

소총 소음에 의한 음향외상의 임상양상

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실,¹ 국군수도병원 이비인후과²
문인석¹ · 최현승² · 김현수¹ · 김진¹ · 이원상¹

Clinical Characteristics of Acoustic Trauma Caused by Rifle Gunshot Noise

In Seok Moon, MD¹, Hyun Seung Choi, MD², Hyunsu Kim, MD¹, Jin Kim, MD¹ and Won-Sang Lee, MD, PhD¹

¹Department of Otolaryngology-Head & Neck Surgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul; and

²Department of Otorhinolaryngology, Armed Forces Capital Hospital, Seongnam, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : One of the major occupational hazards of working in the military service is being subjected to intense impulse noise, hence acoustic trauma. Acute acoustic trauma is a preventable disease, but the effective treatment modality has not been established yet. Acute acoustic traumas caused by exposure to rifle gunshot noise are common in young Korean males in the military service because of conscription policy. Through the analysis of the clinical presentation of acoustic traumas caused by rifle gunshot noise, we suggest effective preventive modalities. **Subjects and Method** : 165 soldiers who had otologic symptoms after performing regular rifle gunshot exercise without any hearing protective measures were analyzed. They all had been tested with K2 rifle. History taking, physical examination, pure-tone audiometry, and impedance audiometry, temporal MRI, and Newmann's tinnitus inventory questionnaire survey were performed. **Results** : Most common and annoying symptom was tinnitus. The average outcome of postexposure air conduction thresholds were 22.3dB HL in the affected ear and 11.8dB HL in the unaffected ear. There was no correlation between severity of tinnitus and severity of hearing loss. Asymmetry of hearing loss related to head position during gunshot was not found. This may be due to the fact that during the mass gunshot training, each patient can be influenced by the gunshot noise of the adjacent gunner's shooting. **Conclusion** : Widening the distance between firing lanes and providing bilateral hearing protective devices against acoustic trauma must be taken into serious consideration. (Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2008;51:699-704)

KEY WORDS : Gunshot · Noise induced hearing loss · Ear protective devices · Military personnel.

서론

소음성 난청은 일시적 역치변동(temporary threshold shift, TTS), 영구적 역치변동(permanent threshold shift, PTS), 음향외상(acoustic trauma) 등의 형태로 나타난다.^{1,2)} 급성 음향외상은 단기간 내 갑작스런 큰 소리에 노출된 후에 일어나며 감각 신경성 난청 및 이명의 형태로 나타난다고 알려져 있다.^{1,3)} 소총(rifle) 사격음과 같은 고음압의 충격성 소음은 음향외상을 유발하는 대표적인 소음의 형태로 일회성 노출만으로도 일시적 역치변동 없이 영구적인 청력손실을 초래할 수 있으며^{4,5)} 소총의 경우 전형적으로 두부음영 효과(head shadow effect)에 의해 편측성 또는 오른손잡

이인 경우 왼쪽 귀의 청력손실이 큰 비대칭적 청력손실을 일으키는 것으로 알려져 있다.^{6,7)}

음향외상은 현재까지 효과적인 치료가 확립되어 있지 않으나 예방이 가능한 질환으로 청력보호구등을 사용하여 사전에 예방하는 것이 중요하고 조기에 발견하여 적절한 조치를 하는 것이 필요하다.⁷⁻⁹⁾ 국내에는 많은 젊은 남성들이 병역 중 총기 소음에 의한 음향외상의 위험에 노출되어 있으나 그 임상양상에 대해서 보고가 제대로 이루어진 바가 없다. 본 연구에서는 총기 소음에 의해 급성음향외상이 발생한 환자 165명의 임상양상을 분석하고 이에 근거하여 급성음향외상 예방대책을 제시하고자 하였다.

대상 및 방법

2006년 7월 1일부터 2007년 4월 30일까지 K2 소총 사격 후 갑자기 발생한 난청 또는 이명을 주소로 국군수도

논문접수일 : 2007년 11월 6일 / 심사완료일 : 2008년 6월 9일
교신저자 : 이원상, 120-752 서울 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실
전화 : (02) 2228-3606 · 전송 : (02) 393-0580
E-mail : wsleemd@yuhs.ac

병원에 내원한 228명의 환자를 대상으로 문진, 이학적 검사, 순음청력검사, 임피던스 청력검사, 측두 자기공명영상 촬영 및 이명 설문조사 등을 시행하였다. 이 결과에 따라 전신질환이나 이과적 질환의 과거력이 있는 경우, 다른 음향외상의 과거력이 있는 경우, 사격과의 연관성을 찾을 수 없는 경우, 전음성 난청이 있는 경우, 청신경 종양이 있는 경우, 타병원에서 이전에 약물치료를 받은 경우를 제외한 165명의 환자를 대상으로 임상양상을 분석하였다. 모든 환자는 K2 소총으로 20발의 실제 사격을 실시하였고 청력보 호구를 착용하지 않은 상태로 사격을 하였다. 환자가 주관적으로 난청 또는 이명증상을 호소하는 귀를 환측귀(affected ear), 증상을 호소하지 않는 귀를 건측귀(unaffected ear)라 정의하였고 양측 모두 증상을 호소하는 경우는 양측 모두를 환측귀로 정의하였다.

사격시 두부 회전에 의해 총구에 가까워진 쪽의 귀를 우세수지의 대측귀(contralateral ear, near ear), 총구에서 멀어진 쪽을 우세수지의 동측귀(ipsilateral ear, far ear)라 정의하였고(Fig. 1), 대측귀와 동측귀의 주관적 증상 발현의 정도 차이를 알아보았다.

순음청력검사는 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 8.0 kHz에서 혼합법을 사용하여 측정하였다. 난청 정도는 1995년 미국 이비인후과학회 기준(AAO-NHS standard, 1995)을 따라서 6분법으로 계산하였고 환측귀와 건측귀의 청력을 비교하였다(Independent two-samples t-test).

순음청력검사상 나타나는 청력형태를 Kang 등¹⁰⁾은 소음성 난청형의 분류에 따른 4가지 형태(type) 및 정상 청력의 5개의 군으로 분류하였다(Fig. 2).

Newmann 등¹¹⁾이 보고한 이명설문지(Tinnitus Questionnaire Inventory)를 이용하여 25개 항목에 대하여 각 항목별로 불편감이 없을 경우 0점, 항상 불편감이 있을 경우를 4점으로 점수를 구하여 0점에서 100점까지 주관적인 이명점수를 계산하였다(Table 1). 이명을 호소하는 환자와 호소하지 않는 환자의 점수를 비교하였고(Wilcoxon signed rank test), 이명과 난청의 상관관계를 알아보기 위해 이명 점수와 환측 청력의 평균 역치간의 상관 분석하였다.

통계학적 분석은 Chi-square test, Student t-test, Wilcoxon signed rank test, Pearson's Correlation analysis 등을 이용하였고 양측검정에서 유의수준이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판정하였다.

결 과

환자의 연령은 19세에서 30세로 평균 20.8세였으며 모

두 남자였다. 오른손잡이가 155명, 왼손잡이가 10명이었다. 증상의 발현 후 병원 내원까지의 기간은 1일부터 310일까지로 평균 50.6일이었다. 청각증상으로는 이명이 155명으로 가장 많았고 난청, 이충만감 등의 순이었다. 청각증상 이외의 동반증상으로는 두통, 어지러움, 불면 등이 있었다(Table 2). 난청과 이명 모두를 호소하는 환자는 79명이었고 난청을 호소하지 않으나 이명만을 호소하는 환자는 76명이었다. 이명 없이 난청만을 호소하는 환자는 10명이었다.

편측의 음향외상은 우세한 수지와 대측이 65명, 동측이 54명이었고, 양측의 외상은 46명으로(Table 2) 우세수지의 대측과 동측의 증상의 발현율에는 통계학적으로 차이가 없었다($p=0.08$). 46명에서 증상이 양측성으로 발현되었으

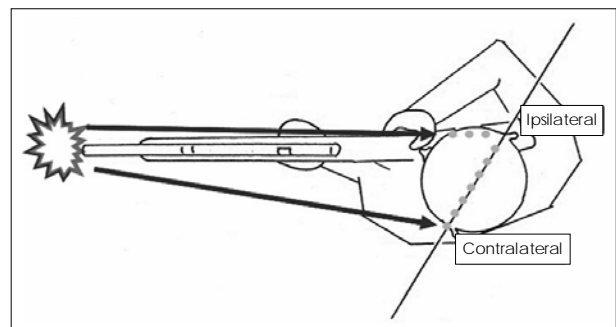


Fig. 1. Top view of proper position for firing a shoulder weapon. Note angulation of head causes changing noise exposure of ear to noise source. Sound pressure is weakened when it transmitted to the far ear due to head shadow effect.⁶⁾

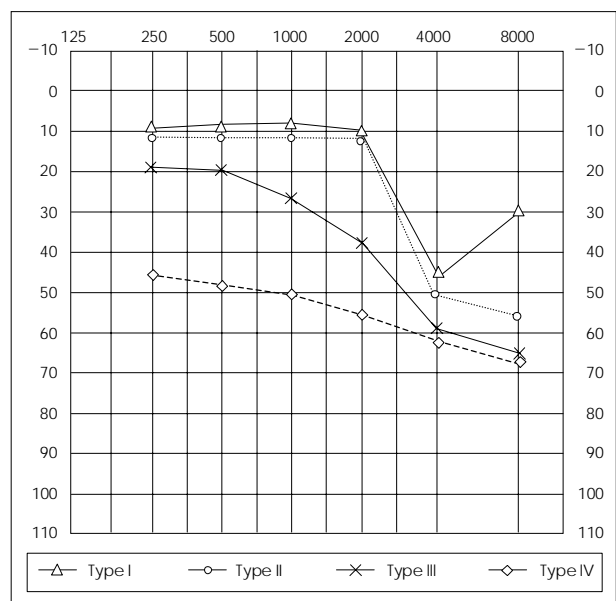


Fig. 2. Average hearing threshold at each frequency according to the audiometric types.¹⁰⁾ Type I : typical C5 dip hearing pattern, Type II : normal hearing in audible range, but abrupt decrease of hearing level on high frequencies, Type III : sloping from audible range and deeping on high frequencies, Type IV : decrease of hearing level on all frequencies.

Table 1. Questionnaire for tinnitus handicap inventory¹¹⁾

	4 : 아주 그렇다 2 : 가끔 그렇다 0 : 아니다
1. 이명으로 인하여 일에 대한 집중력이 떨어지니까?	
2. 이명으로 인하여 다른 사람과 대화하는 데 어려움이 있습니까?	
3. 이명으로 인하여 사물에 대한 착각이나 혼돈을 일으킨 적이 있습니까?	
4. 이명으로 인하여 수면장애가 있습니까?	
5. 이명으로 인하여 식사를 하거나 텔레비전 시청하는 데 장애가 있습니까?	
6. 이명으로 인하여 일상생활에 불편을 느끼십니까?	
7. 이명으로 인하여 직장이나 가정생활에 장애를 느끼십니까?	
8. 이명으로 인하여 초조해진 적이 있습니까?	
9. 이명으로 인하여 신문이나 책을 읽는 데 장애를 느끼십니까?	
10. 이명으로부터 다른 일로 관심을 돌리는 데 장애를 느끼십니까?	
11. 이명으로 인하여 종종 피곤함을 느끼십니까?	
12. 스트레스를 받으면 이명이 악화됩니까?	
13. 이명으로 인하여 화가 나는 적이 있습니까?	
14. 이명으로 인하여 타인에게 불편함을 호소합니까?	
15. 이명으로 인하여 좌절감을 느낀 적이 있습니까?	
16. 이명으로 인하여 당황하는 적이 있습니까?	
17. 이명으로 인하여 가족이나 친구 외의 관계에 스트레스를 받습니까?	
18. 이명으로 인하여 우울한 적이 있습니까?	
19. 이명으로 인하여 위기감을 느끼십니까?	
20. 이명으로 인하여 불안감을 느끼십니까?	
21. 이명으로 인하여 절망감을 느끼신 적 있습니까?	
22. 이명으로부터 벗어날 수 없다고 생각하십니까?	
23. 이명은 무서운 병이라고 생각하십니까?	
24. 이명은 조절할 수 없다고 느끼십니까?	
25. 이명을 극복할 수 없다고 느끼십니까?	

Table 2. Clinical characteristics of symptom. Proportion of patients's symptom and proportion of side of affected ear

	Number of patients	Percentage per total n
Presentation of symptom		
Tinnitus	155	93.9%
Hearing impairment	89	53.9%
Earfullness	81	49.1%
Headache	63	38.2%
Dizziness	48	29.1%
Insomnia	36	21.9%
Lateralization of symptom		
Contralateral	65	39.4%
Ipsilateral	54	32.7%
Bilateral	46	27.9%

므로 건측 119귀, 환측 211귀였다.

건측귀의 평균 순음청력역치는 11.8 dB HL로 주파수별 평균값에 차이가 없었다. 환측귀의 평균 순음청력역치는 22.3 dB HL로 건측귀에 비해 유의하게 큰 값을 보였고($p<0.001$) 주파수별 평균값은 고주파수로 갈수록 역치가 상승하는 하강형의 양상을 보여 8.0 kHz에서 가장 역치가 상승하였다

(Fig. 3A). 난청을 호소하는 군과 호소하지 않는 군을 나누어 분석할 경우 난청을 호소하는 군에서 환측귀와 건측귀의 차이가 더 뚜렷하였다(Fig. 3B). 환측귀의 순음청력검 사상 나타나는 청력형을 Kang 등¹⁰⁾은 소음성 난청형의 분류에 따른 4가지 형태 및 정상 청력의 5개의 군으로 분류하였는데(Fig. 2), 정상 청력이 39귀(18.5%), type 1이 46귀(21.8%), type 2가 85귀(40.3%), type 3가 39귀(18.5%), type 4가 2귀(0.9%)로 일반적인 소음성 난청에서 나타나는 type 1에 비해 type 2가 현저히 많았다($p<0.05$).

Newmann 등¹¹⁾이 보고한 이명설문지(Tinnitus Questionnaire Inventory)에 의한 평가에서 이명을 호소한 환자의 평균점수는 34.1점이었다. 이명을 호소하지 않은 환자의 평균점수는 16.8점으로 두 군 간에는 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 난청의 정도와 이명점수, 난청의 형태와 이명점수 사이에는 상관관계가 발견되지 않았다($p=0.197$).

고 찰

음향외상은 순간적인 폭발음에 의해 고막 또는 이소골 등

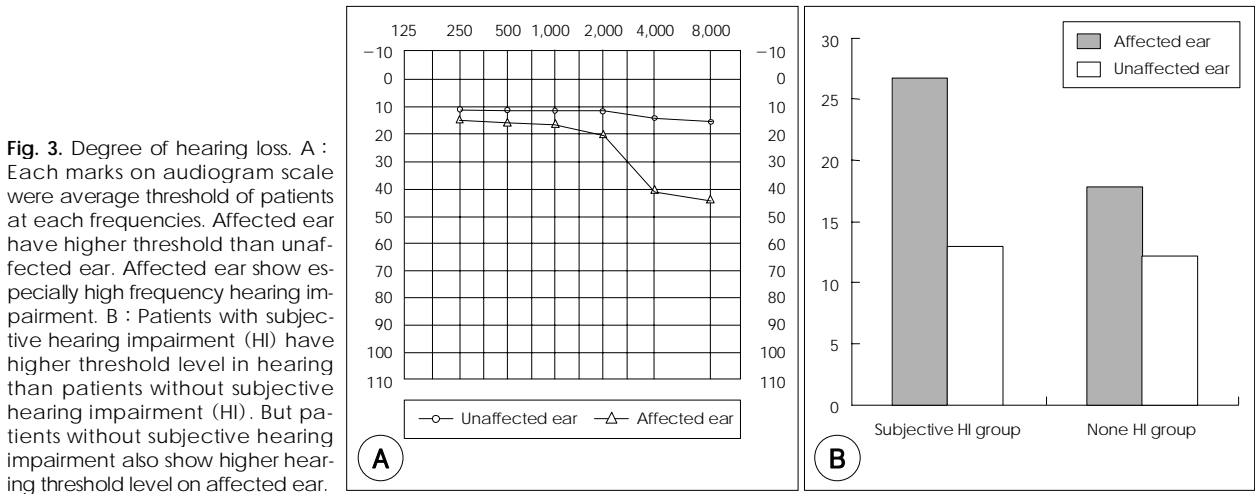


Table 3. Peak sound pressure level of K2 rifle (Sourced from Ref.⁴)

Directions from the muzzle	Distance form muzzle		
	50 cm	1 m	2 m
Front	161.2 dB	154.6 dB	152.7 dB
Lateral	155.8 dB	149.8 dB	146.0 dB
Gunner's ear	143.6 dB		

중이 구조와 난원창막, 정원창막 또는 corti기 등 내이 구조물이 기계적 손상을 받음으로써 초래된다고 알려져 왔으나¹²⁾ 현재는 외유모세포와 청신경섬유의 기능적 통합성이나 세포 내의 생화학적 변화가 세포 파괴 및 청력손실을 초래한다는 가설이 받아들여지고 있다.^{2,5,12)}

자각적 이명의 병태생리는 명확하지 않으나, 소음이나 두경부 외상으로 인해 와우내의 유모세포가 손상되어 반복적인 전기자극을 중추청각경로에 잘못 전달함으로써 소리가 나는 것으로 잘못 인지하는 것으로 생각된다.¹³⁾

급성 음향외상의 경우 대부분의 환자에서 초기증상으로 이명을 호소하므로^{1,3,7)} 본 연구에서는 사격과의 인과관계가 명확하면 주관적으로 이명만을 호소하는 경우도 진단기준에 포함하여 분석하였고 그 결과 음향외상 환자가 가진 증상 중에 이명이 가장 많은 것으로 분석되었다. 환자들의 환측귀 청력을 비교해보면 난청과 이명을 모두 호소하는 경우가 이명만을 호소하는 경우보다 청력역치가 유의하게 높았지만 이명만을 호소하는 경우에도 환측귀의 청력이 건측귀에 비해 감소한 결과를 보여주었는데 이는 난청이 있는 경우에도 환자가 주관적인 불편감을 느끼지 않을 수 있으며 환자의 주관적인 불편감은 난청에 비해 이명이 훨씬 심하다는 것을 유추해 볼 수 있다. 난청의 정도와 이명증상의 상관관계를 분석한 결과 난청의 정도와 이명의 정도의 상관관계는 없었다는 결과 역시 이명으로 인한 불편감을 난청

의 정도와 상관없이 호소할 수 있음을 뒷받침한다. 현재 이명증상만으로는 소음성 난청이나 음향외상을 판정하지 않으나 이처럼 음향외상을 받은 뒤 청력손실의 정도와 이명의 정도는 비례하지 않으며 환자가 가장 불편해하는 증상은 이명이므로 주관적인 이명증상도 음향외상을 진단하는데 있어서 반드시 고려해야 할 사항이며 또한 이명의 치료에 주의를 기울여야 한다.

두부음영효과란 한쪽 귀에 주어진 음이 반대쪽 귀에 도달할 때 머리가 소리 전달의 장벽이 되어 의해 소리의 크기가 감소되어 도달하는 것을 말한다.¹⁴⁾ 소총사격시에는 사격에 적합한 자세를 취하려면 고개를 돌려야만 하므로 오른손잡이의 경우에는 좌측 귀가 소음원이 되는 총구에 가깝게 놓이게 되어 총기 소음에 직접 노출이 되고 반면 우측 귀는 두부음영효과가 나타나므로^{6,7)} K2 소총의 주파수 특성을 고려할 때⁴⁾ 약 40 dB 정도 감소된 음이 전달된다(Fig. 1). 소총사격에 의한 음향외상은 이러한 두부음영효과에 의해서 편측성으로 발생하는 방향성이 있다고 알려져 있으나 본 연구에서는 편측성이 잘 나타나지 않았다. 후향적으로 병사들이 실제 사격을 시행한 사격장 6곳의 사로(firing lane) 사이의 거리를 측정한 결과 사로 사이의 거리는 2.4~3.5 m (평균 3 m)였다. Lee 등⁴⁾이 K2 소총에 대한 사격음을 근접 측정하여 보고한 결과 50 cm 거리에서의 측방소음이 155.8 dB이었고 이 소음은 거리가 두배가 될 때마다 약 5 dB 정도 감소하는 특징을 보였다(Table 3). 본 연구에서 소총사격시 음향외상의 발현에서 편측성이 나타나지 않은 것은 군내 실제 사격 훈련시 사로와 사로 사이가 충분히 넓지 않아서 옆 사격자의 총기 소음에 영향을 받았기 때문으로 사료된다(Fig. 4). 그러므로 실사격시 양측성 청력보호구의 착용과 사로와 사로 사이의 거리를 충분히 확보하거나 사로 사이에 방음벽을 설치하는 사격장의 환경 개선이

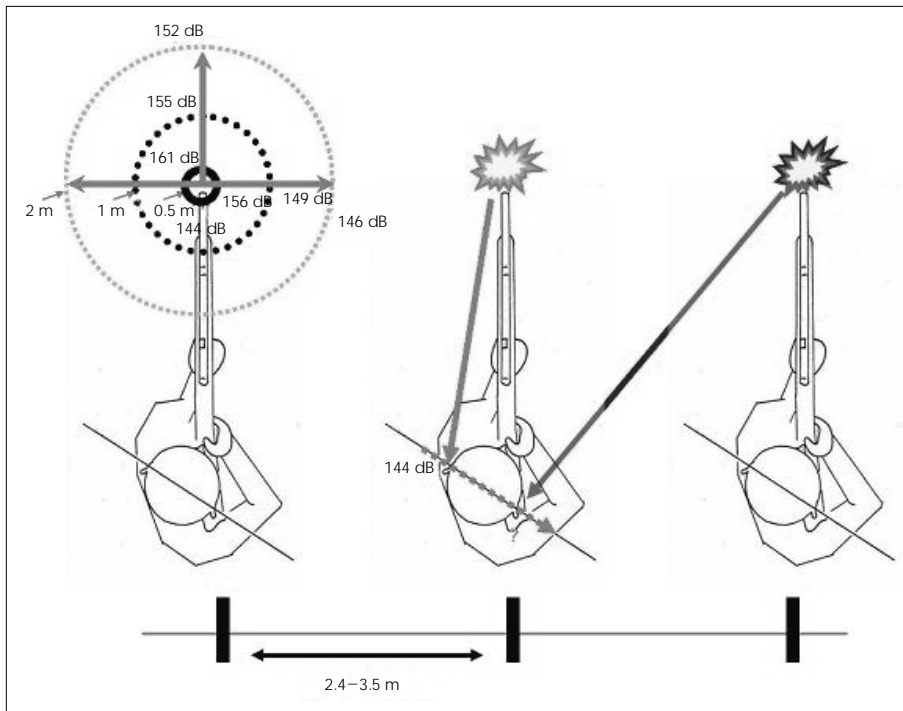


Fig. 4. Lateralization of symptom was not found. Considering the short distance between firing lanes and characteristics of K2 rifle noise, ipsilateral ear (far ear) can be affected by adjacent gunner's shooting noise.

필요하다.

일반적인 소음성 난청은 초기에 4.0 kHz에서 청력이 가장 많이 감소하기 시작하는 C5 dip 형태를 보이는 반면^{15,16)} 음향외상의 경우에는 회화 영역에서는 정상이나 고음역에서는 점차 하강하는 형태가 가장 많았다. 1,500 Hz 부근에서 최대값을 보이는 K2 소총의 주파수 특성을 고려해 볼 때⁴⁾ 음향외상의 원인이 되는 소음의 주파수와 난청의 주파수 사이에는 큰 연관성이 없는 것으로 사료되며 이는 일반적인 소음성 난청에서의 보고와 큰 차이가 없다.¹⁷⁾ 이러한 결과를 고려할 때 음향외상의 경우 외상의 원인이 되는 음향 특성의 주파수에 관계없이 고주파수 영역에서의 청력검사가 반드시 포함되어야 한다.

군 내 간이 신체검사에서 고주파수 영역의 청력측정이 생략되고 가청 영역의 청력측정만을 행하는 경우가 있는데 이러한 군대 내의 음향외상의 특성을 고려할 때 군대 내에서 더욱 고주파수 청력측정이 필요하며 또한 진단 및 치료에 평가의 기준 마련에도 고려되어야 할 것이다.

우리나라는 징병 제도를 채택하고 있으므로 많은 사람이 소총으로 인한 음향외상의 위험에 노출이 되어 있으나 단기간 복무자에 대한 청력관리가 소홀히 되고 있다. 군 입대시 참고청력(refrence audiogram)과 전역시 종료청력(terminal audiogram) 측정이 모두 필요하나 간과되어 극히 일부에서만 행해지고 있으며 이로 인해 음향외상이나 소음성 난청 또는 다른 문제가 발생한 경우에 환자의 청력에

대해 객관적으로 평가할 수 없는 문제가 있다. 본 연구에서도 극히 일부 환자만 입대시에 참고청력검사를 시행하였고 그로 인해 음향외상 발생 전과 후의 청력을 비교할 수 없어 청력역치의 변화 정도에 대해서는 건측귀와 환측귀의 청력역치를 비교할 수 밖에 없는 한계가 있었다.

소음성 난청, 특히 음향외상은 효과적인 치료가 없으나 예방이 가능한 질환이다.⁷⁻⁹⁾ 단순한 귀마개 착용만으로도 음향외상에서 청력을 보호할 수 있으나,¹⁸⁾ 현재 우리나라 군대에서는 사격시 개인 청력보호구의 착용 및 예방교육 활동이 미흡한 실정이다.⁷⁾ 또한 본 논문의 연구결과 우리나라 군인에서 소총사격으로 인해 발생하는 음향외상은 기존에 알려져 있는 소음성 난청이나 음향외상에 대한 연구와는 다른 특성을 가지므로 양측성 귀마개 착용, 사격장 환경 개선 등의 군 환경 개선 및 군 입대시와 체대시의 청력측정, 고주파수 청력측정, 이명에 대한 추가적인 치료 등의 학적인 고려가 동반되어야 할 것이다.

결 론

군 내 소총사격 훈련시 발생하는 음향외상은 기존의 보고와는 다른 특성을 가지므로 이를 예방하기 위해 고주파수 청력측정, 사격 훈련시 양측성 청력보호구의 착용, 사격장 환경 개선, 이명에 대한 진단기준 마련 및 추가적인 치료 등이 필요하다.

중심 단어 : 사격 · 음향외상 · 청력보호장구 · 군인.

REFERENCES

- 1) Nottet JB, Moulin A, Brossard N, Suc B, Job A. *Otoacoustic emissions and persistent tinnitus after acute acoustic trauma. Laryngoscope* 2006;116 (6):970-5.
- 2) Kim HJ. *Noise induced hearing loss. In: Kim JS, editor. Otorhinolaryngology Head and Neck surgery. Seoul: Ilchokak Publishers;2002. p.691-7.*
- 3) Mrena R, Savolainen S, Pirvola U, Ylikoski J. *Characteristics of acute acoustical trauma in the finnish defense forces. Int J Audiol* 2004; 43 (3):177-81.
- 4) Lee ST, Lee Y. *The measurement of firing noise of K2 rifle at close distance. Journal of KSNVE* 2004;14 (11):1123-8.
- 5) Dobie RA. *Noise induced hearing loss. In: Bailey BJ, Kohut RI, Vrabec JT, editor. Head and Neck Surgery-Otolaryngology. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers; 1998. p.2153-63.*
- 6) Keim RJ. *Sensorineural hearing loss associated with firearms. Arch Otolaryngol* 1969;90 (5):581-4.
- 7) Moon IS. *Noise-induced hearing loss caused by gunshot in South Korean Military service. Mil Med* 2007;172 (4):421-5.
- 8) Demaertraere L, Van Opstal M. *Treatment of acoustic trauma with hyperbaric oxygen. Acta Otorhinolaryngol Belg* 1981;35 (3-4):303-14.
- 9) Cakir BO, Ercan I, Civelek S, Korpinar S, Savas A, Gedik O, et al. *Negative effect of immediate hyperbaric oxygen therapy in acute trauma. Otol Neurotol* 2006;27 (4):478-83.
- 10) Kang SH, Song KT, Hong BK, Lee SJ, Kim KI, Koh KY. *An epidemiologic & audiometric study of noise-induced hearing loss in subway workers. Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 1998;41 (10): 1248-53.
- 11) Newman CW, Wharton JA, Jacobson GP. *Retest stability of the tinnitus handicap questionnaire. Ann Otol Rhinol Laryngol* 1995;104 (9 Pt 1):718-23.
- 12) Lim DJ. *Functional structure of the organ of corti: A review. Hearing Res* 1986;22:117-46.
- 13) Schleuning AJ Jr. *Tinnitus. In: Bailey BJ, Kohut RI, Vrabec JT, editors. Head and Neck Surgery-Otolaryngology. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers;1998. p.2199-206.*
- 14) Anold S, Bukard R. *Studies of interaural attenuation to investigate the validity of a dichotic difference tone response recorded from the inferior colliculus in the chinchilla. J Acoust Soc Am* 2000;107 (3): 1541-7.
- 15) Johnsson LG, Hawkins JE. *Degeneration patterns in human ears exposed to noise. Ann Otol Rhinol Laryngol* 1976;85 (6 Pt 1):725-39.
- 16) Daniel E. *Noise and hearing loss: A review. J Sch Health* 2007;77 (5): 225-31.
- 17) Jeon J, Chon KM, Goh EK, Lee IW, Cho KS, Ahn JH. *Frequencies of tinnitus and noise of the factory in noise-induced hearing loss. Korean J Otolaryngol- Head Neck Surg* 2005;48 (2):142-5.
- 18) Carter NL. *Effectiveness of foam earplug hearing protection for artillerymen firing L118/119 105 mm howitzers. Mil Med* 1989;154 (9): 473-6.