

소음 노출 유무에 따른 확장 고주파수의 청력역치

울산의대 울산대학교병원 산업환경의학교실 및 건강관리센터, 이비인후과¹⁾

김남정 · 권중근¹⁾ · 이지호

— Abstract —

The Impact of Noise Exposure on the Hearing Threshold Extended High Frequency

Nam Jeong Kim, Joong Keun Kwon¹⁾, Ji Ho Lee

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Ulsan University Hospital, Ulsan, Korea,
Department of Otorhinolaryngology, Ulsan University Hospital, Ulsan, Korea¹⁾*

Objectives: To determine how extended high frequency is affected by noise exposure and other factors that maybe have adverse effects.

Methods: Pure tone audiometry for usual frequencies (250-8000 Hz) and extended high frequencies (1000-16000 Hz) was conducted for 331 workers at a manufacturing company from 2004 to 2005. History of noise exposure, military service, tinnitus, alcohol drinking, smoking, ear diseases, and noisy hobbies were taken by interview. T-test, ANOVA, and multiple regression was conducted according to the frequency to evaluate the factors that could affect extended high frequency hearing.

Results: The noise-exposed group had significantly poorer hearing than the noise-unexposed in the frequency range 2000-16000 Hz. The hearing deteriorated with increasing age through all the frequencies. High frequency hearing of 14000 Hz was significantly worse in the noise-exposed group in their 30s. Noise exposure during military service had a bad effect on hearing, especially for the noise-unexposed group. Tinnitus was associated with poorer hearing in both noise-exposed and noise-unexposed groups. Workers with noisy hobbies exhibited better hearing in the noise-unexposed group, contrary to our expectation. Extended high-frequency hearing was affected by aging, ear protection, and noisy hobbies. In extended high frequency, 14000 Hz was especially related with noise exposure history.

Conclusions: Extended high frequency, especially 14000 Hz, could be used as an indicator of noise-induced hearing loss and should be considered as a screening test for workers in noisy environments.

Key Words: Noise, Hearing loss, Conventional frequency, Extended high frequency.

서 론

소음은 문명이 발달함에 따라 인간이 불가피하게 겪게 되는 환경 자극요인이며, 산업이 발달하면서 산업현장에서 소음은 근로자들에게 건강장애의 주된 문제로 대두

되었다. 우리나라에서 소음성 난청은 1991년 이후 계속 전체 직업병 유소견자(D1)의 90% 이상을 차지하고 있다. 실제 2006년 노동부의 보고¹⁾에 의하면 소음성 난청이 91.1%이고, 직업병 요관찰자(C1)의 경우도 88.8% 일뿐만 아니라 특수건강진단 대상자중 39%가 유해한 수

〈접수일: 2008년 1월 14일, 채택일: 2008년 5월 13일〉

교신저자: 이 지 호 (Tel: 052-250-7288) E-mail: chungang@dreamwiz.com

* 이 논문은 2006년 울산대학교병원 생의학 연구소 연구비를 지원받아 작성되었습니다.

준의 소음에 노출되고 있는 실정이라서 향후 지속적인 유소견자의 발생은 예견된 일이라 할 수 있다. 그러나 현재의 소음 예방 대책은 적극적인 방법의 공학적인 대책보다는 보호구 착용 등 소극적 건강관리방법이 거의 대부분이어서, 소음으로 인한 직업병 유소견자의 발생율을 감소시키지 못하고 있다. 소음에 의한 영향은 일상생활에서 이명, 불쾌감, 수면장애, 대화 장애 등이지만, 근로자의 경우 청력저하가 있다면 업무 배치에 제한을 받거나, 고용에서 제외되는 등의 경제적으로 불이익을 받게 되는 경우도 많다.

확장 고주파수(Extended high frequency, EHF)는 1870년 Galton에 의해 처음으로 보고되었으나²⁾ 일상생활을 하는데 있어서 직접적인 영향을 미치는 주파수가 이 범위에 해당되지 않았고, 순음 청력 검사에서 8000 Hz 이상의 음은 전달 체계의 변화에 쉽게 영향을 받을 뿐만 아니라 검사의 표준화가 정립되지 않았기 때문에 널리 이용되지 못하였다. 그로부터 100년 후에 Sataloff 등³⁾이 일정 수준 이상의 소음에 노출될 경우 기존의 통상적 주파수(250~8000 Hz)뿐만 아니라 확장 고주파수(9000~16000 Hz)에도 그 유해성의 영향이 나타난다는 연구결과를 보고한 이후, 소음성 난청⁴⁾, 노인성 난청⁵⁾ 및 이독성 약물에 의한 난청의 조기발견에 확장 고주파수의 활용 가능성에 관한 연구가 발표되면서 일부에서는 확장 고주파수가 난청의 초기지표로 사용되어야 한다는 필요성을 제기하였다⁶⁾. 확장 고주파수 영역의 청력은 개인 간 차이가 상대적으로 크며, 연령에 의한 변화가 태어난 이후부터 진행되는 것으로 알려져 있다. 임상적으로는 이독성의 조기진단과 소음성 난청, 노인성 난청, 등골 절제술 후의 경과 예측에 이용하는 등 다각도의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이 중 이독성에 대한 연구가 가장 많이 진행되고 있다⁷⁾. 그러나 소음성 난청의 초기에 해당하는 군과 비노출군을 비교한 결과 확장 고주파수에서는 차이가 없다는 연구 보고도 있어^{8,9)} 지속적인 연구가 필요한 실정이다.

소음성 난청이 진행되는 과정에서 통상적 주파수에서의 변화는 우선 자극음의 주파수와 0.5~1 옥타브 높은 주파수에서 Dip(강하현상)이 나타나며, 일시적 역치이동을 유발할 수 있는 정도 이상의 소음에 노출될 경우 3~6 kHz 주변에서 최대 역치이동이 일어난다^{10,11)}. 어느 정도의 소음수준에 이르면 무증상적 역치이동이 발생하지만 일반적으로 75 dBA 이하에서는 청력손실을 유발하지 않는 것으로 알려져 있다. 확장 고주파수 영역의 경우 소음 노출군과 비노출군 사이의 역치 차이가 19 dB 정도이고 초기 변화는 13~20 kHz 영역에서 나타나며, 통상적 주파수에 비해 디스크 또는 헤드셋을 이용한 음악에 예민하게 반응하는 것으로 알려져 있다¹²⁾. 또한 기저막의 음향적 조화 현상으로 자극음 이외의 다양한 주파수 영역이 동시에

영향을 받으므로 직업적 소음 노출유무에 따른 청력저하를 평가하기 위해서는, 통상적 주파수의 청력역치와 더불어 확장 고주파수의 상호보완적인 평가가 필요하다^{13,14)}.

따라서 본 연구에서는 근로자 330명(660귀)에 대해 2년에 걸쳐 수집한 자료를 바탕으로 한 단면적 연구를 이용하여 직업적 소음 노출 유무에 따른 청력역치를 통상적 주파수와 확장 고주파수 영역에서 비교해보았다. 이를 통해 확장 고주파수가 소음성 난청을 진단하고 예측하는데 유용한 방법인지를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2004~2005년까지 2년 동안 일개지역 소재 제조업체에서 근무하는 20세에서 59세의 근로자 중 건강진단을 실시한 354명(708귀)을 연구대상으로 하였다. 이경검사 및 문진을 통해 귀질환의 과거력 유무와 건강진단의 내용을 파악하였으며, 청력역치에 유의한 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 당뇨, 고혈압, 고지혈증의 소견이 있는 경우 대상에서 제외시키고, 331명(662귀)을 대상으로 소음 노출군과 비노출군으로 크게 분류하였다.

소음 노출군의 선정 기준은 산업안전보건법에 의하여 소음수준이 85 dBA 이상인 작업장에서 근무하는 152명(304귀) 근로자를 대상으로 하였으며, 비노출군은 소음수준이 85 dBA 미만인 곳에서 근무하며, 소음에 간헐적으로 노출되는 현장 관리자 및 기술지원부서, 검사원을 제외한 179명(358귀)의 대상자를 선정하였다. 또한 연구대상자들 중 평균 청력손실정도(3분법, (500 Hz+1000 Hz+2000 Hz)/3)가 25dB(hearing level, HL)을 초과하는 귀를 대상에서 제외한 660귀를 최종 분석대상으로 선정하였다.

2. 연구방법

1) 통상적 주파수, 확장 고주파수 청력검사

전체적인 청력역치를 평가하기 위해서 순음청력역치는 250 Hz에서 16000 Hz까지 검사 가능한 Interacoustic Audiometer AC40 (Denmark)과 Headphone은 TDH39-P Headphone을 이용하여 통상적 주파수인 250 Hz에서 8000 Hz까지의 범위를 검사하고, KOSS HV/Pro (Denmark)을 이용하여 확장 고주파수인 10000 Hz에서 16000 Hz까지의 범위를 검사 하였다.

각 주파수 검사 시 Headphone 보정은 통상적 주파수 250 Hz에서 8000 Hz까지의 경우 ANSI S3.6-1996의 기준에 따랐고 확장 고주파수인 10000 Hz에서

16000 Hz까지의 경우는 HF coupler CHF-11을 사용하여 Interacoustic HL-standard HF의 outline을 참조하였다.

Audiometer에 대한 음향보정은 ANSI S3.6-1996의 기준¹⁵⁾에 의해 매년 실시하였고, 검사실의 배경소음이 ANSI S3.1-1999 기준에 적합한 부스에서 검사하였다.

검사 방법은 통상적 주파수의 경우 순음청력검사의 기본 주파수(250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8,000 Hz)를 최초 30 dBHL부터 시작하여 들릴 때까지 20 dB씩 상승시켰으며, 들리기 시작한 시점에서는 10 dB 하강 후 5 dB씩 상승시켜 나갔다. 역치는 피검자가 한 신호수준에서 검사 음에 최소한 2번 이상 반응을 보이는 가장 낮은 수준을 역치로 결정하였다. 이 자료를 바탕으로 청력평가기준에 따라 회화영역으로 구분되는 청력손실 정도를 3분법으로 평가하였다. 확장 고주파수의 평가를 위한 검사 범위는 10000 Hz, 12000 Hz, 14000 Hz 및 16000 Hz로 실시했으며, 역치 결정은 통상적인 주파수의 검사 방법과 동일하게 적용하였다.

2) 소음 노출수준의 평가

소음측정은 작업환경측정 실시규정(노동부고시 제 2003-62호, 03.12.31)에 의하여 소음 노출량 측정기인 Noise Logging dosimeter(M-27, QUEST, USA), Noise Logging dosimeter(M-28, QUEST, USA), Audio dosimeter (MK-3, AMETEK, USA), Noise dose badge (CR100, CIRRUS, ENGLAND)를 이용하여 각 공정별 소음을 측정하였으며, 근로자 개인의 노출량을 측정하기 위해 작업자의 귀 부근(30 cm 이내)에 microphone 또는 dose badge을 설치하여 일중 노출량을 측정하였다.

3) 설문조사

자기기입식 설문지를 이용하여 소음 노출 근무연수, 군복무 유무, 군대 소음 노출력, 이명 유무, 음주, 흡연 유무, 귀의 과거병력 등과 사격, 헤드폰을 이용한 음악 감상, 어학공부, 모터사이클 등 청력에 영향을 줄 수 있는 내용 여부를 조사하였다.

4) 자료 분석 방법

연구대상인 660귀를 SPSS (statistical package for special science)12.0 for window를 이용해 분석하였다.

분석 내용으로는 첫째, 소음 노출 유무(85 dB(A)이상=1, 84.9 dB(A)이하=0), 군대 소음 노출력(보병, 포병, 전차병, 정비병, 특전사=1, 면제, 산업체, 의무병, 의경, 카투사, 기타=0), 근무경력, 이명유무(이명 있음=1, 이명

없음=0), 이어폰을 이용한 음악 감상, 어학공부, 모터사이클 등 소음에 관련된 취미여부(소음취미 있음=1, 소음취미 없음=0), 음주(월 2~3회 이상=1, 거의 마시지 않는다=0), 흡연(피운다=1, 피우지 않는다, 과거에 피웠으나 현재 피우지 않는다=0) 등을 각각 집단변수로 두고 t-검정 및 분산분석법(ANOVA)을 통해 주파수별 청력역치를 각각 비교하였다. 둘째, 소음 노출군과 비노출군으로 크게 분류한 후 연령군, 군복무, 이명, 소음취미 여부에 따른 청력역치를 비교하기 위해 t-검정과 분산분석법을 사용하였다. 셋째, 확장 고주파수에 영향을 미치는 요인을 분석하고자 확장 고주파수의 역치를 종속변수로 두고 다중회귀분석을 실시하였다.

결 과

1. 대상자들의 일반적 특성

대상자들은 20세에서 59세의 남성들로, 일반적 특성은 Table 1과 같다. 소음 노출군과 비노출군의 연령은 각각 44.8세, 37.0세로 소음 노출군의 연령이 높았다. 소음 노출군과 비노출군의 수축기 혈압은 각각 126.1 mmHg 및 124.4 mmHg, 확장기 혈압은 각각 76.3 mmHg 및 77.5 mmHg, 공복시 혈당은 각각 100.6 mg/dL 및 96.2 mg/dL, 콜레스테롤은 각각 193.6 mg/dL 및 192.1 mg/dL로 소음 노출군이 비노출군보다 다소 높게 나왔으나, 모두 참고치 범위 안에 들었다. 소음 노출군을 대상으로 조사한 소음 노출수준은 92 dBA, 근무 연수는 17.5년, 하루 중 작업시간은 7.9 시간으로 나타났다. 군대 소음은 노출군은 66.3%, 비노출군은 60.2%가 보병, 포병, 전차병, 정비병, 특전사에 '그렇다' 라고 답해 노출군과 비노출군 모두 군대 소음에 노출된 대상이 많았다. 이명 유무는 소음 노출군은 39.3%, 비노출군은 24.9%가 이명을 호소했으며, 이어폰을 이용한 음악 감상이나 어학공부, 모터사이클 등의 소음 취미 여부는 노출군은 28.7%, 비노출군은 38.7%가 '그렇다' 라고 답했다. 청력보호구 착용 유무는 소음 노출군은 78.2%가 청력보호구를 착용하는 반면, 비노출군은 28.3%가 청력보호구를 착용했다. 음주는 소음 노출군은 41.9%, 비노출군은 43.9%가 월 2~3회 이상의 음주를 한다고 응답했으며, 흡연은 소음 노출군은 43.3%, 비노출군은 47.3%가 현재 흡연을 한다고 응답하였다.

2. 소음 노출군과 비노출군 간의 주파수별 청력역치

3분법으로 평균 청력 손실이 25 dBHL이하인 대상자

Table 1. General characteristics of the subjects

| | n* | Exposed | n | Unexposed |
|---------------------------------|-----|---------------------------|-----|--------------|
| Age(years) | 303 | 44.8 (8.3) | 357 | 37.0 (12.7) |
| Systolic BP [†] (mmHg) | 277 | 126.1 (11.8) | 341 | 124.4 (11.8) |
| Diastolic BP (mmHg) | 277 | 76.3 (8.5) | 341 | 77.5 (8.6) |
| FBS [‡] (mg/dl) | 273 | 100.6 (12.6) | 319 | 96.2 (25.9) |
| Cholesterol (mg/dl) | 273 | 193.6 (12.6) | 319 | 192.1 (27.1) |
| Noise level (dBA) | 303 | 92.0 (4.8) | 357 | - |
| Noise exposed length (years) | 303 | 17.5 (7.6) | 357 | - |
| Noise work per day (hour) | 297 | 7.9 (1.1) | 357 | - |
| Military service | 357 | 201 (66.3% [§]) | 303 | 215 (60.2%) |
| Tinnitus | 357 | 119 (39.3%) | 303 | 89 (24.9%) |
| Noisy hobby | 357 | 87 (28.7%) | 303 | 138 (38.7%) |
| Hearing protect | 357 | 237 (78.2%) | 303 | 101 (28.3%) |
| Alcohol drinking | 293 | 127 (41.9%) | 148 | 65 (43.9%) |
| Smoking | 293 | 127 (43.3%) | 146 | 69 (47.3%) |

*: number of subjects, †: blood pressure, ‡: Fasting blood sugar

§: proportion of “yes” in questionnaire of each group

Table 2. Comparison of the hearing thresholds in dBHL between noise-exposed and noise-unexposed subjects for the conventional frequency and extended high frequency

| Frequency (Hz) | Exposed (n=357) | Unexposed (n=303) | p-value* |
|----------------|-----------------|-------------------|----------|
| 250 | 10.6 (3.9) | 10.2 (4.4) | 0.175 |
| 500 | 9.1 (4.2) | 8.3 (4.4) | 0.017 |
| 1000 | 10.2 (4.7) | 9.9 (5.2) | 0.513 |
| 2000 | 17.9 (9.1) | 14.5 (7.6) | <0.001 |
| 3000 | 35.8 (16.8) | 23.7 (15.5) | <0.001 |
| 4000 | 47.3 (16.7) | 31.1 (19.9) | <0.001 |
| 6000 | 47.9 (19.6) | 32.7 (21.1) | <0.001 |
| 8000 | 45.5 (20.3) | 31.8 (21.2) | <0.001 |
| 10000 | 43.7 (24.0) | 30.2 (25.2) | <0.001 |
| 12000 | 54.3 (27.4) | 39.1 (29.0) | <0.001 |
| 14000 | 66.3 (28.5) | 46.4 (34.6) | <0.001 |
| 16000 | 60.9 (23.0) | 50.1 (31.0) | <0.001 |

*: p-value was calculated by t-test

에 대해 소음 노출 유무에 따른 청력역치를 비교한 결과는 Table 2와 같다. 직업적 소음에 노출된 군이 비노출군에 비해 청력역치가 더 저하된 것으로 나타났으며, 통상적 주파수 및 확장 고주파수에서 250 Hz, 1000 Hz를 제외한 전 주파수에서 통계적으로 유의하게 저하되었다. 통상적 주파수인 4000 Hz, 6000 Hz와 확장 고주파수인 12000 Hz, 14000 Hz에서는 소음 노출군과 비노출군의 차이가 15 dB 이상의 차이를 나타내었다.

3. 소음 노출 유무에 따른 연령군별 청력역치

소음 노출군과 비노출군의 연령군별 청력역치를 비교해

본 결과는 Table 3과 같다. 소음 노출군과 비노출군 모두 연령이 증가함에 따라 통상적 주파수 및 확장 고주파수의 청력역치는 모두 증가하는 양상이었으며 모든 주파수 영역에서 연령군 간에 유의한 청력역치 차이가 있었다.

소음 노출 유무에 따라 비교해본 결과 20대에서는 통상적 주파수의 청력역치가 정상범위였고, 확장 고주파수 역시 소음 노출 유무에 상관없이 청력역치가 보존되어 있었으며 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 30대에서는 4000~14000 Hz에서, 40대에서는 3000~8000 Hz에서, 50대에서는 2000 Hz~6000 Hz에서 소음 노출군의 청력이 유의하게 증가되어 30대에서는 확장 고주파수 영역에서 유의한 차이가 있었지만 연령이 증가

Table 3. Comparisons of mean hearing thresholds between noise-exposed and noise-unexposed subjects according to age groups and frequencies

| Frequency (Hz) | Noise | Age Group | | | | p-value [†] |
|----------------|-----------|-------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| | | 20-29 | 30-39 | 40-49 | 50-59 | |
| 250 | Exposed | 8.2 (3.7) | 9.9 (4.0) | 11.0 (3.8) | 10.9 (4.0) | 0.026 |
| | Unexposed | 8.6 (4.3) | 10.8 (4.6) | 10.4 (4.4) | 11.5 (4.4) | <0.001 |
| 500 | Exposed | 7.5 (3.8) | 7.8 (3.7) | 9.5 (4.2) | 9.5 (4.3) | 0.022 |
| | Unexposed | 7.2 (4.6) | 8.4 (4.3) | 8.7 (4.5) | 9.2 (3.9) | 0.016 |
| 1000 | Exposed | 6.7 (2.4) | 9.0 (3.8) | 10.6 (4.6) | 10.8 (5.5) | 0.004 |
| | Unexposed | 8.3 (5.2) | 10.5 (5.7) | 10.7 (4.6) | 10.7 (4.8) | 0.002 |
| 2000 | Exposed | 10.3 (3.0) | 14.2 (8.3) | 18.1 (7.6) | 21.3 (10.7)* | <0.001 |
| | Unexposed | 11.2 (6.1) | 13.7 (8.6) | 17.3 (8.3) | 17.4 (8.0)* | <0.001 |
| 3000 | Exposed | 13.5 (6.3) | 26.1 (16.5) | 37.4 (14.2)** | 43.2 (16.1)** | <0.001 |
| | Unexposed | 14.4 (5.5) | 21.6 (14.9) | 29.8 (15.6)** | 34.7 (15.5)** | <0.001 |
| 4000 | Exposed | 26.4 (18.9) | 39.0 (17.9)** | 48.6 (13.0)** | 53.9 (16.3)** | <0.001 |
| | Unexposed | 18.2 (16.8) | 30.2 (19.2)** | 38.6 (17.0)** | 44.0 (16.5)** | <0.001 |
| 6000 | Exposed | 30.0 (18.7) | 34.0 (24.5)* | 48.3 (11.7)** | 53.2 (18.5)** | <0.001 |
| | Unexposed | 20.4 (18.1) | 33.1 (21.1)* | 39.2 (16.8)** | 44.2 (18.8)** | <0.001 |
| 8000 | Exposed | 24.2 (15.5) | 39.6 (22.9)* | 46.4 (17.5)** | 51.4 (20.2) | <0.001 |
| | Unexposed | 18.1 (17.4) | 31.4 (20.6)* | 38.0 (18.5)** | 47.4 (16.8) | <0.001 |
| 10000 | Exposed | 12.1 (14.1) | 36.3 (24.5)* | 45.7 (22.6) | 50.1 (22.2) | <0.001 |
| | Unexposed | 13.0 (18.5) | 27.0 (22.7)* | 40.0 (24.5) | 51.1 (18.1) | <0.001 |
| 12000 | Exposed | 15.0 (15.5) | 46.8 (22.9)** | 53.9 (21.3) | 66.2 (32.3) | <0.001 |
| | Unexposed | 16.4 (16.5) | 34.8 (24.5)** | 51.7 (26.4) | 67.4 (17.8) | <0.001 |
| 14000 | Exposed | 20.3 (19.3) | 49.7 (25.2)* | 66.3 (25.0) | 84.6 (21.4) | <0.001 |
| | Unexposed | 16.2 (21.2) | 40.1 (26.3)* | 65.1 (28.5) | 82.4 (21.5) | <0.001 |
| 16000 | Exposed | 27.5 (17.6) | 45.6 (12.8) | 64.2 (21.6) | 70.8 (21.7) | <0.001 |
| | Unexposed | 22.2 (23.9) | 48.0 (22.7) | 66.5 (23.3) | 78.1 (21.8) | <0.001 |

*: p<0.05, **: p<0.01 statistically significant difference between exposed and unexposed

†: p-value was calculated by ANOVA among age group

할수록 유의한 차이를 보이는 주파수 영역이 낮아져 40 대 이상에서는 확장 고주파수에서는 뚜렷한 청력역치 차이가 없었다.

4. 군복무 유무 및 소음 노출 유무에 따른 청력역치

직업적 소음 노출 외에 통상적 주파수에서 청력저하에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 군대에서의 소음 노출이 확장 고주파수의 청력역치 변화에 어떤 영향을 주는지 알아보기 위해 평균청력역치를 분석한 결과는 Table 4, Figure 1과 같다.

전반적으로 직업적 소음 노출군이 소음에 노출되지 않은 군에 비해 청력역치가 높게 나타났으며, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz를 제외한 모든 주파수에서 통계적으로 의미 있는 차이가 있었다. 직업적으로 높은 소음에 노출되지 않았던 군에서는 군대 소음에 노출된 군이 군대 소음에 노출되지 않은 군에 비해 청력역치의 증가가 명백

하게 나타나 있었고 3000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz, 10000 Hz, 14000 Hz, 16000 Hz에서는 그 차이가 통계적으로 유의하였다. 그러나 직업적 소음에 노출된 군의 경우에는 군대 소음의 노출 유무에 따른 청력역치 차이가 6000 Hz와 8000 Hz에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, 나머지 주파수에서는 비슷한 결과를 나타내었다.

5. 이명 유무에 따른 청력역치

이명 유무와 소음 노출 유무에 따른 통상적 주파수 및 확장 고주파수의 청력역치는 Table 5, Figure 2와 같다. 이명을 호소하는 군이 이명이 없는 군에 비해 청력역치가 높게 나타났으며 250 Hz와 1000 Hz를 제외한 모든 측정 주파수에서 통계적으로 의미 있는 차이가 있었다.

직업적으로 소음 노출이 없었던 군에서는 이명이 있는 군이 없는 군에 비해 청력역치가 2000 Hz부터 16000

Table 4. Comparisons of mean of hearing thresholds according to occupational noise exposure and military service

| Frequency | occupational noise exposure | | | | p-value [†] |
|-----------|-----------------------------|--------------|------------------|--------------|----------------------|
| | yes | | no | | |
| | military service | | military service | | |
| | yes (n=201) | no (n=102) | yes (n=215) | no (n=142) | |
| 250 | 10.5 (3.8) | 10.8 (4.1) | 10.3 (4.5) | 10.0 (4.3) | 0.447 |
| 500 | 9.0 (4.1) | 9.3 (4.4) | 8.4 (4.5) | 8.1 (4.3) | 0.110 |
| 1000 | 10.3 (5.0) | 10.1 (4.2) | 10.0 (5.4) | 9.8 (5.0) | 0.838 |
| 2000 | 17.6 (9.8) | 18.4 (7.5) | 15.1 (8.2) | 13.5 (6.7) | <0.001 |
| 3000 | 36.4 (17.9) | 34.6 (14.2) | 25.3 (16.4) | 21.3 (13.8)* | <0.001 |
| 4000 | 48.5 (18.1) | 44.9 (13.3) | 33.6 (20.5) | 27.3 (18.3)* | <0.001 |
| 6000 | 50.0 (20.9) | 43.8 (16.2)* | 36.1 (21.9) | 27.6 (18.8)* | <0.001 |
| 8000 | 47.2 (21.7) | 42.2 (16.7)* | 34.5 (22.1) | 27.7 (19.1)* | <0.001 |
| 10000 | 45.5 (25.0) | 40.1 (21.4) | 33.7 (26.6) | 25.0 (22.2)* | <0.001 |
| 12000 | 54.8 (24.0) | 53.5 (33.2) | 42.4 (30.0) | 34.2 (26.8) | <0.001 |
| 14000 | 66.8 (29.3) | 65.3 (26.9) | 50.6 (36.0) | 40.1 (31.5)* | <0.001 |
| 16000 | 60.5 (23.7) | 61.6 (21.6) | 53.4 (30.5) | 45.0 (31.3)* | <0.001 |

*: p<0.05: statistically significant difference between military service “yes” and “no” in each group

†: p-value was calculated by ANOVA

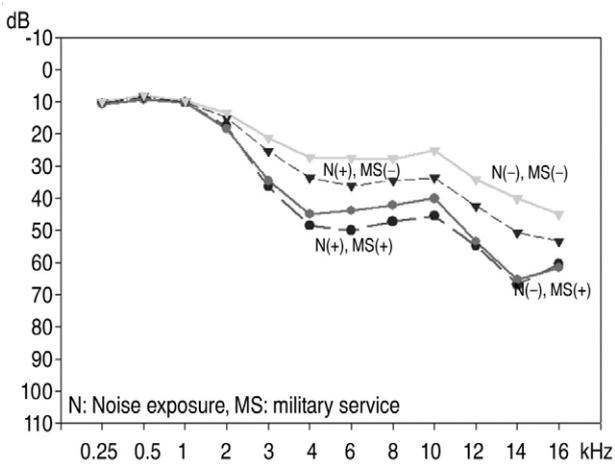


Fig. 1. Mean of hearing thresholds according to noise exposure and military service

Hz까지 모든 주파수에서 통계학적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다. 직업적 소음 노출군내에서도 역시 이명을 호소한 군의 청력역치가 높았으며 2000 Hz~10000 Hz에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다.

6. 소음성 취미 여부에 따른 청력역치

소음성 취미 여부에 의해 구분한 청력역치 변화는 Table 6, Figure 3과 같다. 소음 노출군의 청력역치가 비노출군에 비해 전반적으로 높았으며 250 Hz와 1000 Hz를 제외한 모든 주파수에서 유의한 차이가 있었다.

소음 비노출군에서는 취미와 관련된 직업외적인 소음에 노출된 근로자의 청력역치가 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz를 제외한 모든 주파수 영역에서 이러한 소음 취미에 노출되지 않은 군에 비해 오히려 의미있게 낮은 역치를 나타내었다. 그러나 소음 노출군에서는 소음성 취미 여부에 따른 청력역치의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

7. 확장 고주파수 청력역치에 영향을 미치는 요인

확장 고주파수인 10000 Hz, 12000 Hz, 14000 Hz 및 16000 Hz에서의 청력역치를 종속변수로 두고 연령, 혈압, 공복 시 혈당, 콜레스테롤, 직업적 소음 노출, 군대 소음, 소음 취미, 보호구 착용, 이명, 음주, 흡연 유무를 독립변수로 두어 확장 고주파수에 영향을 주는 요인을 찾기 위해 다중회귀분석을 실시한 결과는 Table 7과 같다.

10000 Hz에서는 연령, 이명, 군대 소음, 보호구 착용, 소음 취미가 청력역치에 유의한 영향을 주는 요인이었고, 각각의 회귀계수는 각각 0.952, 9.931, 6.288, 6.946, -5.987이었다. 12000 Hz에서는 연령과 보호구 착용, 이명이 청력역치에 유의한 영향이 있는 것으로 나타났으며, 회귀계수는 1.191, 8.612, 6.104이었다. 14000 Hz에서는 연령, 직업적 소음 노출력, 이명, 음주가 청력역치에 유의한 영향을 미치는 요인으로 나타났고, 각각의 회귀계수는 1.883, 6.809, 6.487, 5.233이었다. 16000 Hz에서는 연령, 이명, 소음 취미, 흡연이 청력역치에 유의한

Table 5. Comparisons of mean of hearing thresholds according to occupational noise exposure and tinnitus

| Frequency | occupational noise exposure | | | | p-value [†] |
|-----------|-----------------------------|--------------|-------------|--------------|----------------------|
| | yes | | no | | |
| | Tinnitus | | Tinnitus | | |
| | yes (n=119) | no (n=184) | yes (n=89) | no (n=268) | |
| 250 | 11.3 (4.1) | 10.2 (3.8) | 10.3 (4.3) | 10.1 (4.5) | 0.070 |
| 500 | 9.6 (4.5) | 8.7 (3.9) | 8.5 (4.0) | 8.2 (4.6) | 0.026 |
| 1000 | 10.9 (4.8) | 9.7 (4.7) | 10.5 (4.9) | 9.7 (5.3) | 0.103 |
| 2000 | 19.6 (10.7) | 16.8 (7.8)* | 16.2 (7.2) | 13.9 (7.7)* | <0.001 |
| 3000 | 38.2 (15.9) | 34.3 (17.2)* | 30.5 (17.4) | 21.5 (14.2)* | <0.001 |
| 4000 | 51.8 (14.0) | 44.4 (17.7)* | 43.0 (20.6) | 27.1 (18.1)* | <0.001 |
| 6000 | 54.8 (18.9) | 43.5 (18.8)* | 45.7 (22.0) | 28.4 (19.0)* | <0.001 |
| 8000 | 51.5 (20.5) | 41.7 (19.1)* | 45.1 (20.8) | 27.4 (19.4)* | <0.001 |
| 10000 | 48.9 (24.9) | 40.3 (22.7)* | 44.0 (26.5) | 25.6 (23.1)* | <0.001 |
| 12000 | 58.5 (22.4) | 51.7 (29.9) | 52.0 (30.2) | 34.9 (27.3)* | <0.001 |
| 14000 | 69.6 (28.4) | 64.2 (28.4) | 58.3 (34.4) | 42.5 (33.9)* | <0.001 |
| 16000 | 63.8 (22.3) | 59.0 (23.3) | 58.1 (29.3) | 47.4 (31.2)* | <0.001 |

*: p<0.05: statistically significant difference between tinnitus “yes” and “no” in each group

†: p-value was calculated by ANOVA

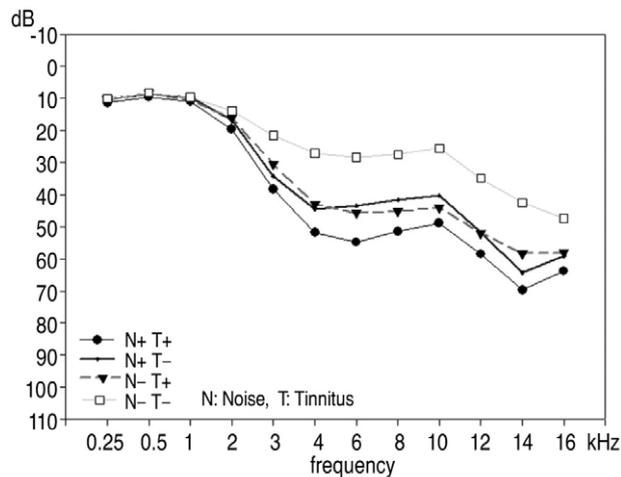


Fig. 2. Mean of hearing thresholds according to noise exposure and tinnitus

영향을 미치는 요인으로 나타났고, 회귀계수는 1.438, 4.130, -5.332, -4.373이었다.

고 찰

확장 고주파수는 19세기 중반 Galton에 의해 처음 언급된 이래로²⁾ 1960년대 초반에 임상적 적용 가능성을 검토하기 시작하여, 1970년대 후반에 이르러서야 실제 연구에 적용되었고, 국내에는 1981년에 처음 도입되어 연구되기 시작하였다. 기도 청력검사상 확장 고주파수는 일반적으로 9~18 kHz의 범위이며, 임상적으로 와우의 병

리현상에 매우 민감한 조가지표로 이독성, 유전적, 연령 및 소음성 난청의 변화를 감지하거나 중이염, 이과적 수술, 이경화증의 정도를 예측하는데 이용되고 있다. 일반적으로 개인 간 차이가 크고 연령 증가에 의한 손상은 태어난 이후부터 지속적으로 진행되며, 성별 차이는 거의 없는 것으로 알려져 있다. 정상역의 기준은 1952년 이미 Dadson과 King에 의해 제시되었으며 그 범위는 6~12 kHz에서 30 dB이며, 15 kHz까지 들을 수 있다면 15 kHz까지는 35 dB이다. 그 후 Sataloff 등 및 Downs 등은 확장 고주파수와 소음성 난청과의 관련성을 연구하였을 뿐만 아니라 Corliss 등은 확장 고주파수에서 소음성 난청의 최초변화가 일어날 수 있음을 제안하였다^{12,16)}. 검사방법과 구체적인 보정방법 등은 국제적인 표준화가 이루어지지 못했는데 이는 검사실마다 다른 방법을 적용하고 있기 때문이며 검사실 고유의 정상역치를 보유할 것을 추천하고 있다. 이처럼 확장 고주파수를 측정하는 것이 어려웠던 이유는 개인 간의 감수성의 차이에 의한 것으로 주로 외이도의 크기와 모양이 서로 다르기 때문이다. 즉 고주파 음역에서는 1/4 파형의 길이가 인간의 외이도의 길이와 같아져 공명에 의한 존속파형(standing wave) 현상으로 고막위치의 사소한 변화에도 음압이 쉽게 변하는 특징이 있다¹⁷⁾.

확장 고주파수 음역은 일반적으로 어음청취에는 관여하지 않는 것으로 알려져 있으나, 확장 고주파수의 음역이 고도 난청환자의 어음청취 능력을 향상시키며, 1000 Hz에서의 음 강도 분별에 도움을 준다고 보고되어 있다¹⁸⁾.

Table 6. Comparisons of mean of hearing thresholds according to occupational noise exposure and noisy hobbies

| Frequency | occupational noise exposure | | | | p-value [†] |
|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|--------------|----------------------|
| | yes | | no | | |
| | noisy hobby | | noisy hobby | | |
| | yes (n=87) | no (n=216) | yes (n=138) | no (n=219) | |
| 250 | 10.6 (4.0) | 10.6 (3.9) | 10.7 (4.7) | 9.8 (4.2) | 0.129 |
| 500 | 9.4 (4.4) | 8.9 (4.1) | 8.7 (4.4) | 8.0 (4.4) | 0.030 |
| 1000 | 10.0 (4.8) | 10.3 (4.7) | 10.1 (4.7) | 9.8 (5.6) | 0.786 |
| 2000 | 17.4 (8.6) | 18.1 (9.3) | 13.3 (7.0) | 15.2 (7.9)* | <0.001 |
| 3000 | 36.8 (19.3) | 35.4 (15.7) | 20.8 (14.4) | 25.6 (16.0)* | <0.001 |
| 4000 | 46.3 (19.1) | 47.7 (15.7) | 27.0 (18.4) | 33.7 (20.4)* | <0.001 |
| 6000 | 44.8 (21.7) | 49.1 (18.6) | 27.9 (18.3) | 35.7 (22.2)* | <0.001 |
| 8000 | 43.3 (23.1) | 46.4 (19.0) | 28.3 (19.0) | 34.0 (22.2)* | <0.001 |
| 10000 | 42.3 (25.3) | 44.2 (23.4) | 23.9 (22.3) | 34.2 (26.2)* | <0.001 |
| 12000 | 55.6 (37.5) | 53.8 (22.1) | 33.2 (27.4) | 42.9 (29.4)* | <0.001 |
| 14000 | 68.8 (32.4) | 65.3 (26.7) | 41.6 (34.3) | 49.5 (34.6)* | <0.001 |
| 16000 | 61.6 (26.2) | 60.6 (21.6) | 44.9 (29.5) | 53.4 (31.5)* | <0.001 |

*: p<0.05: statistically significant difference between noisy hobby “yes” and “no” in each group

†: p-value was calculated by ANOVA

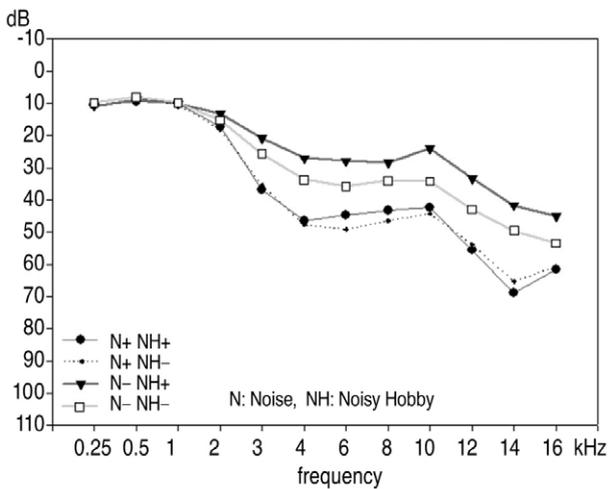


Fig. 3. Mean of hearing thresholds according to noise exposure and noise hobby

인간이 들을 수 있는 주파수 대역을 말하는 가청음역 (audible frequency range)은 통상 20 Hz부터 20000 Hz인데, 20대 이후부터는 노화와 관련하여 16000 Hz정도까지 낮아지는 것으로 알려져 있으며¹⁹⁾, 본 연구에서도 확장 고주파수에서는 직업적 소음 노출 유무에 상관없이 주파수가 증가함에 따라 청력역치가 증가되었고, 연령이 증가함에 따라서도 점진적으로 증가됨을 발견할 수 있었다. 표준편차 역시 통상적 주파수에서 확장 고주파수 음역으로 갈수록 커졌는데, 이는 고주파로 갈수록 개인의 감수성과 개인차가 크게 작용한다는 것을 의미한다^{6,20)}.

Rosen은 소음이 없는 아프리카의 Mabaau족과 New

York등 대도시 사람들의 청력역치를 비교한 연구를 통해 대도시에서 확장 고주파수의 청력역치가 증가되었다고 보고하였으며²⁰⁾, 본 연구에서도 직업적 소음에 노출된 근로자의 통상적 주파수 및 확장 고주파수에서 청력역치가 증가됨을 확인할 수 있었다. 특히 통상적 주파수인 3000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz와 확장 고주파수인 14000 Hz에서 큰 차이를 보였다. 소음성 난청에서 통상적 주파수 영역의 경우 자극음의 주파수 영역이나 0.5~1 옥타브 높은 주파수 영역에서 dip 현상이 생기고 중등도의 소음에 노출되면 무증상적 역치이동(asymptotic threshold shift)이 있으나, 75 dBA 이하에서는 청력손실이 없는 것으로 알려져 있다. 확장 고주파수 영역의 경우 소음 노출 유무에 따라 19 dB의 무증상적 역치이동에 의한 차이가 있으며 초기 변화영역은 13~20 kHz 사이이고, 80 phon이하에 노출될 경우에는 역치이동이 없는 것으로 알려져 있다. 그러나 디스코나 워커맨과 같은 음향에 노출될 경우에는 확장 고주파수 영역에서 역치이동이 빠르게 나타나며 이러한 현상은 상대적 저음인 0.25~5 kHz에 노출되더라도 노출된 주파수 외 4 kHz, 10~11 kHz, 14~15 kHz에서 일시적 역치이동이 나타나는 와우내 기저막의 조화현상(harmonic basilar membrane phenomena)¹²⁾때문인 것으로 생각된다.

생리적 요인에 의한 청력 감퇴(presbycusis)는 과거의 소음 노출량에 관계없이 모든 사람에게 관찰되는 것으로 알려져 있으며, 사회·환경적 요인에 의한 청력 감퇴(sociocusis)는 직업적 소음 노출이 아닌 일상생활의 소음 노출로 인한 것을 뜻한다²¹⁾. 그런데 산업현장 근로자

Table 7. Results of multiple regression analysis as a function of hearing thresholds of extended high frequency

| Dependent variable | Independent variable | Regression coefficient | Standard error | p-value | R ² |
|--------------------|----------------------|------------------------|----------------|---------|----------------|
| 10000 Hz | Age | 0.952 | 0.126 | <0.001 | 0.216 |
| | Tinnitus | 9.931 | 2.259 | <0.001 | |
| | Military service | 6.288 | 2.264 | 0.006 | |
| | Use of earphone | 6.946 | 2.410 | 0.004 | |
| | Noise hobby | -5.987 | 2.453 | 0.015 | |
| 12000 Hz | Age | 1.191 | 0.138 | <0.001 | 0.218 |
| | Use of earphone | 8.612 | 2.709 | 0.002 | |
| | Tinnitus | 6.104 | 2.536 | 0.017 | |
| 14000 Hz | Age | 1.883 | 0.137 | <0.001 | 0.376 |
| | Noise exposed | 6.809 | 2.665 | 0.011 | |
| | Tinnitus | 6.487 | 2.513 | 0.010 | |
| | Alcohol drinking | 5.233 | 2.452 | 0.033 | |
| 16000 Hz | Age | 1.438 | 0.114 | <0.001 | 0.319 |
| | Tinnitus | 4.130 | 2.040 | 0.044 | |
| | Noise hobby | -5.332 | 2.236 | 0.018 | |
| | Smoking | -4.373 | 2.039 | 0.033 | |

age: years, tinnitus (yes=1, no=0), military service (yes=1, no=0), use of earphone (yes=1, no=0), noise exposed (over 85.0 dBA=1, under 84.9 dBA=0), alcohol drinking (yes=1, no=0), smoking (yes=1, no=0)

들에서는 이러한 생리적 요인과 사회적 요인에 의한 청력의 감퇴를 구분해 내기가 어려우므로 이 두 가지 요인을 묶어서 연령효과(age effect)라고 한다^{22,23)}. 본 연구에서도 연령효과를 고려해 59세로 연령을 제한하였으나, 연구 결과 40대에서부터 연령이 부가적인 효과로 작용했다. 소음 노출군과 비노출군 모두 연령이 증가함에 따라 통상적 주파수에서 확장 고주파수까지 점진적으로 청력역치가 증가되었다.

연령군으로 층화 후 청력수준을 소음 노출 유무에 따라서 비교해 본 결과 소음에 노출된 군의 청력역치가 전반적으로 높았으며 연령군에 따라 의미있는 역치차이가 있는 영역이 상이하였다. 즉, 연령이 증가함에 따라 소음노출군의 청력역치가 높았으나 의미있는 차이가 있는 주파수 영역이 낮아지는 현상을 나타내어 40대 이후의 경우 확장 고주파수에서 소음 노출 유무에 따른 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 이는 40대 이후에서 확장 고주파수 영역의 연령효과가 소음에 의한 효과보다 더 크게 작용한 것으로 해석될 수 있으며 연령에 의한 청력상한치(upper limit)를 고려할 필요가 있음을 의미한다. 실제로 청력상한치를 이용한 유기용제의 이독성에 관한 연구에서도 소음에 노출되지 않은 사무직 근로자의 청력상한치가 20대에서 15749 Hz, 30대에서 15284 Hz, 40대에서 13089 Hz, 50대 이상에서 11556 Hz로 직업적 소음에 노출되지 않고도 연령이 증가함에 따라 청력상한치가 저하되는 경향을 나타내었다²⁴⁾.

군대 소음 등의 음향 외상성 난청이 통상적 주파수의

청력저하에 영향을 준다는 사실은 이미 많은 보고가 있어 왔다^{25,26)}. 본 연구에서는 소음 노출군과 비노출군으로 분류하여 청력역치변화를 살펴본 결과, 소음 노출군의 경우 군대 소음에 노출된 군이 노출되지 않은 군에 비해 6000 Hz, 8000 Hz에서 유의하게 역치 증가가 있었고, 10000 Hz에서는 통계치의 유의성이 경계수준(p=0.052)이었으며, 비노출군에서는 군대 소음에 노출된 군이 통상적 주파수와 확장 고주파수인 3000~16000 Hz까지 통계적으로 유의한 역치증가가 있었다. 85 dBA 이상의 소음에 장기간 노출되고 난 후에는 손상 부위가 확장되어 확장 고주파수에서 그 차이를 발견하기 어려웠지만 직업적 소음에 노출에 노출되기 이전에 군복무기간 중 소음 노출 등으로 인한 청력저하를 조기에 발견하는데 있어 확장 고주파수를 이용하는 것이 도움이 되며, 이는 확장 고주파수가 군대 소음 등과 같은 음향외상성 난청의 조기 발견에 도움이 된다는 것을 의미한다^{27,28)}.

이명 유무에 대해서는 소음 노출군에서 39.3%가 이명이 있었고, 비노출군에서도 24.9%가 이명이 있다고 답했다. 이명을 호소하는 근로자는 소음 노출군과 비노출군 모두에서 청력저하를 나타냈으며, 소음 노출군에서는 이명을 호소한 군이 2000~10000 Hz까지 통계적으로 유의하게 역치가 증가되었고, 비노출군에서는 이명을 호소한 군의 역치가 2000~16000 Hz까지 소음 노출군에 비해 보다 넓은 주파수범위에서 유의하게 증가되었다. 또한, 직업적 소음에는 노출되지 않았으나 이명이 있는 군이 소음 노출군의 이명이 없는 군보다 6000 Hz, 8000 Hz,

10000 Hz, 12000 Hz에서 역치가 높은 것으로 관찰되었다. 이는 대부분의 이명이 있는 사람에서 확장 고주파수의 청력역치가 증가되어 있다는 Domenech 등의 보고와 일치하는 소견으로²⁹⁾ 이명이 통상적 및 확장 고주파수의 역치 증가와 관련성이 있으며 또한, 이명이 있을 경우 고주파수의 음을 감지하는데 지장을 초래할 수 있음을 시사하는 내용으로 생각된다.

소음 취미 여부에 따른 양 군간에 청력역치의 차이는 소음 노출군내에서는 통계적으로 유의하지 않았다. 그러나 소음 비노출군의 경우 이어폰을 이용한 음악 감상이나 어학공부, 모터사이클 등의 취미가 없는 군의 청력역치가 오히려 더 증가되어 있었는데, 이는 단면적 연구로 명확히 규명하기는 어려우나, 이미 소음에 노출되어 청력이 저하되어 있는 사람은 상대적으로 음을 구분하는 능력이 저하되어 있으므로 청력의 정밀도를 요하는 어학공부나 음악 감상은 회피하게 되는데 이는 Kryter 등³⁰⁾이 보고한 바와 같이 사회적 친교, 익숙지 않은 사람 및 언어의 사용에 의한 대화, 전화 대화 등의 어려움이 있기 때문이라고 생각된다. 또한 이러한 사회적 어려움이 더 이상의 소음에 노출로 인한 청력악화를 회피하려는 행위로 이어지게 되어 소음성 취미를 더 이상 지속시키기 어려운 이유가 되는 것으로 생각된다.

본 연구에서 회귀분석을 통해 확장 고주파수의 역치변화에 대한 변수의 영향을 파악한 결과, 연령이 많을수록, 이명이 있는 경우, 군대 소음에 노출된 경우 확장 고주파수의 역치증가에 영향을 미쳤으며, 소음 취미는 음의 회귀 값을 나타내어 소음취미가 없는 사람에서 역치가 더 높은 것으로 나타났다. 청력 보호구를 잘 착용하는 대상에서 청력역치가 높은 것으로 나타났는데, 이는 소음이 심한 작업장일수록 청력보호구 착용이 의무화되어 있기 때문에 이러한 결과가 나온 것으로 보인다. 흡연은 16000 Hz에서 음의 값으로 유의하게 나타나 흡연을 한 대상에서 청력손실이 적은 것으로 나타났다. 흡연과 청력저하에 대한 관계는 흡연이 소음성 난청의 유발인자로 보고되었으나, 흡연자가 비흡연자에 비해 일과성 청력손실(TTS)이 적다는 보고³¹⁾도 있어 흡연에 의한 소음성 난청 유발은 아직 의견이 분분한 상태이다³²⁾. 직업적 소음 노출 유무의 경우 확장 고주파수의 역치를 비교해 본 결과 소음에 민감한 영향을 미치는 주파수가 통상적 주파수에서는 4000 Hz가 대표적인 것과 같이, 확장 고주파수에서는 14000 Hz가 소음 노출에 의한 영향을 유의하게 반영하는 것으로 나타났으며, 이러한 현상은 전술한 바와 같이 일시적 역치이동이 나타나는 와우내 기저막의 조화 현상 때문인 것으로 생각된다.

결론적으로 근로자들이 소음에 노출되어 청력저하를 일으키기 전 청력검사의 초기진단 방법으로 통상적 주파수

뿐만 아니라 확장 고주파수의 영역도 그 이용에 충분한 가치가 있을 것으로 판단된다. 또한 이처럼 사람의 가청영역 전반에 대해 보다 넓게 검사해 봄으로써 청력 손상에 대한 이해와 보존대책의 수립에 도움이 될 것으로 생각된다. 확장 고주파수의 경우 40대부터는 연령효과에 의한 영향을 많이 받으므로 소음 노출에 따른 청력저하를 평가하고자 할 때는 이를 보정하거나 그 영향을 신중히 고려할 필요가 있다. 그러나 소음에 의한 청력변화가 노출 후 10-15년 이내에 대부분 진행되므로 그 조기영향을 파악하는데 이용한다면 유익할 것이라 생각된다. 이 연구의 제한점으로는 직업적 소음에 노출되었을 때, 소음에 영향을 많이 받는 통상적 주파수인 3000 Hz~6000 Hz에서 청력저하가 먼저 시작되는지, 아니면 확장 고주파수인 14000 Hz주변에서 먼저 저하가 시작되는지에 대한 것은 단면적 연구를 통해서도 규명할 수 없다는 점이다. 향후 직업적 소음에 노출되기 전부터 추적검사를 통해 청력손상의 주파수의 선후 관계를 파악하기 위한 코호트 연구가 필요할 것으로 보인다.

요 약

목적: 2년에 걸쳐 수집한 자료를 바탕으로 한 단면적 연구를 이용하여 직업적 소음 노출 근로자와 비노출 근로자들의 청력역치를 통상적 주파수와 확장 고주파수를 비교해봄으로써 확장 고주파수가 소음성 난청을 진단하고 예측하는데 유용한 방법인지를 알아보고자 하였다.

방법: 2004~2005년까지 2년 동안 일개지역소재 제조업체에서 근무하는 20세에서 59세의 근로자 354명(708귀)에 대해 이경검사 및 문진을 통해 귀질환의 과거력 유무와 건강진단의 내용을 파악하였으며, 분석에 적합한 330명(660귀)에 대해 85.0 dBA를 기준으로 소음 노출군과 비노출군으로 크게 분류하였다. 주파수별로 직업적 소음 노출 유무, 연령군, 군대 소음 노출, 이명 유무에 따른 청력역치의 비교를 위해 t-test, ANOVA를 실시하였고, 확장 고주파수의 청력역치 변화에 영향을 미치는 변수의 영향을 파악하고자 회귀분석을 실시하였다.

결과: 직업적 소음에 노출되었을 때 250 Hz~16000 Hz의 전 주파수가 청력저하를 보였고, 250 Hz, 1000Hz를 제외한 2000 Hz~16000 Hz에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 각 연령별로 소음 노출 유무에 따라 청력역치를 비교해 본 결과 30대에서는 3000~14000 Hz에서 유의한 차이가 있었으며, 40대에서는 3000~8000 Hz에서, 50대에서는 2000~6000 Hz에서 소음 노출군의 청력역치가 유의하게 증가되어 있는 것으로 나타났다. 군대 소음 노출력을 가진 대상자의 청력역치가 증가되었고, 이명을 호소하는 군의 청력역치가 증가되었으며, 소음 취미

여부에 따른 청력역치는 소음 비노출군에서는 소음 취미가 없는 군의 청력역치가 2000~16000 Hz에서 유의하게 증가되었다. 확장 고주파수인 10000 Hz, 12000 Hz, 14000 Hz 및 16000 Hz의 역치를 종속변수로 두고 연령, 혈압, 공복 시 혈당, 콜레스테롤, 직업적 소음 노출, 군대 소음, 소음 취미, 보호구 착용, 이명, 음주, 흡연 유무를 독립변수로 한 다중회귀분석을 한 결과, 연령이 많을수록, 이명이 있는 경우, 군대 소음에 노출된 경우 확장 고주파수의 역치 증가에 영향을 미쳤으며, 소음 취미, 흡연, 청력보호구 등은 음의 회귀값을 나타내어 소음 취미가 없는 사람, 흡연자 및 청력보호구 착용을 잘 하는 대상에서 역치가 더 높은 것으로 나타났다. 직업적 소음 노출 유무의 경우 14000 Hz가 소음 노출에 의한 영향을 유의하게 반영하는 것으로 나타났다.

결론: 근로자들이 소음에 노출되어 청력저하를 일으키기 전 일상적 청력검사의 초기진단과 추적검사 방법으로 확장 고주파수의 영역도 그 이용에 타당성이 있을 것으로 판단된다. 향후 직업적 소음 노출에 의해 손상이 유발되는 주파수의 선후 관계와 범위를 파악하기 위한 후속 연구가 더 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- 1) Ministry of Labor. 2006 Annual Labor Statistics 2006. Ministry of Labor. Seoul 2007 pp 57-167. (Korean) (translated by J Lee)
- 2) Fletcher JL. Reliability of high frequency thresholds. J Audiol Res 1965;5:133-7.
- 3) Sataloff J, Vassallo L, Menduke H. Occupational hearing loss and high frequency thresholds. Arch Environ Health 1967;14:832-6.
- 4) Northern JL, Downs MP, Rudmose W, Glorin A, Fletcher JL. Recommended high frequency audiometric threshold levels (8,000-18,000 Hz). J Acoust Soc Am 1972;52:585-95.
- 5) Morton LP, Reynolds L. High frequency thresholds: variation with age and industrial noise exposure. J Commun Disord 1991;38:13-7.
- 6) Ahmed HO, Dennis JH, Badran O, Smail M, Ballal SG, Ashoor A, Jerwood D. High-frequency (10-18 kHz) hearing thresholds reliability and effects of age and occupational noise exposure. Occup Med 2001;(51):245-58.
- 7) Fausti SA, Frey RH, Erickson DA, Rappaport BZ, Cleary EJ. A system for evaluating auditory function from 8000-20000 Hz. J Acoust Soc Am 1979;66(6):1713-8.
- 8) Osterhammel D. High frequency audiometry and noise-induced hearing loss. Scand Audiol 1979;8:85-90.
- 9) Laukli E, Mair IW. High frequency audiometry normative studies and preliminary experiences. Scand Audiol 1985;14:151-8.
- 10) Johnstone BM, Robertson D, Cody A. Basilar membrane motion and hearing loss. Scand Audiol Suppl 1982;16:89-93.
- 11) McFadden D. The curious half-octave shift: evidence for a basalward migration of the travelling-wave envelope with increasing intensity. Basic and applied aspects of noise induced hearing loss. New York. 1986. pp 295-312.
- 12) Axelsson A, Hellstrom PA, Borchgrevink H, Henderson D, Hamernik RP, Salvi RJ. Scientific basis of noise-induced hearing loss. Thieme. New York. 1996. pp 299-312.
- 13) Dreschler WA, Hulst RJ, Tange RA, Ulbanus NAM. The role of high frequency audiometry in early detection of ototoxicity. Audiology 1989;28:211-20.
- 14) Kim JG, Park SH, Kim YH, Lee BS, Nam SI, Choi DH, Lee YM. Auditory thresholds of extended high-frequency in health persons. Korean J Otolaryngol 2000;4(1):3-8. (Korean)
- 15) ANSI (American National Standards Institute). Specification for audiometers. ANSI S3.6-1996. New York. American National Standards Institute 1996.
- 16) Stelmachowicz PG, Beauchaine KA, Kalberer A. The reliability of auditory thresholds in the 8 to 20 kHz range using a prototype audiometer. J Acoust Soc Am 1988;83:1528-35.
- 17) Beiter RC, Talley JN. High frequency audiometry above 8,000 Hz. Audiology 1976 ;15:207-14.
- 18) Floretine M. Intensity discrimination as a function of level and frequency and its relation to high frequency hearing. J Acoustic Soc Am 1981;70:1646-54.
- 19) Hur SD, Yoo YS. Audiology. Dong-A University. Busan. 2002 3rd ed. pp 21-3. (Korean)
- 20) Roesn S, Poister D, El-Mofty A. High frequency audiometry in prebycusis. Arch Otolaryngol 1964;79:18-32.
- 21) Cohen A, Anticaglia J, Jones HH. Sociocusis hearing loss from non occupational noise exposure. Sound Vibration 1970;4(11):12-8.
- 22) Berger EH, Royster LH, Thomas WG. Hearing levels of nonindustrial noise exposed subjects. J Occup Med 1977;19(10):664-70.
- 23) Lee JH, Lee CR, Yoo CI, Yaang SR, Kim OH, Cho BM, Lee SI, Kim DK. The effect of noise exposure and age on the changes of group mean hearing threshold level. Korea J Occup Environ Med 1999;11(2):137-52. (Korean)
- 24) Lee JH, Yoo CI, Lee CR, Lee H, Choi YH, Kim NJ, Kim YH. Evaluation of ototoxicity by mixed organic solvents using the upper limit of hearing. Korea J Occup Environ Med 2004;16(4):391-400. (Korean)
- 25) Kim GS. Audiologic evaluation of noise induced hearing

- loss. *Occupational Health* 2003;(5):12-7. (Korean)
- 26) Kim GS. Audiologic evaluation of noise induced hearing loss. *Occupational Health* 2003(6):3-15. (Korean)
- 27) Dieroff HG. Behavior of high frequency hearing in noise. *Audiology* 1982;21:83-92
- 28) Fausti SA, Erickson DA, Frey RH, Rappaport BZ. The effect of impulsive noise upon human hearing sensitivity (8 to 20 kHz). *Scand Audiol* 1981;10:21-9.
- 29) Domenech J, Cuchi MA, Carulla M. High frequency hearing loss in patient with tinnitus. *Adv Otorhinolaryngol* 1990;45:203-5.
- 30) Kryter KD. *The handbook of hearing and effect of noise.* Academic press. San Diego. 1994. pp 360-74.
- 31) Dengerink HA, Lindgren FL, Axelsson A. The interaction of smoking and noise on temporary threshold shifts. *Acta Otolaryngol* 1992;112: 932-8.
- 32) Jung SP, Kim SY, Lee TY, Cho YC, Lee DB. The correlation of cardiovascular risk factors and hearing loss. *Korea J Occup Environ Med* 1998;10(2):189-202. (Korean)