

연속형 및 임펄스형 소음에 노출되는 전자제품 음향 검사자들의 청력

포천중문의대 예방의학교실 및 구미차병원 산업의학과, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원¹⁾

김성아 · 김규상¹⁾

— Abstract —

Hearing Thresholds in Electronics Sound Inspectors Exposed to Continuous and Impulsive Type Noises

Seong-Ah Kim, Kyoo Sang Kim¹⁾

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Pochun CHA University,
Industrial Safety & Health Research Institute, KOSHA¹⁾*

Objectives: To investigate the relation between different types of exposure to noise and a classic sign of noise-induced hearing loss (NIHL); the audiometric notch.

Methods: A cross-sectional epidemiological survey was carried out in electronics sound inspectors exposed to continuous and impulsive type noises. The noise levels in the working environments, and the audiometric hearing threshold levels were measured.

Results: Electronics sound inspectors were exposed to impulsive noise ranging from 74.1 to 88.9 dBA. The hearing loss induced by impulsive noise was greater and was characterized by maximum loss at 6 kHz audiometric frequency, as opposed to the notch at 4 kHz that is typical of continuous noise.

Conclusions: The results suggest that the probable effect of impulsive noise on hearing should be considered even when the exposure is within the 85 dB equivalent A-weighted level. To diagnose NIHL it is important to elicit a detailed and accurate history of exposure to noise. Although the notch at 4 kHz is a well established clinical sign and may be valuable in confirming the diagnosis, the 6 kHz notch is variable and of limited importance.

Key Words: Hearing Threshold, Impulsive Noise, 6 kHz, Notch

<접수일: 2004년 3월 23일, 채택일: 2004년 7월 1일>

교신저자: 김 규 상 (Tel: 032-510-0927)

E-mail: kobawoo@kosha.net

서 론

소음 노출로 인한 소음성 난청의 주요한 특성으로 초기에 저음역(500, 1000 및 2000 Hz)에서 보다 고음역(3000, 4000 및 6000 Hz)에서 청력손실이 현저히 심하게 나타나며, 특히 4000 Hz에서의 청력손실이 큰 급추형(notch)의 청각도를 보이는 C-5 dip 소견을 들고 있다. 그리고 지속적인 소음(continuous noise) 노출이 단속적인 소음(interrupted noise) 노출보다 더 큰 장애를 초래하는데, 단속적인 소음 노출은 휴식기간 동안 회복되기 때문으로 본다(Stalof와 Staloff, 1993). 그러나 정상적인 지속형 소음(steady state noise)보다 충격음(impulse noise)에 의한 청력손실이 크고, 그 정도가 4000 Hz에서 5~12 dB의 부가적인 영향을 나타내며(Starck 등, 2003), 충격 소음 노출에 따른 소음성 난청의 특성으로 6000 Hz의 초기 청력손실 또는 최대역치를 보이는 실험 또는 역학적 연구 보고가 있다(Lucchini 등, 1991; Sulkowski 등, 1999). 이는 노출 소음의 평균음압이 아니라 소음 노출 형태와 충격음의 최대치 또는 스펙트럼 구성에 따른 영향으로 추정할 수 있다. 즉, 충격음에 노출되는 경우 1일 노출시간 평균 음압으로 환산한 동일 음압으로서의 정상소음(steady noise)보다 음압이 큰 폭으로 변화하는 비정상 소음(non-steady noise)으로서 충격음이 청력에 미치는 영향이 더 크다고 보고하고 있어(Mantysalo와 Vuori, 1984) 이에 따른 소음 노출기준에 대한 평가방법상의 재고가 필요하다.

우리 나라에서는 소음 발생 간격이 1초 미만을 유지하며 계속적으로 발생되는 소음, 즉 연속음에 대해서는 소음 노출기준으로 90 dBA로 규정하고 있으며, 1초 이상의 간격을 유지하면서 최대음압수준이 120 dBA 이상의 소음, 즉 충격소음에 대해서는 소음 수준에 따른 발생횟수로 규정하고 있다. 그리고 통상적으로 소음작업을 1일 8시간 작업을 기준으로 85 dBA 이상의 소음이 발생하는 작업으로 정하고 그 기준에 미치지 못하는 작업에 종사하는 근로자의 경우에는 소음 특수건강진단 대상에서 제외되어 적절한 건강관리를 받지 못하고 있다.

그러나 수년간 평균 85 dBA 미만 수준의 소음에

지속적으로 노출되었으며, 노출 소음은 연속음과 전형적인 충격소음은 아니나 임펄스형의 소음에 노출된 전자제품 음향 검사자들의 청력에 미치는 영향이 일반 인구집단의 청력역치의 변동보다는 크고 또 소음성 난청의 특성인 고음역에서 큰 청력손실을 보이거나 4000 Hz에서의 급추형(C-5 dip)이 아닌 6000 Hz에서 가장 큰 역치를 보여 이를 보고하는 바이다. 더불어 소음성 난청의 판단에서 주의를 요한다는 점에서 산업청각학적 특성의 의의와 노출 소음에 대한 산업위생학적 관리를 위한 제언을 하고자 한다.

대상 및 방법

연구 대상 사업장은 TV전자제품 제조업체로서 총조, Cell, PJT 라인에서 음향 성능 검사작업을 수행하는 작업자 10명 전원을 대상으로 하였다. 최종 연구대상 및 분석은 음향 성능 검사작업을 수행하는 전 작업자 중 기존의 중이염 등의 이과질환, 취미 및 군경력 등에 의한 청력의 영향 등 비직업적 요인에 의한 청력손실을 고려하여 2명을 제외하고 수행하였다.

작업환경중 소음은 사업장을 현재의 위치로 이전한 1992년부터 1999년 상반기까지 매년 2회씩 15회에 걸쳐 소음노출량계로 측정한 작업환경 측정자료로 평가하였다. 노출 소음의 주파수 분석은 작업장 내의 네 군데 지점에서 옥타브밴드(octave band) 분석기를 이용하여 임펄스 형태와 가깝고 정점에서 가장 소음이 크게 발생하는 스위프 음 발생시에 주파수별 음압과 A특성치의 평균 음압을 5분간 측정하였다.

작업자의 청력은 1999년의 기초청력(baseline audiogram)과 2000년에 8개 주파수(250, 500, 1 k, 2 k, 3 k, 4 k, 6 k, 8 kHz)에서 실시한 순음청력검사 결과 청력역치를 이용하였다. 검사는 특수건강진단 기관의 보정된 청력검사기를 이용하여 원내에서 오전 중에 외부의 배경소음의 영향이 미치지 않는 적합한 청력검사실에서 시행되었다. 전자제품 음향 검사자들의 연속형 및 임펄스형 소음 노출의 영향을 살펴보기 위하여 2001년에 조사된 정상 일반 인구집단의 성, 연령별 청력역치 자료(이정학 등, 2003)와 비교하였다. 비교군은 연구대상의 음향 검사자의 성, 연령과 동일하게 무작위로 추출하여 1:1 짝짓기를 하여 청력을 분석 비교하였다. 비교군은 소음에

노출되지 않은 자로 청력에 영향을 미칠만한 질병력을 가진 자는 제외한 정상적인 일반 성인이었다. 청력검사는 음향보정이 된 청력검사기를 사용하였으며 ANSI S3.1의 기준에 적합한 조건의 청력검사실에서 시행되었다.

결 과

1. 작업의 일반적 특성

음향검사를 위한 음은 신호실이라는 곳에서 3가지 형태로 중앙 송출되고 있었다. 주된 주파수가 400 Hz와 1000 Hz이며 최대 주파수는 3000 Hz인 3초간 소리증-3초간 소리감의 형태인 ‘스윙프 음(sweep sound)’; 2초 on-2초 off 방식으로 송출되는 1000 Hz의 ‘비트 음(beat sound)’; 계속해서 신호음이 나오는 400 Hz 및 1000 Hz의 ‘연속음’으로 구성되어 있으며 이중 연속음의 경우만 음향 성능 검사자가 on-off를 조절할 수 있다. 제품 1대당 검사시간은 15~20 초로 할당되어 있으며 이때 작업자는 전반적인 외관, 화면 조정, 내구성 검사 및 세

가지 종류의 음향검사를 모두 실시한다.

2. 노출 소음 수준

음향 성능 검사작업을 수행하는 작업자의 7년간 총 65개 지점에서 측정된 소음의 평균 수준은 83.3 dBA이며 67.1~92.6 dBA의 범위에 걸쳐 나타났다. 80 dBA 미만인 곳이 9개, 80~85 dBA 수준이 35개, 85~90 dBA가 20개, 90 dBA 이상인 곳이 1개였다(Table 1).

주파수 분석은 31.5 Hz에서 16000 Hz의 전 범위에 걸쳐 60~87.4 dBSPL까지 다양하게 나타나고, 음향검사 신호음의 특성 때문에 500, 1000 Hz 옥타브밴드음의 음압이 다른 주파수에 비해 우세하였으며 주파수별 음압 수준을 합산했을 경우 임펄스형 소음은 74.1 dBA에서 88.9 dBA까지의 범위를 가지는 것으로 나타났다(Table 2).

3. 조사 대상자의 청력

조사 대상자는 남자 8명이며 평균 연령은 33세

Table 1. Noise environment in electronics sound inspectors

		unit : dBA	
		Mean(SD)	Range
Year	1992	83.1 (1.5)	81.4-85.0
	1993	84.8 (4.0)	80.5-89.1
	1994	81.8 (3.6)	76.4-86.9
	1995	82.6 (4.4)	77.5-89.2
	1996	84.9 (3.2)	77.5-92.6
	1997	81.1 (6.1)	72.0-89.2
	1998	81.7 (5.6)	67.1-88.2
	1999	86.7 (3.6)	81.2-89.6
Work process	Assembly line	83.1 (4.5)	67.1-92.6
	Cell line	83.2 (3.5)	79.9-89.6
	PJT line	85.4 (4.2)	79.7-89.1
Noise level*	≤80 dBA		9 (13.9)
	80-85 dBA		35 (53.8)
	85-90 dBA		20 (30.8)
	≥90 dBA		1 (1.5)
Total		83.3 (4.4)	

* unit : frequency(%)

(26~45세의 범위), 평균 근무기간은 11.1년(8~14년), 음향부서 근무기간은 5.1년(2~9년), 일일 평균 근무시간은 9.4시간이었다. 음향부서 대상 근로자와 동일한 성·연령의 정상 건청인의 역치와 비교한 결과, 좌측 500 Hz와 좌·우측의 3000 Hz를 제외한 모든 주파수에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 음향부서 근로자의 오디오그램의 양상은 4000~8000 Hz에서 유의하게 더 큰 청력손실을 보였으며 특히 6000 Hz의 청력손실이 가장 크게 나타났다. 그러나 이후 1년여의 기간이 경과한 시점에서는 500~2000 Hz와 6000~8000 Hz의 청력역치 변화

는 거의 없거나 작았으며, 통계적으로 유의하지는 않았으나 3000~4000 Hz에서 역치 변화는 증가하는 양상을 보였고 특히 4000 Hz는 경계수준($p<.1$)의 통계적 유의성을 나타내었다(Table 3, Fig. 1).

고 찰

소음은 주파수 스펙트럼과 시간에 대한 음압의 변화에 따라서 분류한다. 스펙트럼에 의한 분류는 광대역 소음, 협대역 소음, 이산 순음으로 구분하고, 음압의 시간 변동에 따른 분류는 정상 소음과 비정

Table 2. Results of frequency analysis of 4 measured points

unit: dBSPL

Measured Point	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	overall dose*
1	64.8	60.0	60.1	66.8	69.5	77.8	74.1	69.4	64.9	60.0	80.6
2	68.5	60.0	60.0	65.3	74.3	81.4	81.7	75.1	66.1	60.0	85.8
3	60.5	60.0	60.0	60.0	74.4	67.8	62.6	64.2	60.0	60.0	74.1
4	61.3	60.0	60.0	77.3	87.4	86.5	68.6	76.6	74.0	60.0	88.9

* unit : dBA

Table 3. Results of mean hearing threshold levels of reference group and study subjects

Mean(SD) (unit: dBHL)

		Reference	Electronics sound inspectors	
			1st year (1999)	2nd year (2000)
Left	500	9.75 (6.27)	12.50 (4.63)	15.62 (5.63)
	1000	7.25 (4.65)	13.75 (5.82)	13.75 (5.18)
	2000	5.75 (8.31)	14.38 (6.78)	14.38 (9.43)
	3000	8.50 (6.91)	13.75 (9.16)	20.63 (15.68)
	4000	12.00 (4.66)	21.25 (18.27)	34.38 (24.56)
	6000	13.75 (10.22)	31.25 (14.33)	34.48 (13.48)
	8000	14.50 (9.72)	31.25 (14.33)	30.63 (16.78)
Right	500	7.25 (4.13)	13.75 (6.41)	14.38 (4.96)
	1000	6.00 (5.35)	13.13 (7.53)	14.38 (6.23)
	2000	5.75 (7.81)	13.13 (7.99)	15.00 (8.02)
	3000	6.75 (5.55)	13.13 (8.43)	23.13 (22.67)
	4000	8.25 (3.92)	25.63 (15.68)	41.88 (22.67)
	6000	13.00 (7.33)	45.63 (26.21)	45.63 (22.43)
	8000	15.50 (11.80)	38.13 (25.20)	34.38 (23.67)

상 소음으로, 측정 시간중 음압이 큰 쪽으로 변화하는 비정상 소음은 변동 소음, 간헐 소음, 충격소음으로 구분한다(ISO 12001, 1996). 실제 많은 작업장의 소음 노출은 두가지 형태의 소음에 복합적으로 노출된다. 그러나 현재의 소음에 대한 노출기준이나 소음 노출에 의한 청력 영향은 일반적으로 연속음, 즉 측정 시간 내의 음압 변동을 무시할 수 있는 정상 소음의 노출에 한정하여 판단되어야 한다. 왜냐하면 노출 소음의 특성에 따른 영향과 크기가 다르기 때문이다.

연령과 소음 노출기간은 동일하면서 전혀 다른 노출 조건을 갖는 집단, 즉 101.8 dBA의 연속음에 노출되는 면방직공과 100.4 dBA의 충격음에 노출되는 단조공에 대한 Sulkowski(1984)의 연구에서 동일 음향 에너지량에도 불구하고 연속음 노출군보다 충격음에 의한 청력손실이 더 크고, 연속음 노출 집단의 전형적인 4000 Hz 역치손실(4 kHz notch)과 달리 6000 Hz에서 최대의 청력손실을 보였다. 이와 비슷한 연구 결과는 이후에도 몇몇 연구자들(Chen 등, 1992; Duca 등, 1994; Lucchini 등, 1991; Thiery와 Meyer-Bisch, 1988)에서 충격음

이 보다 더 큰 청력손실을 일으키고, 특히 6000 Hz에서 크다는 연구 결과를 들면서 동일-에너지 법칙(equal-energy rule)이 적용되지 않을 뿐 아니라, 오히려 연속형 소음과 임펄스형 소음 노출의 혼합효과는 상승적이라고 주장한다. 물론 다른 연구자들은 그 반대를 주장하기도 한다. 이 문제에 대해 미국 산업안전보건연구원(National Institute for Occupational and Safety Health, 이하 NIOSH)은 1998년의 보고서에서 동일 에너지 법칙을 적용하여 그 소음 형태가 연속형이든, 임펄스형이든 혹은 양자의 혼합형이든 모든 소음 노출에 대한 권고기준으로 85 dBA를 적용할 것을 제시하고 있다(NIOSH, 1998). 또한 충격음에 대한 측정 평가로서 최대치(peak level method)와 에너지 평가 방법(energy evaluation method) 등 두가지 방법이 제시되고 있으며 이에 따른 노출기준으로 프랑스는 A 보정 최대치로 135 dB, 영국은 C 보정치로 140 dB, 유럽은 노출수에 상관없이 140 dB SPL, ACGIH는 C 보정 최대치로서 140 dB를 초과해서 노출되지 않도록 권고하고 있다(Starck 등, 2003). 그러나 주기적인 충격음의 발생에 따른 시간과 주파

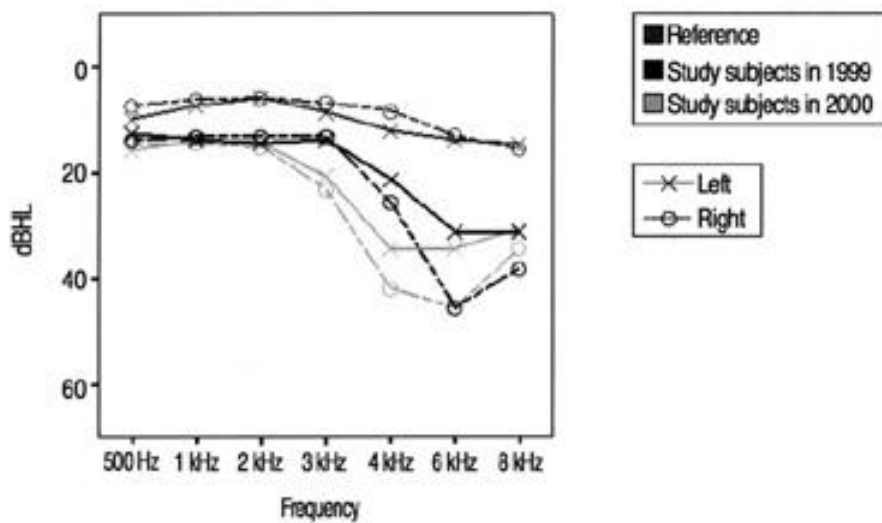


Fig. 1. Mean hearing threshold levels of reference and exhibiting consecutive annual hearing tests of both ears of subjects.

수의 다른 특성으로 인해 최대치 방법의 활용도는 제한된다. 또한, 이 기준은 작업현장에서 140 dB를 거의 초과하지 않기 때문에 실제적인 중요성을 야기하지 않는다. 그리고 여러 유형의 작업에서 충격음은 아주 짧은 단시간의 노출로 소음 전체 에너지량으로 산출하였을 때는 적게 기여한다. 실제 동일 에너지량에 따른 청력손실의 위험 모델로는 충격음에 의한 청력 영향을 설명하기에 부적합하다.

통상 8시간 평균 노출량(L_{eq8hr})을 청력보호를 위한 위험성 평가기준(damage-risk criterion, DRC)으로 활용하고 이 기준을 소음성 난청의 발생 위험을 내포하는 소음 노출로 추정한다. 그러나 Latay와 Campo(1996)는 동물실험을 통해 같은 스펙트럼과 음향 에너지를 갖는 연속음, 단속음 및 충격음 등 다른 유형의 소음 노출에 의한 소음성 난청 발생에 미치는 영향이 다름을 제시하고 있다. 이 연구의 결과에서도 동일 에너지량에 따른 85 dBA 이하의 소음 수준에서 평균 5년 정도의 노출기간에도 이미 진행된 소음성 난청의 양상을 보이고 있어, 8시간 노출량으로 비교적 소음수준이 낮더라도 임펄스 형태의 스위프 음, 비트 음, 연속음 등의 다양한 형태의 소음에 복합 노출 또는 충격음에 장기간 노출시에는 청력의 손실을 가져올 수 있음을 시사하고 있다. 따라서 충격음 등 여러 형태의 소음에 대한 노출평가에 주의를 요한다. 충격음의 경우 최대치가 청력 위험평가의 지표로 우리 나라를 포함하여 세계적으로 널리 쓰이나 노출 충격음의 여러 유형, 노출 소음의 음압과 노출시간, 노출되는 다른 소음원 즉 연속음 또는 단속음과의 통합 평가 등의 문제 때문에 시간 보정 음압 측정방법이 최대치보다 청력에 영향을 미치는 결정 인자로 보고 있다(Patterson, 1991). 그러나 연속음과 충격음의 복합노출에서 총 노출음압이 동일하나 노출 충격음의 최대치가 다른 동물실험에 따른 결과를 보면, 영구적 난청과 유모 세포 손실의 영향이 충격음의 크기에 따라 증가하고 있음을 알 수 있다(Roberto 등, 1992). 그리고 충격음에 노출되는 근로자의 청력손실도 노출 소음의 최대치 및 충격음의 노출 빈도의 복합지표와 상호 관련성이 더 높다고 한다(Suvorov 등, 2001). 물론 아직까지 연속음과 임펄스음 등 충격음에 복합적으로 노출되었을 때 소음에 의한 영향을 고려한 노출 평가 방법과 기준은 없다. 그러나 노출 소음의 특성

에 따라 청력에 미치는 영향이 다르므로 노출 평가 기준과 적용방법 등의 고찰을 요한다고 볼 수 있다.

일반적으로 연속음과 충격음은 내이에 미치는 영향이 다르고 충격음이 와우의 내유모 및 외유모 세포 둘 다 더 큰 손상을 미친다고 보고하고 있다. 그리고 청력역치에 미치는 영향은 비슷하나 연속음 보다 충격음은 내유모 세포와 외유모 세포에 형태학적으로 달리 영향을 미친다고 한다(Nilsson 등, 1987). 음 특성(연속음 대 충격음, 충격음의 주파수 특성)은 다르나 90 dB SPL 크기의 동일한 힘을 가진 소음을 이용한 동물실험에서 가장 강한 충격음에 노출되었을 때 20 dB 이상의 영구적 역치 변동을 일으켰으나 연속음 노출(Gaussian noise exposure)시에는 그렇지 않았다. 그러나 250 Hz역의 충격음(impulsive noise exposure in the 0.25 kHz region)은 외유모 세포에 대한 통계적으로 유의한 소실을 보여주는 감각세포 손상과 일치하는 역치 유형을 보여주지 못한 반면 1000~6000 Hz 대역의 충격음(impacts in a high-kurtosis noise)은 청력손실의 청각학적 특성이 연속음(Gaussian noise) 노출과 유사하였으며 와우의 4000 Hz 대역의 내유모 세포의 손상이 유의하게 크게 나타났다(Hamernik 등, 1993).

소음성 난청은 초기 저음역(500, 1000 및 2000 Hz)에서 보다 고음역(3000, 4000 및 6000 Hz)에서 청력손실이 현저히 심하게 나타나고 특히 4000 Hz에서의 초기 청력손실을 보이는 C-5 dip의 특성을 보인다. 소음성 난청의 주요 특성인 C-5 dip의 병인으로서 첫째, 독특한 혈관의 해부학적 구조로 인해 와우의 4000 Hz 지역의 혈액 공급 부족, 둘째로 traveling wave의 전달속도가 충분히 빨라서 와우내에 변위 강도가 4000 Hz 지역에서 나타나고, 셋째로 와우의 해부학적 구조상 가운데 첫 번째 회전, 즉 4000 Hz 지역에 유동을 일으키게 되며, 넷째로 4000 Hz notch를 산출하는 이도의 공명상의 특성에 의존하여 위와 같은 소음원의 주파수 범위에 상관없이 청각도상 전형적인 특성을 나타내는 것으로 보고 있다.

그러나 연속음과 충격음에 복합적으로 노출되는 전기제조업체 근로자에 대한 McBride와 Williams(2001) 연구에 의하면 소음성 난청의 소음 노출 유형(연속음과 충격음)과 설문에 의한 소음

노출 정보(파쇄, 화기, 폭발 등)에 따른 주파수역의 청력손실(notch)이 특징적이지 않았다. 4%만이 4000 Hz의 청력손실이 특징적이었으며 많은 수(31%)에서 6000 Hz의 청력손실(6 kHz notch)이 특징적이었다. 135 dB의 최대치를 보이는 낙하단조 작업자의 청력에서는 거의 대부분 6000 Hz에 국한하여 최대 청력손실을 보였으며 4000 Hz에서의 청력손실은 드물었다(Sulkowski 등, 1999). 이는 충격음에 노출되는 군 경력과 관련한 청력손실에서도 급성 음향 외상성 난청 외에 초기의 고음역(특히 6~8 kHz) 청력손실의 특성을 보인다. 따라서 소음성 난청을 진단하는데 비록 4000 Hz에서의 청력손실이 잘 알려지고 주요한 임상적 표지라 하더라도 정확한 소음 노출력과 함께 6000 Hz notch 또한 제한적인 중요성을 갖는다고 볼 수 있다. 이러한 특성은 아주 강력한 충격음만이 아닌 90 dBA 이하의 소음 노출 환경에서도 나타나고 있다. Duca 등(1994)은 87.2 dBA의 소음 노출 환경하에 4년 이하 노출된 요업 근로자에서 6000 Hz의 유의한 청력손실과 초기의 6000 Hz 청력손실이 이후 수반되는 4000 Hz 청력손실과 유의하게 상관이 있다고 보고하고 있다. 이러한 청각학적 특성은 소음의 강도만이 아닌 주파수 등 물리학적 특성과 관련하여 언급한 연구결과도 있다. 동종의 금속가공업에서 충격음과 연속음에 동시 노출되는데 중고음역(high and medium high frequencies; 3.15~6.3 kHz)에서 높은 음압을 보이는 공장 근로자에서 6000 Hz의 청력손실이 난청 사례의 45.9%인 반면에 음압은 비슷하나 중저주파(medium-low frequencies) 특성 소음에 노출되는 다른 공장 근로자에서는 6000 Hz의 청력손실이 28%이었다(Lucchini 등, 1991).

또 노출 소음 유형의 노출기간에 따른 주파수역 역치 변동 양상도 주의를 요한다. 즉, 충격음 노출 초기에는 6000 Hz 청력에 더 영향을 미치나 노출기간이 길수록 4000 Hz 청력역치의 증가에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 이는 Mantysalo와 Vuori(1984)의 충격음 노출군, 연속음 노출군, 비노출군 연구에서 충격음의 단시간 및 중등도 기간 노출군에서는 6000 Hz에서 최대 역치를 보인 반면에 장기간의 충격음 노출군에서는 비대칭적으로 좌측 귀에서는 4000 Hz, 우측 귀에서는 6000 Hz에서 최대 역치를 보였다. 즉, 충격음의 노출기간이 길수

록 청력역치가 증가하는 주파수 대역이 넓어지는 것으로 결론을 내리고 있다.

이러한 연구 결과를 통해 잠정적으로 다음과 같은 추론을 할 수 있을 것 같다. 강력한 충격음만이 아니라 보다 낮은 강도의 임펄스형 소음도 연속음의 소음 노출과 달리 청각학적 영향으로 6000 Hz 청력손실이 먼저 나타난다고 볼 수 있다. 이 조사 결과를 통해서도 임펄스형 소음에 노출되는 음향 검사자가 6000 Hz에서 가장 높은 청력역치를 보이고 있다. 이와 같은 결과는 일시적인 충격음에 의한 급성 음향외상도 아니고 전형적인 C-5 dip이 아닌 6000 Hz의 청력손실이 뚜렷한 양상을 보인 형태의 비전형적인 소음성 난청으로 보인다.

정상 건청인의 연령에 의한 청력과 다른 점은 첫째로 소음에 노출되지 않은 정상 건청인과 달리 고음역에서 역치 손실이 더 크게 나타나고 있으며, 둘째로 주파수별 청력역치가 고음역으로 진행할수록 더 증가하는 역치를 보이지 않고 6000 Hz에서 청력손실의 크기가 가장 크게 나타나고 있다는 점에서 연령 증가에 따른 주파수별 청력 형태와 구분된다. 우리 나라 정상 성인의 연령에 따른 청력역치의 변화와 이 연구 결과를 비교해서도 이와 같은 뚜렷한 차이를 보여 주고 있다(이정학 등, 2003).

이 연구의 제한점으로 음향 검사자들이 소음 노출 수준이 85 dBA 이하로 과거에 소음 특수건강진단 대상이 아니었으며, 현재는 2002년 이후 생산모델의 단종과 라인폐쇄로 인해 더 이상의 추적조사를 할 수 없어 초기의 6000 Hz의 청력손실 및 이후의 4000 Hz로의 확장 진행되는 형태의 특성이 일반적인 소음에 의한 청력 영향과 어떻게 다른지 완전하게 규명하지 못했다. 또 노출 소음의 특성, 수준 및 이에 따른 청각학적 영향과 관련해서도 노출소음의 평가는 동일에너지량에 따른 평가보다도 노출 소음의 종류에 따른 오실로그래프와 스위프 및 비트음 작동(on)시의 최대치를 측정 제시하지 못하였다. 따라서 제조업의 일반적인 연속음과는 다른 특정 유형 소음에 노출되는 근로자의 청력에 대한 영향에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

그러나 이상에서와 같이 동일 에너지량에 따른 85 dBA 이하의 저수준의 소음일지라도 임펄스형을 포함한 소음에 노출되고 있는 작업자에서 실제 청력 평가상 모두 정상 역치 범위이지만 동일 연령의 정

상 건청인보다 고음역에서의 역치손실이 크며, 청력 저하가 6000 Hz에서 초기에 일어나는 등 전형적인 소음에 의한 청력손실과 다르다는 점에서 노출 소음의 평가방법과 노출기준, 청력 검사방법 및 소음성 난청에 대한 평가 등 충격음에 노출되는 근로자에 대한 건강관리를 재고하여야 한다.

요 약

목적: 연속형 소음 및 임펄스형 소음에 노출되더라도 작업특성상 귀마개 등의 보호구를 착용할 수 없는 전자제품 음향 검사자들의 청력을 평가하여 청각학적 특성의 의의와 노출 소음에 대한 산업위생학적 관리를 위한 제언을 하고자 한다.

방법: 연구 대상은 TV전자제품 제조업체에서 음향 성능 검사작업을 수행하는 작업자 전원을 대상으로 하였다. 작업환경중 소음은 소음노출량계로 측정된 작업환경 측정자료로 평가하였으며, 노출 소음의 주파수 분석은 옥타브밴드 분석기를 이용하여 임펄스 형태와 가깝고 정점에서 가장 소음이 크게 발생하는 스위프 음 발생시에 주파수별 음압과 A특성치의 평균 음압을 5분간 측정하였다. 작업자의 청력은 1999년의 기초청력(baseline audiogram)과 2000년에 8개 주파수(250, 500, 1 k, 2 k, 3 k, 4 k, 6 k, 8 kHz)에서 실시한 순음청력검사 결과 청력역치를 이용하였다.

결과: 7년간 총 65개 지점에서 측정된 소음의 평균 수준은 83.3 dBA이며 67.1 - 92.6 dBA의 범위에 걸쳐 나타났다. 80 dBA 미만인 곳이 9개, 80 - 85 dBA 미만 수준이 35개, 85 - 90 dBA 미만이 20개, 90 dBA 이상인 곳이 1개였다. 주파수분석은 31.5 Hz에서 16000 Hz의 전 범위에 걸쳐 60 - 87.4 dB SPL까지 다양하게 나타나고 주파수별 음압수준을 합산했을 경우 임펄스형 소음은 74.1 dBA에서 88.9 dBA까지의 범위를 가지는 것으로 나타났다. 음향부서 근로자의 오디오그램의 양상은 4000 - 8000 Hz에서 유의하게 더 큰 청력손실을 보였으며 특히 6000 Hz의 청력손실이 가장 크게 나타났다.

결론: 동일 에너지량에 따른 85 dBA 이하의 임펄스형 소음에 노출되고 있는 작업자들에서 6000 Hz 역의 초기 청력 저하가 나타났다. 충격소음의 노출은 연속음과는 다른 노출 소음의 평가방법과 노출기

준, 청력 검사방법 및 소음성 난청에 대한 평가 등의 근로자 건강관리에 대해 재고하여야 할 것이다.

참고문헌

- 이정학, 김진숙, 오상용, 김규상, 조수진. 정상 성인의 연령에 따른 청력역치의 변화. 대한청각학회지 2003;7(1):15-23.
- Chen TJ, Chiang HC, Chen SS. Effects of aircraft noise on hearing and auditory pathway function of airport employees. J Occup Med 1992;34(6):613-9.
- Duca PG, Ferri F, Merluzzi F, Paltrinieri M. Hearing loss in workers in the ceramics industry: a profile of the damage assessed by a longitudinal study. Med Lav 1994;85(2):161-70.
- Hamernik RP, Ahroon WA, Hsueh KD, Lei SF, Davis RI. Audiometric and histological differences between the effects of continuous and impulsive noise exposures. J Acoust Soc Am 1993;93:2088-95.
- ISO 12001. Acoustics - Noise emitted by machinery and equipment - Rules for the drafting and presentation of a noise test code. ISO, 1996.
- Lataye R, Campo P. Applicability of the Leq as a damage-risk criterion: an animal experiment. J Acoust Soc Am 1996;99(3):1621-32.
- Lucchini R, Apostoli P, Peretti A, Bernardini I, Alessio L. Effects on hearing in exposure to impulsive and high frequency noise. Med Lav 1991;82(6):547-53.
- Mantysalo S, Vuori J. Effects of impulse noise and continuous steady state noise on hearing. Br J Ind Med 1984;41(1):122-32.
- McBride DI, Williams S. Audiometric notch as a sign of noise induced hearing loss. Occup Environ Med 2001;58(1):46-51.
- Nilsson P, Rydmarker S, Grenner J. Impulse noise and continuous noise of equivalent frequency spectrum and total sound energy. Acta Otolaryngol Suppl 1987;441:45-58.
- NIOSH. Occupational noise exposure. Basis for the exposure standard. 1998. <http://www.cdc.gov/niosh/98-126>.
- Patterson JH Jr. Effects of peak pressure and energy of impulses. J Acoust Soc Am 1991;90(1):205-8.
- Roberto M, Zito F, Hamernik R. Interaction between continuous and impulsive noise:

- anatomic and functional evaluation to the intensity of the exposure. *Acta Otorhinolaryngeal Ital* 1992;12(5):451-9.
- Staloff RT, Staloff J. *Occupational Hearing Loss*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker Inc., 1993.
- Starck J, Toppila E, Pyykkö I. Impulse noise and risk criteria. *Noise Health* 2003;5(20):63-73.
- Sulkowski W. Permanent shift of auditory thresholds caused by continuous and impulse noise: comparative studies. *Med Pr* 1984;35(5):365-71.
- Sulkowski W, Kowalska S, Lipowczan A, Prasher D, Raglan E. Tinnitus and impulse noise-induced hearing loss in drop-forge operators. *Int J Occup Med Environ Health* 1999;12(2):177-82.
- Suvorov G, Denisov E, Antpin V, Kharitonov V, Starck J, Pyykkö I, Toppila E. Effects of peak levels and number of noise impulses to hearing among forge hammering workers. *Appl Occup Environ Hyg* 2001;16(8):816-22.
- Thiery L, Meyer-Bisch C. Hearing loss due to partly impulsive industrial noise exposure at levels between 87 and 90 dB(A). *J Acoust Soc Am* 1988;84(2):651-9.