

# A Study on the Effectiveness of Treatment of Acoustic Trauma Caused by Gunshot Noise

Hye Won Jung, Ho Il Lee, Jong Yang Kim, Joon Bum Joo and Ju Eun Cho

Department of Otolaryngology, National Police Hospital, Seoul, Korea

## 사격에 의한 음향외상의 치료 효과에 관한 연구

정혜원 · 이호일 · 김종양 · 주준범 · 조주은

경찰병원 이비인후과

**Received** June 27, 2010  
**Revised** August 25, 2010  
**Accepted** August 26, 2010  
**Address for correspondence**  
Ju Eun Cho, MD  
Department of Otolaryngology,  
National Police Hospital,  
123 Jangjido-gil, Songpa-gu,  
Seoul 138-708, Korea  
**Tel** +82-2-3400-1274  
**Fax** +82-2-400-0287  
**E-mail** jechoent@nph.go.kr

**Background and Objectives** The effectiveness of many treatment regimens on acoustic trauma has been debated, but there is no established treatment yet. The purpose of this study was to evaluate the efficacy of steroid treatment in acoustic trauma caused by rifles and to find a critical time limit for the treatment to be effective.

**Subjects and Method** A retrospective review was conducted for 86 conscripted policemen (97 ears) who suffered acoustic trauma after rifle exercise. Pure tone audiograms were compared before and after treatment at 0.5, 1 and 2 kHz (speech-frequency pure tone average, speech-PTA) and at 4, 6 and 8 kHz (high tone pure tone average, high-PTA). Treatment consisted of drugs (steroid, ascorbic acid, ginkgo biloba, dextran) and carbogen therapy. The patients who came to the hospital after the first 14 days following injury were grouped as control. Hearing outcomes of patients treated within 3 days and within 7 days were compared to the control. Pre-and post-treatment hearing was compared according to the elapsed time before treatment.

**Results** Hearing outcomes of patients who received treatment within 3 days of acoustic trauma was better than the control group. Speech-frequency did not show any difference. Treatment within 7 days showed no statistical difference compared to the control. Hearing gain was better when treated within 7 days, especially if it was within 3 days. Speech-frequency showed significant spontaneous recovery within 3 days.

**Conclusion** Our data showed a possible effectiveness of treatment of acoustic trauma on the recovery of high frequency hearing when started within 3 days. Speech-frequency seems to recover spontaneously within 3 days.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2010;53:609-14

**Key Words** Acoustic trauma · Gunshot · Noise-induced hearing loss.

## 서 론

음향외상은 폭발음과 같은 강력한 음에 단기간 노출된 후 일어나며 돌발성 감각신경성 난청으로 나타난다. 이는 순간적인 폭발음의 음압이 고막 또는 이소골 등의 중이 구조나 난원창막, 정원창막, 또는 Corti기의 내이 구조물에 기계적 손상을 초래함으로써 발생한다. 청각기관에 손상을 일으킬 가능성은 소음의 크기가 140 dB SPL보다 커질

때 급격히 증가한다고 알려져 있다.<sup>1)</sup>

사격으로 인한 급성 음향외상은 의무 병역제를 채택하고 있는 우리나라에서 매우 빈번히 발생하는 질환이다. 군대에서 사격 훈련 시 사용하는 소총 소음은 사격자의 귀에서 측정 시 약 132~165 dB SPL의 음향에너지에 갖고 있어 보호장비를 하지 않은 귀에는 매우 심각한 손상을 일으킬 수 있다.<sup>2)</sup>

그러나 음향외상에 대한 치료는 아직 입증된 치료방법이 없어, 일반적으로 돌발성난청의 치료법으로 치료를 하고 있

는 실정이다. 또한, 자연회복률이 25~68% 정도라고 알려져 있어,<sup>3)</sup> 음향외상 후 청력의 회복 중 어느 정도가 자연회복에 의한 것이고 어느 정도가 치료의 효과인지 알 수 없는 점이 치료를 적극적으로 시행하지 않는 이유가 되기도 한다.

이번 연구에서는 사격 훈련 이후 발생한 급성 음향외상의 치료 전후의 청력을 분석하고, 본원에서 시행하고 있는 치료가 유의한 효과가 있었는지 알아보고자 하였다. 또 치료 시작 시기에 따른 청력 회복의 차이가 있는지 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

2004년 5월부터 2009년 10월까지 사격 훈련 이후에 발생한 음향외상으로 본원에서 입원 치료를 받았던 91명의 전·의경 환자들의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 그 중 이전의 청력이상이 의심되는 경우, 사격 이외의 요인이 관련되었을 가능성이 있는 경우, 타 병원에서 약물치료를 받은 후 내원한 경우를 제외한 86명을 대상으로 연구를 시행하였다. 청력이상이나 이명을 호소하고, 단 한 주파수에서라도 25 dBHL보다 높은 역치를 보일 경우 음향외상으로 판단하였다. 증상이 없었던 귀는 건측으로 정의하였다. 양측성인 경우에 양쪽을 각각 독립적인 음향외상으로 간주하였다.

환자들은 모두 이과적 이학적 검사와 순음청력검사를 시행 받았다. 순음청력검사는 5 dB-step method로 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 kHz에서의 역치를 측정하였고, 일부 환자들에서는 3 kHz에 대해서도 측정하였다. 각 주파수 별로 치료 전후의 역치의 평균을 구하여 치료 전후에 차이가 있는지 분석하였다. 또 회화음역(0.5-1-2 kHz)의 산술평균(speech-frequency pure tone average, speech-PTA)과 고음역(4-6-8 kHz)의 산술평균(high tone pure tone average, high-PTA)을 각각 구하여 비교, 분석하였다. 모든 주파수의 역치가 25 dBHL 이하일 때를 정상청력으로 정의하였다. 모든 환자들은 스테로이드(prednisolone 60 mg을 5일간 경구 투여 후 5일에 걸쳐서 감량), carbogen therapy, ascorbic acid, ginkgo biloba, dextran을 투여 받았고, 순음청력검사를 2일마다 시행하였다. 초진 시 초기청력을 치료 전 청력으로 하였고, 마지막 내원 시의 청력을 치료 후 청력으로 하였다. 음향외상 후 15일 이상 경과한 후 처음 내원하였던 환자들을 대조군으로 삼아서, 대조군의 초기 내원 시 청력과 3일 이내 치료군, 7일 이내 치료군의 치료 후 청력을 각각 비교하여 치료의 유효성을 알아보고자 하였다. 추가로, 음향외상 후 치료 시작

시까지 경과한 시간과 청력 회복의 관련성을 알아보기 위해 치료 개시일이 음향외상 후 3일 이내, 4~7일, 8일 이후인 군으로 분류하여 치료 전후 청력을 비교하였다.

통계학적 분석은 SPSS 17.0 for Windows 프로그램을 이용하였고 independent samples t-test, paired t-test, Mann-Whitney test, Kruskal-Wallis test 등을 이용하였다.

## 결 과

대상 환자는 86명이었고, 모두 남성이었으며, 평균 연령은 22세였다(S.D 1.9세). 일측성이 75명(우측 31귀, 좌측 44귀), 양측성이 11명으로, 97귀의 음향외상에 대해 분석을 하였다. 일측성이었던 75명의 건측 75귀의 청력에 대해서도 치료 전후를 비교하였다. 증상 발현 후 치료 시작까지의 기간은 1일부터 31일이었고, 평균 7.3일이었다(S.D 5.7일). 최종 내원 시기는 음향외상 후 10~525일로, 평균 78일이었다. 초진시 이학적 검사상 95귀는 정상 고막 소견이었고, 2귀는 경한 발적 소견을 보였으며, 고막천공을 보인 예는 없었다.

회화음역이 이환된 경우는 35귀(36%)였고, 고음역이 이환된 경우는 96귀(99%)였으며, 회화음역이 이환된 경우는 1귀를 제외하고는 모두 고음역도 함께 이환되었다(Table 1). 치료 후 청력이 정상화된 경우는 23귀(23.7%)였다.

### 환측과 건측의 치료 전후 청력

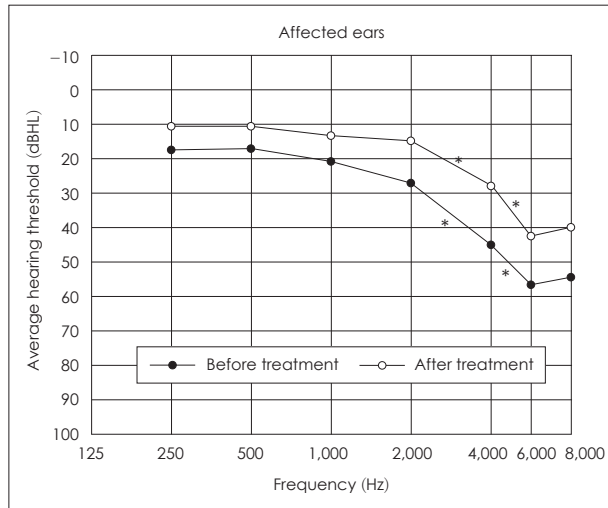
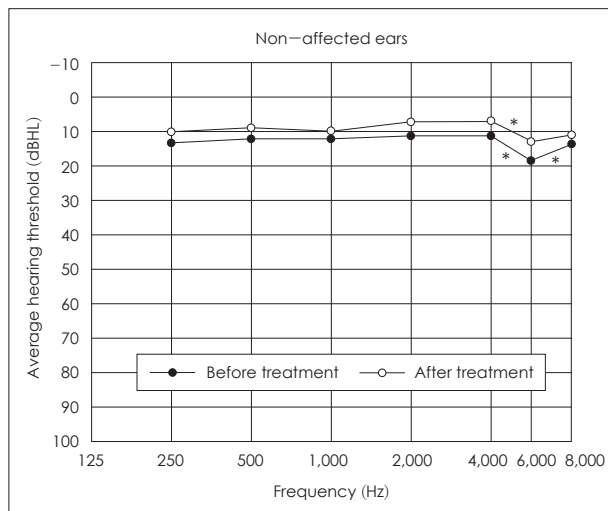
환측 귀의 회화음역 평균 역치가  $21.7 \pm 14.7$  dBHL, 고음역 평균 역치가  $52.3 \pm 18.7$  dBHL로, 고음역 역치가 현저히 더 높았고, 각각 치료 후에 통계적으로 유의한 호전을 보였다( $p < 0.01$ )(Table 2). 주파수별 평균 역치는 6 kHz에서

**Table 1.** Characteristics of acute acoustic trauma due to rifle shooting noise

	Number of cases (%), n=97
Affected side	
Right only	31 (36.0)
Left only	44 (51.2)
Both	11 (12.8)
Days before start of treatment	
$7.37 \pm 5.7$ (mean $\pm$ SD)	
$\leq 3$	24 (24.7)
4-7	43 (44.3)
8-14	21 (21.6)
$15 \leq$	9 ( 9.3)
Involved frequency (Hz)	
Speech frequency (0.5-1-2 k)	35 (36.1)
High frequency (4-6-8 k)	96 (99.0)

**Table 2.** Speech-frequency pure tone average (0.5-1.2 kHz) and high tone pure tone average (4-6 kHz) of affected ears before and after treatment (n=97)

	Before treatment	After treatment	Mean hearing gain
Speech-PTA (dBHL)	21.7±14.7	12.9±10.6*	8.8±10.2
High-PTA (dBHL)	52.3±18.7	36.1±20.1*	16.2±12.9

\* $p < 0.01$ , paired t-test. PTA: pure tone average**Fig. 1.** Average hearing thresholds of affected ears before and after treatment (n=97). Pure-tone thresholds obtained before and after treatment showed statistically significant differences across all frequencies ( $p < 0.01$ ). There was inter-frequency difference between 2 k-4 kHz ( $p < 0.01$ ), and 4 k-6 kHz ( $p < 0.05$ ), both before and after treatment. 6 kHz was the most severely affected frequency, but there was no statistical difference compared to 8 kHz. \*significant inter-frequency difference ( $p < 0.05$ ).**Fig. 2.** Average pure-tone thresholds of non-affected ears before and after treatment (n=75). Comparison of the pure-tone thresholds obtained before and after treatment showed statistically significant differences across all frequencies ( $p < 0.01$ ), although they were all in normal hearing threshold range. 6 kHz was the mostly affected frequency, significantly higher than 4 k and 8 kHz ( $p < 0.05$ ). \*significant inter-frequency difference ( $p < 0.05$ ).

가장 높았으나, 8 kHz의 역치와의 차이는 통계적 유의성이 없었다(Fig. 1). 건측 귀의 평균 청력역치는 모든 주파수에서 25 dBHL 이하였으나, 치료 후 유의한 역치의 감소를 보였다. 건측 귀에서도 6 kHz에서 다른 주파수들에 비해 유의하게 높은 역치를 보였다(Fig. 2).

### 대조군과 치료군의 비교

대조군은 9귀였고, 3일 이내에 치료를 시작한 군은 24귀, 7일 이내에 치료를 시작한 군은 67귀였다. 대조군의 내원 시점은 음향 외상 후 15~31일 사이에 분포하였고, 평균 21.2일이었다(S.D 4.4일). 3일 이내에 치료를 시작한 군의 치료 후 고음역 청력은 대조군보다 좋았으나( $p < 0.01$ ), 회화음역 청력은 차이가 없었다. 7일 이내에 치료한 군과 대조군의 비교에서는 치료군의 고음역 평균 역치가 더 낮은 경향은 있었으나 통계적 유의성은 없었고, 회화음역 청력은 대조군과 차이가 없었다(Table 3).

### 치료 시작 시기에 따른 치료 전후 청력의 비교

치료 전 회화음역 청력은 4~7일째에 치료한 군에서 3일 이내에 치료한 군보다 유의하게 낮은 역치를 보였다( $p < 0.01$ ). 그러나 4~7일째 치료군과 8일 이후 치료군 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 청력 회복량(hearing gain)은 3일 이내 치료군에서 4~7일째 치료군보다 유의하게 많았다( $p < 0.01$ ). 고음역 청력은 치료 전 역치가 세 군에서 차이가 없었으나, 청력 회복량은 3일 이내 치료군에서 가장 많았고, 8일 이후 치료군에서 가장 적었다( $p < 0.01$ )(Table 4).

## 고 찰

과도한 소음에 의한 내이의 손상은 와우에 전달되는 물리적 힘에 의한 기계적 손상과 와우조직의 대사성 손상이 복합적으로 작용하여 이루어진다.<sup>4)</sup> 음향외상은 내이 조직의 물리적 저항력을 넘는 과도한 음향 운동 에너지(disproportionate kinetic sound energy)에 의해 일어나는 내이 구조물들의 갑작스런 기계적 손상이라고 정의할 수 있으며,<sup>5)</sup> 단 한번의 노출만으로도 일시적 역치변동을 거치지 않고 영구적 역치변동으로 이어질 수 있다.<sup>6)</sup>

충기 소음에 의한 내이 손상은 음향외상의 대표적인 예로 대개 4~6 kHz의 청력 저하로 나타나며, 와우의 기저부의 위부분과 중간부에 국한되어 나타난다고 알려져 있다. 그러나 넓은 범위의 유모세포 손상이 전 와우에 걸쳐 분포할 때는 저음역의 청력 저하도 나타난다.<sup>7)</sup> 본 연구에서도 6 kHz에서 가장 높은 역치를 보였다. 회화음역의 청력 저하가 왔

던 경우는 34귀(35.1%)였다. 회화음역이 이환된 34귀 중 1귀를 제외하고는 모두 고음역이 함께 이환된 것으로 보아, 먼저 고음역에 손상이 오고 더 심한 경우에 저음역에도 손상이 오는 것으로 생각된다. 기존의 연구들에서는 4 k, 6 k 또는 8 kHz에서 가장 높은 역치를 보였다고 보고하고 있다.<sup>7-9)</sup> Ylikoski의 연구에서도 2 kHz까지는 정상 청력이고 2~6 kHz에서 가장 급격한 기울기를 보이는 형태의 청력도가 가장 많았다. 이는 진행된 소음성 난청의 청력도와 비슷하며, 한번의 사격 임펄스(impulse)로 인한 음향외상이 연속형 소음(steady-state noise)에 의해 수년간에 걸쳐 진행되는 정도의 손상을 초래한다고 볼 수 있다.<sup>10)</sup>

이번 연구에서는 증상이 없었던 건축의 청력역치의 치료 전후 변화를 분석하였는데, 치료 전 역치가 모든 주파수에서 25 dBHL 이하로 정상 범위였으나, 치료 후에 모든 주파수에서 평균 역치의 감소를 보였다(Fig. 2). 사격으로 인한 음향외상은 두부음영효과에 의해 우세수지에 따른 편측성을 보인다고 알려져 있으나, 사격훈련 시 이웃 사격자와의 간격이 8 ft(2.44 m) 미만일 경우에 자신의 총보다 옆 사격자의 총소리로 인한 손상을 더 입게 되어 반드시 뚜렷한 편측성을 보이지 않을 수 있다.<sup>9,11)</sup> 또한 사격 훈련 시 벽이나 천장, 바닥으로부터 음 에너지의 약 96%가 반사된다.<sup>11)</sup> 따라서 양측 귀 모두 유해한 정도의 소음에 노출될 수 있고, 증상이 없는 귀에서도 무증상의 미세 손상이 발생해 건축 귀에도 역치 상승이 일어났다고 생각된다. 건축 귀의 역치 상승은 모두 정상 청력 범위 내의 일시적 역치상승으로 수 일 내에 역치의 감소를 보이는 양상이었으나, 반복적인 소음에 노출 시에는 영구적 역치상승으로 이어질 수 있으므로 증상이 없는 건축 귀의 청력에 대해서도 주의를 기울여야

할 것이다.

음향외상의 치료의 유효성에 대해서는 전향적 무작위 비교 연구만이 답을 줄 수 있을 것이나, 실제로 대조군을 설정한 연구를 시행하기는 어렵다. 본 연구에서는 음향외상 후 15일 이상 경과 후 내원하였던 환자들을 대조군으로 하여(n=9), 대조군의 초기 내원 시 청력과 3일 이내에 치료를 시작한 군, 7일 이내에 치료를 시작한 군의 치료 후 청력을 각각 비교하였다. 그 결과 3일 이내에 치료를 시작했던 경우의 치료 후 고음역 역치가 대조군보다 유의하게 낮았으나 회화음역 역치는 차이가 없었다. 7일 이내 치료군과 대조군의 비교에서는 고음역 평균 역치가 대조군보다 낮았으나 통계적 의의는 없었고, 회화음역 역치도 차이가 없었다. 따라서 회화음역의 청력회복은 치료의 효과보다는 자연회복에 의한 것이며, 고음역은 3일 이상 경과하면 치료의 효과가 없고, 자연회복 정도와 같은 청력 결과를 보이게 된다고 생각된다. 그러나 대조군의 음향외상 직후의 청력을 알 수 없어 초기 청력이 비슷하였다는 가정하에 청력 결과를 비교한 것이며 회복량은 비교할 수 없었던 한계가 있었다. 치료 시작 시기에 따라 치료 전후 청력을 비교하였을 때, 회화음역은 3일 이내에 치료한 군에서 유의하게 좋은 청력회복을 보였다. 그러나 3일 이내 치료군에 비해 4~7일째 치료한 군에서 치료 전 청력 역치가 현저히 낮아( $p<0.01$ ), 청력 회복량의 차이는 치료로 인한 차이보다는 초기 3일 동안 일어난 자연회복 정도가 반영된 차이임을 알 수 있었다. 반면, 고음역 청력은 3일 이내, 4~7일째, 8일 이후에 치료한 군에서 치료 전 청력은 차이를 보이지 않았으나 청력 회복량은 3일 이내 치료군에서 가장 많았고, 4~7일째 치료군, 8일 이후 치료군으로 갈수록 더 적은 회복량을 보였다(Table 4). 따라서 고음역대는 회화음역대와는 달리 1주일까지도 유의한 자연회복이 일어나지 않으며, 7일 이내에 치료 시 8일 이상 경과한 경우보다 더 좋은 청력회복을 보이고, 특히 3일 이내에 치료하였을 때 더 많은 회복량을 기대할 수 있는 것으로 생각된다.

일시적 손상의 지속기간은 수일에서 수주에 이를 수 있다. 이 기간은 소음손상 후부터 세포 사멸이 일어나기 전까지

**Table 3.** Comparison of hearing outcome with control group according to elapsed time before treatment

Start of treatment	Hearing outcome (dBHL)	
	Speech-PTA	High-PTA
Within 3 days (n=24)	14.7±8.5	30.2±24.1*
Within 7 days (n=67)	13.4±11.1	33.9±21.6
No treatment (control)(n=9)	13.3±4.4	41.5±14.5

\* $p<0.05$ , Mann-Whitney test. PTA: pure tone average

**Table 4.** Speech-frequency PTA (0.5-1-2 kHz) and high-tone PTA (4-6-8 kHz) of 3 treatment groups according to number of days before treatment

Days before treatment (d)	Speech-PTA (dBHL)			High-PTA (dBHL)		
	Before treatment	After treatment	Mean hearing gain	Before treatment	After treatment	Mean hearing gain
≤ 3 (n=24)	30.9±17.9	14.7±8.5	16.2±12.7	55.7±25.9	30.2±24.1	25.5±13.0
4-7 (n=43)	20.1±14.3	12.7±12.4	7.4±9.1	52.2±16.5	36.0±20.1	16.2±12.3
≥ 8 (n=30)	16.6±8.3	11.8±9.2	4.8±5.4	49.7±14.5	41.0±15.4	8.7±8.2

\* $p<0.01$ , Kruskal-Wallis test, Mann-Whitney test. PTA: pure tone average



치료적인 조치를 취하여 회복을 도울 수 있는 매우 중요한 기간이다.<sup>12)</sup> 따라서 치료의 효과를 기대할 수 있는 치료 시점에 대한 연구는 중요한 의미가 있다고 생각된다. Nottet 등<sup>13)</sup>의 연구에서는 음향외상 이후 24시간에서 72시간 사이에 주로 고음역의 역치의 회복을 보였고, 72시간이 지난 후에는 더이상 의미 있는 호전이 없었다. 그러나 이음향방사검사에서 72시간 이후에도 변화를 보여 내이의 기능회복이 72시간 이후에도 일어날 수 있다고 하였다. Psillas 등<sup>14)</sup>의 연구에서는 4개의 시점에서의 청력을 비교했을 때 일주일에서 한달 사이에 제일 많은 호전량을 보였고, 특히 고음역에서 호전이 있었다고 하였다.

음향외상의 예후를 결정하는 요인으로 치료 시작 시까지 경과일수, 초기 청력, 치료방법 등에 대한 보고들이 있었다. Harada 등<sup>15)</sup>은 다중회귀분석(multiple logistic regression analysis)을 통해 치료 시작 시기가 빠를수록, 초기 청력의 고음역 역치가 낮을수록 완전회복이 더 잘되는 경향이 있음을 관찰하였고, 7일 이내에 치료한 군이 14일 이내에 치료한 군보다 예후가 좋았다. 그러나 Tschopp와 Probst<sup>16)</sup>은 초기 청력을 고려한 상대적 청력회복(relative hearing gain)이 초기 청력저하 정도와 상관관계가 없었고, 초기 청력저하 정도와 상관없이 47% 정도의 상대적 청력회복을 보였다고 하였다. Harada 등<sup>17)</sup>은 또 다른 연구에서 4 kHz의 청력회복이 가장 나뉘고, 4 kHz의 청력이 점차로 호전되는 경향을 보인 경우에는 정상청력으로 돌아올 가능성이 많고, 4 kHz의 청력이 일찍 호전을 멈추는 경우는 부분적 회복만을 보일 가능성이 많다고 하였다. 아직 효과가 있다고 입증된 치료방법과 시기가 알려져 있지 않으나 대부분의 연구들에서 빠른 치료 시기와 회복률이 상관관계가 있다고 보고하고 있다. 이번 연구에서는 3일 이내에 치료 시 치료를 하지 않은 경우보다 고음역 청력의 회복이 더 좋았다. Psillas 등<sup>14)</sup>의 연구에서는 1시간 이내에 치료를 시작한 군의 65%가 정상회복을 보였으나, 24시간 이상 지나서 치료를 시작한 군에서는 13.3%만 정상청력을 회복하였다고 하였다. 이번 연구에서는 최종 청력이 정상으로 돌아온 경우가 23귀(23.7%)로, 본 연구와 비슷한 치료를 했던 연구들의 결과와 비슷하였다.<sup>15,17)</sup>

회화음역은 초기 청력저하가 고음역보다 적고, 3일 이내에 빠른 자연회복을 보이는 것으로 생각되며, 치료의 영향을 별로 받지 않는 것으로 보인다. Ylikoski<sup>10)</sup>의 연구에서도 회화음역 청력저하는 좋은 자연회복을 보였고, 회화음역의 청력저하가 지속된 경우는 초기청력 손실이 매우 컸던 경우로, 그런 경우라 하더라도 20~30 dB 정도까지는 회복을 보였다고 하였다.

이번 연구에서는 환자들의 증상에 대해서는 따로 통계 분석하지는 않았으나, 청력이 의미 있는 회복을 보였다고 하더라도 대부분 지속적인 이명을 호소하였다. Lee<sup>18)</sup>는 사격 후 이명이 지속된 환자들에서 순음청력검사를 시행하였을 때 난청이나 고주파수난청으로 진단된 환자는 없었다고 하였다. Markou 등<sup>3)</sup>의 연구에서도 청력회복 정도와 이명의 호전과는 상관관계가 없었으나, 음향외상 후 15일 이내에 치료를 시작한 경우에 더 많은 이명의 호전이 있었다.

이번 연구의 한계점은, 대조군의 수가 9귀로 매우 적었고, 15일이 경과하는 동안에도 호전이 없거나 자연회복이 적게 일어났던, 비교적 심한 음향외상 환자들로 이루어졌을 가능성이 있다. 그러나 대조군의 크기가 좀 더 커질 경우 더 의미 있는 분석을 할 수 있을 것으로 생각된다. 또 치료군의 치료 후 청력 측정 시점이 일정하지 않아 측정 시점에 따른 차이가 반영된 결과일 수 있다. 그러나 대부분의 측정 시점이 음향외상 후 2주 이후였고, 2주 이후에도 청력의 변화를 보인 경우는 드물었기 때문에 연구 결과에 큰 영향을 주지는 않았을 것으로 생각된다.

결론적으로, 음향외상은 미리 예방을 하는 것이 최선이겠으나, 일단 발생한 후에는 적극적인 치료를 하는 것이 좋고, 가능한 한 3일 이내에 치료를 시작하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- 1) Mrena R, Savolainen S, Kiukaanniemi H, Ylikoski J, Mäkitie AA. The effect of tightened hearing protection regulations on military noise-induced tinnitus. *Int J Audiol* 2009;48(6):394-400.
- 2) Pawlaczuk-Luszczynska M, Dudarewicz A, Bak M, Fiszer M, Kotylo P, Sliwińska-Kowalska M. Temporary changes in hearing after exposure to shooting noise. *Int J Occup Med Environ Health* 2004; 17(2):285-93.
- 3) Markou K, Lalaki P, Barbetakis N, Tsalighopoulos MG, Daniilidis I. The efficacy of medication on tinnitus due to acute acoustic trauma. *Scand Audiol Suppl* 2001;(52):180-4.
- 4) Lim DJ. Effect of noise and ototoxic drugs at the cellular level in the cochlea; a review. *Am J Otolaryngol* 1986;7(2):73-99.
- 5) Voldrich L. Noise-noise effect upon the spreading of the posttraumatic progressive necrosis in the organ of Corti. *Arch Otorhinolaryngol* 1979;222(3):169-73.
- 6) Dobie RA. Noise induced hearing loss. In: Bailey BJ, Kohut RI, Vrabec JT, editors. *Head and Neck Surgery-Otolaryngology*. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers;1998. p.2153-63.
- 7) Ylikoski J. Acute acoustic trauma in Finnish conscripts. Etiological factors and characteristics of hearing impairment. *Scand Audiol* 1989;18(3):161-5.
- 8) Man A, Naggan L. Characteristics of tinnitus in acoustic trauma. *Audiology* 1981;20(1):72-8.
- 9) Moon IS, Choi HS, Kim H, Kim J, Lee WS. Clinical characteristics of acoustic trauma caused by rifle gunshot noise. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2008;51(8):699-704.
- 10) Ylikoski J. Audiometric configurations in acute acoustic trauma caused by firearms. *Scand Audiol* 1987;16(3):115-20.
- 11) Salmivalli A. Acoustic trauma in regular army personnel. *Clinical*

- audiological study. *Acta Otolaryngol* 1967; Suppl 222:1-85.
- 12) Attias J, Sapir S, Bresloff I, Reshef-Haran I, Ising H. Reduction in noise-induced temporary threshold shift in humans following oral magnesium intake. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 2004;29(6):635-41.
- 13) 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.
- 14) Psillas G, Pavlidis P, Karvelis I, Kekes G, Vital V, Constantinidis J. Potential efficacy of early treatment of acute acoustic trauma with steroids and piracetam after gunshot noise. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2008;265(12):1465-9.
- 15) Harada H, Shiraishi K, Kato T. Prognosis of acute acoustic trauma: a retrospective study using multiple logistic regression analysis. *Auris Nasus Larynx* 2001;28(2):117-20.
- 16) Tschopp K, Probst R. Acute acoustic trauma. A retrospective study of influencing factors and different therapies in 268 patients. *Acta Otolaryngol* 1989;108(5-6):378-84.
- 17) Harada H, Ichikawa D, Imamura A. Course of hearing recovery according to frequency in patients with acute acoustic sensorineural hearing loss. *Int Tinnitus J* 2008;14(1):83-7.
- 18) Lee YW. Occurrence and persistence of tinnitus after acute acoustic trauma by gunshot. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2009;52(2):113-7.