

# Availability of Korean Hearing in Noise Test (KHINT) in Children

Hyun Woo Lim, Sung-Moon Hong, Sung Woong Choi,  
Ji Woong Jung, Jaemin Shin and Sung Won Chae

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

## 소아에서 한국어 Hearing in Noise Test의 유효성

임현우 · 홍성문 · 최성웅 · 정지웅 · 신재민 · 채성원

고려대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실

Received May 24, 2011

Revised June 13, 2011

Accepted June 13, 2011

Address for correspondence

Sung Won Chae, MD, PhD

Department of Otorhinolaryngology-

Head and Neck Surgery, Korea

University College of Medicine,

97 Gurodong-gil, Guro-gu,

Seoul 152-703, Korea

Tel +82-2-2626-3186

Fax +82-2-868-0475

E-mail schae@kumc.or.kr

**Background and Objectives** Individuals with similar degrees of hearing impairment frequently show significantly different speech understanding in noise stimulation. A Korean version of the Hearing in Noise Test (KHINT) has been developed to assess the ability to recognize speech in noise. However, sentences in KHINT have been designed for subjects older than 16 years old and there have been no reports on KHINT related to the effect of age in the children younger than that age. The objective of this study was to evaluate the result of KHINT in children.

**Subjects and Method** One hundred one children between 7 and 16 years with no otologic history and normal hearing were included in this study. KHINT was conducted under the following four different conditions: speech in the quiet environment, with noise in the front, with noise in the right or in the left. The mean reception threshold for speech (RTS) in the quiet condition and signal to noise ratio (SNR) in the noisy condition were measured under four different conditions.

**Results** There was no correlation between age and RTS. However, SNR with noise in the front, left and right conditions, as well as composite SNR, showed significant decrease with the decreasing age of children.

**Conclusion** According to KHINT, children showed decreased speech with decreasing age. Therefore, a separate KHINT with correlation factors to assess children's functional hearing ability in noise should be developed.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2011;54:462-6

**Key Words** Child · Hearing tests · Noise.

## 서론

난청 인구가 증가함에 따라, 청력을 정확하게 평가하기 위한 다양한 방법이 필요하게 되었다. 기존 순음청력검사나 단음절(monosyllabic words)로 구성된 어음명료도검사는 조용한 환경하에서 청력을 측정하는 방법들이다. 소음 환경에서는 청력이 감소된 경우 의사소통에 문제가 더 생기며, 난청의 정도가 동일하여도 의사소통의 어려움 정도는 각각 다르

다.<sup>1-5)</sup> 순음청력검사 결과와 환자가 작성한 난청설문지 사이의 연관성이 낮으며 순음청력검사 결과와 소음 하에서 어음인지검사 결과의 연관성도 낮다는 연구 결과들이 이 사실을 뒷받침해 준다.<sup>3,6,7)</sup>

소음 환경에서 말소리를 알아듣는 정도를 측정하기 위하여 1993년 Nilsson 등<sup>8)</sup>에 의하여 어음인지검사(speech reception test)를 변형한 Hearing in Noise Test(HINT)가 개발되었다. HINT는 간단한 회화체 문장의 인지수준(reception level)을

소음 유무에 따라 각각 측정하는 방법으로, 정상 범주와 비교가 가능하며, 소음 환경에서 의사소통의 어려움 정도를 평가할 수 있고, 보청기 착용 전후 또는 인공와우 수술 전후의 효과를 평가할 수 있다는 장점이 있다.<sup>9)</sup> 국내에서는 2005년 한국어 문장을 이용한 HINT 검사(Korean Hearing in Noise test, KHINT)가 개발되어 사용되고 있으나 KHINT에서 사용하는 문장은 초등학교 고학년(만 11세 이상) 이상을 대상으로 구성되어 현재 16세 이상의 환자에서만 유용한 것으로 알려져 있다.<sup>9)</sup> 언어에 대한 경험이 적은 소아에서는 소음 환경에서 연령이 감소할수록 문장이해도가 감소하기 때문에<sup>10)</sup> KHINT를 16세 미만의 소아에서 적용하기 위해서는 KHINT 문장의 적용 가능성 및 적용 가능한 소아 연령을 확인할 필요가 있으나 이에 대한 연구가 없었다. 따라서 본 연구에서는 KHINT를 소아에 적용하여, 연령의 감소에 따른 소음 환경에서 신호대소음비(signal to noise ratio, SNR)의 변화가 있는지를 확인하였다.

## 대상 및 방법

### 연구대상

7세 이상 16세 이하 정상 소아 101명을 대상으로 KHINT를 검사하였다. 연구대상군은 이과적 병력이 없었으며, 이학적 검사상 정상 고막소견을 보였고, 임피던스 청력검사상 A형이었고, 순음청력검사상 25 dBHL 이하(6분법)의 정상청력을 보이는 오른손잡이 소아들을 대상으로 하였다. 언어발달이나 학습능력발달에 문제가 있거나 협조가 안되어 평가가 어려운 경우는 연구대상에서 제외하였다.

### KHINT

상용화된 KHINT(HINT pro 7.2, Bio-logic<sup>®</sup> sys, USA)를 이용하여 검사하였다. 무소음 환경과 소음 환경에서 검사하였으며, 소음 환경은 다시 정면 소음, 우측 소음(우측 90°각도에서 소음이 나오는 경우), 좌측 소음(좌측 90° 각도에서 소음이 나오는 경우) 환경으로 나누어 검사하였다. 검사방법은 일반적 KHINT 검사방법과 동일하였으며, 녹음된 문장을 정

면 1미터 거리에서 스피커를 통하여 들려주었고, 소리 강도는 정답 여부에 따라 변하였다. 무소음 환경에서 검사는 소리 강도 15 dB에서 시작하여 정답의 경우 4 dB 감소하고, 오답의 경우 4 dB 증가하여 다음 문장을 주었으며, 5번째 문장부터는 2 dB 간격으로 전체 20문장을 검사하였다. 소음 환경에서는 소음 강도를 65 dBA로 고정하고, 검사는 65 dB의 소리 강도에서부터 무소음 환경과 동일한 방법으로 검사하였다. 검사 순서에 의한 오류를 줄이기 위해서 모든 문장은 무작위로 선택되었다.

문장을 인지하는 데 필요한 최소 강도인 언어인지역치(reception threshold for speech, RTS)를 무소음 환경에서 측정하였고, 소음 환경에서는 50%의 문장을 정확하게 반복할 수 있는 소리 강도인 SNR을 KHINT 검사 4개의 환경에서 각각 산출하였다. 예를 들어 소음 환경에서 SNR이 5 dB인 경우 70 dB(5 dB+소음 65 dB)의 소리 강도를 주었을 때 50%의 문장을 정확하게 반복하는 경우를 말한다. 각각의 환경에서 연령별 평균 RTS 및 SNR을 측정하였고, 복합신호대소음 점수(Composite SNR)를 이용하여 전반적인 소음 하 어음 인지 정도를 평가하였으며 composite SNR값은  $\text{Composite SNR} = (2 \times \text{Noise Front} + \text{Noise Right} + \text{Noise Left}) / 4$ 로 구하였다.

## 통 계

무소음 환경에서 RTS의 다 연령별 비교는 Kruskal-Wallis test, 사후 검정을 위한 두 연령별 비교는 Mann-Whitney test를 사용하였고, 좌, 우 소음 환경의 SNR 비교는 Wilcoxon Signed Rank test를 이용하였다. 연령별 차이를 확인하기 위한 최소 숫자를 검증한 결과 연령별로 평균 10명 이상이 필요하였으며, 13세의 경우 연구대상이 7명이었으나, 이는 연구 결과 분석에 영향을 미치지 않았다. 무소음 환경 RTS와 소음 환경 SNR과의 인과관계는 선형회귀분석(linear regression test)으로 확인하였고, 무소음 환경 RTS와 연령, 소음 환경 SNR과 연령간의 상관관계는 Spearman correlation test(SPSS v 13.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 통계분석 하였고,  $p$ 값이 0.05 미만일 때 통계적으로

**Table 1.** Mean reception threshold for speech (RTS) in quiet and signal to noise ratio (SNR) in noise for each age groups

| Age (year)        | 7 (n=10) | 8 (n=11) | 9 (n=10) | 10 (n=13) | 11 (n=10) | 12 (n=10) | 13 (n=7) | 14 (n=10) | 15 (n=10) | 16 (n=10) |
|-------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Quiet (RTS)       | 20.53    | 22.42    | 20.53    | 20.56     | 21.47     | 21.20     | 19.98    | 18.11     | 20.19     | 20.01     |
| Noise front (SNR) | -3.42    | -3.22    | -2.97    | -2.96     | -3.43     | -4.71     | -4.14    | -4.13     | -5.23     | -4.15     |
| Noise Rt (SNR)    | -5.01    | -5.15    | -6.08    | -6.15     | -5.14     | -6.04     | -7.55    | -7.39     | -6.79     | -7.27     |
| Noise Lt (SNR)    | -6.32    | -5.85    | -6.71    | -6.65     | -6.36     | -6.78     | -7.71    | -6.59     | -7.37     | -8.26     |
| Composite (SNR)   | -4.54    | -4.55    | -4.99    | -4.69     | -4.60     | -5.43     | -5.88    | -5.57     | -6.15     | -5.96     |

RTS: reception threshold for speech, SNR: signal to noise ratio

의미있다고 평가하였다.

## 결 과

총 101명의 소아를 대상으로 연구를 진행하였고 각 환경에서 연령별 RTS와 SNR의 평균값은 다음과 같았다(Table 1). 무소음 환경에서 대상 소아들의 RTS는 모두 25 dBA 이하였다. 연령에 따른 RTS에 대한 다연령 분석에서는 유의한 차이가 있었으나( $p<0.001$ ), 사후 검정을 위한 두 연령 간의 비교에서는 7세와 15세, 7세와 16세의 RTS는 유의한 차이가 없었으며(Mann-Whitney test,  $p>0.05$ ) 연령의 감소에 따라 RTS가 유의하게 증가하지 않았다(Spearman correlation test,  $p>0.05$ ).

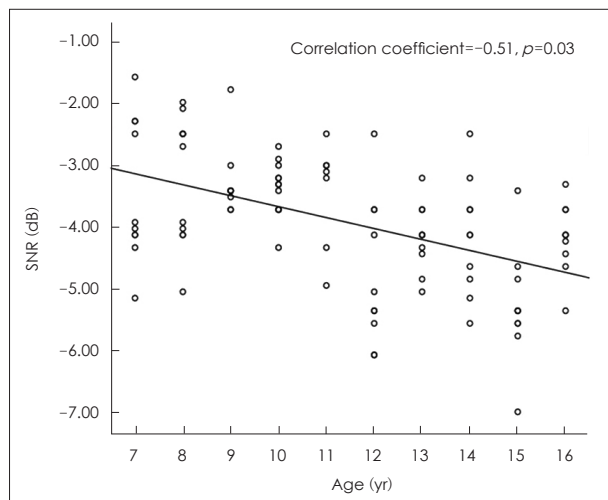


Fig. 1. SNR in noise front was decreased significantly with age (Spearman correlation test,  $p=0.03$ ). SNR: signal to noise ratio.

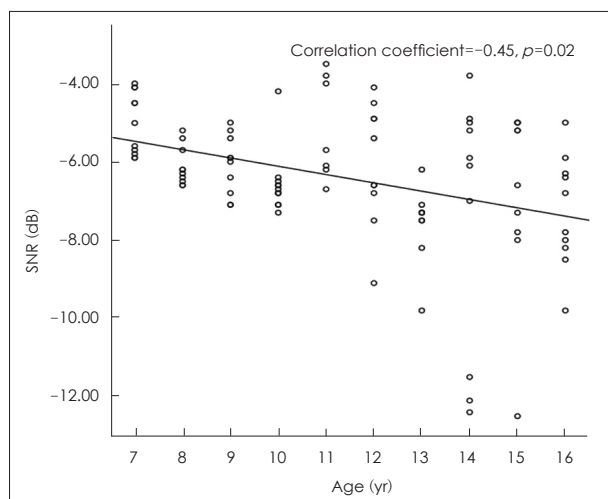


Fig. 2. SNR in noise right was decreased significantly with age (Spearman correlation test,  $p=0.02$ ). SNR: signal to noise ratio.

정면 소음 환경의 SNR값 평균은 7세에서 -3.42 dB이고 16세에서 -4.15 dB로 연령과 유의한 음의 상관관계를 보였다(correlation coefficient=-0.51,  $p=0.03$ )(Fig. 1). 모든 연령에서 정면 소음 환경에서의 SNR과 무소음 환경에서 구한 RTS는 통계적으로 유의한 인과관계가 없었다( $p>0.05$ ). 우측 소음 환경에서 소아들의 SNR값 평균은 7세에서 -5.01 dB이고 16세에서 -7.27 dB였으며 연령이 증가할수록 유의하게 감소하였다(correlation coefficient=-0.45,  $p=0.02$ )(Fig. 2). 좌측 소음 환경에서 소아들의 SNR값 평균은 7세에서 -6.32 dB이고 16세에서 -8.26 dB 사이로 연령이 증가할수록 유의하게 감소하였다(correlation coefficient=-0.387,  $p=0.009$ )(Fig. 3). 1개의 연령(14세)을 제외하고 좌측 소음 환경보다 우측 소음 환경의 SNR값이 유의하게 컸다( $p<0.05$ ). 각 환경의 composite score 역시 통계적으로 유의하게 연령이 증가할수록 감소하였다(correlation coefficient=-0.63,  $p=0.0001$ ).

## 고 찰

소아의 경우 어음 청취 및 인지 능력은 언어 발달, 학습 능력, 사고 능력의 발달에 매우 중요하다.<sup>11)</sup> 특히 소음 환경에서의 청취 능력 저하는 소아 언어 발달과 학습에 큰 영향을 주어 더욱 중요하다.<sup>12)</sup> 따라서 소아 어음청취 능력의 정확한 평가가 필요하다. 어음청취역치는 순음청력검사를 보충하며, 언어 이해력을 평가할 수 있고, 와우이식이나 보청기를 통한 청력 재활의 기초자료로 사용된다. Kosky와 Boothroyd<sup>13)</sup>는 소아용 어음청력검사는 연령에 맞게 조정되어야 하며, 검사가 흥미 있어야 하고, 어려운 단어나 문장을 피하여 개인의 일상 생활에서의 소통 능력을 평가할 수 있어야 한다고 보고하였

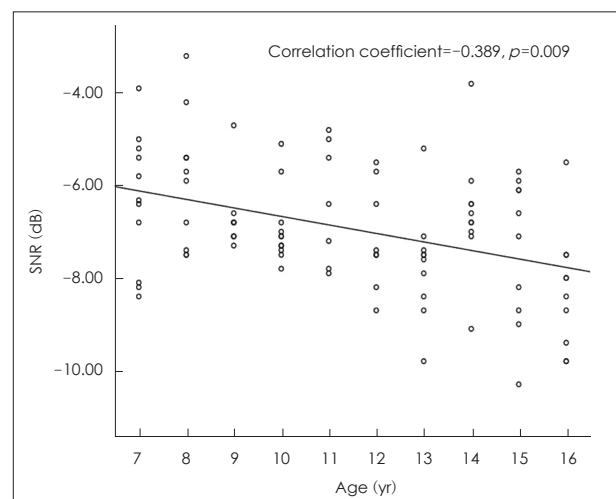


Fig. 3. SNR in noise left was decreased significantly with age (Spearman correlation test,  $p=0.009$ ). SNR: signal to noise ratio.

다. 즉 소아 특성에 맞는 청력 검사 방법의 개발이 필요하며, 이를 위해서는 우선 기존 검사 방법이 소아에서도 적용 가능한지를 확인하는 절차가 필요하다.

현재 우리나라에서는 소음 환경에서 문장의 인지 수준을 검사하는 KHINT를 사용하고 있는데, 본 연구에서는 연령 변화에 따른 KHINT 결과를 확인하여 KHINT를 소아에서도 사용할 수 있는지 알아보려고 하였다. 무소음 환경에서 소아 RTS는 각 연령간에 유의한 차이가 있었으나, 7세 소아의 RTS 값은 평균 20.53 dB로 16세의 평균 20.01 dB와 유의한 차이가 없었으며, 연령과 RTS 사이에 역시 유의한 상관관계가 없었다. 따라서 정상 순음청력검사 결과를 갖는 7세까지의 소아의 경우 무소음 환경의 KHINT 문장을 인지하고 이해하는 데 어려움이 없으며 이를 소아에서도 적용할 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 무소음 환경의 RTS는 언어별, 개인별 오차 범위가 크고,<sup>8,14)</sup> 다연령 분석에서 연령간에 차이가 있었기 때문에 향후 정상 범위와, 보정값(correction factor)을 구하기 위한 대단위 연구에서 이를 확인할 필요가 있다.

소음 환경의 SNR값은 정면 소음 환경, composite SNR, 우측 소음 환경 그리고 좌측 소음 환경 순서로 감소하였다.

정면 소음 환경에서의 SNR값과 무소음 환경에서 구한 RTS값은 통계적으로 유의한 인과관계를 보이고 있지 않았다. 이는 무소음 환경에서의 RTS가 낮더라도 소음 환경의 SNR은 높을 수 있음을 의미하여, 소아 청능의 정확한 평가를 위해서는 무소음 환경의 어음청력검사 외에 소음 환경에서 실시하는 KHINT가 필요함을 설명한다.

좌측 소음 환경보다 우측 소음 환경의 SNR값이 1개 연령군을 제외하고 모두 컸는데 이는 대뇌 언어 인지 중추가 좌측 측두회(temporal gyrus)에 관련되어 있고, 모든 소아가 오른손잡이인 것과 관련되어 우성 귀(dominant ear)가 우측이기 때문으로 추측된다.<sup>15,16)</sup>

KHINT 검사 결과에서 소음 환경의 SNR값은 연령이 증가함에 따라 유의하게 감소하였다. 연령이 낮을수록 SNR 값이 큰 원인으로는 연령에 따른 대뇌피질의 구조적, 전기생리학 적 미성숙이 가장 큰 원인인 것으로 알려져 있다.<sup>10)</sup> Hall 등<sup>17)</sup>은 차폐수준을 다르게 하여 연령별 청력검사를 시행하여 양이 청력의 이득이 연령이 증가함에 따라 증가한다고 보고하였는데, 이것이 연령이 증가할수록 SNR값이 감소하는 이유로 생각된다. 또한 연령이 감소할수록 언어에 대한 경험이 적어 문맥에서 실마리를 찾아 문장을 인지하는 능력이 감소하므로 SNR은 증가한다. Wijngaarden<sup>18)</sup>은 네덜란드어를 외국어로 사용하는 경우와 모국어로 사용하는 경우를 비교하였는데, 외국어로 검사를 시행하면, 모국어로 사용하는 경우에 비하여 SNR값이 1~7 dB 높다고 보고하여 이에 대한 근거가

된다.

SNR값은 연령이 증가함에 따라 감소하는데, 성인의 청각 인지 능력에 도달하게 되는 연령에 대한 여러 연구 결과에서 10세 이후라는 보고부터 사춘기에서 성인과 동일한 청각 인지 능력에 도달한다는 보고까지 다양하다.<sup>19-21)</sup> 이번 연구에서 SNR값은 약 12~13세에서 성인 정상 SNR 수치에 도달하는 것이 확인되었으며, 이는 Vaillancourt 등<sup>10)</sup>이 소아용 불어 HINT 검사에서 연구한 결과와 동일한 연령이었다.

Nilsson 등<sup>8)</sup>은 소아용 HINT를 개발할 때 소아에서 측정된 SNR 값에 보정값(correction factor)을 추가한 후 성인의 정상 범위에 대입한 순위척도를 구하여 소아의 청각 능력을 평가하는 방법을 개발하였다. 따라서 향후 KHINT를 소아에서 적용하기 위해서는 소음 환경에서 연령별로 낮아지는 SNR값을 보정하기 위한 보정값에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 검사 순서를 무작위로 선택하지 못한 제한점이 있다. 비록 대다수의 문헌에서 정면 소음보다 측면 소음의 SNR값이 작게 나오지만,<sup>8,10)</sup> 추후 대단위 소아를 대상으로 한 연구에서 검사 순서를 무작위로 선택한다면, 오차를 줄일 수 있을 것이다. 또한, 한정된 연구대상의 소아에서 KHINT 연구를 시행하였으므로 소아의 정상범위를 정하기 어려운 제한점이 있다. 대단위 소아에서 연령별 SNR의 정상 범위를 측정해야 하고, 각 연령별 SNR값과 연령과의 인과관계의 검증은 거친 보정값을 구해야 할 필요를 확인하였다. 7세까지의 소아에서도 KHINT를 사용하는 데 큰 어려움이 없었지만, 성인을 대상으로 만들어진 문장의 조합이므로 향후 소아에 친숙하며 쉽게 듣고 이해할 수 있는 문장 선택을 위한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 추후 대단위 소아를 대상으로 연구를 진행하여 소아의 연령별 SNR 정상범위, 연령별 보정값을 구한다면, 이를 통하여 소아에서도 KHINT 검사를 유용하게 사용할 수 있을 것이다.

## REFERENCES

- 1) Kochkin S. MarkeTrak VI: 10-year customer satisfaction trends in the US hearing instrument market. *Hear Review* 2002;9(10):14-25,46.
- 2) Gatehouse S, Noble W. The Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ). *Int J Audiol* 2004;43(2):85-99.
- 3) Killion MC, Niquette PA. What can the pure-tone audiogram tell us about a patient's SNR loss? *Hear J* 2000;53(3):46-53.
- 4) Crandell CC. Individual differences in speech recognition ability: implications for hearing aid selection. *Ear Hear* 1991;12(6 Suppl):100S-8S.
- 5) Nábělek AK, Pickett JM. Reception of consonants in a classroom as affected by monaural and binaural listening, noise, reverberation, and hearing aids. *J Acoust Soc Am* 1974;56(2):628-39.
- 6) Bronkhorst AW, Plomp R. Effect of multiple speechlike maskers on binaural speech recognition in normal and impaired hearing. *J*

- Acoust Soc Am 1992;92(6):3132-9.
- 7) Smoorenburg GF. Speech reception in quiet and in noisy conditions by individuals with noise-induced hearing loss in relation to their tone audiogram. *J Acoust Soc Am* 1992;91(1):421-37.
- 8) Nilsson M, Soli SD, Sullivan JA. Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *J Acoust Soc Am* 1994;95(2):1085-99.
- 9) Moon SK, Mun HA, Jung HK, Soli SD, Lee JH, Park K. Development of sentences for Korean Hearing in Noise Test (KHINT). *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 2005;48(6):724-8.
- 10) Vaillancourt V, Laroche C, Giguère C, Soli SD. Establishment of age-specific normative data for the canadian French version of the hearing in noise test for children. *Ear Hear* 2008;29(3):453-66.
- 11) Mendel LL. Current considerations in pediatric speech audiometry. *Int J Audiol* 2008;47(9):546-53.
- 12) Bellis TJ. Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting: from science to practice. 2nd ed. Clifton Park, NY: Delmar Learning;2003.
- 13) Kosky C, Boothroyd A. Validation of an on-line implementation of the Imitative test of Speech Pattern Contrast perception (IMSPAC). *J Am Acad Audiol* 2003;14(2):72-83.
- 14) Vaillancourt V, Laroche C, Mayer C, Basque C, Nali M, Eriks-Brophy A, et al. Adaptation of the HINT (hearing in noise test) for adult Canadian Francophone populations. *Int J Audiol* 2005;44(6):358-69.
- 15) Khalfa S, Veuillet E, Collet L. Influence of handedness on peripheral auditory asymmetry. *Eur J Neurosci* 1998;10(8):2731-7.
- 16) Khalfa S, Morlet T, Micheyl C, Morgon A, Collet L. Evidence of peripheral hearing asymmetry in humans: clinical implications. *Acta Otolaryngol* 1997;117(2):192-6.
- 17) Hall JW, Buss E, Grose JH, Dev MB. Developmental effects in the masking-level difference. *J Speech Lang Hear Res* 2004;47(1):13-20.
- 18) Wijngaarden van SJ. Speech intelligibility of native and non-native speech. *MIST* 1999;9:61-6.
- 19) Hartley DE, Wright BA, Hogan SC, Moore DR. Age-related improvements in auditory backward and simultaneous masking in 6- to 10-year-old children. *J Speech Lang Hear Res* 2000;43(6):1402-15.
- 20) Elliott LL. Performance of children aged 9 to 17 years on a test of speech intelligibility in noise using sentence material with controlled word predictability. *J Acoust Soc Am* 1979;66(3):651-3.
- 21) Eisenberg LS, Shannon RV, Martinez AS, Wygonski J, Boothroyd A. Speech recognition with reduced spectral cues as a function of age. *J Acoust Soc Am* 2000;107(5 Pt 1):2704-10.