Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 18, No. 2 1999, 8

휴대용 카세트 소음의 인간공학적 평가 및 안전대책

Ergonomic Evaluation and Safety Countermeasures of Personal Cassette Player Noise

박 민 용, 홍 성 완

ABSTRACT

Recently, noise from personal cassette players (PCP) poses growing concerns together with occupational noise-induced hearing loss. Eighteen male and female volunteer subjects participated to determine preferred noise levels for PCP usage before, during, and after 2-hour subway riding according to sources (types) of PCP listening (language/news, soft music, and hard music). Audiometric tests were conducted before and after the 2-hour exposure of PCP noise under subway riding. Statistical analyses showed some significant hearing losses with the greatest loss of more than 6 dB at 4000 Hz for both ears, indicating that serious noise-induced hearing loss would potentially occurred due to prolonged use of PCPs. Practical safety countermeasures against PCP noise are further discussed.

1. 서 론

1.1 연구배경

최근 여러 환경문제 중 소음공해가 갈수록 심각한 사회문제가 되고 있다. 최근 통계에 따르면, 환경오염으로 인한 총 피해진정 중 40%가 소음관련 피해인 것으로 보도되었고 (예, 한겨레신문, 1993), 근로자 직업병의 56.5%가 소음성 난청(Noise-Induced Hearing Loss)에 기인한 것으로 나타났는데(노동부, 1993), 만일 적절한 조치가 취해지지 않는다면 이런 현상은 더욱 가속화될 전망이다. 물론 직업병과 직결된 작업장 소음의 해결이 주 관심사 일 수 있으나 작업장소음과 더불어 일상생활에서 결코 무시될 수 없는 것이 레져 활동으로 인한 소음이다. 특히, 요즘 남녀노소(특히 대다수 청소년 층)가 습관적으로 착용하는 개인 휴대용 카세트(Personal Cassette Players: PCP; 이하 휴대용 카세트)는 작업, 운전, 하이킹, 조깅 등 일상생활 전반에서 사용되는 것을 볼 수 있다. 휴대용 카세트는 Sony사에 의해서 1979년 상업시장에 처음 소개된 이후로 일반적으로 Walkman으로 불렸으며, 광범위하게 인기를 누려왔다 (Skrainar et al, 1987).

개인 휴대용 카세트는 거의 무방비 상태에서 무분별하게 사용되고 있어, 소음성 난청원으로서 매우 심각한 우려의 대상이 되고있다 (동아일보, 1997; 일간스포츠, 1995; 중앙일보, 1997; 한국일보, 1995, 1997). 외국의 주요 연구결과에 의하면, 무분별한 휴대용 카세트의 사용으로 인하여 상당수의 국민들(특히, 젊은 청소년 층)이 미국 NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)에서 정한 위험 소음수준인 85dB이상의 소음에 노출되고 있어, 이로 인한 영구적 소음성 난청(Permanent Noise-Induced Hearing Loss)을 가지게 될 확률이 매우 높다고 알려져 있다 (Axelsson, 1992; Berger et al, 1986; Hellstrom and Axelsson, 1988). 더욱이 하루 8시간 이상 소음하에서 작업하는 근로자의 경우, 일상 생활 (예, 출 퇴근 시) 휴대용 카세트 사용을 병용한다면 영구적 소음성 난청문제의 심각성은 자명하다고 할 수 있다(Fearn and Hanson, 1990; Izumi et al, 1988; Rylander et al., 1988; Skrainar et al, 1987; Yearout et al, 1996).

1.2. 연구목적

본 연구는 휴대용 카세트 사용에 관련된 여러 인자들이 청력손실에 어떤 영향을 주며, 출 퇴근 시 지하철과 같은 교통소음 상황에서 휴대용 카세트 사용으로 인한 잠재적 난청가능성을 파악하고 예측하는데 근본목적을 두었으며, 휴대용 카세트 사용으로 발생 가능한 소음성난청의 적절한 경고대책 및 청력보호를 위한 휴대용 카세트의 사용방법에 대한 개선방안 등을 인간공학적 원리를 바탕으로 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구는 18명의 피실험자를 대상으로 설문조사와 소음도 측정 및 청력검사를 실시하였다. 소음도 측정은 개인 휴대용 카세트를 보통 사용할 때 듣는 Normal Volume Level(보통 청취수준) 및 배경소음으로 지하철 소음이 제시되었을 경우의 Volume Level(청취가능 수준)과 배경소음에 노출된 직후의 Volume Level에 대한 평균소음도 (Leq : Equivalent Sound Level)를 측정하였으며, 개인 휴대용 카세트를 사용하기 전과 후의 청력을 측정함으로써 발생할 수 있는 일시적 청력손실(Temporary Threshold Shift) 여부를 알아 보았다.

2.1 피실험자

본 연구에 참여한 피실험자는 정상 청력을 가진 청각 병력이 없는 평균 나이 20.7세의 남녀 대학생 각각 9명 씩 총 18명이며, 모두 자발적 참여 의사를 실험 참가 동의서 (Informed consent form)에 표시하였다.

2.2 실험 장비

2.2.1 설문조사

실험을 위한 기본정보를 마련하는 단계로서, 설문지를 이용하여 피실험자의 나이, 성별 및 사용하고 있는 PCP (휴대용 카세트) Model, 일일 평균 사용시간, 즐겨 듣는 소음원(Hard Music, Soft Music, Language/News 등으로 분류), 이용하는 대중교통의 종류와 대중교통 이용 시 PCP사용 시간 등을 조사 하였다.

2.2.2 청력검사 (Audiometric Tests)

개인 휴대용 카세트를 사용하기 전과 후의 차이를 알아 보기 위하여 피실험자 모두에게 Beltone Model 110 Audiometer를 사용하여 청력검사를 실시하였다. 청력 측정은 휴대용 카세트를 사용하기 전에 측정을 한번 실시하고 2시간 사용을 마친 2분 후 청력측정을 또 한번 하였다. 실험에 임하기 전에, 기본적으로 본 실험의 목적과 측정방법 그리고 실험에 필요한 주의사항을 알려주었다. 청력측정을 위한 주파수 대역은, 1000, 2000, 4000, 8000, 250, 500, 1000Hz 순으로 선택하였으며 각 주파수 대역에서 자극을 40dB를 기준으로 -10dB, +5dB씩 보정하는 방법으로 청력수준 (Hearing Threshold Level)을 결정하였다. 이 때 각 수준에서 5번씩 1초 간격으로 자극을 보내고 피실험자가 3번 중에 2번 이상 자극을 들었을 경우를 청력수준(Hearing Threshold Level)으로 정의 하였다.

2.2.3 배경 소음 측정 및 녹음

서울 지하철의 소음을 측정하기 위하여 한국공업규격 (KS C 1505, 1987) 기준에 맞는 정밀소음계 (B&K Type 2236)를 사용하여 출퇴근 시간대 지하철 1호선, 2호선, 3호선, 4호선, 5호선, 7호선, 8호선, 및 국철과 분당선 등을 측정하기 위하여 청감보정회로는 A특성 그리고 소음계의 동특성은 Slow로 하여(KS A 0701, 1987) 5분간의 평균소음도 즉 등가소음도(Leq : Equivalent Sound Level)로 측정하였으며, 측정한 결과 모든 구간의 평균소음도는 88dBA, 그리고 최고소음도의 평균치는 109.2 dBA수준으로 측정되었다. 측정위치는 지하철 전동차의 출입구 부근에서 측정을 하였다. 또한 본 연구의 지하철 소음을 실험을 위한 배경소음으로 사용하기 위하여 Digital Audio Tape Recorder (Sony Model PC208A)를 이용하여 지하철 소음을 녹음한 후 보정기 (B&K Type 4231)를 이용하여 지하철 소음과 동일한 수준의 신호를 실험 시 재생하였다.

2.2.4 음압수준의 측정

18명의 피실험자들 각자가 사용하는 개인 휴대용 카세트를 사용하여 각각의 실험조건에 따른 Volume Level을 측정하기 위하여 무향실 내에 설치된 Head and Torso Simulator (B&K Type 4128)에 휴대용 카세트의 헤드폰을 장착한 후 Dual channel Real-Time Frequency Analyzer (B&K Type2144)를 사용하여 A-Weighting과 1/3 Octave Band의 설정하에 각 실험조건별 평균 음압수준을 측정하였다. 추가적으로 소음원과 사용환경에 따른 각각의 최대 음압수준(Peak)을 측정을 위하여 Artificial ear(B&K Type 4143)와 소음계(B&K Type 2236)를 사용하여 측정하였다. 정확한 측정을 위하여 Head and Torso Simulator에 내장된 Microphone으로 Frequency Analyzer와 소음계를 Calibrator (B&K Type4231)를 사용하여

보정하였다.

2.3 실험계획

2.3.1 음압수준 측정을 위한 실험 계획

음압수준을 종속측정치로 하여 3개의 독립변수(성별, 사용환경, 소음원)에 대해 2×3×3 요인배치하였으며, 총 18명의 피실험자를 대상으로 표1과 같이 Mixed-factors Design을 사용하여 각 조건별 음압수준 (평균소음도 및 최대 소음도)을 측정하였다. 즉, 성별 및 소음원의 수준에 대해서는 서로 다른 (남녀 각 9명 씩, 소음원별 6명 씩) 피실험자 집단을 사용하였으며 사용환경의 수준에 대해서는 6명씩 같은 피실험자 집단을 사용하였다. Within-subject 변수인 사용환경에 대해 학습효과를 줄이기 위해 피실험자에게 제공되는 실험조건 순서를 counterbalancing하였으며, 모든 실험 조건의 피실험자 실험조건 순서도 랜덤화하여 진행하였다.

2.3.2 청력측정치를 위한 실험계획

청력측정치를 종속변수로 하여 3개의 독립변수(성별, 소음원, 청력측정 시점)를 표2와 같이 2×2×3 Mixed-factors Design으로 배치하여 실험을 실시하였다. Within-subject 변수인 청력측정 시점에 대해 학습효과를 줄이기 위해 피실험자에게 제공되는 실험조건 순서를 counterbalancing하였으며, 모든 실험 조건의 피실험자 실험조건 순서도 랜덤화하여 진행하였다. 종속변수인 청력측정치는 Pure-tone (250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz)으로 측정하였다.

2.4 실험 절차

피실험자들이 사용중인 개인 휴대용 카세트를 가지고 normal volume level (보통 청취수준) 및 지하철 배경소음에 노출 중과 후의 선호 volume level (소음하의 청취가능 수준)을 대상으로 실험을 진행하였다. 실험은 총 5 단계로 구성되는데, 그 첫 단계로 모든 피실험자들을 대상으로 휴대용 카세트 사용 전에 audiometer를 이

표 1. 종속변수가 음압수준인 경우의 설계변수와 수준

설계변수(독립변수)	수준
성별(Between-subject variable)	남자, 여자
소음원 (Between-subject variable)	News/Language, Soft music, Hard Music
사용환경 (Within-subject variable)	Normal Volume Level 배경소음에 노출시 Volume Level 배경소음에 노출후 Volume Level

표 2. 종속변수가 청력측정치인 경우의 설계변수와 수준

설계변수(독립변수)	수준
성별(Between-subject variable)	남자, 여자
소음원(Between-subject variable)	News/Language, Soft music, Hard Music
청력측정 시점 (Within-subject variable)	소음원에 노출되기 전 소음원에 노출된 후

용한 청력수준을 측정하였으며, 두 번째 단계로 피실험자들이 선호하는 소음원을 대상으로 무향실에서 측정한 normal volume level로 휴대용 카세트를 30분 동안 청취 (대중교통 이용 전의 30분간 휴대용 카세트 사용을 가정) 하게 하였으며, Digital Audio Tape Recorder로 녹음한 지하철 소음을 재생한 상태 하에서 (무향실에서 측정한) 선호하는 volume level 로 1시간동안 청취 (대중교통의 1시간 이용 상황의 휴대용 카세트 사용을 가정) 하도록 하였다. 네 번째로, 지하철 배경소음에 노출된 후 선호하는 volume level로 30분간 청취 (대중교통 이용 후의 30분간 휴대용 카세트 사용을 가정) 하게 한 후, 2분간의 휴식 후 다시 한번 피실험자에 대한 청력수준을 측정하였다.

2.5 통계적 분석

실험에서 얻어진 데이터에 대하여 SAS Package를 사용하여 분산분석(Analysis of Variance)을 실시하였고, 유의한 결과에 대해 Multiple Comparison Tests (예, Bonferroni-t test 등)를 실시하여 세부효과를 분석하였다.

3. 결 과

3.1 설문조사 결과

피실험자 18명을 대상으로 설문조사를 실시한 결과, 휴대용 카세트의 사용 연수는 평균 2년 3개월이며, 하루 평균 사용시간은 2.75시간, 일주일 동안의 평균 사용기간은 약 3.5일, 그리고 1일 대중교통의 평균이용시간은 1.4시간인 것으로 나타났다.

3.2 음압수준에 대한 분산분석 결과

3가지 독립변수 (성별, 소음원, 사용환경)의 음압수준에 대한 영향을 알아보기 위해서 실시한 분산분석 결과는, 표3에서 나타나듯이 휴대용 카세트 소음의 평균음압수준은 성별 및 소음원과 사용환경에 대하여 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다.

휴대용 카세트를 듣는 평균 소음도는 남자가 여자 보다 유의하게 높았으며, 표3의 분산분석결과로 나타난 통계적으로 유의한 주효과중 수준이 3

표 3. 음압에 대한 분산분석

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Between-Subject					
성별	1	203.73911	203.73911	8.31*	0.0138
소음원	2	1905.9722	952.98612	38.86**	0.0001
소음원*성별	2	25.211381	12.605691	0.51	0.6107
S(소음원*성별)	12	294.31882	24.526569		
Within-Subject					
사용환경	2	737.31684	368.65842	37.2**	0.0001
사용환경*성별	2	53.754859	26.87743	2.71	0.0867
사용환경*소음원	4	17.547689	4.3869222	0.44	0.7765
사용환경*소음원*성별	4	12.292496	3.0731241	0.31	0.8684
S*사용환경(소음원*성별)	24	237.83531	9.9098046		
Total	53	3487.9888	65.811108		

(* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$에서 각각 유의함)

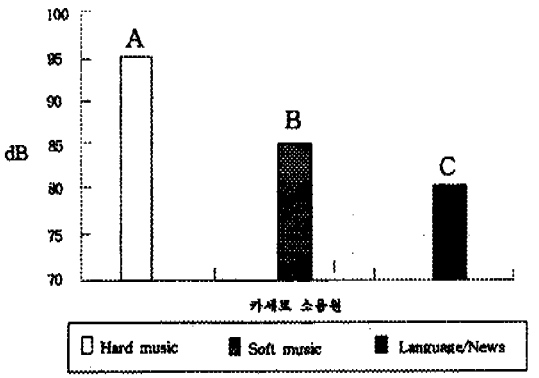

그림 1. 휴대용 카세트 소음원에 대한 추후분석 결과
(서로다른 문자 A, B, C 는 각 소음원에 대한 평균음압 수준이 5% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 차이남을 의미함)

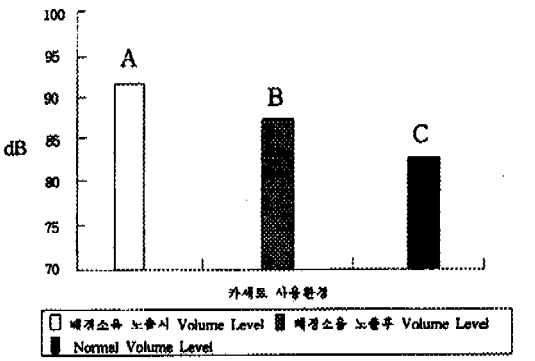

그림 2. 휴대용 카세트 사용환경에 대한 추후분석 결과
(서로다른 문자 A, B, C 는 각 사용환경에 대한 평균음압수준이 5% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 차이남을 의미함)

이상인 소음원 및 사용환경에 대한 추후분석 결과를 다음과 같이 그림 1과 그림 2로 요약할 수 있다. 그림 1에서는 소음원에 대하여 실시한 Bonferroni t-test 결과의 평균 음압수준의 유의한 차이를 Hard music, Soft music, Language/News 순으로 보여준다. 그림 2는 사용환경에 대한 Bonferroni t-test를 실시한 결과 모두 유의한 차이를 나타내었다.

휴대용 카세트 사용시의 최고 소음도 (Peak)의 평균치를 비교해 본 결과, 소음원에 따라 남자의 경우 98.1 ~ 116.8 dBA, 여자의 경우 98.5 ~ 109.0 dBA로 매우 높은(위험한) 음압 수준을 나타내었다.

3.3 청력측정치에 대한 주파수별 분산분석

청력검사는 좌우 각각에 대한 3가지 독립 변수 (성별, 청력측정 시점, 소음원)와 6개의 종속변수 (250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000Hz)간의 관계를 파악하기 위해서 분산분석을 실시하였으며, 오른쪽 청력측정치에 대한 결과는 표 4에서, 왼쪽 청력측정치에 대한 결과는 표 5에 요약되어 있다. 분산분석 결과 좌우 청력측정치는 성별에 대하여 유의수준 0.05에서, 청력측정 시점에 대해서는 유의수준 0.01에서 유의한 차이를 보였고 이때 대부분 교호작용은 유의하지 않게 나타났다. 왼쪽 청력측정치의 경우도 표 5에서와 같이 오른쪽과 동일한 유의한 차이를 보이며, 대부분 교호작용 또한 발생하지 않았다.

3.4 청력변화에 대한 결과 및 분석

2시간 동안 휴대용 카세트 소음에 노출되기 전과 후의 청력 변화를 비교하였다. 주파수 대역별로 휴대용 카세트 소음에 노출되기 전과 후의 청력 차이를 알아보기 위하여 t-test를 실시한 결과 오른쪽 귀의 경우 2000Hz를 제외하고 모든 주파수 대역에서 유의한 ($p<0.05$) 차이가 있었고 (그림 3), 왼쪽의 경우 모든 주파수 대역에서 유의한 ($p<0.05$) 차이가 있었다 (그림 4). 특히, 가청주파수 대역 중 가장 민감한 부분이라 할 수 있는 4000Hz 부분에서 일시적 청력 손실 (Temporary Threshold Shift: TTS)이 가장 큰 값(왼쪽: 7

표 4. 오른쪽 청력측정치에 대한 주파수별 분산분석결과 (F 값)

Source	250	500	1000	2000	4000	8000
Between-Subject						
성별	1.90	6.83*	1.62	1.62	14.88**	0.01
소음원	0.50	0.39	0.42	0.42	3.07	2.97
소음원*성별	0.14	0.19	1.83	1.86	1.17	0.62
		1				
Within-Subject						
청력측정 시점	52.94**	46.29**	78.13**	78.13	88.17**	14.45**
청력측정 시점*성별	0.24	0.57	1.13	1.13	1.50	0.05
청력측정 시점*소음원	1.24	3.68	2.37	2.37	6.17*	0.95
청력측정 시점*소음원*성별	0.06	2.71	0.38	0.38	1.50	0.65

(* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$에서 각각 유의함)

표 5. 왼쪽 청력측정치에 대한 주파수별 분산분석 결과 (F 값)

Source	250	500	1000	2000	4000	8000
Between-Subject						
성별	1.00	6.78*	5.90*	0.04	11.36**	2.15
소음원	0.51	1.14	1.53	0.82	0.56	3.20
소음원*성별	0.81	1.34	0.27	0.44	1.11	2.19
Within-Subject						
청력측정 시점	40.33**	44.44**	45.00**	46.29**	89.29**	13.07**
청력측정 시점*성별	0.33	0.00	0.20	2.29	0.14	0.00
청력측정 시점*소음원	1.58	7.44**	1.80	0.43	7.00**	0.07
청력측정 시점*소음원*성별	0.58	0.33	3.80	0.14	2.71	0.60

(* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$에서 각각 유의함)

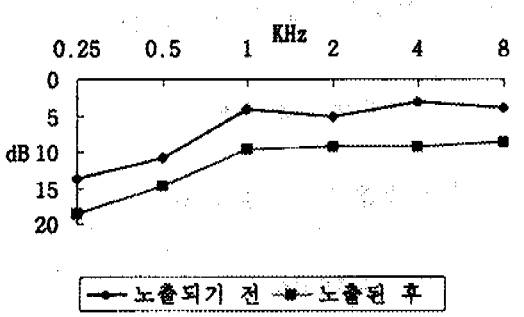

그림 3. 오른쪽 귀의 배경소음에 노출되기 전과 후의 차이

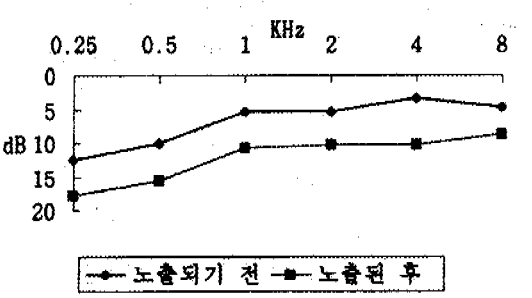

그림 4. 왼쪽 귀의 배경소음에 노출되기 전과 후의 차이

dB; 오른쪽: 6 dB)을 보이고 있으므로 장기간 사용시 소음성 난청 유발이 우려된다고 할 수 있다.

4. 토의 및 결론

소음으로 인한 난청 (소음성 난청)은 구미 선진국 또는 우리 나라에서 작업자들이 겪는 직업병 중에서 가장 많은 부분을 차지하는 질병 중 하나이다. 특히, 소음성 난청은 일반적으로 높은 소음 수준 (예, 85 dB 이상)에서 장기간 (예, 하루 8시간 이상 6개월 이상) 노출되면 내이 (inner ear)에서 신경이 손상되어 발생하는 사회적으로 여러 문제를 야기하는 질병이며 난청으로 이르기 전까지 고통이 없으므로 지각하기가 힘들어 예방이 힘든 병이기도 하다 (Berger et al., 1986).

국내에서 최초로 휴대용 카세트의 소음을 체계적으로 분석 평가한 본 연구의 주요 결과에 의하면 휴대용 카세트 사용에 있어서 청취하는 소음원 (Hard Music, Soft Music, News/Language)에 따라서 유의한 음압수준의 차이를 나타내었는데, 특히 요즈음 젊은 층이 즐겨 듣는 Hard Music의 경우 평균 소음도가 95 dB나 되어 산업안전보건법이나 미국의 OSHA가 정한 일반 직업성 소음노출 허용 기준에도 하루 4시간 이상은 매우 위험한 수준이며, 더욱이 Cohen 등 (Cohen et al., 1970)이 제시한 휴대용 카세트 등과 같은 비직업성 소음 (Non-occupational noise)의 노출 허용 기준에 따르면 같은 수준에서 30분 이상은 위험하다고 했는데 본 연구의 설문 결과 하루 평균 2시간 이상을 사용하므로 장기 사용시 소음성 난청을 유발할 확률은 매우 높다고 할 수 있다.

또한, 사용환경에 따른 휴대용 카세트 청취소음 정도를 본다면, 특히 지하철 이용시 평균 소음도가 88 dB나 되는 배경소음 하에서는 휴대용 카세트를 평균 99 dB의 매우 높은 수준으로 청취하는 심각한 현상을 보이고 있는 데 하루 평균 1.4시간의 대중 교통 이용 시 100 dB 가까운 소음에 노출된다는 것은 심히 우려되는 수준인 것이다. 또한 수도권의 거주 지역 확장으로 인해 장차 지하철 등의 대중 교통 이용 시간이 더 늘어 날 수 있는 추세로 본다면 이에 대한 구체적 대책이 절실하다고 할 수 있다. 휴대용 카세트의 최고소음도에 있어서도 평균치가 최고 116.8 dB 까지 올라갔다는 사실은 일반 직업성 소음의 OSHA 기준에서도 절대 허용 될 수 없는 매우 위험한 수준으로 볼 수 있다.

한편, 본 연구에서는 전체 휴대용 카세트 소음 노출을 2시간 (실제 위험한 배경소음하에서의 노출은 1시간)으로 제한하여, 사용자의 청력 변화를 조사한 결과 양쪽 귀 모두 대부분의 주파수 대역에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 일시적 청력 변화이기는 하지만 특히 4 kHz에서 6 ~ 7 dB 가량의 가장 큰 청력손실이 발생한 사실은 이러한 소음노출이 반복된다면 장기적으로 소음성 난청을 바로 유발할 수 있다는 결정적인 단서가 될 수 있다 (Berger et al., 1986).

이상의 본 연구 결과들을 종합하여 볼 때, 개인 휴대용 카세트 사용 시 발생할 수 있는 소음에 대한 적절한(청력손실 가능성에 대한) 경고대책과 공학적 제어방법 및 청력보호 방안에 대한 제도적인 뒷받침이 절실히 요구된다. 즉, 휴대용 카세트 사용에 대한 국가차원에서의 특별법 또는 보호법의 제정, 휴대용 카세트 제품에 대해 청력손실 가능성에 대한 적절한 경고 문구와 일정 이상의 위험 Volume Level에 대한 기술적 제어 체계의 도입 등이 있을 수 있겠다. 또한 공학적 통제 방법으로서 현재 평균 88 dB나 되는 지하철 배경 소음을 줄이기 위한 대책으로 지하철 지하 주행구역내의 흡음재 등의 사용을 통한 소음원의 원천적 통제 등이 필요할 것이다.

5. 참고 문헌

(1) 노동부(1993). '92 근로자 건강 진단 실시결과 분석.

(2) 동아일보(1997). 「워크맨 장기사용때 청각장애」 경고문 부착. 동아일보 1997년 2월 4일자.

(3) 일간스포츠(1995). 워크맨 헤드폰 장시간 착용 때 귀에 무리. 일간스포츠 1995년 4월 13일자.

(4) 중앙일보(1997). 가는귀 먹은 젊은이 많아 워크맨 등으로 난청급증. 중앙일보 1997년 9월 23일자.

(5) 한겨레신문(1993). 환경오염으로 인한 총 피해진정. 한겨레신문 1993년 8월 19일자

(6) 한국공업규격(1987). KS C 1505. 정밀 소음계.

(7) 한국공업규격(1987). KS A 0701. 소음도 측정방법.

(8) 한국일보(1995). 시끄러운 음악 청각장애 유발. 한국일보 1995년 11월 29일자.

(9) 한국일보(1997). 휴대용 플레이어 난청유발. 한국일보 1997년 1월 25일자.

(10) Axelsson, A. (1992). The risk of hearing loss from recreational noisy activities. Hearing Conservation Conferences. 79 - 83.

(11) Berger, E.H., Morrill, J.C., Ward, W.D., and Royster, L.H. (1986). Noise and Hearing Conservation Manual, American Industrial Hygine Association, Akron: OH

(12) Cohen, A., Anticaglia, J., and Jones, H. (1970). Sociocusis - Hearing loss from non-occupational noise exposure. Sound and Vibration. 4(11), 12-20.

(13) Fearn R.W. and Hanson D. R. (1990). Hearing levels of young subjects exposed to industrial noise. Journal of Sound and Vibration. 134(3), 533-534.

(14) Hellstrom, P.A. and Axelsson, A. (1988). Sound levels, Hearing Habits and Hazards of Using Portable Cassette Players. Journal of Sound and Vibration. 127(3), 521-528.

(15) Izumi, K. and Osada, Y. (1988). Research on effects and control of noise in Japan. Journal of Sound and Vibration. 127(3), 401-404.

(16) Rylander, R., Andersson, K and Torsmark, U. (1988). Research in effects and control of noise in sweden. Journal of sound and vibration. 127(3), 405-406.

(17) Skrainar, S. F., Royster, L. H. , Berger, E. H. and Pearson, R. G. (1987). The contribution of personal radios to the noise exposure of employees at one industrial facility, American Industrial Hygiene Association Journal. 48, 390-395.

(18) Yearout, R., Kwiatkowski, C., Lisnerski, D., Sprague, K. and Davis, S. (1996). Continuous exposure to noisy work environments does affect preferred leisure noise levels. International Journal of Industrial Ergonomics. 17, 499-511.