91.7 % (11/12)	0 % (0/0)	60 % (15/25)	75 % (9/12)	84.6 % (11/13)
71~90	0 % (0/0)	100 % (10/10)	100 % (1/1)	33.3 % (4/12)	44.4 % (4/9)	100 % (4/4)

표 8. 난청의 정도에 따른 4 KHz SISI 점수의 민감도와 특이도.

Table 8. Sensitivity and Specificity of 4 KHz SISI Score according to degrees of hearing loss.

Frequency degrees of dB HL.	4 KHz SISI scores(%) in 1dB increment					
	0 ~ 20 %		25 ~ 65 %		70 ~ 100 %	
	sensitivity	specificity	sensitivity	specificity	sensitivity	specificity
0~25						
26~40	62.5 % (5/8)	77.4 % (24/31)	0 % (0/0)	97.1 % (34/35)	80.8 % (21/26)	57.1 % (8/14)
41~55	53.8 % (7/13)	83.3 % (25/30)	0 % (0/0)	76.2 % (32/42)	65.5 % (19/29)	87.5 % (14/16)
56~70	50 % (3/6)	94.7 % (18/19)	0 % (0/0)	58.3 % (14/24)	55.6 % (10/18)	85.7 % (6/7)
71~90	0 % (0/0)	100 % (7/7)	0 % (0/0)	44.4 % (4/13)	28.6 % (2/7)	66.7 % (4/6)

또는 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 감각신경성 난청(전음성)은 35귀, 혼합성 난청(위양성)은 10귀이었고, 표 7에서와 같이 민감도와 특이도는 각각 0 %, 35/35+10(77.8 %)이었다.

SISI 점수가 70 % 이상은 15귀로 감각신경성 난청이 13귀(전양성)이었고, SISI 점수가 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 혼합성 난청이 2귀(위음성)이었다. 그리고 SISI 점수가 65 % 이하이면서 전음성 또는 혼합성 난청(전음성)은 22귀, 감각신경성 난청은 8귀(위양성)이었고 민감도와 특이도는 표 7에서와 같이 각각 13/13+2 (86.7 %), 22/22+8(73.3 %)이었다.

표 6의 중등도 난청 (moderate HL)에서와 같이 4 KHz에서 SISI 점수가 20 % 이하일 경우는 13귀로 전음성 난청 7귀(전양성), 혼합성 난청 5귀와 감각신경성 난청 1귀(위음성)이었다. 그리고 SISI 점수가 25 % 이상이면서 혼합성 또는 감각신경성 난청은 각각 5귀와 20귀(전음성)이었으며, 전음성 난청은 5귀(위양성)이었다. 또한 SISI 점수가 20 % 이하일 경우 민감도와 특이도는 표 8에서와 같이 각각 7/7+6(53.8 %)와 25/25+5(83.3 %)이었다.

SISI 점수가 25 ~ 65 %는 혼합성 난청은 0귀(전양성)이었고, 전음성 난청과 감각신경성 난청은 각각 2귀와 1귀(위음성)이었다. 그리고 SISI 점수가 20 % 이하 또는 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 감각신경성 난청(전음성)은 32귀, 혼합성 난청(위양성)은 10귀로 민감도와 특이도는 표 8에서와 같이 각각 0 %, 32/32+10(76.2 %)이었다.

SISI 점수가 70 % 이상은 29귀로 감각신경성 난청이 19귀(전양성)이었고, SISI 점수가 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 혼합성 난청(위음성)은 10귀이었다. SISI 점수가 65 % 이하이면서 전음성 또는 혼합성 난청(전음성)은 14귀, 감각신경성 난청은 2귀(위양성)이었으며, 민감도와 특이도는 표 8에서와 같이 각각 19/19+10(65.5 %), 14/14+2(87.5 %)이었다.

### 3.2.3 중고도 난청에서 SISI 점수의 민감도와 특이도

표 5와 6의 중고도 난청 (moderate-severe)은 총 25귀이었으며, 이들 중 전음성 난청은 4귀, 혼합성 난청은 10귀, 감각신경성 난청은 11귀이었다.

표 5의 중고도 난청 (moderate-severe)의 경우 1 KHz에서 SISI 점수가 20 % 이하는 13귀로 전음성 난청은 3귀(전양성), 혼합성 난청은 8귀, 감각신경성 난청은 2귀(위음성)이었다. SISI 점수가 25

% 이상이면서 혼합성 또는 감각신경성 난청은 각각 2귀와 9귀(전음성)이었으며, 전음성 난청은 1귀(위양성)이었다. SISI 점수가 20 % 이하일 경우 민감도와 특이도는 표 7에서와 같이 각각 3/3+10(23.1 %)와 11/11+1(91.7 %)이었다.

SISI 점수가 25 ~ 65 %는 혼합성 난청 0귀(전양성), 전음성 난청과 감각신경성 난청은 각각 0귀와 0귀(위음성)이었다. SISI 점수가 20 % 이하 또는 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 감각신경성 난청(전음성)은 15귀, 혼합성 난청(위양성)은 10귀로 민감도와 특이도는 표 7에서와 같이 각각 0 %, 15/15+10(60 %)이었다. SISI 점수가 70 % 이상은 12귀로 감각신경성 난청이 9귀(전양성)이었고, SISI 점수가 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 혼합성 난청이 3귀(위음성)이었다. SISI 점수가 65 % 이하이면서 전음성 또는 혼합성 난청(전음성)은 11귀, 감각신경성 난청은 2귀(위양성)로 민감도와 특이도는 표 7에서와 같이 각각 9/9+3(75 %), 11/11+2(84.6 %)이었다.

표 6의 중고도 난청 (moderate-severe)의 경우 4 KHz에서 SISI 점수가 20 % 이하는 6귀로 전음성 난청은 3귀(전양성), 혼합성 난청은 3귀, 감각신경성 난청은 0귀(위음성)이었다. SISI 점수가 25 % 이상이면서 혼합성 또는 감각신경성 난청은 각각 7귀와 11귀(전음성)이었고, 전음성 난청은 1귀(위양성)이었다. SISI 점수가 20 % 이하일 경우 민감도와 특이도는 표 8에서와 같이 각각 3/3+3(50 %)와 18/18+1(94.7 %)이었다.

4 KHz에서 SISI 점수가 25 ~ 65 %는 혼합성 난청은 0귀(전양성), 전음성 난청과 감각신경성 난청은 각각 0귀와 1귀(위음성)이었다. SISI 점수가 20 % 이하 또는 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 감각신경성 난청(전음성)은 14귀이었고, 혼합성 난청(위양성)은 10귀로 민감도와 특이도는 표 8과 같이 각각 0 %, 14/14+10(58.3 %)이었다.

4 KHz에서 SISI 점수가 70 % 이상은 18귀로 감각신경성 난청이 10귀(전양성), SISI 점수가 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 혼합성 난청(위음성)이 8귀이었다. SISI 점수가 65 % 이하이면서 전음성 또는 혼합성 난청(전음성)은 6귀, 감각신경성 난청은 1귀(위양성)로 민감도와 특이도는 표 8과 같이 각각 10/10+8(55.6 %), 특이도는 6/6+1(85.7 %)이었다.

### 3.2.4 고도 난청에서 SISI 점수의 민감도와 특이도

고도 난청은 총 13귀 중 전음성 난청은 0귀, 혼

합성 난청은 9귀, 감각신경성 난청은 4귀이었으며, 이를 표 5와 6에 나타내었다.

표 5의 고도 난청 (severe HL)의 경우 1 KHz에서 SISI 점수가 20 % 이하는 3귀로 모두 혼합성 난청이었으며, 전음성 난청은 0귀(진양성), 혼합성 난청은 3귀, 감각신경성 난청은 0귀(위음성)이었다. SISI 점수가 25 % 이상이면서 혼합성 또는 감각신경성 난청이 각각 6귀와 4귀(진음성)이었고, 전음성 난청은 0귀(위양성)이었다. SISI 점수가 20 % 이하일 경우 민감도와 특이도는 표 7과 같이 각각 0 %와 10/10+0(100 %)이었다.

SISI 점수가 25 ~ 65 %는 혼합성 난청 1귀(진양성), 전음성 난청과 감각신경성 난청은 0귀(위음성)이었다. SISI 점수가 20 % 이하 또는 70 % 이상이면서 전음성 또는 감각신경성 난청(진음성)은 4귀이었고, 혼합성 난청(위양성)은 8귀로 민감도와 특이도는 표 7과 같이 각각 1/1+0(100 %), 4/4+8(33.3 %)이었다.

SISI 점수가 70 % 이상은 9귀로 감각신경성 난청이 4귀(진양성)이었고, SISI 점수가 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 혼합성 난청은 5귀(위음성)이었다. SISI 점수가 65 %이하이면서 전음성 또는 혼합성 난청(진음성)은 4귀, 감각신경성 난청은 0귀(위양성)이었으며, 표 7과 같이 민감도와 특이도는 4/4+5(44.4 %), 특이도는 4/4(100 %)이었다.

표 6의 고도 난청 (severe HL)의 경우 4 KHz에서 SISI 점수가 20 % 이하일 경우는 6귀로 전음성 난청은 0귀(진양성), 혼합성 난청은 4귀, 감각신경성 난청은 0귀(위음성)이었다. SISI 점수가 25 % 이상이면서 혼합성 또는 감각신경성 난청은 각각 5귀와 2귀(진음성)이었고, 전음성 난청은 0귀(위양성)이었다. SISI 점수가 20 % 이하일 경우 민감도와 특이도는 표 8과 같이 각각 0 %와 7/7(100 %)이었다.

SISI 점수가 25 ~ 65 %는 혼합성 난청이 0귀(진양성), 전음성 난청과 감각신경성 난청은 각각 0귀와 0귀(위음성)이었다. SISI 점수가 20 % 이하 또는 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 감각신경성 난청(진음성)은 4귀, 혼합성 난청(위양성)은 9귀로 민감도와 특이도는 표 8과 같이 각각 0 %, 4/4+9(44.4 %)이었다. SISI 점수가 70 % 이상은 7귀로 감각신경성 난청이 2귀(진양성)이었고, SISI 점수가 70 % 이상이면서 PTA 상 전음성 또는 혼합성 난청(위음성)은 5귀이었다. SISI 점수가 65 % 이하이면서 전음성 또는 혼합성 난청(진음성)은 4귀, 감각신경성 난청은 2귀(위양성)로 민감도와 특

이도는 표 8과 같이 각각 2/2+5(28.6 %), 특이도는 4/4+2(66.7 %)이었다.

3.2.5 심도 이상의 난청에서 SISI 점수의 민감도와 특이도

표 5와 표 6의 심도 이상의 난청 (profound HL)은 총 1귀로 감각신경성 난청이면서 1 KHz, 4 KHz에서 SISI 점수가 모두 70 % 이상으로 민감도와 특이도는 구하지 않았다.

### 3.3 난청 유형의 감별진단을 위한 자기청력검사의 Jerger 분류

정상 6귀와 전음성 난청 10귀 모두 Jerger I형 청력도이었다. 혼합성 난청은 10귀 중 9귀는 Jerger I형 청력도이었고, 나머지 1귀는 II형 청력도를 나타내었다. 감각신경성 난청 12귀 중 8귀는 Jerger I형 청력도이었고, 4귀는 II형 청력도로 조사되었다. 이를 표 9에 나타내었다.

표 9. 난청 유형별에 따른 Bekesy 청력도의 Jerger 분류.

Table 9. Bekesy audiograms by Jerger's classification according to various hearing loss.

Types of HL	Jerger Type			
	I	II	III	IV
Normal	6	0	0	0
CML	10	0	0	0
MHL	9	1	0	0
SNHL	8	4	0	0

## 4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 SISI 검사와 자기청력검사를 이용하여 난청의 유형을 감별 진단하기 위한 연구를 수행하였다.

1970년대 유발이음향방사가 개발[10]된 이후 내이의 유모세포 손상을 객관적으로 평가 가능하게 되었다. 특히 유발이음향방사는 소음성 난청이나 이독성 약제로 인한 외유모세포의 장애를 진단하는데 많은 도움을 주고 있으며, 청성뇌간반응 역시 후미로성 난청을 감별하는데 도움을 주는 검사법으로 많이 사용되고 있다. 현재는 누가현상을 이용하여 미로성 난청의 감별 진단에 도움을 주는 SISI 검사나 자기청력검사는 임상에서 많이 이용되고 있지 않은 실정이다.

Jerger 등[11]은 여러 종류의 이과적 질환을 가진 75명의 환자를 대상으로 하여 1 KHz와 4 KHz에서 SISI 점수의 범위를 조사하여 보고하였다. 전음성 난청은 1 KHz와 4 KHz에서의 SISI 점수 범위가 21귀에서 모두 0 ~ 15 %, 소음성 난청은 9귀에서 1 KHz는 0 ~ 40 %, 4 KHz는 95 ~ 100 %, 노인성 난청은 34귀에서 1 KHz와 4 KHz 모두에서 0 ~ 100 %로 다양하게 나타났으며, 후미로성 난청 3귀에서는 1 KHz와 4 KHz 모두 0 %이었다. 본 연구의 결과에서는 중등도 이하의 전음성 난청에서 SISI 점수가 70 % 이상인 경우도 다수 관찰되어 Jerger의 연구 결과와는 차이가 있음을 알 수 있었다.

박 등[4]은 정상 및 각종 난청에 있어서 SISI 검사의 진단적 의의를 조사하였다. 정상인에서 1 KHz와 4 KHz에서 양성율은 각각 8.3 %와 16.7 %이었고 두 주파수의 모두에서의 양성율은 12.5 %로 보고하였다. 또한 만성중이염에서는 1 KHz의 양성율이 12 %, 4 KHz에서의 양성율은 약 43 %이었으며, 전음성 난청에서는 1 KHz와 4 KHz 모두에서 양성율이 없다고 발표하였다. 그리고 감각 신경성 난청에서의 양성율은 1 KHz에서는 약 50 %, 4 KHz에서는 약 64 %로 보고하였다. 또한 소음성 난청에서는 1 KHz에서 양성율이 약 2 %이고 나머지 대부분이 음성이었으며, 4 KHz에서는 약 92 %에서 양성으로 보고하였다.

본 연구에서는 정상청력인에서 SISI 검사에서 1 dB 증가에 대한 인지율을 관찰한 결과 63귀 중 1 KHz에서는 0귀로 완전 누가현상은 없었으며, 4 KHz에서는 16귀가 완전 누가현상이 25.4 %로 관찰되어 박 등[4]의 연구와 비교하여 보면 1 KHz 및 4 KHz에서 각각 8.3 %, 16.7 %로 차이가 있음을 알 수 있었다. 이러한 차이점은 정상 청력의 기준이 달라 정확한 비교는 어려울 것으로 생각된다.

김 등[12]은 1 KHz의 양성율은 5 % 내외라고 하였고, 일반적으로 판별능력은 저음보다 고음일수록 좋다고 보고하였다. 김 등[15]의 연구 결과는 본 연구 결과의 표 4와 어느 정도 일치함을 알 수 있었다.

본 연구에서는 1 KHz와 4 KHz에서의 SISI 점수를 난청의 유형과 난청의 정도별로 정리하여 표 4와 표 5에 제시하였으며, 난청의 유형을 감별진단 하기 위하여 난청 정도에 따른 SISI 점수의 민감도와 특이도 산출하여 표 6과 표 7에 제시하였다. 경도 난청에서는 1 KHz에서의 SISI 점수가 20 % 인 경우 PTA 상 전음성 난청일 민감도와 특이

도는 각각 31.4 %, 75 %이었다. SISI 점수가 25 ~ 65 % 일 때 혼합성 난청의 민감도는 0 %, 특이도는 97.3 %이었다. 이러한 결과는 본 연구에서 규정한 난청 기준으로 경도 난청에서 전음성 난청이 발생할 가능성이 낮기 때문에 나타난 것으로 생각된다. SISI 점수가 70 % 이상일 경우에 감각 신경성 난청의 민감도와 특이도는 각각 100 %, 33.3 %로 관찰되었다. 이 경우 감각신경성 난청(전 양성)은 1귀 밖에 없었고, 전음성 난청과 혼합성 난청은 한 예도 없었기 때문에 민감도가 높게 나타난 것으로 생각되어 추후 결과 해석에 주의할 필요가 있다고 생각된다.

1 KHz에서의 SISI 점수가 20 % 이하인 경우와 70 % 이상인 경우의 민감도는 난청이 심해질수록 감소하는 경향을 보였으며, 특이도는 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 민감도와 특이도는 각각 23.1 % ~ 100 %와 33.3 % ~ 100 %로 매우 다양하게 나타났었다. SISI 점수가 25 ~ 65 % 일때의 민감도는 0 % 또는 100 %, 특이도는 97.3 % ~ 33.3 %로 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 민감도가 0 %로 나타난 이유는 감각신경성 난청 중 특히 소음성 난청이 많기 때문에 발생한 현상이라 생각되며, 100 %로 나타난 경우는 환자수가 너무 적어 의미를 부여하기 힘들다고 생각되어진다.

4 KHz에서의 SISI 점수 역시 1 KHz와 동일한 양상으로 매우 편차가 심하게 나타났었다. 20 % 이하인 경우와 70 % 이상인 경우의 민감도는 난청이 심해질수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 특이도는 증가하는 경향을 나타내었다. 25 ~ 65 % 일 경우 민감도는 0 %, 특이도는 난청이 심해질수록 감소하는 경향을 나타내었으나 연관성은 없었으며, 난청의 정도별 SISI 점수를 이용하여 난청의 유형을 감별진단하기에는 다소 무리가 있다고 생각된다.

Jerger[13]는 434귀를 대상으로 연속음과 단속음 자기청력검사를 실시하여 I ~ IV형 청력도로 구분하였다. 제 I형 청력도는 정상과 전음성 난청에서 주로 나타나고, 47 %에서는 미로성 병변과 원인 불명의 감각신경성 난청을 의심케 하는 경우도 있다고 하였다. 제 II형 청력도는 미로성 병변의 특징이며, 정상청력이나 청신경중양에서는 전혀 볼 수 없으나 중이에 병변이 있는 2례에서 관찰된다고 하였다. 제 III형 청력도는 청신경 중양 10귀 중 6귀에서 나타났으며, 급성 감각신경성난청 16귀 중 10귀에서 관찰되었다고 하였으며, IV형 청력도는 후미로성 병변에서 볼 수 있다고 하였다.

고 [14]는 정상 청력 및 전음성 난청의 100 %, 미로성 난청의 91.6 %, 후미로성 난청의 84.4 %에서 Bekesy 청력도상 1형이 나타나서 누가현상을 이용한 자기청력검사의 청력도형의 Jerger 분류는 병변 부위와 무관하다 하였다. 그리고 제 II형은 전례에서 감각신경성 난청을 나타내고 있으나 병변부위와는 무관하였다고 하였다.

본 연구는 정상 및 전음성 난청에서는 100 %로 고 [14]의 연구와 유사한 결과를 보였으나, 감각신경성 난청에서는 66.7 %에서 제 I형 청력도가 관찰되어 다소 차이가 있었다. 그리고 제 II형 청력도는 혼합성 난청의 10 %, 감각신경성 난청의 33.3 %에서 관찰되었다.

본 연구에서는 1 KHz와 4 KHz에서의 SISI 검사 점수로 난청 정도별 난청의 유형을 감별진단하기 위한 민감도와 특이도를 분석하였다. 분석 결과 SISI 검사 점수와 민감도와 특이도는 난청의 정도별로 매우 다양하게 관찰되어 SISI 검사에 의해 난청의 유형을 감별 진단하기에는 다소 무리가 있다고 생각되었다. 그리고 자기청력검사는 전체 대상의 86.9 %에서 제 I형 청력도로 나타나고 있어 난청 유형의 감별 진단에 보조적으로 활용 가능하다고 판단하였다. 특히 제 II형 청력도일 경우에는 5 중 혼합성 난청 1귀를 제외한 나머지 4귀에서는 모두 감각신경성 난청으로 80 % 정도의 진단적 가치가 있다고 할 수 있었다. 다만 검사 귀의 수가 적어서 감별 진단의 의미를 부여하기에는 다소 무리가 있으므로 해석에 주의할 필요가 있다고 생각된다.

이에 저자들은 자동차폐가 가능한 자가 순음청력검사 시스템에 골도 진도 역치를 구할 수 있는 알고리즘과 골진동기 개발이 필수적으로 요구됨을 알 수 있었다. 그리고 순음청력검사에 사용되는 골도진도 역치를 측정하여 난청 유형별 감별 진단 연구 수행이 필요하리라 사료된다.

### 감사의 글

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.R01-2008-000-20869-0).

### 참고 문헌

- [1] 김리석, "이비인후과학 두경부외과학 1 기초·이과", 일조각, p. 451, 2002.
- [2] H. A. Newby and G. R. Popelka, "Audiology", Prentice-Hall, p. 64, 1992.
- [3] S. H. Lee, "Recruitment phenomenon and tone decay test", Clin. Otol., Vol. 7, No. 2, p. 242, 1996.
- [4] K. S. Park, J. C. Lee, and K. M. Chon, "Diagnostic significance of SISI test in normal and various hearing loss", Korean J. of Otolaryng, Vol. 30, p. 413, 1987.
- [5] C. W. Park, "Bekesy audiometry", Clin. Otol., Vol. 7, No. 2, p. 251, 1996.
- [6] Hearing114.co.kr [homepage on the Internet]. Dong San Co. Ltd.: "On-line Pure Tone Audio-test", Available from: <http://hearing114.co.kr>.
- [7] Audiometer.co.uk [homepage on the Internet]. Timo Esser: "Home Audiometer 1.9 Hearing Test Software", Available from: <http://www.audiometer.co.uk>
- [8] Earlogic.com [homepage on the Internet]. Ear-logic Corporation. "AMA-PTA", Available from: <http://earlogic.com>
- [9] 이동훈, 전경명, 이일우, 노윤성, 김진동, 공수근, 박성수, 황수건, "자동차폐가 가능한 웹 기반 디지털 기도순음청력검사기의 개발", 대한이비인후과학회지, 50권, 10호, p. 860, 2007.
- [10] Kemp D. T., "Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system", J. Acoustic Soc. Am., Vol. 64, p. 1386, 1978.
- [11] H. A. Newby and G. R. Popelka, "Audiology", Prentice-Hall, p. 203, 1992.
- [12] 김성식, "SISI(Short Increment Sensitivity Index) test에 관한 임상적 연구", 대한이비인후과학회지, 12권, p. 7, 1969.
- [13] J. Jerger, "Bekesy audiometry in analysis of auditory disorders", J. Speech Hear Res., Vol. 3, p. 275, 1960.
- [14] 고의경, "자기청력검사의 분류법에 대한 제고", 대한이비인후과학회지, 31권, p. 286, 1988.