

중추 청각 처리 기능 평가에서 hearing in noise test의 임상적 유용성과 개선점 고찰

A study on the clinical usefulness and improvement of hearing in noise test in evaluating central auditory processing

한수희[†]

(Soo-Hee Han^{1†})

¹건국대학교병원

(Received November 15, 2021; revised December 27, 2021; accepted January 10, 2022)

초 록: 소음상황에서의 어음 이해 능력은 효과적인 의사소통을 위한 중요한 기술이다. 이러한 능력을 평가하는 방법으로 Hearing In Noise Test(HINT) 도구가 제안되어 사용되고 있다. 하지만 국내에서 이 유용한 도구가 초기의 기대와 달리 임상에서 적극적으로 활용되지 못하고 있다. 연령이 높아질수록 정상 청력을 가지고 있을지라도 양이에서 들어오는 신호들을 처리하는데 어려움을 겪게 되고, 특히 배경 소음이 있는 상황에서 듣기는 더욱 어려워진다. 하지만, 어음이해에 상당한 문제점을 갖고 있는 노인 인구들을 임상적으로 평가하는 도구들이 많지 않다. 본 연구에서는 이러한 검사법이 근거하고 있는 기전에 있는 인지적 특성과 임상에서의 문제점을 분석하여 개선점을 제안하고자 한다. 기본 임상 사례로 정상 청력을 가진 20대와 70대의 대표적 HINT 점수를 비교하고, 소음이 어떤 조건에서 제시되는가에 따른 문장 인지 특징을 조명하였다. 대상자의 HINT score는 Quiet(Q), Noise Front(NF), Noise Right(NR), Noise Left(NL) 조건에서 분석되었다. 여러 임상적 관점에서 유용한 점은 배경 소음이 있을 때 노인의 경우 청년보다 더 많은 신호대잡음비를 필요함을 나타내는 정량적 변수를 보여주고, 양이차폐감소차이(Binaural Masking Level Difference, BMLD) 효과도 보여주고 있다는 점이다. 효과적 임상적 적용에는 세부 연령대별 비교 가능한 표준 자료가 극히 부족한 실정이다. 이러한 유용성 확인과 함께 임상 관련 개선점을 제시하였다.

핵심어: 소음배경문장검사, 노화, 양이차폐수준차이, 신호대잡음비

ABSTRACT: Speech recognition in noise situation is an important skill for effective communication. Hearing In Noise Test (HINT) has been suggested as a clinical tool to evaluate these aspects. However, this tool has not been used widely in domestic clinics. In this study, psychophysical aspects of HINT and burdens in clinical application were analyzed to improve the applicability of the tool. The difficulty in understanding speech in the elderly population is due to hearing loss based on aging of peripheral and central auditory pathways. As typical clinical cases, HINT scores for young and elderly listeners (20s vs 70s) were compared. Four conditions of HINT test were Quiet (Q), Noise Front (NF), Noise Right (NR), and Noise Left (NL). Quantitative scores showed that the elderly listener required more Signal to Noise Ratio (SNR) values than the younger counterpart in noisy situations. Although both showed Binaural Masking Level Difference (BMLD) effect, the strength was smaller in the elder. However, the age-matched normalized data were not established in detail for clinical application. Confirmed usefulness of HINT and the related improvement in clinical measuring procedure were suggested.

Keywords: Hearing In Noise Test (HINT), Aging, Binaural Masking Level Difference (BMLD), Signal to Noise Ratio (SNR)

PACS numbers: 43.71.Qr, 43.64.Yp

[†]Corresponding author: Soo-Hee Han (suddori@hanmail.net)

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Konkuk University School of Medicine, 120-1 Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul 05030, Republic of Korea

(Tel: 82-2-2030-5294, Fax: 82-2-2030-5299)



Copyright©2022 The Acoustical Society of Korea. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서 론

소음상황에서의 어음 이해 능력은 효과적인 의사 소통을 위한 중요한 기술이다. 그러나 청력손실이 있는 환자의 경우 소음상황에서의 듣기는 매우 어려운 과제이다. 현재 시행되고 있는 순음 청력검사로 청력의 정도와 유형을 파악하고, 어음검사를 통해 환자의 어음인지를 확인할 수 있지만, 조용한 방음실에서 검사가 진행되기 때문에 여러 가지 소음이 많은 일상생활에서의 기능적인 청각능력을 확인하는 데에는 다소 어려움이 있다. 또한 양이의 정보를 빠르게 처리하는 데는 음원의 방향과 소음 상황에서 목표 신호를 감지하는 것이 중요한데, 두 귀의 신호 사이의 시간차이(Interaural Time Difference, ITD/Interaural Phase Difference, IPD)나 강도차이(Interaural Intensity Difference, IID)가 중요한 단서로 사용된다. 이들 정보의 처리는 청각 시스템의 뇌간 수준에서부터 이루어진다. 일상생활에서 청자는 화자에 집중하게 되고, 소음은 화자와는 다른 방향에서 들어오는 경우가 많으므로, 신호와 소음의 위치에 따른 어음명료도에 어떤 차이가 있는지 확인해볼 필요가 있다.

소음상황이 말소리 인지에 어느 정도 영향을 미치는지, 말소리 인지에 필요한 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)에 변화가 있는지를 평가하기 위한 노력으로 소음 속 문장인지 검사(Hearing in Noise Test, HINT)가 개발되었다.^[1] 이 검사는 간단한 회화체 문장의 인지수준을 소음이 없는 경우와 있는 경우 각각 측정하여 정상 범주와 비교하는 검사이다. HINT 검사는 총 12개의 목록으로 구성되어 있으며, 각 목록 당 20개의 문장으로 이루어져 있다. HINT 검사에 사용되는 문장의 난이도는 동일하게 조절되며(심리음향 곡선 기술기 기준), 수정상승법을 이용하여 Recognition Threshold for Sentence (RTS)를 구하는 검사이다. RTS란 검사에 사용되는 문장 중 선별검사에 이용되는 네 문장을 뺀 16개의 문장 중 반 이상을 맞출 수 있는 레벨을 의미한다. HINT 검사는 헤드폰과 음장검사 조건에서 모두 측정 가능하다. HINT 검사의 가장 큰 목적은 양이의 기능을 동시에 측정하는 것이며, 검사 조건에 따라 소음과 신호가 동시에 들어가는 diotic 조건과 분리되어 들어가는 dichotic 조건 모두를 측

정할 수 있는 장점도 있다. 이와 같은 원리는 Binaural Masking Level Difference(BMLD) 효과에 의해 검증될 수 있는데, BMLD란 양 귀로 소음에 의해 차폐되어 들어오는 신호가 신호와 차폐음에 의해 향상되는 것을 의미하며, 이런 현상은 IID와 ITD를 처리하기 위한 청각시스템의 기능에 기인하는 것으로 알려져 있다.^[2] 이런 BMLD 효과는 단순히 신호와 잡음 간 위상 변화에 따른 신호 탐지 향상뿐 아니라 소음 상황에서의 어음인지도 평가에도 유용하다.

1.1 노화와 중추청각처리 과정의 평가

말초에서 시작된 노화는 중추청각시스템에도 점진적으로 영향을 주고 있다. 노인 인구에서 어음 이해하는 데 어려움을 겪는 것은 말초 및 또는 중추 청각 경로의 연령에 따른 손실 때문이며,^[3] 노화는 양이간 위상차에 대한 예민한 인지능력 감소를 유발한다.^[4] 이는 단순 청력손실과는 다르게 양이 temporal fine structure 정보를 처리하는 능력에 영향을 미치는 것이며,^[4-8] 소음상황에서의 어음이해도 손실을 주는 것이다.^[9] 이는 양이를 사용하는 중추 청각 정보 처리가 관여되는 과정이다. 이때 노화로 인한 시간적 처리과정 감소의 정확한 원인은 알려져 있지 않지만 neural synchrony의 손실, 신경활동의 둔화, 와우 구심성 시냅스의 손실, 양이 정보의 중추 통합의 손실 등을 추정해볼 수 있다.^[2,4,10-12] 노화와 연관되어 청각 시스템에 발생하는 변화 때문에 많은 노인성 난청 환자들은 말초와 중추 청각계에 변화를 겪게 되는데, 중추 청각 경로에서 발생하는 가장 주요한 영향 중 하나가 어음지각능력의 하락이다.^[13] 즉, 노화는 말초 청력손실의 원인^[4] 뿐 아니라 어음인지의 중추 신경생리학적인 변화의 원인이기도 하다.^[15,16] 노화로 인한 가장 큰 문제점은 말초청각 기능 이상이 아닌 반향음 환경이나 소음상황에서의 어음이해에 문제가 있다는 점이라 할 수 있다.^[17] 조용한 환경에서는 일반적으로 말소리 인지가 정상 수준을 보이거나 소음 조건에서는 탐지나 변별이 어려워지는 현상이다. 소음환경에서의 어음이해에 문제가 생기는 것은 대화나 음악듣기와 같은 다양한 상황에서도 문제를 불러 일으킬 수 있다는 것이고, 이것은 사회적 활동에도 많은 제약을 갖게 한다.^[6] 요약하면 이러한 노

화로 인한 주요 중추 청각 기능의 문제는 시간적 자극 특징에 대한 민감한 반응 감소와 선택적 주의 집중 능력의 퇴화로 요약될 수 있다. 문제는 이렇게 어음 이해에 상당한 문제점을 갖고 있는 노인 인구를 임상적으로 평가하는 도구들이 많지 않지 않다는 점이다. 언급된 시간적 특징의 처리 과정을 평가하는 임상적 검사로 Gap Detection Test(GDT)가 있는데, 이는 시간적 변화 특징에 대한 인지 반응 예민도를 확인할 수 있는 효과적 방법이다. 하지만 상대적으로 검사 시간과 높은 집중력이 필요하다는 특징이 있고, 대상에 따라서 수행에 어려움이 예상되어 추가적 개선이 필요하다.

한편 중추 시스템의 노화의 정도를 선별할 수 있는 또 다른 지표가 선택적 분리 능력이다. 노화로 인한 청력손실이 있는 성인의 경우 주의력, 작업 기억, 처리 속도 등에 문제가 발생할 수 있으며, 청각처리를 하기 위해 인지 영역에서 과도한 노력이 소요되는 치매의 초기 증상으로 이어질 수 있다.^[18] 피검자가 노인인 경우에 해당 연령의 문장인지 검사를 쉽고 간단하게 실시하는 것이 검사의 신뢰도를 높이는 길이 될 수 있다. 이때 선택할 수 있는 검사가 앞서 언급한 HINT이다. HINT 검사의 경우 검사 시 들리는 문장을 그대로 따라 말하기만 하면 되며, 검사시간도 30분 이내로 짧고 간단하다. 또한 diotic 상황과 dichotic 상황에 따라 필요로 하는 SNR도 확인해 볼 수 있다. 국내에서도 이 검사가 개발되어 임상에 사용하고 있다.^[19,20] 그러나 개발 이후 현재 적극적으로 임상 현장에서 사용되고 있지 못한 실정이다. 본 조사에서는 20대와 70대의 정상 청력을 가진 대표적 대상을 상대로 HINT score를 비교해서 차이점을 직접 분석해보고 노인인구에서의 중추청각처리 능력을 평가와 선별에 있어 HINT 검사의 유용성의 확인과 개선점을 판단해보고자 하였다.

II. HINT 소개

HINT 장비는 Bio-logic 사의 HINT Pro를 사용했고, 30 dBA 이내 소음 수준을 보이는 방음실 안에서 검사를 실시하였다. 검사시 조건은 총 네 가지로 Quiet(Q), Noise Front (NF), Noise Right (NR), Noise Left (NL)에서

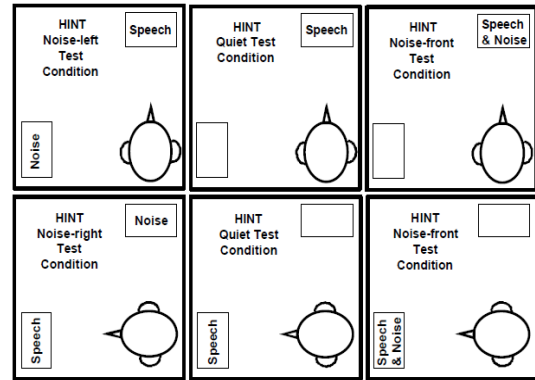


Fig. 1. Typical HINT test conditions.

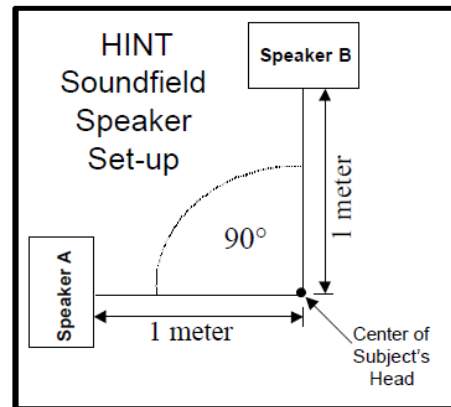


Fig. 2. Soundfield speaker arrangement.

실시한다. 먼저 Q 상황에서 RTS를 구하고, 어음은 front로 고정된 상태에서 소음 조건을 NF, NR, NL로 조절하였다(Fig. 1).

두 대상자 모두 HINT 검사 전 청력검사를 시행해 임상적으로 청력이 정상 범위(순음 청력검사 평균 25 dBHL 이내)인지를 확인했으며, 청력검사 장비는 GN resound 사의 Aurical을 사용했다. HINT 검사는 헤드폰과 스피커(soundfield) 모두에서 측정했다. 음장검사시 조건은 두 개의 스피커는 90°의 앵글의 유지하고, 대상자의 머리가 스피커에서 1 m 거리에서 정면에 위치하도록 한다(Fig. 2). 대상자는 정상 청력을 가진 20대와 70대로, 건국대학교병원 Institutional Review Board(IRB) 지침을 따라 검사를 진행하였다.

HINT 검사에 사용되는 문장 목록은 총 12개로 각 검사 조건 별로 무작위하게 하나의 목록을 선택하여 검사를 실시하였다(Table 1).

Table 1. Example of HINT testing sentence list.

| List 1 | |
|-----------------------|--------------------|
| 1. 눈이 부서서 눈이 떠졌다 | 11. 누가 제일 빨라요? |
| 2. 이 책이 제일 재미있다 | 12. 오늘은 손님이 적었어요 |
| 3. 즐거운 하루를 보냈다 | 13. 코가 막혀서 힘들어요 |
| 4. 저는 다음달에 이사해요 | 14. 우리 다른 곳으로 가요 |
| 5. 이번엔 내가 이길 거예요 | 15. 밖이 너무 시끄러워요 |
| 6. 지금 밥 먹고 있어요 | 16. 배터리가 다 됐나 봐요 |
| 7. 뭐가 더 필요해요? | 17. 세탁소에 가서 맡기세요 |
| 8. 그 분은 머리가 길어요 | 18. 집에 갈 때 태워드릴게요 |
| 9. 어제 차사고가 났어요 | 19. 그 사람에게 문제가 생겼다 |
| 10. 책을 깜박 잊고 가져오지 않았다 | 20. 노란 바나나가 맛이 좋다 |

III. 결과 해석

조용한 상황(Q)에서 RTS는 20대가 16.5 dB, 70대는 28.6 dB로 같은 정상 청력을 갖고 있더라도 연령이 높은 70대의 문장인지 역치가 20대보다 12 dB 정도 높게 나타났다. 소음이 있는 상황(NF, NR, NL)에서의 SNR은 70대가 20대보다 diotic 상황(NF)에서는 헤드폰일 경우 3 dB, 음장검사에서는 1.7 dB가 더 필요했다. 신호와 소음이 분리되는 dichotic한 상황(NR, NL)에서의 SNR 차이는 70대가 20대보다 헤드폰일 경우 3 dB, 음장검사일 경우 NR 7 dB, NL 6 dB를 더 필요로 하는 것을 알 수 있었다(Table 2).

같은 대상자라도 헤드폰과 음장검사 결과에 차이가 있었다. 20대와 70대 모두 헤드폰으로 검사 시 SNR이 더 낮게 나타났다(Figs. 3과 4), 다만 20대의 경우 NR 상황에서 헤드폰과 스피커로 검사 시 -10.7 dB, -12.6 dB로 약 2 dB의 차이를 보였으나, NL에서는 -10.9 dB, -11 dB로 거의 차이가 없었다(Fig. 3). 70대에서는 NR, NL 모두 헤드폰으로 검사 시 더 낮게 나타났다(Fig. 4).

실험 결과 같은 정상범위의 청력을 갖고 있더라도 연령이 높은 대상자의 문장인지 역치가 20대의 문장인지 역치보다 더 높았고, 소음 상황에서도 더 많은 SNR을 필요로 하는 것으로 나타났다(Fig. 5). 이는 노화가 소음 상황에서 문장인지에 영향을 미치며, 신호와 소음이 동시에 제공되는 상황보다는 분리되는

Table 2. Comparison of HINT scores between young and elderly subjects with normal hearing (dB).

| | Headphone | | | | Soundfield | | | |
|---------|-----------|------|-------|-------|------------|------|-------|-----|
| | Quiet | NF | NR | NL | Quiet | NF | NR | NL |
| Elderly | 28.6 | -0.9 | -7.3 | -7.6 | 28.2 | -1.8 | -5.5 | -5 |
| Young | 16.5 | -4 | -10.7 | -10.9 | 14.7 | -3.5 | -12.6 | -11 |

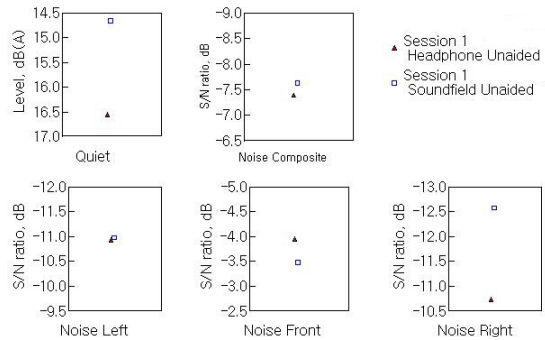


Fig. 3. Comparison of SNR according to transducer differences in young subject with normal hearing.

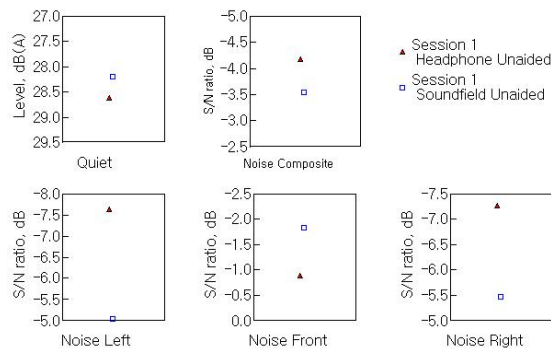


Fig. 4. Comparison of SNR according to transducer differences in elderly subject with normal hearing.

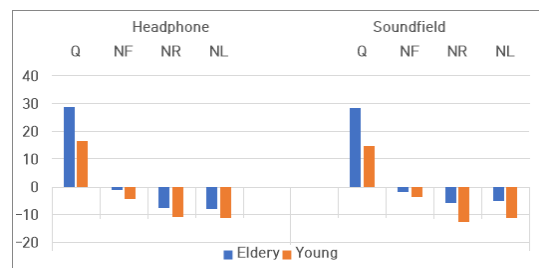


Fig. 5. (Color available online) Comparison of HINT scores between young and elderly subjects with normal hearing (SNR/dB).

상황에서 젊을수록 더 잘 이해한다는 것이다. 즉, 두 그룹 모두에서 BMLD가 있었으나, 이 효과도 노화로 인해 줄어든다는 것을 확인해주는 결과이다.

IV. 고찰 및 결론

노화로 인한 난청의 경우 보청기나 인공와우 같은 보장구를 통해 청력손실을 보완하고 있으나, 보장구 착용 후 재활은 문장인지와 언어이해와 같은 의사소통과정을 통한 직접적 중추 정보처리과정이 필요하다. 또한 신호와 잡음을 선택적으로 감지하는 능력은 노화에 의해서 영향을 받는 대표적 기능 중 하나이다. HINT 검사를 통해 이러한 기능을 측정할 수 있으므로 보장구 착용 전 HINT 검사를 통해 문장인지 정도와 소음상황에서 필요로 하는 SNR를 확인해 중추의 기능을 확인해보고, 보장구 착용 후의 재활가능성을 예측해볼 수 있는 점도 HINT 검사의 유용성이라 할 수 있다.

다행히 한국어 버전이 맞는 HINT 평가 내용이 마련은 되어 있으나,^[19,20] 추가 연령별 표준화 과정이 필요하다. 언어별로 준거 기준이 다를 수 있어 외국의 결과를 그대로 쓸 수는 없으므로 모든 임상 클리닉이 동의하는 세부 연령대별 표준화 자료가 필요하다. 연령별 준거 기준이 필요한 이유는 사춘기 전까지는 이런 기능이 성장하다가 노화가 진행이 되면 다시 기능이 떨어지기 때문이다. 즉 영유아나 노화에 있는 피검자들 모두 HINT 지표가 악화된다. 정확한 비교를 위하여 모두가 동의하는 정량화된 HINT 정상치가 필요하다. 이러한 표준이 국내 자료에 아직 없음이 적극적인 활용이 이루어지지 못한 이유 중 하나로 판단된다. 이러한 준거 기준의 마련은 여러 전문가 그룹의 협력을 필요로 한다.

또한 각종 난청에 대한 유형별 세부 HINT 조사가 필요하다. 대표적인 예가 노인성 난청이다. 이미 노인성 난청은 여러 형태가 존재하는 것이 알려져 있고 어음 관련 지표가 상당히 차이가 있어서 단순 평균 비교는 큰 의미가 없다. 이러한 문제의 해결에는 여러 임상 기관 간의 협력이 필요하다. 검사 장비의 측면에서도 음장 자극을 사용하는 경우 일부 고령자에게 이용이 어려울 수 있어 임상에서 보다 간편하게 제공하는 방법이 필요하다. 가능하다면 헤드폰을 좀더 정교하게 사용하는 것이 보완책이 될 수가 있다. 이러한 사항들이 개선되면 검사 시간이 비교적 짧고, 방법이 간단한 HINT 검사는 노인인구의 중추

청각처리능력을 평가하고 선별하는데 보다 유용하게 사용될 것으로 생각된다.

References

1. M., Nilson, S. D. Soli, and J. A. Sullivan, "Development of the hearing in noise test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise," *J. Acoust. Soc. Am.* **95**, 1085-1099 (1994).
2. A. King, K. Hopkins, and C. J. Plack, "The effects of age and hearing loss on interaural phase difference discrimination," *J. Acoust. Soc. Am.* **135**, 342-351 (2014).
3. G. A. Gates and J. H. Mills "Presbycusis," *Lancet.* **366**, 1111-1120 (2005).
4. J. H. Grose and S. K. Mamo, "Processing of temporal fine structure as a function of age," *Ear Hear.* **31**, 755-760 (2010).
5. C. Füllgrabe and B. C. J. Moore, "The association between the processing of binaural temporal-fine-structure information and audiometric threshold and age: a meta-analysis," *Trends Hear.* **22**, 1-14 (2018).
6. F. J. Gallun, A. C. Diedesch, S. D. Kampel, and K. M. Jakien, "Independent impacts of age and hearing loss on spatial release in a complex auditory environment," *Front. Neurosci.* **7**, 252 (2013).
7. K. Hopkins and B. C. J. Moore, "The effects of age and cochlear hearing loss on temporal fine structure sensitivity, frequency selectivity, and speech reception in noise," *J. Acoust. Soc. Am.* **130**, 334-349 5848. (2011).
8. C. Vercammen, T. Goossens, J. Undurraga, J. Wouters, and A. van Wieringen, "Electrophysiological and behavioral evidence of reduced binaural temporal processing in the aging and hearing impaired human auditory system," *Trends Hear.* **22**, 1-12 (2018).
9. M. A. Papesh, R. L. Folmer, and F. J. Gallun, "Cortical measures of binaural processing predict spatial release from masking performance," *Front. Hum. Neurosci.* **11**, 124 (2017).
10. N. He, J. H. Mills, J. B. Ahlstrom, and J. R. Dubno, "Age-related differences in the temporal modulation transfer function with pure-tone carriers," *J. Acoust. Soc. Am.* **124**, 3841-3849 (2008).
11. D. Ruggles, H. Bharadwaj, and B. G. Shinn-Cunningham, "Why middleaged listeners have trouble hearing in everyday settings," *Curr. Biol.* **22**, 1417-1422 (2012).
12. K. L. Whiteford, H. A. Kreft, and A. J. Oxenham, "Assessing the role of place and timing cues in coding frequency and amplitude modulation as a function of age," *J. Assoc. Res. Otolaryngol.* **18**, 619-633 (2017).

13. A. Bosatra and M. Russolo, "Comparison between central tonal tests and central speech tests in elderly subjects," *Audiology*, **21**, 334-341 (1982).
14. R. D. Paterson, I. Nimmo-Smith, D. L. Weber, and R. Milrory, "The deterioration of hearing with age: Frequency selectivity, the critical ratio, the audiogram and speech threshold," *J. Acoust. Soc. Am.* **72**, 1788-1804 (1982).
15. L. Marshal, "Auditory processing in aging listeners," *JSHD*. **46**, 226-240 (1981).
16. M. Nicolas, L. Olber, M. Albert, and H. Goodglass, "Lexical retrieval in healthy aging," *Cortex*, **21**, 595-606 (1985).
17. W. O. Olsen, D. Noffsinger, and S. Kurdziel "Speech discrimination in quiet and in white noise by patients with peripheral and central lesions," *Acta Otolaryngol.* **80**, 375-382 (1975).
18. A. Chern and J. S. Golub, "Age-related hearing loss and dementia," *Alzheimer Dis Assoc Disord.* **33**, 285-290 (2019).
19. S. Han, J. Shin, H. Park, S. Koo, and D. Lim, "Comparison of HINT performances in subjects with SNHL and normal hearing," (in Korean), *Audiology*, **3**, 161-163 (2007).
20. S. Moon, H. Mun, H. Jung, S. Soli, J. Lee, and K. Park, "Development of sentences for Korean Hearing In Noise Test (KHINT)" (in Korean), *Korean J. Otolaryngol.* **48**, 724-728 (2005).

저자 약력

▶ 한 수 희 (Soohee Han)



2004년 8월 : 한림대학교 언어청각학부 석사
 2012년 8월 : 한림대학교 언어청각학부 박사
 2005년 5월 ~ 현재: 건국대학교 병원 이비인후-두경부외과 청력검사실 청각사