



# The Clinical Manifestation and Temporal Bone Computed Tomography Findings of Non-Traumatic Hearing Loss With Air-Bone Gap and Intact Tympanic Membrane

Seung Yeon Jeon<sup>1</sup> , Yong-Hwi An<sup>1</sup> , Ra Gyoung Yoon<sup>2</sup> , and Hyun Joon Shim<sup>1</sup>

Departments of <sup>1</sup>Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery and <sup>2</sup>Radiology, Nowon Eulji Medical Center, Eulji University School of Medicine, Seoul, Korea

## 정상 고막과 기도골도차를 가지는 비외상성 난청의 임상양상과 측두골 Computed Tomography 분석

전승연<sup>1</sup> · 안용휘<sup>1</sup> · 윤라경<sup>2</sup> · 심현준<sup>1</sup>

을지대학교 의과대학 노원을지대학교병원 <sup>1</sup>이비인후과학교실, <sup>2</sup>영상의학과학교실

**Background and Objectives** This study aimed to investigate the causes, clinical manifestations, temporal bone CT findings, and audiologic results of outpatients with non-traumatic hearing loss with air-bone gaps and intact tympanic membranes.

**Subjects and Method** The medical records from 2014 to 2022 of 66 patients (77 ears) with normal tympanic membranes but who had the air-bone gap of more than 20 dB over two consecutive frequencies were reviewed.

**Results** The mean age of the patients was  $46.8 \pm 17.0$  years old. The mean air-bone gap was  $24.8 \pm 10.3$  dB. Of the 77 ears (66 patients) studied, 10 ears were surgically diagnosed with otosclerosis (6 ears), ossicular discontinuity (2 ears), superior semicircular canal dehiscence (1 ear), and unknown etiology (1 ear). Additionally, 29 more ears (28 patients) were clinically diagnosed with silent otitis media (7 ears), otosclerosis (5 ears), thickened tympanic membrane (5 ears), E-tube dysfunction (4 ears), ossicular anomaly (4 ears), semicircular canal dysplasia (2 ears), and endolymphatic hydrops (2 ears). Temporal bone CT images showed normal findings in 33 ears (54.1%) and abnormal findings in 28 ears (45.9%). Patients with abnormal CT findings had a poorer speech discrimination score than those with normal findings ( $p < 0.05$ ). The air-bone gap was significantly decreased postoperatively from  $30.5 \pm 12.7$  dB to  $6.4 \pm 4.0$  dB, with a tendency to decrease greater at a low frequency than at a high frequency.

**Conclusion** Among patients with air-bone gap and intact tympanic membrane, otosclerosis was the most commonly confirmed diagnosis through surgery, while silent otitis media was the most frequently observed diagnosis based on clinical evaluations.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2023;66(11):719-27

**Keywords** Computed tomography; Conductive hearing loss; Otosclerosis; Temporal bone; Tympanic membrane.

Received February 14, 2023

Revised March 16, 2023

Accepted March 27, 2023

## Address for correspondence

Hyun Joon Shim, MD, PhD  
Department of Otorhinolaryngology-  
Head and Neck Surgery,  
Nowon Eulji Medical Center,  
Eulji University  
School of Medicine,  
68 Hangeulbiseok-ro, Nowon-gu,  
Seoul 01830, Korea

Tel +82-2-970-8276

Fax +82-2-970-8275

E-mail cardoc11@eulji.ac.kr

## 서 론

로 순음청력검사에서 기도골도차를 유발하게 되고 그 정도는 원인의 위치에 따라 다른데 20~25 dB 이상의 기도골도차는 중이의 문제를 우선적으로 고려해야 하며, 순수한 전음성 난청에서 기도청력은 60 dB을 초과하지 않는다.<sup>1-3)</sup> 혼합성 난청

전음성 난청은 외이, 고막, 중이강의 문제로 기도를 통한 소리의 전달이 정상적으로 이루어지지 않아 발생하는 난청으

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

은 기도청력과 골도청력 역치가 모두 증가되어 있으면서 기도 청력이 10 dB 이상 더 증가된 경우를 의미한다.<sup>4)</sup> 우리나라 국 민건강영양조사(2010~2012) 결과에 따르면 12세 이상에서 유 형에 관계없이 25 dB 이상의 난청을 가지는 비율은 22.73%로 조사되었다.<sup>5)</sup> 심사평가원 자료에 따르면 2021년도에 난청으로 진료받은 환자 수는 212757명인데 그중 전음성 난청과 혼합 성 난청은 각각 24945명(11.7%)와 52631명(24.7%)인 것으로 조사되었다.<sup>6)</sup> 해외의 문헌에서는 18세 이상에서 25 dB 이상의 난청 환자의 비율은 16%~20%이고,<sup>7-9)</sup> 이 중 전음성 난청의 비중은 3%~10%를 차지하는 것으로 알려져 있다.<sup>8,9)</sup>

기도골도차를 유발하는 원인으로는 외이도염, 외이도 폐색 등 외이도의 문제와 고막천공, 삼출성 중이염, 만성 중이염, 진주종 등 중이의 감염이나 염증에 의한 경우가 흔하고 드물게 내이 질환에 기인하는 경우도 있다.<sup>2,10)</sup> 염증에 의한 중이 질환의 경우 대부분 이내시경 등으로 고막의 이상 또는 고막 내부의 병변을 관찰할 수 있으나,<sup>2)</sup> 드물게 정상 고막임에도 순음청력검사에서 기도골도차를 보이는 청력도를 나타내는 경우가 있다. 이러한 경우 두부외상의 병력과 어지럼증이나 청각과민 등 동반 증상을 확인해야 한다. 또한 음차 검사 등으로 순음청력검사 결과를 검증하고 임피던스 청력검사와 통기 이경(pneumatic otoscope) 등을 이용하여 중이강 내부에 잘 보이지 않는 병변을 찾아보아야 한다.<sup>1)</sup> 정상 고막과 기도 골도차를 가지는 난청에서 측두골 CT를 통해 이소골을 포함한 중이강, 유양돌기, 내이 및 전정수도관의 상태를 확인하는 것은 필수적인 진단 과정인데 측두골 CT에서도 병변을 관찰 할 수 없는 경우에는 시험적 고실개방술로 그 원인을 찾아보는 방법이 유일한 방법이고 20 dB 이상의 전음성 난청이 지 속될 때 시험적 고실 개방술의 적응증이 된다.<sup>11)</sup> 시험적 고실 개방술의 경우 기도골도차의 정도, 환자의 나이, 반대측 청력 상태, 환자의 선호도 등을 모두 고려하여 결정하게 되는데 수술을 시행하지 않는 경우 그 원인은 미상으로 남게 되는 경우가 많다.

정상 고막과 기도골도차를 가지는 난청을 대상으로 한 기 존 연구들은 수술 결과에 대한 분석이나 이경화증 등 특정 질환이 국한된 분석이 주를 이루고 있다.<sup>10,12-14)</sup> 그러나 실제 임상환경에서는 여러 가지 이유로 수술을 받지 않는 경우가 많기 때문에 수술을 받지 않은 환자들도 포함하여 그들의 임 상양상을 분석한 결과는 실제 환자 진료에 유용한 정보를 제 공할 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 병력 청취 등으로 그 원인을 비교적 쉽게 찾을 수 있는 외상성 이소골 손 상은 제외하고 시험적 고실개방술을 하지 않고는 그 원인을 정확히 단정하기 어려운 경우만을 대상으로 하였다. 본 연구의 목적은 정상 고막과 기도골도차를 가지는 모든 환자들을

비외상성 난청의 임상양상, 측두골 CT 소견, 청력검사 결과, 원인 질환 등을 분석하는 것이다.

## 대상 및 방법

### 연구 대상

2014년 1월부터 2022년 11월까지 노원을지대학교병원 이 비인후과 외래로 내원하여 시행한 순음청력검사에서 전음성 난청 또는 혼합성 난청 진단을 받은 66명 성인 환자들의 의무기록과 측두골 CT를 분석하였다. 분석 대상은 18세 이상의 성인으로서 양측 고막 소견이 이내시경검사에서 정상이고, 순음청력검사의 연속된 두 주파수 이상에서 기도골도차가 20 dB 이상인 경우를 포함시켰다. 외이 기형이 있는 경우, 고막 내 삼출액이 있는 경우, 두경부 외상이나 수술력이 있는 경우는 제외하였다. 66명 환자의 77귀가 포함기준을 만족하여 분석대상이 되었고 최종 진단은 수술을 통해 확인된 바만 기재하였고 수술을 받지 않은 경우 미상으로 기재하였다. 본 연구는 저자가 소속된 기관의 연구윤리심의위원회의 승인을 받았다(승인번호: EMCS 2023-01-021).

### 검 사

측두골 CT는 GE HealthCare (Chicago, IL, USA)의 SOMATOM으로 120 kV (최대), 86 mA, 0.6 mm 슬라이스 두께로 촬영하였고 영상의학과의 정식 판독을 근거로 CT 소견을 분석하였다. 순음청력검사는 기도와 골도에 대해 시행하였으며, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000 Hz를 기록하였다. 기도골도차는 미국 이비인후과-두경부외과학회(American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery)의 가이드라인에 따라 500, 1000, 2000, 3000 Hz에서 기도 청력과 골도 청력의 평균 차이로 계산하였다.<sup>15)</sup> 또한, 최적안정 역치에서 측정한 어음명료도를 분석에 포함시켰다. 기도골도 차 영역을 주파수별로 분류하였는데, 저음역대는 250, 500, 1000 kHz 중 연속된 두 주파수에서 기도골도차가 20 dB 이상일 때, 고음역대는 2000, 3000, 4000 Hz 중 연속된 두 주파수에서 기도골도차가 20 dB 이상일 때로 정의하였다.<sup>16)</sup> 고 실도 검사는 -100~+100 mmH<sub>2</sub>O에서 최대 탄성이 관찰되는 것을 A형, 최대 탄성이 A와 같은 범위에 있으나 탄성의 변화가 0.3 mL 미만인 경우 As, 최대 탄성이 A와 같은 범위에 있으나 탄성의 변화가 1.5 mL 초과인 경우 Ad, 최대 탄성이 -100 mmH<sub>2</sub>O 미만에서 관찰되는 것을 C형으로 정의하였다.

### 통계 분석

통계 분석은 SPSS 버전 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL,

USA)을 이용하여 분석하였다. 인구학적 특성 간 빈도 차이를 분석하기 위해  $\chi^2$ -test와 로지스틱 회귀분석을 이용하였고, 측두골 CT 소견에 따른 청력도 비교를 위해 independent t-test를 이용하였고, 수술 전후 청력역치의 비교와 수술 후 기도골도차의 변화를 주파수별로 비교하기 위해 paired t-test를 이용했다. 주파수별 비교는 Bonferroni 교정을 적용한  $p<0.005$ 를 유의수준으로 하였고 나머지 통계는  $p<0.05$ 를 유의수준으로 하였다.

## 결 과

### 인구학적 특성

66명 환자들의 나이는 18세에서 72세까지 분포하였고, 평균은  $46.8 \pm 17.0$ 세였다(Table 1). 이 중 38명(57.6%)이 여자였고, 28명(42.4%)이 우측 귀였다. 양측보다는 일측 청력저하의 빈도가 높았고( $\chi^2$  [2, 66]=8.27,  $p=0.02$ ), 좌우 간에 차이는 없었다( $p>0.05$ ). 기도골도차는 평균  $24.8 \pm 10.3$  dB로 10~19 dB에 24명(36.4%), 20~29 dB에 22명(33.3%), 30~39 dB은 11명(16.7%), 40 dB 이상은 9명(13.6%) 분포하였다. 기도골도차를 보이고 연속된 두 주파수에서 골도청력이 25 dB을 초과하는 경우 혼합성 난청으로 정의하였고, 전음성 난청과 혼합성 난청의 비율은 각각 28명(42.4%), 38명(57.6%)로 유의미한 차이가 없었고( $p>0.05$ ), 연령이 증가할수록 혼합성 난청을 보일 확률이 증가하는 것으로 나타났다( $OR=1.07$ , 95% CI 1.028~1.106,  $p<0.05$ ). 기도골도차를 주파수별로 나누었을 때, 저음역대는 29명(43.9%), 전음역대는 37명(56.1%), 고음역대는 0 귀였다(Table 1).

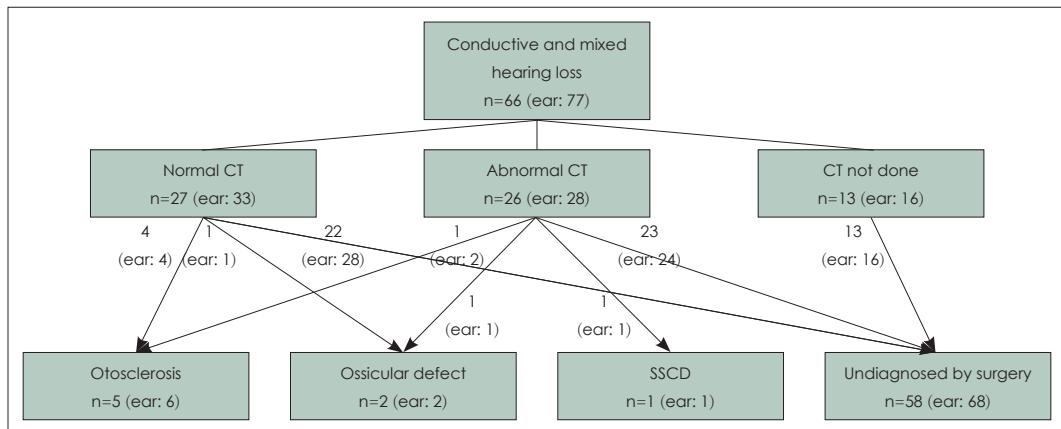
### 수술을 통한 진단과 측두골 CT 결과

66명의 환자의 77귀 중 수술로 진단명이 확인된 경우가 10귀 있었고, 이경화증 6귀, 이소골연쇄 단절 2귀, 상반고리 관피열증후군 1귀, 원인미상 1귀였다(Fig. 1 and Table 1). 총 77귀(66명) 중 측두골 CT를 촬영한 61귀(53명)를 대상으로 CT 소견을 분석한 결과 정상 소견이 33귀(54.1%), 비정상 소견이 28귀(45.9%)였다(Table 2). 정상 소견군과 비정상 소견군 간에 성별, 나이, 방향성, 전음성과 혼합성 난청 비율은 유의미한 차이는 없었다( $p>0.05$ ). 측두골 CT 정상 소견군 33귀 중 수술로 진단이 확인된 경우는 이경화증 4귀(12.1%), 이소골 연쇄단절 1귀(3.0%)가 있었고, 나머지 28귀(84.8%)은 진단이 확인되지 않았다(Fig. 1). 측두골 CT에서 나타난 비정상 소견은 Table 2와 같다. 측두골 CT 비정상 소견 환자 28귀 중 수술을 통해 진단된 경우는 이경화증 2귀(7.1%), 이소골 기형 1귀(3.6%), 상반고리관피열증후군 1귀(3.6%)가 있었고 나머지

**Table 1.** Patient demographics, clinical manifestations, and diagnosis (n=66)

Characteristic	Value	p-value
Age, yr		
Mean±standard deviation	46.8±17.0	
Range	18~72	
Sex		0.27
Male	28 (42.4)	
Female	38 (57.6)	
Hearing type		0.27
Conductive	28 (42.4)	
Mixed	38 (57.6)	
Sidedness*		0.02
Right	28 (42.4)	
Left	27 (40.9)	
Both	11 (16.7)	
Associated symptom†		<0.01
Only hearing disturbance	15 (22.7)	
Ear fullness	17 (25.8)	
Tinnitus	33 (50.0)	
Vertigo	6 (9.1)	
ABG*		0.02
10~19	24 (36.4)	
20~29	22 (33.3)	
30~39	11 (16.7)	
≤ 40	9 (13.6)	
ABG frequency		<0.01
Low tone	29 (43.9)	
High tone	0	
Pantonal	37 (56.1)	
Tympanometry type		<0.01
A	43 (65.2)	
As	10 (15.1)	
Ad	6 (9.1)	
B	0	
C	7 (10.6)	
Surgical diagnosis		<0.01
Otosclerosis	5 (7.6)	
Ossicular anomaly	1 (1.5)	
Ossicular discontinuity	1 (1.5)	
SSCD	1 (1.5)	
Clinical diagnosis		0.04
Silent otitis media	7 (10.6)	
Thickened TM	5 (7.6)	
Otosclerosis	4 (6.1)	
Ossicular anomaly	4 (6.1)	
E-tube dysfunction	4 (6.1)	
Semicircular canal dysplasia	2 (3.0)	
Endolymphatic hydrops	2 (3.0)	

Data are presented as n (%). \*indicates a significant difference between groups ( $p<0.05$ ); †in cases where there are multiple symptoms, they were counted as duplicates. ABG, air-bone gap; SSCD, superior semicircular canal dehiscence; TM, tympanic membrane



**Fig. 1.** Patient flow chart showing the diagnosis of temporal bone CT and surgical confirmation for 66 patients with conductive and mixed hearing loss. SSCD, superior semicircular canal dehiscence.

**Table 2.** CT findings of the temporal bone in patients with conductive and mixed HL (ear)

	Conductive HL (No. of ear)	Mixed HL (No. of ear)	Total (No. of ear)	%
Abnormal	11	17	28	45.9
Otosclerosis	2	5	7	11.5
Radiolucency around oval window	2	3	5	8.2
High density extending from stapes	0	2	2	3.3
Ossicular anomaly	3	2	5	8.2
Superior semicircular canal dehiscence	1	0	1	1.6
Lateral semicircular canal dysplasia	0	2	2	3.3
Tympanic membrane thickening	2	3	5	8.2
Sclerotic mastoid	3	5	8	13.1
Normal	14	19	33	54.1
Total	25	36	61	100

HL, hearing loss

24 귀(85.7%)는 진단이 확인되지 않았다(Fig. 1). 수술을 통해 이경화증으로 진단된 6 귀 중 측두골 CT에서 이상 소견이 보인 것은 2 귀 있었다.

### 임상적 진단

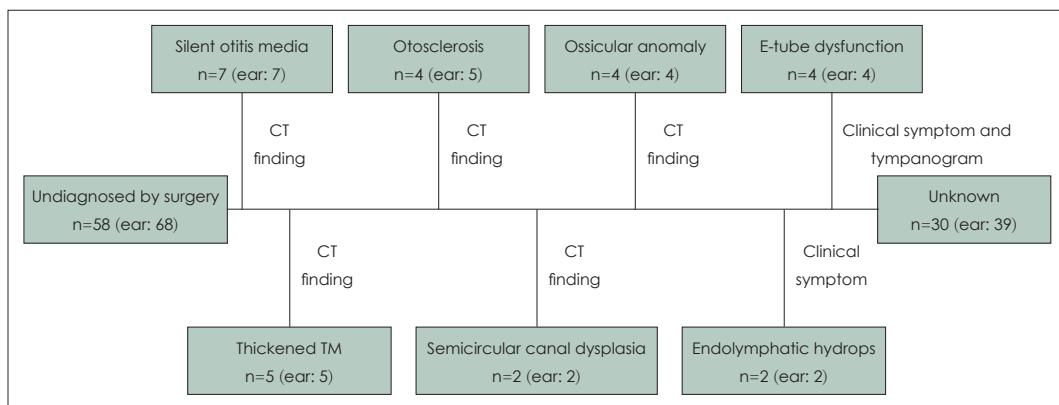
수술로 진단이 확인되지 않은 예들은 측두골 CT, 고실도 검사, 청력도의 양상, 동반 증상을 토대로 진단이 추정 가능한 경우에는 임상적 진단명을 붙이고 그 나머지를 미상(un-known)으로 집계하였다. 측두골 CT에서 이경화증을 시사하거나, 이소골 기형, 내이 기형, 고막 비후, 경화성 유양동 등의 소견을 보이는 경우 그 소견에 따라 임상적 진단명을 붙였다. 이충만감 또는 침울 삼키는 동작에서 터지는 소리와 함께 고실도 검사에서 C형을 보이는 경우 이관기능장애로 진단하였다.<sup>17)</sup> 저음역대 기도골도차를 보이는 환자 중 이충만감, 이명, 어지럼증 중 두 가지 이상의 증상을 나타날 때 내림프수종으로 진단하였다.<sup>16,18)</sup> 이러한 과정을 통해 수술적으로 진단명이 확인되지 않았던 68 귀 중 잠복성 중이염 7 귀(10.3%), 고막 비

후 5 귀(7.4%), 이경화증 5 귀(7.4%), 이소골 기형 4 귀(5.9%), 이관기능장애 4 귀(5.9%), 반고리관 기형 2 귀(2.9%), 내림프수종 2 귀(2.9%)로 총 29 귀(42.6%)가 임상적으로 진단되었다(Fig. 2 and Table 3).

### 청력 결과

측두골 CT 소견에 따라 정상소견군과 비정상소견군으로 나누어 순음청력검사를 비교하였을 때 기도 청력, 골도 청력, 기도골도차에서 유의한 차이는 없었으나( $p>0.05$ ), 어음명료도는 비정상 소견군이 정상 소견군보다 유의미하게 저하되어 있었다( $86.5\% \pm 10.7\%$  vs.  $92.8\% \pm 13.1\%$ ;  $t[58]=1.8$ ,  $p<0.05$ ) (Table 4). 전음성 난청과 혼합성 난청사이에 기도골도차와 어음명료도의 차이는 없었으며( $p>0.05$ ), 일측성 난청과 양측성 난청 사이에서는 기도 청력, 골도 청력, 기도골도차와 어음명료도의 차이는 없었다( $p>0.05$ ).

수술 전후 골도 청력은 각각  $29.5\pm 15.2$  dB와  $32.3\pm 12.1$  dB로 차이를 보이지 않았지만( $p>0.05$ ), 기도 청력은 수술 전



**Fig. 2.** Patient flow chart showing clinical diagnosis for patients who were undiagnosed by surgery.

60.0±17.7 dB HL에서 수술 후 38.8±10.0 dB로 유의미한 감소를 보였고( $t[6]=3.29, p=0.01$ ), 기도골도차도 수술 전 30.5±12.7 dB에서 6.4±4.0 dB로 유의미하게 감소하였다( $t[6]=6.29, p<0.05$ ) (Fig. 3 and Table 5). Subject 3의 경우 시험적 고실개방술로 이경화증으로 진단되었고 이차 수술을 계획하였으나 추적 탈락되었다. 고실개방술로 병변을 발견하지 못한 subject 9과 수술 후 청력도가 없는 subject 3과 4를 제외하고 각 주파수별로 비교하였을 때, 수술 후에 모든 주파수에서 유의미한 기도골도차 감소를 확인할 수 있었다( $p<0.05$ ). 수술 후 주파수별 기도골도차의 감소폭은 0.5 kHz와 2 kHz, 그리고 0.5 kHz와 4 kHz 사이에서 Bonferroni 수정 유의수준을 만족하는 차이를 보였다(<0.005, accepted  $p$  value=0.05/10=0.005) (Fig. 4). 0.5 kHz와 1 kHz에서 기도골도차 감소폭의 합과 3 kHz와 4 kHz에서 기도골도차 감소폭의 합을 비교해 보면 낮은 두 주파수에서의 감소폭이 의미 있게 큰 것으로 나타났다( $p=0.001$ ).

## 고 찰

본 연구에서 정상 고막과 기도골도차를 가지는 비외상성 난청들의 평균나이는 46.8세로 비슷한 대상으로 진행한 기존 연구에서 나타난 25~41세에 비하여 높은 편인데 이것은 기존 연구들에서는 혼합성 난청이 제외되었거나<sup>10,19)</sup> 외상성 난청이 포함되었기 때문으로 보인다.<sup>12,14,20,21)</sup> 또한 본 연구 대상은 수술하지 않은 환자들도 포함하였고 고령층에서 수술을 받지 않는 경향이 평균나이를 높인 원인이 될 수 있다.

정상 고막과 기도골도차를 가지는 난청의 원인으로는 외이도 병변을 제외하면 이경화증, 선천성 이소골 고정, 이소골 기형, 외상성 이소골 손상 등 중이강 내 병변이 흔하지만<sup>10,12)</sup> 드물게 상반고리관피열증후군, 전정수도관화장증후군, Gusher 증후군, Paget 병, 내이 또는 유양돌기의 병변도 있다.<sup>22)</sup> 본 연-

구에서 수술로 확진된 예 중에는 이경화증이 가장 흔했다. 이전 연구들에서도 정상 고막을 가진 전음성 난청 환자들을 수술했을 때 이경화증이 가장 흔한 것으로 보고하였고(27%~66%), 등골 이외의 이소골 고정, 이소골연쇄 단절 또는 탈구가 다음으로 흔한 원인을 차지하였고(10%~30%), 진주종, 고실사구종 등 예상하지 못한 중이 병변이 발견되는 경우도 있었다.<sup>13,19,21)</sup> 외상 이후 발생한 전음성 난청 환자에서는 이소골 탈구가 흔한 것으로 보고되었다.<sup>12,14)</sup> 본 연구에서 조건을 만족하는 증례들은 양측성(10명, 15.2%)에 비하여 일측성(56명, 84.8%)이 훨씬 높은 비율을 보였고 다른 연구들에서도 일측성의 비율이 높은 것으로 보고되었다.<sup>12,14,20)</sup> 이경화증은 양측성이 더 흔한 것으로 알려져 있지만<sup>11)</sup> 본 연구에서 이경화증은 수술로 확인된 6귀에 CT로만 의심된 5귀를 포함하여도 총 11귀로 그 비율이 높지 않으므로 전체적으로 양측성의 비율이 적게 나타난 원인의 하나라고 생각된다. 등골고정 소견은 이경화증 이외에도 선천성 등골고정의 가능성도 있고 Paget 병에서 동반될 수도 있지만<sup>23)</sup> 임상적으로 청력저하가 20대부터 진행성으로 발생하고 청력검사에서 Carhart 절(notch)이 보이거나 측두골 CT에서 전창소열이나 와우 주변 저음영 등 특정 소견을 보이는 경우 조직학적 진단이 없더라도 이경화증을 강하게 의심할 수 있다.<sup>11,24,25)</sup> 본 연구에서 수술 소견에서 등골 고정이 확인된 환자들은 모두 이경화증의 임상양상에 부합하였기 때문에 이경화증으로 분류하였다. 또한 수술로 진단된 이경화증 6귀(5명) 중 수술 전에 측두골 CT를 통해 이경화증을 의심할 수 있었던 경우는 한 명의 2귀에 불과하였다. 이는 기존 문헌에서 보이는 측두골 CT의 민감도 60%~91%에<sup>24,26)</sup> 비하여 상당히 낮은 편인데 이것은 이경화증으로 진단된 수가 적었기 때문으로 생각된다. 본 연구에서 한 예의 상반고리관피열증후군이 수술을 통해 확진되었는데 술전 청력검사에서 28.3 dB의 기도골도차를 가지고 4 kHz 이상의 고주파수에서만 골전도역치가 상승하는 혼합성난청 양상을

**Table 3.** Clinical characteristics, audiology results, and CT findings of surgically or clinically diagnosed patients

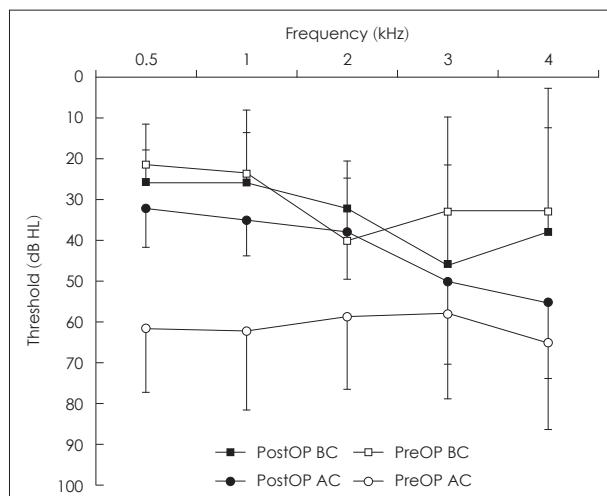
No.	Age (years)	Sex	Side	Clinical diagnosis	Associated symptom	AC (dB)	BC (dB)	ABG (dB)	Abnormal frequency	Tympanogram	Temporal bone CT
Surgically confirmed											
1	42	F	R	Otosclerosis	-	61.3	23.8	37.5	Low tone	A	Osteolytic lesion at fissula ante fenestram
			L	Otosclerosis	-	56.3	35.0	21.3	Low tone	A	Osteolytic lesion at fissula ante fenestram
2	24	M	L	Otosclerosis	T	42.5	16.3	26.2	Low tone	As	Normal
3	40	M	L	Otosclerosis	-	75.0	31.3	43.8	Pantonal	A	Normal
4	50	F	L	Otosclerosis	T	55.0	30.0	25.0	Pantonal	As	Normal
5	68	M	R	Otosclerosis	T	86.3	57.5	28.8	Low tone	A	Normal
6	68	M	R	Ossicular discontinuity	-	57.5	37.5	20.0	Pantonal	Ad	Normal
7	68	F	R	Ossicular anomaly	V	78.8	22.5	56.3	Pantonal	A	Aplasia of incus
8	41	F	R	SSCD	V	37.5	13.7	23.8	Low tone	A	Bony defect at the superior semicircular canal
9	59	F	R	Unknown	T	57.5	40.0	17.5	Low tone	A	Normal
Clinically diagnosed											
1	27	M	R	Thickened TM	T	51.3	31.3	20.0	Pantonal	A	Thickened TM
2	55	F	L	Silent otitis media	-	66.3	31.3	35.0	Pantonal	A	Sclerotic mastoid
3	66	F	R	Silent otitis media	T	60.0	33.8	26.2	Low tone	A	Sclerotic mastoid
4	28	M	R	Otosclerosis	T	40.0	21.3	18.7	Low tone	A	Osteolytic lesion at fissula ante fenestram
5	24	M	L	Ossicular anomaly	T	41.3	23.8	17.5	Low tone	A	Ossicular separation
6	43	F	R	Ossicular anomaly	T	53.8	21.3	32.5	Pantonal	As	Ossicular separation
7	58	M	R	Semicircular canal dysplasia	F, T	90.5	57.5	32.5	Pantonal	A	Aplasia of lateral semicircular canal
8	26	M	R	Thickened TM	T	62.5	11.3	51.2	Pantonal	A	Thickened TM
9	71	F	L	Thickened TM	F, T	67.5	37.5	30.0	Pantonal	As	Thickened TM
10	39	F	L	Ossicular anomaly	F	37.5	25.0	12.5	Low tone	A	Ossicular separation
11	41	F	L	Endolymphatic hydrops	F, T	46.3	35.0	11.3	Low tone	A	Normal
12	25	F	L	Otosclerosis	V	46.3	35.0	11.3	Low tone	A	Ossification of stapedial tendon
13	50	F	R	Otosclerosis	T	50.0	28.8	21.2	Pantonal	A	Low density around oval window
			L	Otosclerosis	T	36.3	26.3	10.0	Pantonal	A	Low density around oval window
14	49	F	L	Semicircular canal dysplasia	T	57.5	31.3	26.3	Pantonal	Ad	Fusion of lateral semicircular canal
15	21	F	R	E-tube dysfunction	F	38.8	15.0	23.8	Low tone	C	Normal
16	19	M	R	Ossicular anomaly	-	67.5	48.8	18.8	Low tone	A	Deformity of malleus
17	51	M	L	Thickened TM	F	38.8	25.0	13.8	Low tone	As	Thickened TM
18	63	F	R	Silent otitis media	F	61.3	35.0	26.3	Low tone	A	Sclerotic mastoid
19	40	M	R	E-tube dysfunction	F, T	38.8	21.3	17.5	Low tone	C	Normal
20	50	M	L	Silent otitis media	-	52.5	33.8	18.7	Pantonal	A	Sclerotic mastoid
21	63	F	R	Endolymphatic hydrops	F, V	72.5	50.0	22.5	Low tone	A	Not done
22	61	F	R	Silent otitis media	T	67.5	25.0	42.5	Pantonal	As	Sclerotic mastoid
23	30	F	R	Otosclerosis	F, T	25.0	12.5	12.5	Low tone	As	Low density around oval window
24	63	F	R	E-tube dysfunction	F	50.0	33.8	16.2	Low tone	C	Normal
25	52	F	R	E-tube dysfunction	F, T	51.3	32.5	18.8	Pantonal	C	Sclerotic mastoid
26	64	M	L	Silent otitis media	V	41.3	28.8	12.5	Pantonal	A	Sclerotic mastoid
27	25	M	L	Thickened TM	-	90.0	57.5	32.5	Pantonal	As	Thickened TM
28	62	F	L	Silent otitis media	T	48.8	28.8	20.0	Pantonal	A	Sclerotic mastoid

AC, air-conduction threshold; BC, bone-conduction threshold; ABG, air-bone gap; SSCD, superior semicircular canal dehiscence; TM, tympanic membrane; T, tinnitus; V, vertigo; F, ear fullness

**Table 4.** Comparisons of hearing threshold according to the temporal bone CT finding, hearing loss type, and laterality

	AC (dB)	BC (dB)	ABG (dB)	SDS (%)
Temporal bone CT				
Normal	54.1±20.1	30.8±15.0	24.3±10.6	92.8±13.1*
Abnormal	54.1±15.5	29.9±11.7	24.3±10.3	86.5±10.7*
Hearing type				
Conductive	45.3±11.8*	20.1±6.3*	25.1±12.1	90.7±19.1
Mixed	61.6±16.6*	36.9±12.5*	24.7±8.7	87.2±13.8
Laterality				
Unilateral	55.5±18.0	30.2±13.6	25.2±10.8	87.9±17.3
Bilateral	50.5±7.0	27.2±11.3	23.1±6.9	92.7±9.3

\*indicates a significant difference between groups ( $p < 0.05$ ). AC, air conduction threshold; BC, bone conduction threshold; ABG, air-bone gap; SDS, speech discrimination score

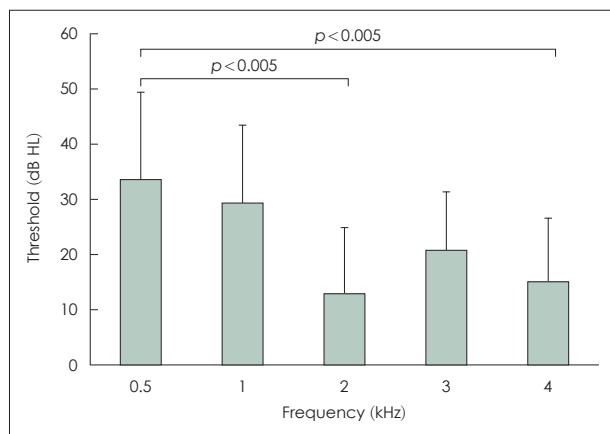
**Fig. 3.** Mean pure tone thresholds before and after operation. Postoperative audiometry revealed significant improvement in postoperative AC thresholds ( $p < 0.05$ ). Error bar means standard deviation. AC, air conduction threshold; BC, bone conduction threshold.

보였다. 상반고리관피열증후군은 전정수도관확장증후군과 함께 제3의 창(third window effect)효과에 의한 기도골도차를 보이는 내이질환으로 큰소리와 압력에 유발되는 어지러움증, 청각과민 등의 동반증상을 통한 의심과 상반고리관의 장축과 평행한 관상면 CT 재구성 이미지를 통하여 진단할 수 있다.<sup>27,28)</sup> 시험적 고실개방술에서 원인을 발견할 수 없는 예가 10여 중 1여 있었는데 다른 연구에서도 3%-4%는 발견되지 못하는 것으로 보고되었다.<sup>19,20)</sup>

정상고막과 기도골도차를 가지는 환자에서 수술로 진단이 확인되지 않은 경우 측두골 CT와 동반증상을 자세히 분석해 보면 임상적 진단명을 붙일 수 있는 경우가 상당수 있었다. 측두골 CT에서 경화성 유양동을 보이는 경우 잠복성 주이염으로 진단하였고, 이러한 경우 중이강 내에 육안으로 확인되지 않은 염증이 있거나 과거의 염증이 기도골도차의 원

No.	Age (years)	Sex	Side	Final diagnosis	Surgery	Pre-operative				Post-operative				
						AC (dB)	BC (dB)	%	AC (dB)	BC (dB)	%	AC (dB)	BC (dB)	
1	42	F	R	Otosclerosis	Stapedotomy	70	65	55	50	15	45	45	35	50
2	24	M	L	Otosclerosis	Stapedotomy	60	55	55	55	25	40	40	40	55
3	40	M	L	Otosclerosis	Stapedotomy	45	55	40	30	35	10	15	25	20
4	50	F	L	Otosclerosis	Stapedotomy	65	60	45	50	65	35	35	45	100
5	68	M	R	Otosclerosis	Stapedotomy	85	90	85	100	35	55	75	65	35
6	68	M	R	OD	OR	50	60	55	65	30	25	40	20	30
7	68	F	R	OA	OR	75	80	80	70	25	15	56.3	88	20
8	41	F	R	SSCD	Fistula repair	45	30	40	35	80	10	20	15	35
9	59	F	R	Unknown	Explo-	55	65	55	50	30	45	45	40	55

OD, ossicular discontinuity; OA, ossicular anomaly; SSCD, superior semicircular canal dehiscence; OR, ossicular reconstruction; Explo, explo-tympanotomy; AC, air-conduction threshold; BC, bone-conduction threshold; ABG, air-bone gap; SDS, speech discrimination score



**Fig. 4.** Comparison of air-bone gap decrease after operation among each frequency. The decrease at 0.5 kHz was significantly greater than the decrease at 2 and 4 kHz ( $p<0.005$ ).

인이 될 수 있다.<sup>29)</sup> 또, 고막의 모양에 변화를 초래하지 않는 수준의 이관기능장애라도 중이 내 압력감소로 고막과 이소골의 운동성이 감소시켜 전음성 난청을 일으킬 수 있다.<sup>17)</sup> 내림프수종의 경우에도 증가한 내림프 압력이 등골 움직임의 저하시켜 저주파수 영역에 기도골도차를 유발하는 것으로 보고되고 있다.<sup>16,18)</sup>

측두골 CT에서 비정상 소견군과 정상 소견군과 청력을 비교하였을 때 골전도 역치에 차이가 없었고 혼합성 난청의 비율도 차이가 없었으나 어음분별력은 비정상 소견군에서 유의미하게 낮았다. 측두골 CT의 비정상 소견들 중 유양동 경화증이나 비후된 고막 등 잠복성 중이염이나 과거의 염증을 의심할 수 있는 소견들이 있었는데, 이러한 경우 고막에 육안적 이상을 초래하지 않았음에도 염증이 장기적으로 어음분별력을 떨어뜨렸을 가능성이 있다. 최근 일측에만 전음성 난청을 가지는 코호트 연구에서 전음성 난청증 귀가 중이강이나 유양동에 만성적인 염증을 동반하는 경우, 골전도 역치가 정상 이더라도 건축 귀에 비하여 어음분별력이 유의미하게 저하되었는데, 만성적 염증이 골전도역치에 영향을 주지 않는 정도라도 내이손상을 일으킬 수 있기 때문으로 그 원인을 추정하였다.<sup>29)</sup> 수술 후 기도청력의 개선은 저주파 대역(0.5 kHz와 1 kHz)에서 고주파 대역(3 kHz와 4 kHz)보다 큰 경향을 보였으나 증례수가 충분하지 않아 결론 내리기는 어렵다. 기존 연구에서 수술 후 기도청력 개선이 고파수 대역에서 상대적으로 적은 것을 보고하였는데,<sup>30)</sup> 수술 중 드릴링, 이소골 조작, 레이저의 사용 등이 고주파 대역에 감각신경성 난청을 유발하였을 가능성을 제시하였다.

본 연구의 한계점은 연구가 후향적으로 진행되었으며, 수술을 받은 표본수가 적어서 최종적인 진단명을 알 수 없는 예가 많았다는 점이다. 하지만 수술 여부를 떠나 비교적 드물

게 진료에서 만나게 되는 정상 고막과 기도골도차를 가지는 난청의 임상양상과 측두골 CT 소견에 대한 본 연구의 분석 결과는 추후 진료 방향 결정에 도움이 될 것이다.

결론적으로, 정상 고막과 기도골도차를 가지는 비외상성 난청 환자에서 일측성이 더 흔하였고 평균 기도골도차는  $24.8 \pm 10.3$  dB로 나타났다. 측두골 CT에서 비정상소견보다 정상 소견을 보이는 경우가 약간 더 많았고, 측두골 CT에서 비정상 소견을 보이는 경우 정상 소견을 보이는 경우보다 어음분별력이 저하되어 있었다. 수술을 통하여 원인이 확인된 경우는 이경화증이 가장 흔하였고 측두골 CT 등을 이용한 임상적 진단으로는 잠복성 중이염이 가장 흔한 원인이었다.

#### Acknowledgments

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (NRF-2020R1I1A3071587).

#### Author Contribution

Conceptualization: Hyun Joon Shim. Data curation: Seung Yeon Jeon. Formal analysis: Seung Yeon Jeon. Project administration: Hyun Joon Shim. Supervision: Hyun Joon Shim. Visualization: Seung Yeon Jeon. Writing—original draft: Seung Yeon Jeon. Writing—review & editing: Yong-Whi An, Ra Gyoung Yoon, Hyun Joon Shim.

#### ORCIDs

Seung Yeon Jeon	<a href="https://orcid.org/0000-0002-0320-9956">https://orcid.org/0000-0002-0320-9956</a>
Yong-Hwi An	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8240-1673">https://orcid.org/0000-0001-8240-1673</a>
Ra Gyoung Yoon	<a href="https://orcid.org/0000-0003-3203-921X">https://orcid.org/0000-0003-3203-921X</a>
Hyun Joon Shim	<a href="https://orcid.org/0000-0001-9719-6959">https://orcid.org/0000-0001-9719-6959</a>

#### REFERENCES

- Goh EK. Diagnosis of hearing loss. J Clin Otolaryngol Head Neck Surg 2003;14(2):161-7.
- Prueter JC, Teasley RA, Backous DD. Clinical assessment and surgical treatment of conductive hearing loss. In: Flint P, Haughey B, Lund V, Robbins K, Regan Thomas J, Lesperance M, et al., editors. Cummings Otolaryngology. 7th ed. Philadelphia, PA: Elsevier;2020. p.2186-96.
- Salmon MK, Brant J, Hohman MH, Leibowitz D. Audiogram interpretation. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing;2023.
- Byun SY. Audiologic test. In: Bae HJ, editor. Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery. 2nd ed. Seoul: Koonja Publishing Inc.;2018. p.199-226.
- Jun HJ, Hwang SY, Lee SH, Lee JE, Song JJ, Chae S. The prevalence of hearing loss in South Korea: data from a population-based study. Laryngoscope 2015;125(3):690-4.
- Healthcare Bigdata Hub. Disease classification statistics. [cited 2023 Jan 25]. Available from: URL: <https://opendata.hira.or.kr/opc/olap4thDsInfoTab1.do#none>.
- Mahboubi H, Lin HW, Bhattacharyya N. Prevalence, characteristics, and treatment patterns of hearing difficulty in the United States. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg 2018;144(1):65-70.
- Louw C, Swanepoel W, Eikelboom RH, Hugo J. Prevalence of hearing loss at primary health care clinics in South Africa. Afr Health Sci 2018;18(2):313-20.

- 9) Garg S, Kohli C, Mangla V, Chadha S, Singh MM, Dahiya N. An epidemiological study on burden of hearing loss and its associated factors in Delhi, India. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2018;127(9):614-9.
- 10) Kim SH, Cho YS, Kim HJ, Kim HJ. Operative findings of conductive hearing loss with intact tympanic membrane and normal temporal bone computed tomography. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2014;271(6):1409-14.
- 11) House JW, Cunningham CD. Otosclerosis. In: Flint P, Haughey B, Lund V, Robbins K, Regan Thomas J, Lesperance M, et al., editors. *Cummings Otolaryngology*. 7th ed. Philadelphia, PA: Elsevier;2020. p.2197-206.
- 12) Choi JH, Lee MY, Park JH, Lee KY, Lee SH, Jang JH. Conductive hearing loss with an intact tympanic membrane due to non-inflammatory causes. *Auris Nasus Larynx* 2016;43(2):144-8.
- 13) Robertson G, Mills R. Findings at exploratory tympanotomy for conductive hearing loss. *J Laryngol Otol* 2009;123(10):1087-9.
- 14) Lee DH, Seo KS, Kim K, Yoon TM, Kim JS, Cho HH, et al. The effectiveness of exploratory tympanotomy in the conductive hearing loss with normally appeared tympanic membrane. *Korean J Audiol* 2004;8(2):157-63.
- 15) Committee on Hearing and Equilibrium. Committee on hearing and equilibrium guidelines for the evaluation of results of treatment of conductive hearing loss. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1995; 113(3):186-7.
- 16) Lee HJ, Jeon JH, Park S, Kim BG, Lee WS, Kim SH. Prevalence and clinical significance of spontaneous low-frequency air-bone gaps in Ménière's disease. *Otol Neurotol* 2014;35(3):489-94.
- 17) Schilder AG, Bhutta MF, Butler CC, Holy C, Levine LH, Kvaerner KJ, et al. Eustachian tube dysfunction: Consensus statement on definition, types, clinical presentation and diagnosis. *Clin Otolaryngol* 2015;40(5):407-11.
- 18) Sugimoto S, Yoshida T, Teranishi M, Okazaki Y, Naganawa S, Sone M. The relationship between endolymphatic hydrops in the vestibule and low-frequency air-bone gaps. *Laryngoscope* 2018; 128(7):1658-62.
- 19) Mohanty S, Raj T V, Sreenivas C, Devipriya V. Endoscopic exploratory tympanotomy findings in conductive hearing loss: A surgical review. *Int J Med Res Rev* 2017;5(3):261-5.
- 20) Won JY, Yoon TH, Chung JW, Lee KS. The exploratory tympanotomy in the conductive hearing loss with normal appearing tympanic membrane. *Korean J Otolaryngol* 2001;44(2):134-8.
- 21) Lee HM, Kim SH, Jung J, Lee IW. Clinical characteristics of exploratory tympanotomy and role of otoendoscope. *J Clin Otolaryngol Head Neck Surg* 2015;26(2):208-12.
- 22) Merchant SN, Rosowski JJ. Conductive hearing loss caused by third-window lesions of the inner ear. *Otol Neurotol* 2008;29(3): 282-9.
- 23) Kim LS, Park DE, Kwon BW, Jeong SW, Kim JR. Clinical analysis of otosclerosis and congenital stapedial fixation. *Korean J Audiol* 2006;10(1):62-7.
- 24) Chang SO, Kim CS, Oh SH, Park JB, Ahn SH, Hwang CH, et al. HRCT findings of otosclerosis. *Korean J Otolaryngol* 2002;45(2): 118-21.
- 25) Min JY, Chung WH, Lee WY, Cho YS, Hong SH, Kim HJ, et al. Otosclerosis: Incidence of positive findings on temporal bone computed tomography (TBCT) and audiometric correlation in Korean patients. *Auris Nasus Larynx* 2010;37(1):23-8.
- 26) Wegner I, van Waes AM, Bittermann AJ, Buitinck SH, Dekker CF, Kurk SA, et al. A systematic review of the diagnostic value of CT imaging in diagnosing otosclerosis. *Otol Neurotol* 2016;37(1):9-15.
- 27) Minor LB. Clinical manifestations of superior semicircular canal dehiscence. *Laryngoscope* 2005;115(10):1717-27.
- 28) Lee ES, Cho YT, An YH, Shim HJ. Prevalence of superior semicircular canal dehiscence in coronal images of temporal bone computed tomography and its diagnostic value in Korean population. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2018;61(9):453-8.
- 29) Okada M, Welling DB, Liberman MC, Maison SF. Chronic conductive hearing loss is associated with speech intelligibility deficits in patients with normal bone-conduction thresholds. *Ear Hear* 2020;41(3):500-7.
- 30) Bagger-Sjöbäck D, Strömbäck K, Hultcrantz M, Papatziamos G, Smeds H, Danckwardt-Lillieström N, et al. High-frequency hearing, tinnitus, and patient satisfaction with stapedotomy: A randomized prospective study. *Sci Rep* 2015;5:13341.