

우리나라 포 사격장에서의 소음노출 수준

황성호¹, 이경종², 박재범^{2*}

¹국립암센터 암예방사업과, ²아주대학교 의과대학 직업환경의학교실,

Noise Exposure Levels at the Cannon Shooting Range in South Korea

Sung Ho Hwang¹, Kyoung Joong Lee², Jae Bum Park^{2*},

¹Cancer Risk Appraisal & Prevention Branch, National Cancer Center,

²Department of Occupational and Environmental Medicine, School of Medicine, Ajou University,

Abstract

Objectives: Purpose of this study was to measure the noise levels exposed to soldiers at the four cannon shooting locations in one shooting range

Methods: We visited cannon shooting range and measured the impulse noise level with a sound level meter (3M Quest SoundPro™) and presented the noise exposure level with the value of peak (dB(A)) and max (dB(A)).

Results: The highest peak value of impulse noise levels averaged 159.7 dB(A), ranging from 159.5 to 160.0 dB(A) at the multiple shooting. Impulse noise levels of the cannon with close to shooting areas were also recorded higher than the cannon with not close to shooting areas. These impulse noise levels by different sampling locations were significantly different depending on the distances ($P < 0.001$).

Conclusion: These characteristics of impulse noise in the cannon shooting environment were useful for a proper management to reduce the amount of impulse noise exposure at the cannon shooting range.

Keywords: Cannon shooting, Exposure levels, Impulse noise, Multiple shooting

서론

군대에서 군인들의 생존에 직간접적으로 영향을 주는 매우 중요한 감각인 청력은 손상 시 전투 효율성 감소는 물론 일상적인 생활에도 영향을 끼치는 등 군 장병들에게는 매우 치명적인 결과를 초래할 수 있다. 또한 소음은 난청은 영구적인 청력 저하를 초래할 수 있기 때문에 안전한 예방이 필수적이다. 군장비들 중에는 높은 소음을 발생시키는 각종 화기류와 장비들이 포함되어있고, 군 장병들은 이로 인한 소음으로 인해 청력손상의 위험에 항상 노출되어 있다. 사격훈련장에서 발생하는 충격소음은 고막천공 등의 중이 및 내이손상 및 급성 음향외상을 일으킨다[1-3]. 이전 연구³⁾에 의하면 사격 등의

충격소음으로 인해 와우 손상으로 음향 외상성 난청이 10 만 명당 156 명이 발생하였다.

군대는 일반적으로 젊은 나이에 의무적으로 단기간 또는 직업적으로 장기간 군복무를 수행함에 따라 상당수 군인들이 사격훈련에 참여하여 상시적으로 충격소음에 노출되어 제대 후에 이명이나 소음성 난청 및 청력손상 등에 영향을 미친다. 고소음에 노출된 군인이 소음에 덜 노출된 군인보다 더 큰 청력손실을 보였다는 연구가 있으며, 음향외상의 발생이 화기 거리와 밀접한 관련이 있다는 연구결과가 있다. 이런 연구는 군인의 청력손실이 충격소음의 노출수준과 용량-반응관계에 있음을 보여준다[4,5].

* Corresponding author: Jae Bum Park (jbpark@ajou.ac.kr, 031-880-5295)

Department of Occupational and Environmental Medicine, Ajou University, School of Medicine, San 5, Woncheon-dong, Yeongtong-gu, Suwon 443-721, South Korea

2010 년 국가인권위원회에서는 퇴역군인에게 이명환자가 많이 발생하여 이에 적절한 대책을 요구하고 있는 실정이며 이런 사회적 이슈는 여러 가지 법적인 문제로 까지 확산될 수 있어 소총 사격 시에 발생하는 소음수준을 평가하여 저감시킬 수 있는 관리적 방안에 대한 연구가 필요하다.

국내에서는 사업장 및 일발환경에서 발생하는 소음이 근로자와 일반인에 미치는 청력손실에 대한 연구 및 군부대 주변 환경에서 발생하는 소음에 대한 연구[6,7]는 있으나 우리나라 군대 포 사격훈련장 현지에서 발생하는 소음노출에 대한 충격소음 연구는 없다.

본 연구의 목적은 포 사격훈련장 훈련병에서 발생하는 소음 수준 및 특징과 고소음에 대한 안전한 관리방안을 제시하는 것이다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2012 년 11 월 국내에 소재한 육군 포 사격훈련장을 1 개소를 방문하여 포 사격훈련병을 대상으로 각 위치별 소음평가를 실시하였다. 105mm 견인 곡사포를 발포하여 훈련을 실시하였고, 사격 훈련병의 위치는 Fig. 1 과 같이 P1-P8 구분하여 평가하였다. 이는 화포 주변으로 모두 고소음이 발생할 것이라는 주관적인 생각을 객관적인 측정을 통해 정확한 수치로 평가하기 위해서이다. 또한 군대 소음노출 관리대책을 제안하기 위해서 현재 군대의 청력검사제도의 문제와 청력보호구의 효율적인 활용방안을 고찰하였다.

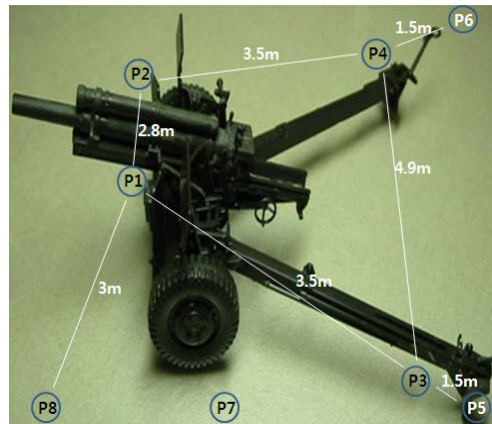
2. 측정 및 분석방법

1) 소음 측정

군대에서 훈련 중 노출될 수 있는 소음측정대상 장소에서 사용한 소음측정 장비는 고소음의 충격소음 측정이 가능한 Microphone (QE4110) 을 장착한 3M Quest SoundPro™ 소음계를 사용하였고, 사용 전에는 보정기를 이용하여 보정하였다. 측정위치는 훈련병의 경우 인체에 직접적으로 영향을 받는 청력범위 양쪽 귀를 중심으로 반경 30cm 이내에서 소음계로 소음측정을 실시하였다. 포 사격훈련장에서는 동시사격과

단독사격 상황을 구분하여 평가하였고 훈련병의 오른쪽과 왼쪽 귀 위치에서도 평가하였다. 평가 후 자료는 해당기기의 소프트웨어를 사용하여 자료를 받았고, 측정치가 충격소음의 노출특성을 나타내었으므로 최대 소음수준 (Max)과 순간 최대 소음수준 (Peak)을 결과표에 나타내었고 A 가중치(dB(A))을 적용하였다. Peak 소음은 충격소음이 발생할 때 1 초 동안 발생한 peak 값 중에서 가장 수치가 높게 나타난 값이고, Max 소음은 1 초 동안 발생한 peak 값의 평균을 나타낸 값이다. A 가중치는 실제 훈련병이 노출되는 소음의 수준을 파악하기 위해 적용하였다.

Fig. 1. Positions of soldier by locations.



2) 통계분석

평가자료에 대한 분석은 측정 위치에 따른 노출 수준과 통계적 유의성을 파악하기 위해 기술통계와 분산분석을 실시하였고, 측정위치와 충격소음 발생형태에 따른 유의성을 파악하기 위해 Wilcoxon signed-rank test 를 실시하였다. 통계패키지는 SPSS 17 Version 을 사용하여 분석하였다.

결과

Table 1 과 Table 2 는 A 포 사격훈련장에서 발생하는 충격소음을 측정 위치와 측정 위치에 따른 충격소음을 단일 사격, 동시사격, 오른쪽 귀 위치와 왼쪽 귀 위치로 각각 구분하여

소음노출 분포를 나타낸 것이다. 측정 위치는 P1-P2, P3-P4, P5-P6, P7-P8 로 짝을 지어 구분하였다(Table 1). 이는 훈련병들이 화포를 중심으로 양쪽 대칭으로 배치되어 동일 소음수준으로 가정하였기 때문이다. 소음노출 수준 측정결과 측정 위치간에 모두 유의한 결과를 나타내었다 ($P < 0.001$). 가장 높게 나타난 충격소음 위치는 발포 위치에서 직접적으로 취급하는 훈련병 (P1, P2)으로 Peak 값이 159.5 dB(A)로 나타났고 Max 값은 144.8 dB(A)로 나타났다. 여기서, peak 값은 노출된 충격소음 중에서 가장 높은 값으로, 노출된 peak 값들을 평균으로

나타낸 Max 값보다는 높은 수치이다. 포 뒤쪽에 위치한 병사의 소음수준은 다른 위치에 비해서 Peak 값과 Max 값이 각각 156.8 dB(A), 138.4 dB(A)로 화포와 가까이 위치한 병사의 소음수준 보다는 약간 낮은 수준을 나타내었다. 단일사격과 동시사격 측정위치간에는 통계적으로 유의한 차이 없이 모두 Peak 값이 159 dB(A)의 고소음 수준으로 나타났고 ($P > 0.05$), 오른쪽 귀와 왼쪽 귀 위치간에도 유의한 차이는 나타나지 않아 ($P > 0.05$) Peak 값과 Max 값은 귀의 위치에 따른 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

Table 1. Impulse noise exposure level by sampling locations

Sampling location	N	Mean \pm SD (Range)		P
		Peak (dB(A))	Max (dB(A))	
P1, P2	6	159.5 \pm 0.46 (159.2-160.0)	144.8 \pm 0.38 (144.4-145.1)	< 0.001
P3, P4	4	158.3 \pm 0.57 (157.9-158.7)	142.9 \pm 0.49 (142.5-143.5)	
P5, P6	6	156.8 \pm 0.67 (156.2-157.5)	138.4 \pm 3.21 (135.0-141.4)	
P7, P8	8	158.5 \pm 0.39 (157.9-158.6)	143.8 \pm 0.51 (143.0-144.1)	

N; Number of sample

Table 2. Impulse noise exposure level by single shoot, multiple shoot, right ear, and left ear side

Sampling location	N	Mean \pm SD (Range)		P
		Peak (dB(A))	Max (dB(A))	
Single shoot at P1,P2	4	159.5 \pm 0.05 (159.4-159.5)	145.9 \pm 0.42 (145.3-146.3)	> 0.05
Multiple shoot	4	159.7 \pm 0.22 (159.5-160.0)	146.2 \pm 0.97 (145.2-147.4)	

at P1,P2

Right side of ear at P1,P2	4	159.5 ± 0.10 (159.4-159.6)	146.1 ± 0.93 (145.2-147.4)
Left side of ear at P1,P2	4	159.6 ± 0.25 (159.5-160.0)	146.0 ± 0.59 (145.3-146.6)

N; Number of sample

토의 및 제안

1. 동시사격으로 충격소음 횟수 저감

단발사격과 동시사격에서는 통계적으로 유의한 수준의 소음의 차이가 나타나지 않았는데, 이는 단발사격이든 동시사격이든 합성소음도($L = 10\log(10^{L1/10} + 10^{L2/10} + \dots + 10^{Ln/10})$)에 따른 것으로 사료되었다. 그렇기 때문에 포 사격 훈련 시에는 단발사격으로 충격소음 횟수를 늘려 병사들에게 소음 노출빈도를 높이는 것 보다는 동시사격을 통해 충격소음 횟수를 줄이는 방법이 좋을 것으로 판단되었다. 이러한 제안은 실제 훈련 시에 적용이 되어 동시사격으로 훈련이 진행이 되었다. 이는 사격훈련을 지휘 통제하는 간부들의 인식의 문제가 큰 것으로 사료되어 간

부들에 대한 소음에 대한 안전교육이 중요한 부분인 것으로 사료되었다.

충격소음에 대한 OSHA, DoD Standard 및 고용노동부의 노출기준은 모두 140 dB (peak) 미만으로 제한하고 있다 (Table 3). ACGIH 는 충격소음을 포함하여 연속 및 간헐적인 소음도 140 dB C-weighted peak 를 초과해서는 안되며, OSHA 와 DoD Instruction 은 충격소음에 대해 140 dB (peak) 음압수준에 노출되어서는 안된다. 반면, 고용노동부는 노출기준을 140dB(A) 음압수준에 100 회 이상 노출되어서는 안되는 것으로 기준을 설정하였다[10-13].

Table 3. Impulse noise standards.

Organizations	Criteria of Impulse noise
OSHA ^a	140 dB (peak)
ACGIH ^b	140 dB (peak)
DoD Instruction ^c	140 dB (peak)
MEL ^d	140 dB (A)

^a: Occupational Safety and Health Administration, ^b: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ^c:Department of Defense Instruction in US, ^d: Ministry of Employment and Labor in Korea

2. 청력검사 체도의 개선

군에서 충격소음 노출에 대한 적절한 관리는 청력장애를 예방하는 데 중요하다. 우리나라 군대는 입대하기 전에 신체검사를 통해 처음 청력검사를 실시한 이후 상병으로 진급하였을 때 한번 실시하는 것으로 규정되어있다. 문제는 이 두 번의 청력검사에 대한 개인의 기록이 관리가

되지 않아 전후 결과를 비교할 수 없다는 것이다. 또한 상병으로 진급하였을 때 실시하는 청력검사는 간이 청력검사기를 사용하므로 결과의 신뢰성이 떨어질 수 있다. 그러므로 이에 대한 대안으로 군대에 입대하는 군인의 최초 청력검사와 최후 청력검사 결과를 비교하여 평가할 수 있도록 기록보관을 하는 것이 중요할 것이다. 청력검사 공간과 장비의 적절성도 고려하는 것

이 군인의 청력손실의 예방과 청력장애의 발견에 중요한 역할을 할 것이다. 군대에서의 소음노출은 군 복무 기간 또는 근무 기간 동안만의 문제가 아니라 이후에 취업을 통해 사업장에서 소음노출에 대한 청력관리 측면에서도 문제를 제기할 수 있다는 점에서 소음노출에 따른 조기 진단 및 예방이 이루어져야 할 것이다.

3. 청력보호구의 효율적 활용

군에서 소음 노출원은 매우 다양하며, 귀마개와 귀덮개 등의 청력보호구를 제외하고는 고소음 노출수준을 저감하기가 매우 어려운 실정이다. 또한 청력보호구를 착용했을 때 발생하는 문제는 상급자로부터 의사소통의 어려움, 귀덮개를 착용했을 때 철모로 인한 착용의 불편함 및 청력보호구의 소음 감쇠치가 실험실 측정치보다 적어 실제적인 사용에서 보호 정도가 크지 못하다는 단점이 있다[9].

우리나라 군대 사격훈련장에서 발생하는 소음의 수준은 일반 산업장에서 발생하는 소음의 수준과는 다르게 연속음이 아닌 고소음의 충격소음 형태이다. 이런 충격소음에 대한 노출은 고막천공 등의 중이 및 내이손상 및 급성 음향외상을 일으킨다 [2,3].

본 연구에서는 최대한의 충격소음 노출수준을 반영하기 위해 peak 값을 중심으로 해석하였다. 측정위치에 따른 포 사격 시의 소음노출수준 (Table 1)은 모두 150 dB(A) 이상의 고소음에 노출되고 있었다. 그 중에서도 발포 위치에 가장 가까이 위치한 병사 (P1, P2)에서 Peak 값이 159.6 dB(A)로 가장 높게 나타났는데 이는 발포 위치와 가장 근접한 곳에 위치해 있기 때문인 것으로 판단 되었으며, 이에 대해 포 사격 시에는 반드시 귀마개와 귀덮개를 이중으로 착용할 필요가 있으며 위치에 따른 교대가 이루어져 포 사격이 실시 되어야 할 것으로 사료되었다. 청력보호구의 효과는 착용 방법과 지속적인 착용시간에 따라 그 차이가 크다. 이전 연구[14]의 귀마개 밀착 검사 결과, 처음부터 처음부터 우수한 군인은 30 dB 정도 차음되지만, 그 외의 사람들은 22 dB 만 차음되는 것을 알 수 있었다.

제한점

본 연구는 한 사격장에서 화포 1기 주변에서 1회씩만 측정하였기 때문에 전체 군대 소음수준을 일반화 시키는데 무리가 있지만 군대 포사격장이라는 특수환경에서 소음노출 수준을 평가했다는 점에서 희소성 있는 자료로 제공될 수 있다.

결론

본 연구는 군대 포 사격훈련장 훈련병에서 발생하는 소음수준과 특징을 평가한 연구로 가장 높게 나타난 충격소음은 Peak 값과 Max 값이 각각 159.5 dB(A)과 144.8 dB(A)로 발포 위치에서 직접적으로 취급하는 훈련병 (P1, P2)에서 나타났고, 화포 주위 측정 위치간에도 유의한 결과를 나타내었다 ($P < 0.001$). 반면, 단일사격과 동시사격 측정위치 및 양쪽 귀 부위 간에는 유의한 차이 없었다($P > 0.05$). 관리대책으로는 충격소음 헷수를 제한을 통한 충격소음 발생을 저감하는 방법과 올바르게 효율적인 청력보호구 착용방안이 있다.

이해의 상충

본 연구는 이해의 상충이 없음.

감사의 글

이 논문은 2012년도 국방부 연구사업 지원을 받아 수행된 것(No.2012-UMM1014)으로 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Keim RJ. Impulse Noise and Neurosensory Hearing Loss: Relationship to Small Arms Fire. *California Medicine* 1970;113:16-19
2. Phillips YY, Zajtchuk JT. Blast Injuries of the Ear in Military Operation. *Ann Otol, Rhinol Laryngol Suppl.* 1989 :1403-1404

3. Temmel AF, Kierner AC, Steurer M, Riedl S, Innitzer J. Hearing Loss and Tinnitus in Acute Acoustic Trauma. *Wien Klin Wochenschr.* 1999;18:161-165
4. Henselman LW, Henderson D, Shadoan J, Subramaniam M, Saunders S, Ohlin D. Effects of Noise Exposure, Race, and Years of Service on Hearing in U.S. Army Soldiers. *Ear and Hearing.* 1995;16:382-391
5. Savolainen S, Lehtomaki KM. Impulse Noise and Acute Acoustic Trauma in Finnish Conscripts: Number of Shots Fired and Safe Distances. *Scand Audiol.* 1997;26:122-126
6. Kim JS. A Study on Subjective Noise Evaluation of Residential Area on Aircraft Noise Near Airport: Case Study on Teagu Airport. *Kor Soc Noi Vibr Eng* 2000;10:41-48
7. Kang DJ, Kim JM, Park JC. Road Traffic Noise Status and Prediction. *Kor Soc Noi Vibr Eng* 2004;14:1015-1020.
8. Ahn MS, Kim JD, Hwang SJ. A Case Study to Minimize Effect of Blasting Vibration and Noise on Animal Casualties. *Kor Soc Noi Vibr Eng* 2001;11:104-110
9. Kim KS. Noise and Hearing. Korea Academic Information, Gyeong-Gi. 2013.
10. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Occupational Noise Exposure: Hearing Conservation Amendment. federal register 46. Washington DC, 1981
11. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for Chemical Substances. Cincinnati Ohio, 2012.
12. Department of Defense Instruction. Hearing Conservation Program, 2010.
13. Ministry of Employment and Labor. Threshold Limit Values of Chemical and Physical Substances. 2010.
14. Hwang SH, Park JB. The Research of Safety Effects by using a Hearing Protection(Ear Plug) in the Military. *J Kor Soci Saf* 2013;27:103-106