

스마트 폰 애플리케이션 기반 청각선별과 설문 청각선별의 비교

Comparison of Smart Phone Application Based Hearing Screening and Hearing Handicap Inventory

허승덕*, 박찬호, 송병섭
S. D. Heo, C. H. Park, B. S. Song

요 약

언어 습득 이후 성인 난청은 진행 속도가 느려서 발견이 어렵다. 이들은 적절한 도구를 제공하면 자발적이고 적극적인 평가가 가능하다. 스마트 폰도 도구들 중 하나이며, 설문이나 애플리케이션을 이용하여 효과적인 평가가 가능하다. 이 연구에서는 순음청각선별(pure tone screening, PTS)을 위한 스마트 폰 앱을 개발 후 이의 효과성을 검증하기 위해, 난청자각 설문조사방법(hearing handicap inventory, HHI)을 동시에 진행한 후 결과를 비교하여 진행 속도가 느린 지연성 후천성 난청 발견을 위한 도구로서 가능성을 확인하고자 한다. 대상은 10대부터 80대 사이 남녀 22명으로 하였다. 가청역치 평균(PTAs)은 두 귀 같은 주파수 가청역치 중 좋은 것을 선택(최량청력, best hearing)하였다 HHI의 민감도와 특이도는 난청 자각 여부나 PTAs_4 kHz를 기준으로 하였다. 두 검사 간 비교는 App_PTS의 PTAs와 HHI 점수 사이의 상관관계를 단순회귀 분석하였다. 민감도와 특이도는 두 기준 모두에서 1.000으로 관찰되었다. 최량청력 PTAs_4 kHz와 HHI 사이에는 통계적으로 유의한 관계를 보였다(R-square= 0.951, p= .000). 설문을 이용한 청각선별은 정량적 계측을 통해 구현한 스마트 폰 애플리케이션 기반 청각선별과 높은 상관관계를 보였다. 따라서 app_PTS는 개인 친화적 도구로 생애 주기별 청각선별에 유용하게 사용할 수 있을 것이다.

ABSTRACT

It is difficult to detect the adult hearing loss after the language acquisition because of its slow progression, which can be evaluated voluntarily and actively when the appropriate tools are provided. Smartphones are one of useful tools, and they can utilize surveys and/or applications for hearing screening. This study aims to verify the possibility as a tool discovering delayed acquired hearing losses by comparing the pure tone screening application (app_PTS) which was recently developed by our research team and hearing handicap inventory (HHI). The subjects were 22 people whose age ranges from 10s to 80s. For pure tone averages (PTAs), hearing threshold level was selected the best one in same frequency, in both ears. Sensitivity and specificity of HHI were confirmed based on self awareness of hearing loss and PTAs at 1, 2, 4 kHz. Comparisons of two tests were measured by analyzing simple regression of correlation between PTAs of App_PTS and HHI scores. Sensitivity and specificity were 1.000 in both criteria. There was a statistically significant relationship between the PTAs_4 kHz and HHI (R-square = .951, p = .000). Hearing screening by questionnaire showed high correlation with smart phones based on application. Therefore, it can be useful as a hearing screening tool for individual life cycle using an user-friendly tool.

Keyword : pure tone screening, hearing handicap inventory, application, hearing screening

접 수 일 : 2017.01.31

심사완료일 : 2017.02.22

게재확정일 : 2017.02.23

* 허승덕 : 대구대학교 언어치료학과 교수
audiolog@daegu.ac.kr (주저자)

박찬호 : 대구대학교대학원 재활과학과 석사과정

chano1025@naver.com (공동저자)

송병섭 : 대구대학교 재활공학과 교수

bssong@daegu.ac.kr (교신저자)

1. 서론

청각선별은 대중 집단으로부터 난청자를 발견하는 프로그램을 말하며, 국민 건강과 복지를 위하여 국가가 책임지어야 하나 현실적 어려움이 따른다. 청력손실은 삶의 주기마다 여러 가지 원인으로 발생한다. 이들 난청으로는 유소년기 중이염에 의한 전음성 난청, 청소년기 이후 강한 음원 청취에 따른 여가성 난청(recreational hearing loss), 장년기 이후 노인성 난청 등이 있으며, 대부분 진행이 느린 후천성 난청들이다.

후천성 난청의 심각성은 유소년기 난청의 경우 이관 기능부전이 주된 원인[1]으로, 계절적 요인, 단체 생활, 수유 습관, 간접흡연 등에 의해 발생하는 전음성 난청이다. 재발이 잦아서 언어 발달, 학업 수행력, 지적 발달, 주의력 결핍 등에 문제를 일으킬 수 있다.

여가성 난청은 강한 음원을 계속 청취할 경우 외유모세포가 손상되어 발생한다. 그러나 휴대용 음원 장치 사용자들은 주변 잡음보다 충분히 강한 소리를 듣고자 하기 때문에 문제가 심각하다. 실제로 여가성 난청은 대체로 10~14세 구간부터 급격하게 증가하여 20~24세 구간에서 정점에 이른다. 이들의 난청은 학업수행력이나 사회성에 문제를 일으킬 수 있다.

노인성 난청은 노인에서 유병률이 높은 만성 질환이다[2]. 전체 국민에서 65세 이상 인구는 13.5%이며[3], 2015년 기준, 노인성 난청자는 161,731명으로 추산[4]하고 있으나 노화에 의한 난청은 중년기 이후부터 나타난다. 노인성 난청은 어음 이해가 현저하게 낮아지는 음소회귀현상을 동반[5]하고, 뇌의 기능을 재조정하여 인지 능력이 낮아지며[6], 불용성 유해단백질이 베르니케 영역에 축적되어 치매가 발

생할 수 있다. 치매는 노인성 난청으로 유병률이 5배 높아지고[7], 우울증 등 심리적 변화로 삶의 질이 저하될 수 있다[8]. 그러나 이러한 문제는 청각적 자극을 제공하면 현저히 개선된다[9, 10].

언어 습득 이후에 발생하는 지연성 후천성 난청은 대부분 진행 속도가 빠르지 않고 발견이 쉽지 않아서 민감도와 특이도가 높은 검사로 조기 발견하는 것이 무엇보다 중요하다. 그러나 이들을 대상으로 한 청각선별은 시행되지 않고 있어서[11-13] 개인적 노력이 중요하고, 개인적으로 접근하기 위해서는 사용하기 쉬운 애플리케이션이나 설문을 통한 청각선별은 더욱 필요하다.

청각선별 도구로는 순음선별(pure tone screening; PTS), 이미턴스 청력검사(immittance audiometry; IA), 자동화 이음향방사(automated otoacoustic emission), 자동화 청성뇌간반응(automated auditory brainstem responses) 등이 있다. 이 도구들은 대부분 기관을 방문하여 전문가들의 도움을 받아야 한다.

청각선별은 인생 전반에서 삶의 주기마다 시행이 필요하며, 신생아 및 영유아를 제외하면 자기 주도적이며 적극적인 협조가 가능한 장점이 있다. 따라서 이들을 대상으로 한 청각선별은 별도의 기관을 방문하지 않아도 되는 자가 청각선별이 효과적이며, 스마트 폰 애플리케이션(app_PTS)이나 실생활에서 난청을 자각할 수 있는 요인을 중심으로 설문을 조사하는 방법(hearing handicap inventory; HHI) 등이 도움 될 수 있다.

청각선별 도구 중 HHI는 충분한 검증이 있었고 [14], 본 연구인에 의해 최근 개발된 app_PTS는 정상 청력자만을 대상으로 유용성이 확인되었다[15, 16]. 이 도구들은 별도의 시설과 전문 인력이 필요하지 않고, 시간에 구속 받지 않으면서도 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있는[17] 장점이 있다. 그러나

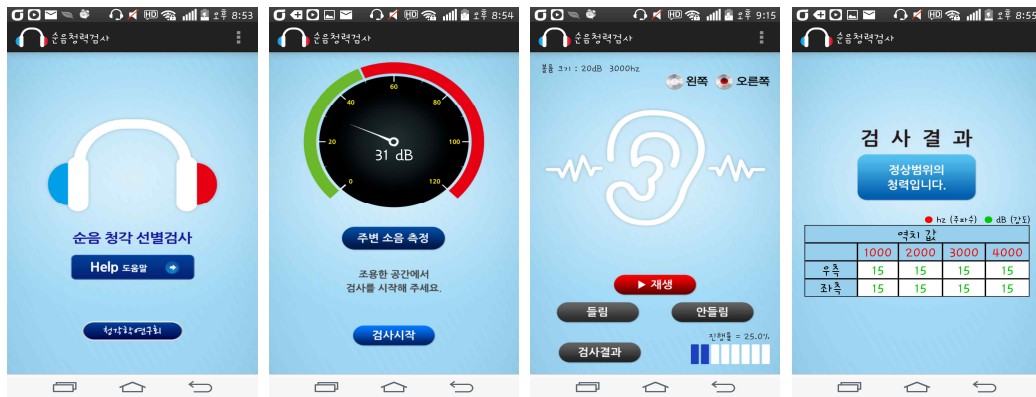


그림 1. 순음청각선별 애플리케이션 화면 구성
 Fig. 1. Screen composition of application for pure hearing screening

app_PTS의 효과적인 사용을 위해서는 난청자를 포함한 유용성 검증이 필요하다.

이 연구는 사용자가 주도적으로 쉽게 수행할 수 있는 청각선별 도구인 app_PTS를 HHI와 비교하여, 진행이 느린 지연성 후천성 난청 발견을 위한 도구로서 유용성을 확인하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 청각선별 도구

2.1.1 순음청각선별 애플리케이션

App_PTS는 대구대학교 청각학연구회(Project team for audiology study in Deagu University; PTASDU)가 개발한 ‘순음청각선별’ app을 이용하였다[15, 16]. App_PTS는 주변 소음측정, 검사, 결과, 도움말 등으로 구성되어 있으며, 여가성 난청을 포함한 다양한 후천성 난청을 조기에 발견할 수 있다[11, 12]. 스마트 폰은 삼성과 LG사 폰을 사용할 수 있고, 초기 화면에서 선택하게 하였다. 이들 폰의 출력 음압은 1, 2, 3, 4 kHz에서 삼성이 LG보다 각각 7.7, 7.9, 8.2, 8.1 dB(A) 높게 관찰된다.

청력검사는 매우 작은 소리로 가청역치를 구하기 때문에 소음에 민감하다. 따라서 결과가 소음에 영향 받는 것을 배제하기 위하여 스마트 폰 내장 마이크로 소음을 측정하였다. 소음 정도는 계기판에서 지시침으로 확인할 수 있고, 50 dB(A)를 넘으면 검사가 진행되지 않도록 설계하였다(그림 1. 두 번째 화면).

순음은 Matlab (MathWorks, USA)으로 1, 2, 3, 4 kHz를 제작하였다. 음 강도는 정상 청력자의 말소리

강도 분포(long term average speech spectrum: LTASS)를 고려하여 15~60 dB HL을 5 dB 단위로 출력할 수 있다. 음압은 소음계(824, Larson-Davis, USA)로 보정하였다. App_PTS 화면은 어린이나 노인도 쉽게 사용할 수 있도록 누르기와 끌기 등 복잡한 기능 대신 직관적이고 단순한 이미지를 사용하여 디자인하였다.

2.1.2 설문 청각선별

HHI는 청력손실을 지각하는 정도와 정서적 반응을 묻고, 응답을 점수화하는 방법으로 18점 이상이면 청력손실을 의심할 수 있다(hearing handicap inventory of the elderly; HHIE) [18], (Hearing Handicap Inventory for Adults; HHIA) [19]. 이 연구에서는 HHIE를 번역, 수정하여 사용하였다(이하 HHI) [20].

설문은 대화, 전화 통화, TV 시청 등의 곤란 여부와 듣기 곤란에 따른 짜증 유무 등을 조사하며, 문항 수는 사회적 범주(12문항)와 정서적 범주(13문항)의 25개이다. 문항은 인터넷 기반 구글 설문에 탑재와 별지 인쇄하였다.

응답은 ‘그렇지 않다(0점)’, ‘때때로 그렇다(2점)’, ‘항상 그렇다(4점)’의 세 가지 보기 중 하나를 선택하는 방법을 사용하였다. 문항에 대한 응답 신뢰도는 Cronbach's α 로 검증하였고, 0.982로 관찰되었다(IBM SPSS Statistics v 22.0).

2.2 연구 대상 및 방법

연구에는 10대부터 80대까지 27명(m:f=16:11)이 참여하였고, 이들은 모두 연구 참여와 결과 활용에

표 1. 연구 참여자 최량 순음청력손실평균과 설문 응답 점수.

Table 1. Best pure tone average and hearing handicap inventory score.

No.	Gend	age	3 kHz	4 kHz	all [*]	HHI [§]	No.	Gend	age	3 kHz	4 kHz	all [*]	HHI [§]
1	남자	20 대	15.0	15.0	15.0	0	12	여자	30 대	23.3	28.3	25.0	42
2	남자	20 대	15.0	15.0	15.0	6	13	남자	50 대	30.0	33.3	31.3	28
3	여자	20 대	15.0	15.0	15.0	0	14	남자	70 대	31.7	35.0	33.8	32
4	남자	20 대	15.0	15.0	15.0	0	15	남자	60 대	28.3	35.0	35.0	34
5	여자	20 대	15.0	15.0	15.0	0	16	남자	10 대	30.0	35.0	31.3	38
6	남자	20 대	15.0	15.0	15.0	0	17	여자	70 대	30.0	35.0	31.3	52
7	남자	20 대	15.0	15.0	15.0	0	18	남자	80 대	36.7	40.0	37.5	36
8	여자	20 대	15.0	15.0	15.0	0	19	여자	50 대	41.7	45.0	42.5	36
9	여자	20 대	20.0	18.3	20.0	2	20	여자	60 대	38.3	46.7	43.8	24
10	여자	20 대	20.0	18.3	20.0	0	21	남자	60 대	41.7	46.7	46.3	52
11	여자	20 대	20.0	18.3	20.0	2	22	남자	60 대	43.3	48.3	47.5	100

^{*}; best pure tone average (best_PTAs) at 1, 2, 3 kHz, [†]; best_PTAs at 1, 2, 4 kHz, [‡]; best_PTAs at 1, 2, 3, 4 kHz, [§]; hearing handicap inventory score.

대한 동의하였다.

결과의 분석은 설문만 응답하였거나 App_PTS만 시행하였던 5명을 제외한 22명(m:f=11:11)을 대상으로 하였다. 분석 대상자 22명 중 11명은 청력손실을 자각하지 않았고, 나머지 11명은 자각하고 있었다. 난청을 자각하는 대상자 중 10은 청력손실 보상을 위해 보청기를 사용하고 있었다.

HHI는 난청을 자각하지 않았던 11명은 스마트폰으로 직접 응답하였고, 나이가 많았고 청력손실을 자각하고 있었던 11명은 연구자의 도움을 받아 응답하였다. 청력손실 기준은 HHI 점수가 18점 이상인 경우로 하였다.

App_PTS는 사용법을 설명하고 대상자가 직접 검사하게 하였으며, 고령이나 약시로 검사에 어려움을 겪는 경우 연구자가 진행을 도왔다. 검사는 맨 귀 검사의 경우 스마트폰 전용 이어폰으로 통해 시행하였고, 보청기를 사용하고 있는 경우 코 앞 20 cm (귀 앞 30 cm) 이내의 정면 약 30° 정도 하방에 한 뼀 통화 하는 것처럼 스마트폰을 두고 시행하였다.

주파수는 1, 2, 3, 4 kHz의 순서로 검사하였다. 음강도는 피검자가 소리를 들으면 ‘들림’ 단추를, 들리지 않으면 ‘안 들림’ 단추를 누르게 하였고, 단추 조작에 따라 상승-하강법으로 조절되도록 하였다. 음강도는 ‘들림’ 단추를 누르면 10 dB 높아지고, ‘안들림’ 단추를 누르면 5 dB 낮아지면서 50%를 응답한 가장 낮은 음 강도를 찾고, 이를 가청역치로 결정하였다. 청력손실은 App_PTS상 가청역치가 25 dB HL 이상이면 의심할 수 있다.

2.3 결과의 분석 및 통계적 검증

HHI의 민감도와 특이도는 난청 자각 여부와 1, 2,

4 kHz 가청역치 평균(PTAs_4 kHz)을 기준으로 각각 확인하였다.

App_PTS는 두 귀의 1, 2, 3, 4 kHz의 가청역치 평균(pure tone average; PTAs)을 각각 구하였다. PTAs는 1, 2, 3 kHz (PTAs_3 kHz), PTAs_4 kHz, 1, 2, 3, 4 kHz (PTAs_all)를 각각 구하였고, 맨 귀의 경우 두 귀 같은 주파수 가청역치 중 좋은 것만을 선택한 최량 청력(best hearing)을 추가로 구하였다.

결과의 분석은 보청기를 사용하지 않는 경우 최량청력을 보청기를 사용하는 경우 교정 청력 및 교정 최량청력을 이용하였다.

두 검사간 비교는 App_PTS의 PTAs_3 kHz, PTAs_4 kHz, PTAs_all과 HHI 점수 사이의 상관관계를 단순회귀 분석하였다. 통계는 IBM SPSS Statistics v 22.0을 이용하였다.

3. 결과

HHI의 민감도와 특이도는 난청 자각 여부나 PTAs_4 kHz의 두 기준 모두에서 1.000으로 관찰되었다.

전체 대상자의 App_PTS상 최량청력 PTAs_3 kHz, PTAs_4 kHz, PTAs_all, HHI는 표 1과 같다(표 1).

최량청력 PTAs_3 kHz (R-square = 0.897, p = .000), PTAs_4 kHz (R-square = 0.951, p = .000), PTAs_all (R-square = 0.922, p = .000)과 HHI 사이에는 모두 통계적으로 유의한 관계를 보였다(그림 1).

4 고찰 및 결론

애플리케이션을 이용한 순음청각선별(App_PTS)은

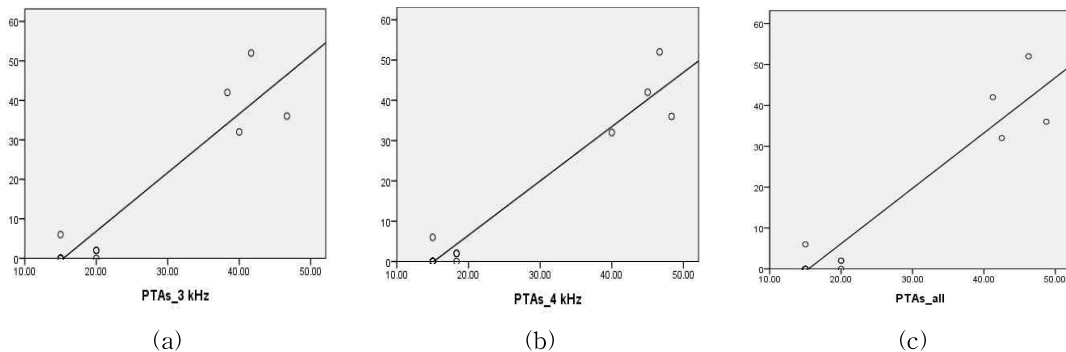


그림 2. 최량 순음청력손실평균에 따른 설문 응답 점수 변화.

Fig. 2. Hearing handicap inventory score change depending on best pure tone averages. (a)best pure tone average (best_PTAs) at 1, 2, 3 kHz (R-square = 0.897, p = .000), (b) best_PTAs at 1, 2, 4 kHz (R-square = 0.951, p = .000), (c) best PTAs at 1, 2, 3, 4 kHz (R-square = 0.922, p = .000).

이어폰으로 출력되는 음압이 정해진 표준 값을 유지하여야 하고, 방음실 대신 잡음으로부터 보호되지 않는 생활공간에서 시행하므로 환경 잡음에 의한 영향을 최소화 할 수 있어야 한다.

보정은 App_PTS의 출력음압이 표준 값을 유지할 수 있도록 관리하는 과정이며, 정상 청력(normal hearing)인 0 dB HL에 해당하는 출력음압을 결정한다. 정상 청력은 10대 후반부터 20대 초반 사이의 젊고 건강한 사람들의 평균을 의미한다. 따라서 진단 목적의 검사는 -10 dB HL부터 출력한다. 그렇지만 app_PTS는 생활공간에서 청력손실 여부를 확인하는데 그 목적이 있어서 사용자가 정상 청력 범위(within normal limits) 이내의 음 강도 청취 여부 확인만으로 충분하다. 따라서 15 dB HL의 최저 출력 강도는 청각선별의 목적을 달성하기에 충분하다. 아울러 출력강도는 스마트 폰마다 다를 수 있다. 이 점을 고려하여 널리 사용되는 두 거대 회사 제품의 출력 차이를 반영하여 선택하게 하였다.

잡음은 생활공간의 환경 소음의 영향을 고려하여야 한다. App_PTS는 스마트 폰 내장 송화기로 감지한 잡음 강도가 50 dB (A) 이하로 조용한 곳에서만 검사가 진행될 수 있게 안전장치를 마련하였다. 이어폰 귀꽂이는 외이도 입구를 막아 어느 정도 차음 효과를 얻을 수 있다. App_PTS의 검사 주파수인 1, 2, 3, 4 kHz의 차음 정도는 차례로 34, 34, 38, 42 dB 에 이른다[21]. 결국 App_PTS는 내장 송화기가 생활공간의 환경소음을 차단하고, 이어폰 귀꽂이가 나머지 잡음을 차단할 수 있어서 정상 범위인 25 dB HL 과 이보다 낮은 15 dB HL 범위의 결과에 미치는 영향을 배제할 수 있다.

설문을 이용한 청각선별 도구(HHI)는 여러 선행 연구에서 다양한 언어를 사용하더라도 타당도와 민감도, 특이도가 모두 높다[15, 22, 23]. 이 연구에서 HHI의 설문은 타당도가 높았고(Cronbach's $\alpha=0.982$), 응답 점수의 민감도와 특이도도 평가 도구로서 유용한 가치가 있는 것(1, 2, 3, 4 kHz best_PTAs 기준 R-square = 0.922, p = .000)으로 관찰되었다. 이러한 결과는 우리말 HHI가 청각선별 도구로서 유용함을 시사한다. 이외에도 HHI는 증폭기 사용자의 수행력을 평가할 수 있고[24], 듣기 능력뿐만 아니라 소리 처리 능력의 이상(청각처리질환; auditory processing disorder, APD)을 선별하는데도 유용하다[25]. 이 연구에서 청각재활 수행력이 좋은 중등도 난청자의 HHI 점수가 양호한 것은 이를 지지하는 단서이다. 따라서 우리 말 HHI는 청각선별, 청각언어재활 수행력 평가에 유용하게 사용할 수 있다.

이 연구에서 분석 대상 인원은 22명으로 참여 인

원 27명에 비하여 데이터 손실이 컸다. 이것은 설문과 청각선별을 별도의 애플리케이션으로 수행한데 따른 것으로 결과에는 영향을 미치지 않았다. 또 고르지 않은 대상 연령 분포는 다소 한계가 될 수 있으나 app_PTS가 연령과 상관없이 사용이 쉽고, 국내 고령자의 스마트 폰 애플리케이션 사용 정도를 고려하면 결과에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 따라서 app_PTS는 난청자에서도 유용하게 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

결론적으로 정량적 측측을 통해 구현한 app_PTS는 HHI와 높은 상관관계가 나타나 사용자에게 친숙한 청각선별 도구로 유용하게 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, App_PTS는 생애 주기마다 발생할 수 있는 청력손실을 확인할 수 있고, 난청자의 청력 변화나 증폭장치 이상, 난청자의 청각언어재활 수행력 진전 상태 등을 정기적으로 감시하는데 유용할 것이다.

감사의 글

연구에 참여하고 결과 활용을 동의해 준 모든 참여자분들과 연구 진행에 큰 도움을 준 부산 지멘스 보청기 남부센터 정영모 선생께 감사를 표한다.

REFERENCES

- [1] Korean Society of Otorhinolaryngology Head & Neck Surgery Ed. Otorhinolaryngology (Korean). Seoul: Iljogak. 2013.
- [2] National Center for Health Statistics (NCHS). Current Estimates from the National Health Interview Survey : United States Vital and Health Statistics. Series 10. Public Health Service. Washington D. C.: U. S. Government Printing Office. 1987.
- [3] Korean Statistical Information Service (KSIS). Statistics of old people for 2016. Statistics Korea. Retrieved from (http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1B35001&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=A41_10_10&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=E1) 2016.
- [4] Korean Statistical Information Service (KSIS). Number of Registered Disabled Persons- nationwide, a ge, type of disability, gender. (http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=117&tblId=DT_11761_N003&conn_path=I2). 2016.
- [5] Martin, F. N., Clark, J. G. Introduction to Audiolo

- gy 12th Edition. trans by. Heo, S. D. Seoul: Bak haksa. 2016.
- [6] Acoustical Society of America (ASA). How does the brain respond to hearing loss?(www.sciencedaily.com/releases/2015/05/150519104604.htm) 15.
- [7] Lin, F. R., Metter, E. J., O'Brien, R. J., Resnick, S. M., Zonderman, A. B., Ferrucci, L. Hearing loss and incident dementia. *Archives of Neurology*, vol. 68 no. 2, pp. 214-220. 2011.
- [8] Shin, E. Y. The Standards Quality of Life Scales for Hearing Handicap of the Elderly. *Audiology and Speech Research*, vol. 9 no. 2, pp. 165-174. 2013.
- [9] Noh, B. I., Heo, S. D. Phoneme Error Before/After Hearing Aids Dispensing. *The Journal of Korean Academy of Medicine & Therapy Science*, vol. 7, no. 2, 97-105. 2015.
- [10] Park, J. I., Heo, S. D. Comparisons of Speech Discrimination Score Depending on Inter-Syllable Pause Duration between Adults with Cochlear Implants and Normal Hearing. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, vol. 23, no. 4, 109-120. 2014.
- [11] Heo, S. D. The Outcome of Hearing Screening in Young Children and Adolescents. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, vol. 23, no. 3, 155-163. 2015.
- [12] Heo, S. D. Hearing Threshold of Children with Hearing Screening-Passed in Day Care Center and Speech-Language Pathology Clinic. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, vol. 10, no. 4, pp. 273-278. 2016.
- [13] Oh, S. H., Heo, S. D. Results of Hearing Screening in Senior High School Students. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 1-7. 2016.
- [14] Heo, S. D. Current State of Presbycusis Confirmed by Hearing Handicap Inventory for Elderly (HHIE). *Communication Sciences & Disorders*, vol. 22, no. 1, In Press. 2017.
- [15] Project team for audiology study in Deagu University (PTASDU) Application of pure tone screening for android version. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chanho.puretone&hl=ko> 2015.
- [16] Park C. H., Park, J. S., Seok, H. Y., Han, J. H., et al. Development of a Pure Tone Evaluation App for Android Smart Phone. *Proceeding on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology Society of Korea Technical Conference 2015*, pp. 26-29. 2015.
- [17] Heo, S. D., Park, J. W., Hong, H. S., Paik, S. R. et al. Development of Android App for Ling-Sund. *The Journal of Rehabilitation Science Research*, vol. 31, no. 1, pp. 1-10. 2013.
- [18] Ventry I. M., Weinstein B. E. The hearing handicap inventory for the elderly: A new tool. *Ear and Hearing*. vol. 3, no. 3, pp. 128-134. 1982.
- [19] Newman, C.W., Weinstein, B.E., Jacobson, G.P. Hug, G.A. Test-retest reliability of the Hearing Handicap Inventory for Adults, *Ear Hear.*, vol. 12, pp. 355-357. 1991.
- [20] Hwang, S. Y., Heo, S. D. Influence of Presbycusis on Quality of Life. *Proceeding on The 4th International Conference Korean Speech-Language & Hearing Association; Communication Disorders and Related Sciences*. pp. 498-501. 2016.
- [21] Heo, S. D. *AUDIOLOGY: Basic for Audiological Evaluation and Interpretation (Korean)*. Seoul: Bak haksa. 2015.
- [22] Lichtenstein, M. J., Hazuda, H. P. Cross-Cultural Adaptation of the Hearing Handicap Inventory for the Elderly-Screening Version (HHIE-S) for Use with Spanish-Speaking Mexican Americans. *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 46, no. 4, pp. 492 - 498. 1998.
- [23] Weinstein, B. E., Rasheedy, D., Taha, H. M., Fatouh, F. N. Cross-cultural adaptation of an Arabic version of the 10-item hearing handicap inventory. *International Journal Of Audiology*, vol. 54, no. 5, pp. 341-346. 2015.
- [24] Öberg, M. Validation of the Swedish Hearing Handicap Inventory for the Elderly (Screening Version) and Evaluation of Its Effect in Hearing Aid Rehabilitation. *Trends in Hearing*, 20. <http://doi.org/10.1177/2331216516639234> 2016.
- [25] Pratt, S. Assessing and Treatment of Auditory Complaints in Blast-Exposed Military Veterans. *Proceeding on The 4th International Conference Korean Speech-Language & Hearing Association; Communication Disorders and Related Sciences*. pp. 23-52, 2016.

허 승 덕(Seung-Deok Heo)



2012년 3월 - 현재 대구대학교 언어치료학과 교수

Interest: Audiology
 Auditory Neuroelectrophysiology
 Hearing Aids, Cochlear Implants
 Hearing Screening, App Development

박 찬 호(Chan-Ho Park)



2016년 3월 - 현재 대구대학교대학원 재활과학과 석사 과정

Interest: Rehabilitation engineering
 Android programing

송 병 섭(Byung-Seop Song)



2004년 - 현재 대구대학교 재활공학과 교수
2002년 2월 경북대학교 공학박사(의용전자)

Interest: BioMedical electronics
 Rehabailitation engineering
 Assistive Technology