

청각선별을 통과한 주간 보호와 언어재활 서비스 수혜 소아의 가청역치

Hearing Threshold of Children with Hearing Screening-Passed in Day Care Center and Speech-Language Pathology Clinic

허승덕*

S. D. Heo

요 약

청각선별에서 반응 역치는 검사 환경 잡음, 청각기관 생리적 특성, 과도한 음원 노출 등에 따라 다르게 나타난다. 이 연구 목적은 청각선별을 통과한 소아의 주파수별 가청역치에 대한 정보를 획득하는데 있다. 연구 대상은 언어치료센터와 지역아동센터에 다니는 3.3세부터 16.3세(9.01±2.52) 사이의 110명으로 하였고, 이들의 소아 청각선별 결과를 후향적으로 분석하였다. 청각선별은 고막운동성계측(Tympanometry), 등골근반사(acoustic reflex threshold), 자동화 이음향방사(automated otoacoustic emission), 순음청각선별(pure tone screening)을 시행하였다. 대상자들은 모두 청각선별 정상 기준에 포함되었다. 주파수별 가청역치 차이는 반복측정 분산분석 하였다. 결과: 가청역치 평균은 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz의 순서로 우측 귀 16±6.49, 11.5±4.79, 6.86±4.99, 5.95±6.65 dB HL, 좌측 귀 15.68±6.01, 9.95±5.24, 5.72±5.21, 5.63±7.04 dB HL로 각각 관찰되었다. 주파수 사이에는 500Hz와 1,000, 2,000, 4,000 Hz(p=.000), 1,000과 2,000, 4,000 Hz(p=.000)로 유의한 차이가 있었다.

ABSTRACT

Responded threshold level in hearing screening depends on the noise level of test surroundings, physiological characteristics of hearing organs, excessive sound source exposures, and so on. The purpose of this study is to obtain the basic information of hearing threshold level at each frequencies in children with passed hearing screening. Subjects were 110 children, aged were from 3.3 to 16.3 (9.01±2.52), who were at private speech language pathological clinics and daycare centers. Methods of Hearing screening were tympanometry, acoustic reflex threshold, automated otoacoustic emission, and pure tone screening. The subjects were in normal criteria of hearing screening. The differences of hearing threshold among ages and frequencies were measured by means of repeated measures ANOVA. The mean of hearing thresholds level was observed 16±6.49, 11.5±4.79, 6.86±4.99, 5.95±6.65 dB HL in the right ear and 15.68±6.01, 9.95±5.24, 5.72±5.21, 5.63±7.04 dB HL in the left ear, in frequency of 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz respectively. There was a significant difference between 500 and 1,000, 2,000, 4,000 Hz (p=.000), between 1,000 and 2,000, 4,000 Hz (p=.000).

Keyword : hearing screening, automated otoacoustic emission, tympanometry, acoustic reflex threshold

1. 서론

신생아는 울거나 음절 형태의 웅얼이를 하면서

스스로의 음성을 감지한다. 음성에 대한 자기 감시는 발성 동기와 능력을 키워주며, 첫 단어를 산출하는데 직접적인 영향을 준다. 난청 신생아 및 영아에 대한 조기 중재는 정상 청력과 같은 언어 발달을 기대할 수 있으며, 언어를 포함한 전반적 발달은 중재가 빠를수록 청력손실이 없는 또래 아이들과 수준이 같아진다[1]. 특히, 출생 후 6개월 이내 난청을

접 수 일 : 2016.10.31

심사완료일 : 2016.11.23

게재확정일 : 2016.11.28

* 허승덕 : 대구대학교 재활과학대학 언어치료학과
audiolog@daegu.ac.kr (주저자, 교신저자)

발견하고, 증재를 제공하면 적은 스펙트럼 정보만으로도 왜곡이 적고 해상도 높은 언어 습득이 가능하게 한다[2].

우리나라에서 신생아 난청의 조기 발견과 증재는 체계적으로 시행하고 있으나[2] 신생아 청각선별을 시행한 이후 생애 불특정 시기에 다양한 원인으로 청력손실이 발생할 수 있다[3]. 학령기 청소년들은 휴대용 음향기기로 강한 음원을 청취하기도 하고[4], 성인기에는 직업적 소음을 포함한 다양한 원인으로 청력손실이 생길 수 있다. 청력손실은 난청자의 음성을 왜곡하여 의사소통에 지장을 줄 수 있고, 청력이 정상인 자녀가 부모의 다중감각 활용을 위하여[5] 표정을 크게 하거나 부모의 언어적 습관을 모방하여 포먼트 주파수와 발성 시작 시간[6] 등에도 영향을 줄 수 있다. 노인성 난청은 경미하더라도 불용성 유해 단백질인 베타아밀로이드(beta amyloid)가 베르니케 영역에 축적되고, 초기부터 뇌의 청각 영역을 다른 기능으로 재조정하여 인지 기능이 낮아진다[7]. 인지 기능 저하는 노인 건강과 삶의 질에 영향을 미친다[8].

청력손실의 조기 발견은 소음 등에 의한 경우 효과적인 선별이 어려워[9] 예방을 위한 체계적인 교육[10]을 강조하기도 한다. 그러나 청력손실에 의한 인지 기능 저하는 청각 재활로 회복할 수 있어서[11] 정기적인 검사가 반드시 필요하며, 정상 기준은 난청 선별과 효율적인 청각재활을 위해 매우 중요하다.

청력의 정상 기준은 언어를 습득한 성인의 경우 주파수마다 가청역치가 25 dB HL 이내로 보며, 언어 습득 및 학령기 소아들의 경우 청신경의 생리적 기능과 경쟁 잡음에서 말소리 이해에 필요한 신호대 잡음비(dB SNR-signal to noise ratio)를 고려하여 15 dB HL 이내로 본다[12]. 청각선별 통과 기준은 성인의 정상 가청역치를 기준으로 한 것이며, 유아 및 소아기에 가청역치는 성인과 달라서 이에 대한 기초 연구가 필요하다.

이 연구는 청각선별을 통해 청력이 정상인 것으로 확인된 언어치료기관(SLP Clinic)과 주간보호소(day care center; DCC)에서 서비스를 받고 있는 소아들을 대상으로 순음청각선별(pure tone screening; PTS) 검사의 주파수별 가청역치 정보를 획득하는데 있다.

2. 대상 및 방법

2.1 연구 대상

이 연구는 대구 경북지역 언어치료기관과 지역아동센터 등에 다니는 소아로 보호자 동의 후 청각선별을 시행한 2.67부터 16.3세 사이의 148명의 결과를 후향적으로 분석하였다. 이들 중 고막운동성 계측(tympanometry) 또는 PTS를 시행하지 못한 15명, 고막운동도(tympanogram)가 B형 또는 C형인 15명, PTS 한 개 이상 주파수 가청역치가 30 dB HL 이상인 23명, 검사간 결과가 일치되지 않는 3명 등 모두 33명(남:여=20:18)을 제외한 3.3부터 16.3세 사이 평균 9.01±2.52세의 110명(남:여=59:51) (SLP clinic: DCC=47:63)의 결과를 최종 분석 대상으로 하였다.

2.2 연구 방법

2.2.1 청각선별

청각선별은 SLP clinic과 DCC를 방문하여 가장 조용한 공간에서 시행하였다. 공간의 소음은 30분마다 소음계(NA-20, Rion, Japan; digital sound level meter; RadioShack, USA)로 측정하여 최대 50 dBA를 초과하지 않았다. 검사는 tympanometry, 등골근 반사 역치(acoustic reflex threshold; ART) (GSI 33; GSI 38, Grason-Statler Inc., USA), 자동화 이음향방사(automated otoacoustic emission; AOE) (GSI 70, Grason-Statler Inc., USA), PTS (GSI 16, Grason-Statler Inc., USA; MA 40, Maico Hearing Instrument Inc., USA)를 이용하였다. 청력 검사기의 전기음향학적 보정은 연구를 시작하기 전 시행하였다.

Tympanogram은 외이도 용적(earcanal volume; ECV), 정적 탄성(static compliance; SC), 중이강 압력(middle ear pressure; MEP)으로 유형을 확인하였고, ART는 최대 110 dB HL이 넘지 않는 500, 1,000, 2,000 Hz의 순음을 탐침이 꽂힌 귀에 자극하여 역치를(동측 반사) 구했다. AOE는 변조이음향방사(distortion product otoacoustic emission; DPOAE) 검사 2,000, 3,000, 4,000 Hz에서 변조음 강도(dB SNR)를 구했다. PTS는 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz 순음에 대한 가청역치를 구했다. 검사 신뢰도는 모두 양호하였다.

청각선별 통과 기준으로 고막운동도는 ECV가 0.4-1.5 ml, SC가 0.3-1.2 ml, MEP가 -99 daPa보다 양압인 A형인 경우로 하였다. ART는 500, 1,000, 2,000 Hz 중 2개 주파수 이상에서 역치가 나타난 경우, AOE는 2,000, 3,000, 4,000 Hz 중 두 개 이상의 주파수에서 SNR이 10 dB 이상인 경우로 하였다.

표 1. 고막운동도와 순음청각선별의 가청역치 특성.

Table 1. Characteristics of tympanogram and hearing threshold level in pure tone screening.

	Tympanogram			Pure tone screening (dB HL)			
	ECV (mℓ)	SC (mℓ)	MEP (daPa)	500 Hz	1,000 Hz	2,000 Hz	4,000 Hz
Total, n = 110							
Rt Ear	0.723±0.14	0.36±0.20	-11.52±25.95	16.00±6.49	11.50±4.79	6.86±4.99	5.95±6.65
Lt Ear	0.703±0.14	0.36±0.19	-7.30±25.72	15.68±6.01	9.95±5.24	5.72±5.21	5.63±7.04
Gender: boy, n = 59							
girl, n = 51							
Institution: SLP clinic, n = 43							
day care center, n = 67							

표 2. 나이에 따른 가청역치 기술 통계

Table 2. Descriptive statistical analysis of hearing threshold level depend on age.

	Age (years)											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14-16
500 Hz	21.3±4.8	12.5±7.6	11.5±3.7	15.0±5.2	13.9±8.5	14.8±5.2	18.8±6.6	17.0±5.3	16.4±6.9	16.1±5.8	14.2±5.8	16.3±2.5
1,000 Hz	16.3±2.5	6.7±5.2	9.8±5	9.0±5	9.2±6.7	10.5±5	12.9±4.7	11.0±4.4	10.2±4.8	11.1±4.7	10.8±5.8	10.0±4.1
2,000 Hz	11.3±2.5	5.8±3.8	5.8±4.9	7.0±7.7	6.9±6	6.3±4.7	7.9±4.8	5.2±4.6	3.6±4.7	6.1±4	4.2±2	8.8±4.8
4,000 Hz	13.8±2.5	8.3±7.5	6.0±5.8	7.0±9.1	4.2±7.5	6.7±7	8.0±5.5	4.3±7.5	3.2±5.9	5.0±5.4	1.7±6.8	0.0±4.1

(n = 220 ears)

순음청력검사상 정상 청력 기준은 주파수마다 마련되어 있으며[20], 25 dB HL(hearing level) 이내이면 정상 범위인 것으로 판단한다. 그러나 언어 습득 및 학령기 소아들의 경우 성장기 청신경의 생리적 기능과 경쟁 잡음에서 말소리의 이해에 필요한 어음 강도를 고려하여 15 dB HL까지를 정상 청력범위로 판단한다. 이 연구에서 정상 범위는 PTS에서 1, 4 kHz의 가청역치가 25 dB HL 이내인 경우를 각각 통과한 것으로 하였다.

2.2.2 결과 분석과 통계적 검증

결과는 주파수별 전체 대상자의 좌우 귀 가청역치, 소속 기관별, 남녀별, 나이별 차이를 비교 분석하였고, 전체 대상자의 주파수간 가청역치를 분산분석 하였다(IBM SPSS® Statistics version 22).

3. 연구 결과

가청역치 평균은 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz의 순서(이하 같음)로 오른쪽 16±6.49, 11.5±4.79, 6.86±4.99,

5.95±6.65 dB HL, 왼쪽 15.68±6.01, 9.95±5.24, 5.72±5.21, 5.63±7.04 dB HL로 각각 관찰되었다(표 1). 두 귀 같은 주파수의 가청역치 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

SLP clinic은 13.95±7.44, 10±4.88, 6.51±4.7, 6.28±6.73 dB HL, DCC는 19.31±6.52, 13.54±4.92, 7.22±5.43, 6.25±7.3 dB HL로 각각 나타났고, 두 기관 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

성별에 따라서는 남자가 16.88±7.1, 12.03±4.69, 7.34±4.88, 6.48±7.54 dB HL, 여자가 17.84±7.63, 12.45±5.78, 6.47±5.5, 5.98±6.48 dB HL로 각각 나타났다. 성별에 따른 가청역치는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

나이에 따라서는 가청역치 평균은 표 2와 같고, 나이에 따른 변화는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

주파수별 가청역치 사이에서는 500과 1,000 Hz에서 5.126 dB (p=.000), 500과 2,000 Hz에서 8.958 dB (p=.000), 500과 4,000 Hz에서 10.429 dB (p=.000), 1,000과 2,000 Hz에서 3.832 dB (p=.000), 1,000과 4,000 Hz에서 5.302 dB (p=.000)로 유의한 차이가 관찰되었다.

4. 고찰 및 결론

가청역치는 검사자 역량, 검사실 환경, 장비 상태, 피검자 협조 정도 등에 의해 주파수마다 크게 달라질 수 있다. 피검자 요인은 두개골 크기와 외이, 중이, 감각기관의 성장 및 노화, 과도한 크기의 여가 소음 청취 등이 있다[10, 13-14]. 검사실은 잡음이 발생하지 않게 하는 것이 중요하고, 검사 장비는 출력 음압에 대한 보정과 수화기 관리를 통해 적절한 상태를 유지하는 것이 중요하다. 검사실 소음을 통제하지 못하면 가청역치는 저음역에서 변화가 나타날 수 있고, 보정이 필요한 경우 가청역치는 아주 다양하게 나타날 수 있다. 이 연구에서는 소음계를 이용하여 선별청력검사 기준에 맞도록 검사 환경 잡음을 지속적으로 감시하였고, 잘 보정한 청력검사기를 사용하여 이에 관한 영향을 배제하였다.

두 귀 및 남녀 사이의 가청역치는 20부터 50대 성인[15], 20세 이상 성인 3,479명[16]과 평균 59세의 농업인 2,027명[17]을 대상으로 한 연구에서 차이가 관찰되지 않은 것으로 보고하였다. 소아를 대상으로 한 이 연구에서도 두 귀 및 남녀 사이의 가청역치는 차이가 관찰되지 않았다.

기관에 따른 차이는 언어치료 대상 소아의 난청 유병율이 높고, 지역아동센터 특성상 공동생활을 하는 소아의 중이염과 이에 따른 전음성 난청 유병율이 높다[3,18]. 그러나 이 연구는 청각선별을 통과한 청각이 건강한 소아만을 대상으로 한 것이 기관 사이에서 차이가 나타나지 않았을 것으로 추정할 수 있다. 만약, 대상을 전체로 하고 분석한다면 결과는 달라질 수 있을 것이다.

주파수간 가청역치 차이는 500과 1,000 Hz에서 5.126 dB, 500과 2,000 Hz에서 8.958 dB, 500과 4,000 Hz에서 10.429 dB, 1,000과 2,000 Hz에서 3.832 dB, 1,000과 4,000 Hz에서 5.302 dB의 유의한 차이를 보였다. 주파수간 가청역치에서 차이가 나타날 수 있는 원인으로는 기저부(basal turn) 외유모세포가 소음이나 이독성 약물 등에 의해 쉽게 손상되고, 외이의 공명, 등골근 반사, 기저막(basilar membrane) 비대칭성, 기저부의 혈액 공급 체계 등의 요인 등에 의해 첨부(apical turn)보다 쉽게 손상되기 때문이다. 이러한 형태의 내이 손상은 고음역 가청역치를 저음역보다 나쁘게 만들어 청력도가 하강형으로 관찰된다.

선행 연구들의 주파수별 가청역치를 살펴보면 청각선별검사상 정상인 성인은 1,000과 4,000 Hz가 오른쪽 8.37±4.98, 10.05±8.43 dB HL, 왼쪽 8.38±5.16,

10.99±8.97 dB HL[19], 휴대 전화 사용기간이 30개월 이내인 20세 이상 성인에서 같은 주파수 순서로 남자가 19.59±4.86, 21.47±13.41, 여자가 18.56±4.78, 13.5±5.21 dB HL[20]로 나타나 수평형 청력도를 보였다. 그러나 대상자의 나이가 많아지면 가청역치는 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz의 순서로 20세 이상 대상에서 오른쪽 19.37, 17.27, 19.81, 27.13 dB HL, 왼쪽 18.61, 15.51, 18.68, 26.8 dB HL[16], 평균 59.1세의 장년 및 노년층에서 오른쪽 26.14, 24.88, 26.1, 35.12 dB HL, 왼쪽 26.16, 24.66, 25.9, 35.74 dB HL[17]로 고주파수가 높아지는 하강형 청력도로 변하는 것을 확인할 수 있다. 고주파수 청력손실이 커지는 경향은 가청역치 50%범위인 중간값을 통해서도 확인할 수 있는데, 20대에서 남녀 모두 1, -1, -1, 0 dB HL이지만 30대에서 남자 2, 0, 0, 2 dB HL, 여자 2, 0, 0, 1 dB HL, 40대에서 남자 3, 1, 2, 8 dB HL, 여자 3, 1, 2, 4 dB HL, 50대에서 남자 4, 4, 6, 16 dB HL, 여자 5, 4, 5, 9 dB HL, 60대에서 남자 7, 7, 11, 28 dB HL, 여자 7, 7, 10, 16 dB HL, 70대에서 남자 11, 10, 18, 43 dB HL, 여자 11, 10, 15, 24 dB HL 등으로 변한다[21]. 이러한 변화는 역으로 연령이 적어질수록 고주파수 가청역치가 좋아진다는 것으로 해석할 수 있다.

Lutsa et al. (2004)은 신생아들에게 ABR과 청성 지속반응(auditory steady state responses)을 시행하고, 생후 12월(평균 5.5월) 이내에 행동반응관찰청력검사(behavioral observation audiometry)나 시각 강화청력검사(visual reinforcement audiometry)를 시행하여 관찰한 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz의 개별 주파수 가청역치의 차이 평균(±표준편차)을 각각 4±14, 4±11, -2±14 and -1±13 dB로 보고하였다[22]. Yang et al. (2011)도 고막운동도가 정상이었던 초등학교 1, 4학년, 중학교와 고등학교 1학년 학생들의 500 Hz의 가청역치가 6.8 dB HL부터 16.7 dB HL 사이로 Clark 기준 정상 범위를 벗어나고 고주파수 가청역치보다 나쁘게 나타난 것으로 보고하였다[23]. 저자의 연구는 이들 선행 연구 결과와 일치한다.

소아에서 저주파수 가청역치가 낮게 관찰될 수 있는 원인은 중이 기능 이상을 의심할 수 있으나 중이 상태를 객관적으로 평가하는 고막운동도가 A형인 경우 고막, 이소골 연쇄, 이관의 기능 등이 정상으로 전음성 난청을 배제할 수 있다. 저자의 연구에서 대상 소아들의 고막운동도는 모두 A형으로 중이 이상을 배제할 수 있고, 중이가 정상이고 내이 외유모세포 기능이 정상인 경우 관찰되는 이음향방사가 모두 관찰된 점을 중이 기능 이상을 배제할

수 있다.

이 연구에서 저주파수 가청역치가 낮게 나타난 것은 중이 성숙 정도에 따라 이소골 연쇄가 내이에 가하는 압력(stiffness-dominated system)에 영향을 받을 수 있는데, 주파수가 낮아질수록 예민하게 작용하는 것과 관련이 있을 수 있다. 이외에도 이소골은 수정 후 6주부터 11주 사이에 추골, 침골, 등골의 순서로 발생지만 골화(ossification)는 등골이 가장 늦고 사춘기까지 계속하기 때문에 저주파수 가청역치가 낮아질 수 있으며, 성장기 유소아들은 이관이 계속 성장하고 있어서 중이 기능에 일시적 문제가 나타날 수 있으며, 주파수마다 가청역치에서 차이가 나타날 수 있는[24] 점, 그리고 두개골 크기가 작은 유소아의 고주파수 가청역치가 다소 개선하기도 하는 점 등과 관련이 있다.

청각 선별에서 통과 기준이나 청력의 정상 범위는 목적에 따라 달리 적용한다. 정상 범위는 특수건강진단의 경우 25 또는 30 dB HL을, 성인의 경우 25 dB HL, 언어 발달 과정 영유아의 경우 15 dB HL을 각각 사용한다. 그렇지만 이러한 기준을 사용하더라도 미세 및 경도 감각신경성 난청자들은 청각선별에서 난청을 발견하지 못하는 경우가 많다 [4].

이 연구는 중이 기능이 정상이고 PTS를 통과한 소아의 주파수별 가청역치를 확인한 것으로 실제 청각선별검사 환경에서 구해진 결과라는 점을 고려하면 PTS 선별 대상을 결정하는 기준으로 사용하는데 유용할 것으로 판단된다. 아울러 이 연구 결과는 주간보호기관은 물론 재활서비스 기관, 유치원, 초등학교 등에 재학중인 소아의 순음청각선별에서 참고치가 될 수 있을 것으로 본다.

REFERENCES

- [1] Fagan M. K. "Frequency of vocalization before and after cochlear implantation: Dynamic effect of auditory feedback on infant behavior", *Journal of Experimental Child Psychology*, vol. 126, pp. 328-338, 2014.
- [2] Warner-Czyz A. D., Houston D. M., Hynan L. S. "Vowel discrimination by hearing infants as a function of number of spectral channels", *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 135, no. 5, p. 3017. 2014.
- [3] Heo, S. D. "The Outcome of Hearing Screening in Young Children and Adolescents", *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, vol. 24, no. 3, pp. 161-168, 2015.
- [4] Dodd-Murphy J., Murphy W., Bess F.H. "Accuracy of School Screenings in the Identification of Minimal Sensorineural Hearing Loss", *American Journal of Audiology*, vol. 23, pp. 365-373, 2014.
- [5] Noh J. W., Shin M. K. "Multisensory Integration in Subliminal, Implicit Manner: using attentional cuing paradigm", *Proceedings of the 2013 Conference on Human Computer Interaction*, pp. 707-711, 2013.
- [6] Hong J. S., Kang Y. A., Kim J. O. "Comparison of Acoustic Characteristics of Vowel and Stops in 3, 4 year-old Normal Hearing Children According to Parents' Deafness : Preliminary Study", *Phonetics and Speech Science*, vol. 7, no. 1, pp. 67-77. 2015.
- [7] Acoustical Society of America (ASA). "How does the brain respond to hearing loss?", *ScienceDaily*. www.sciencedaily.com/releases/2015/05/150519104604.htm, 2015.
- [8] Kim H. J., Kim B. H., Kim O.S. "The Effect of Visual and Hearing Impairment on Depression and Cognitive Function in Community-dwelling Elderly: The Korean Longitudinal Study of Aging 2008", *Korean Journal of Adult Nurse*, vol. 23, no. 6, pp. 584-594. 2011.
- [9] Penn State. "School hearing tests do not detect noise exposure hearing loss", *ScienceDaily*. www.sciencedaily.com/releases/2014/03/140320101433.htm, 2014.
- [10] Kwak H. W., Kim N. H. "Study on Relations among Use of Earphones, Stress, and Hearing Threshold in University Students", *The Journal of Korea Community Health Nursing Academic Society*, vol. 26 no. 1, pp. 126-136. 2012.
- [11] The JAMA Network Journals "Cochlear implantation improved speech perception, cognitive function in older adults", *ScienceDaily*. www.sciencedaily.com/releases/2015/03/150312123514.htm, 2015.
- [12] Heo. S. D *Intorduction to Audiology 12th edtion*. Seoul : Pakhaksa, 2016.
- [13] Heo S. D., Koo T. W., Ahn S. Y., Jung S. W., Ye B. J., Choi A. H., Kang M. K. "Response Patterns and Pseudohypoacusis in Subjects with

Noise-Induced Hearing Loss”, Communication Sciences and Disorders, vol. 13, no. 1, pp. 122-133, 2008.

[14] Kwon Y. J., SaGong J. "Influence of examiners' expertise on reliability of pure tone audiometry", Proceedings of 2009 Conference on Korean Society of Occupationa and Environmental Medicine, pp. 674-675, 2009.

[15] Huh, Y. R., Lee, J. H., Lee. K. W. "Effects of Age on Pure Tone Hearing Thresholds and Speech Recognition Thresholds", *Audiolog*, 8, 158-164, 2012.

[16] Kim J. S., Lee B. S. "Hearing Status in Korean Adults according to the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2009", *The Journal of Korea Community Health Nursing Academic Society*, vol. 25, no. 2, pp. 197-208, 2011.

[17] Kwon S. C., Lee S. J., Lee K.S. "Characteristics of Korean Farmers' Hearing", Proceedings of the 45th Conference on Korean Society of Occupationa and Environmental Medicine, pp. 269-270, 2010.

[18] Harlor, A. D., Bower, C. "Clinical Report—Hearing Assessment in Infants and Children: Recommendations Beyond Neonatal Screening”, *PEDIATRICS*, vol. 124, no. 4, pp. 1252-63, 2009

[19] Son B. S., Kang M. S., Park J. A., Jang B. K., Lee J. W. "Hearing threshold level by age of a male Korean", In: Kim J. S., Lee B. S. (2011). *Hearing Status in Korean Adults according to the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2009* *The Journal of Korea Community Health Nursing Academic Society*, vol. 25, no. 2, pp. 197-208, 2000.

[20] Lee M. Y., Lee C. W. "Relationship between the Use if Mobile Phones and Hearing Thresholds in Some White-collar Workers", *Korean Journal of Occupational And Environmental Medicine* , vol, 14, no. 1, pp. 47-56, 2002.

[21] Lawton B. W. "Typical Hearing Thresholds: a Baseline for the Assessment of Noise-Induced Hearing Loss", University of Southampton Institute of Sound and Vibration Research Human Sciences Group. ISVR Technical Report no. 272 pp. 1-27, 1998.

[22] Lutsa H., Desloovere C., Kumarc A.,

Andermeersch E., Wouters J. "Objective assessment of frequency-specific hearing thresholds in babies", *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, vol. 68, no. 7, pp. 915-926, 2004.

[23] Yang, T., Wu, C., Liao, W., Yeh, K., & Chou, P. "Mean hearing thresholds among school children in taiwan", *Ear & Hearing*, vol. 32 no. 2, pp. 258-265, 2011.

[24] Müller R., Fleischer G., Schneider J. "Pure-tone auditory threshold in school children", *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, vol. 269, no. 1, pp. 93-100, 2012.

허 승 덕(Seung-Deok Heo)



2012-현재. 대구대학교 재활과학 대학 언어치료학과 교수

Interest: audiology auditory neuroelectrophysiology aural rehabilitation(hearing aids, cochlear implant)