



Analysis of C5 Dip in Pure-tone Audiometry of Acoustic Trauma Caused by Gunshot in Young Police Force

Sun Gu Kang^{ID}, Joon Bum Joo, Ju Eun Cho, Pona Park, and Jong Yang Kim^{ID}

Department of Otorhinolaryngology, National Police Hospital, Seoul, Korea

의경에서 발생한 음향외상의 순음청력검사에서 C5 Dip에 대한 분석

강선구 · 주준범 · 조주은 · 박보나 · 김종양

국립경찰병원 이비인후과

Received August 29, 2024

Revised October 17, 2024

Accepted October 18, 2024

Address for correspondence

Jong Yang Kim, MD, PhD
Department of Otolaryngology,
National Police Hospital,
123 Songi-ro, Songpa-gu,
Seoul 05715, Korea

Tel +82-2-3400-1828

Fax +82-2-400-0287

E-mail austin_kim@hanmail.net

Background and Objectives Rifle firing, a high-impact noise, often leads to acoustic trauma, causing significant hearing loss. This study investigates the characteristics of noise-induced hearing loss in young police officers resulting from rifle shooting, particularly focusing on detecting the noise level of 4 kHz and 6 kHz notches.

Subjects and Method The study examined medical records and audiometry results of conscripts who experienced hearing loss or tinnitus after rifle shooting between December 2008 and December 2017. Excluding cases with potential pre-existing hearing issues, 52 individuals were analyzed. Hearing thresholds were measured before and after treatment using the audiostar pro device. Pure-tone audiometry was conducted, focusing on the detection of 4 kHz and 6 kHz notches. Statistical analysis was performed using the SPSS Statistics 25.0, considering a p -value of <0.05 as significant.

Results The study included 52 male participants, aged 19 to 25, with an average age of 21.0 years. Thirty-three had unilateral hearing loss, and 19 had bilateral hearing loss, totaling 71 ears were analyzed. Tinnitus was the most common symptom, followed by hearing loss and ear fullness. Among the affected ears, 74% exhibited hearing at a 6 kHz notch, while only 8% showed hearing at 4 kHz notch. The highest hearing threshold was found at 6 kHz post-treatment, with a statistically significant difference between the 4 kHz and 6 kHz thresholds ($p=0.002$). No significant difference was found between the 6 kHz and 8 kHz thresholds ($p=0.993$).

Conclusion The results suggest that patients were particularly vulnerable at the 6 kHz frequency and likely experience acoustic trauma caused by rifle shooting.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2025;68(6):222-5

Keywords Acoustic trauma; Audiometry, pure-tone; Firearms; Noise-induced hearing loss.

서론

소음성 난청은 여러 가지 형태로 나타날 수 있으며, 일시적인 청력 역치 변동, 영구적인 청력 역치 변동, 그리고 음향 외상(acoustic trauma) 등이 대표적이다.^{1,2)} 소총 사격과 같은

고음압 충격 소음은 음향 외상을 유발할 수 있으며, 이로 인해 청력 손실이 발생할 수 있다.^{3,4)} 특히 소총의 경우, 두부 음영 효과(head shadow effect)에 의해 주로 비대칭적인 청력 손실을 유발하며, 오른손잡이의 경우 왼쪽 귀에서 더 큰 손실이 발생하는 것으로 보고된다.^{5,6)} 순음청력검사를 통해 Kang 등⁷⁾은 소음성 난청의 청력 패턴을 네 가지 유형과 정상 청력으로 분류했다. 일반적인 소음성 난청은 초기 4 kHz에서 청력 저하가 시작되는 C5 dip 형태를 보이는 반면,^{8,9)} 음향 외상

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

에서는 대화 영역에서는 청력이 정상이고 고음역에서 점진적으로 하락하는 패턴이 주로 관찰된다고 보고되었다.^{10,11)}

2002년 American College of Occupational and Environmental Medicine, Noise and Hearing Conservation Committee에서는 소음성 난청의 특징이 3 kHz, 4 kHz, 또는 6 kHz에서 notch가 나타나며 8 kHz에서 회복되는 양상을 보인다고 하였고, 소음성 난청에서 C5 dip은 순음청력검사에서 3-6 kHz 범위에서 청력손실이 두드러지게 나타나는 소견이다. 본 연구에서는 소총 사격 후 음향 외상을 겪은 젊은 의경에서 순음청력검사 결과를 토대로, 4 kHz notch와 6 kHz notch의 유무 등을 확인하여, 사격에 의한 음향외상의 순음청력검사에서 C5 dip 특징을 알아보려고 한다.

대상 및 방법

본 연구는 2008년 12월 1일부터 2017년 12월 31일까지 K2 소총 또는 M16 소총 사격 훈련 후 난청이나 이명을 호소하며 음향 외상으로 진단받고 본원에서 치료를 받은 전의경들의 양쪽 귀를 대상으로 하였다. 기관 내 윤리심의위원회(Institutional Review Board)의 승인에 따라 후향적으로 의무 기록과 청력검사 결과를 검토하였으며, 과거 청력 이상이 의심되거나 사격 이외의 요인이 관련된 경우를 제외한 52명을 연구 대상으로 선정하였다. 환측 귀는 청력 저하나 이명을 호소하고, 하나 이상의 주파수에서 25 dBHL을 초과하는 역치를 보이는 경우로 판단하였다. 증상이 없는 귀는 정상 귀로 간주하였으며, 양측성인 경우 각각의 귀를 독립된 환측 귀로 평가하였다.

모든 환자는 이과적 검사와 순음청력검사를 받았다. 순음청력검사는 audiostar pro (GSI, Eden Prairie, MN, USA) 장비를 이용하여 5 dB 간격으로 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 kHz에서 측정되었다. 순음청력검사 결과를 토대로, 4 kHz notch (4 kHz or 6 kHz or 8 kHz threshold >25 dB + 4 kHz threshold >6 kHz and 8 kHz threshold)와 6 kHz notch (4 kHz or 6 kHz or 8 kHz threshold >25 dB + 6 kHz threshold >4 kHz and 8 kHz threshold)의 유무 등을 확인하였다. 각 주파수별로 치료 전후의 역치 평균을 산출하고, 치료 후 주파수별 청력 역치를 비교 분석하였다. 모든 주파수에서 25 dBHL 이하의 역치를 보일 경우 정상 청력으로 정의하였다. 초기 청력은 첫 진료 시 측정한 것으로 간주하고, 치료 후 청력은 치료 시작 후 1개월에서 1년 내에 측정한 청력으로 하였다. 사격 훈련은 1회당 30-39발 소총 사격을 시행하고 소음은 약 132-165 dB SPL이다.¹²⁾

통계 분석은 SPSS Statistics 25.0 (IBM Corp., Armonk,

NY, USA) 소프트웨어를 사용하였으며, one-way analysis of variance를 사용하였다. 모든 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 를 기준으로 평가하였다.

결 과

연구에 참여한 환자는 총 52명으로 모두 남성이었으며, 연령대는 19세에서 25세 사이로 평균 나이는 21.0세(SD 1.18)였다. 이들 중 일측성 청력 손실을 보인 환자는 33명(우측 11명, 좌측 22명)이며, 양측성 청력 손실을 보인 환자는 19명이었다. 증상이 나타난 후 병원에 방문하기까지의 기간은 1일부터 39일까지였으며, 평균적으로 7.38일이 소요되었다. 가장 흔한 청각 증상은 이명으로 49명이 보고하였고, 다음으로 난청과 이충만감이 뒤를 이었다(Table 1). 난청과 이명을 동시에 호소한 환자는 36명, 이명만을 호소한 환자는 11명, 이명 없이 난청만을 호소한 환자는 5명이었다.

이환된 71귀와 정상인 33귀의 각 주파수별로 치료 전후의 역치 평균과 표준편차 구하였고, 이환 귀에서 치료 후 주파수별 청력 역치가 6 kHz에서 가장 높게 나타났다(Table 2).

이환 귀(71귀)의 치료 후 순음청력검사 결과에서 C5 dip 소견을 보인 귀는 38귀, C5 dip 소견을 보이지 않은 귀는 11귀, 정상 청력으로 회복된 귀는 22귀였다. C5 dip 소견을 보인 38귀에서 6 kHz notch는 28귀(74%), 4-6 kHz notch는 7귀(18%), 4 kHz notch는 3귀(8%)의 분포를 보였다.

환측 치료 후 주파수별 청력 비교

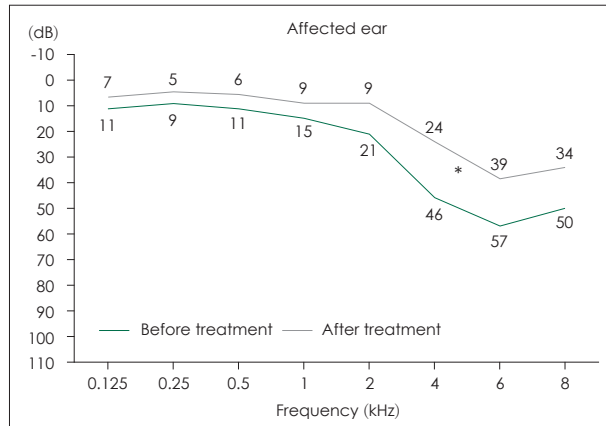
환측 귀의 치료 후 주파수별 평균 역치는 6 kHz에서 가장 높았으며, 치료 후 6 kHz의 역치는 4 kHz의 역치와 통계적으로 유의한 차이가 있었으나($p=0.002$), 8 kHz의 역치와의 차이는 통계적으로 유의성이 없었다($p=0.993$). 4 kHz와 8 kHz의 평균 역치의 차이는 통계적으로 유의성이 없었다($p=0.179$) (Fig. 1).

Table 1. Characteristics of acute acoustic trauma due to rifle shooting noise (n=52)

	Number of cases (%)
Affected side	
Right only	11 (21.2)
Left only	22 (42.3)
Both	19 (36.5)
Presentation of symptom	
Tinnitus	49 (94.2)
Hearing impairment	39 (75.0)
Earfullness	10 (19.2)

Table 2. Average pure-tone thresholds of affected and unaffected ears before and after treatment

	0.125 kHz	0.25 kHz	0.5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	6 kHz	8 kHz
Affected								
Before	11.3±6.0	9.6±6.0	11.4±7.4	15.7±11.0	22.0±18.6	47.0±22.6	57.5±18.7	50.3±20.6
After	7.9±5.3	6.0±5.0	6.9±5.1	9.3±7.0	9.9±13.2	24.8±20.2	39.9±23.3	34.6±22.8
Unaffected								
Before	8.3±4.4	6.4±4.7	7.6±4.4	7.9±3.5	6.4±4.7	5.2±4.8	7.7±6.7	4.7±4.7
After	6.7±4.1	4.4±3.5	5.2±4.2	6.1±3.2	5.0±4.5	3.9±3.9	6.8±7.1	5.3±5.9

**Fig. 1.** Average hearing thresholds of affected ears before and after treatment (n=71). There was inter-frequency difference between 4–6 kHz after treatment ($p<0.05$). 6 kHz was the most severely affected frequency, but there was no statistical difference compared to 8 kHz. *significant inter-frequency difference ($p<0.05$).

고찰

본 연구에서는 사격에 의한 음향외상의 경우는 C5 dip 소견이 6 kHz에서 notch가 74%로 가장 높게 나타났으며, 4 kHz에서 notch가 8%로 상대적으로 적게 나타났다. 이러한 결과는, 18세에서 20세 사이의 정상 청력을 가진 60명을 대상으로 소음강도 163 dB로 측정된 5분간 25발을 사격을 시행한 연구에서 시행전, 시행후, 8시간에서 40시간 후에 측정한 순음청력검사를 분석한 결과 6 kHz에서 가장 많이 이환되었다는 보고와 일치한다.¹³⁾ 한편, 치료 후 주파수별 청력 비교에서 환측 귀의 치료 후 평균 역치는 6 kHz에서 가장 높았으며, 8 kHz에서 두 번째로 높았다. 4 kHz와 8 kHz의 평균 역치의 차이는 통계적으로 유의성이 없었다. 6 kHz 주파수의 청력 역치를 측정하지 않았다면 가장 높은 주파수인 8 kHz에서 4 kHz에서 보다 더 높은 청력 손실을 보이는 순음청력검사결과를 보일 수도 있다고 생각한다. 이러한 결과는 Moon 등^{10,11)}의 연구와 일치하며, 사격 후 4 kHz notch를 보이지 않는 난청과 유사한 순음청력검사 결과를 보여주었다. 그러므로, 사격에 의한 음향외상을 평가함에 있어 6 kHz의 청력역치를 측정하는 것이 중요하다.

환측 귀의 치료 후 주파수별 평균 역치는 6 kHz에서 가장 높았으며, 치료 후 6 kHz의 역치는 4 kHz의 역치와 통계적으로 유의한 차이가 있었으나($p=0.002$), 8 kHz의 역치와의 차이는 통계적으로 유의성이 없었다. 이는 이환 귀에서 정상으로 회복된 경우를 제외하고 38귀에서 C5 dip 소견을 보였고, 6 kHz notch가 가장 빈도가 높았으나, 8 kHz에서 청력 역치가 회복이 되지 않고 가장 크게 나타나서 C5 dip 소견이 보이지 않는 경우도 11귀에서 나타난 결과라고 생각한다. Jung 등¹⁴⁾의 연구에서도 사격에 의한 음향 외상 치료 효과에 대한 연구에서, 6 kHz에서 가장 높은 청력 손실이 나타났으며, 8 kHz에서는 유의한 차이가 없었다. 이명과 난청을 주된 호소로 내원한 경찰관의 연구에서도 6 kHz에서 가장 큰 청력 손실이 확인되었다.¹⁵⁾ C5 dip 소견을 보이지 않는 경우도 11귀에서 나타났다. 이는 6 kHz notch 22귀에 비해 작은 빈도이기는 하나, 4 kHz notch 3귀에 비해 높은 빈도로 나타나, 사격에 의한 음향외상의 경우는 4 kHz notch를 가지는 소음성 난청보다는 6 kHz notch를 가지는 소음성 난청이나, C5 dip소견을 보이지 않는 난청의 순음청력검사결과를 보일 가능성이 높다. 이는 경찰관들은 매년 정기적인 사격 훈련으로 음향 외상에 더 많이 노출되므로, 이러한 결과는 경찰관의 소음성 난청을 진단함에 있어 중요할 수 있다.

연구의 제한점으로 의경의 복무 기간 중 개인별로 사격에 의한 소음노출 정도는 확인되지 않았으며, 난청 또는 이명 발생 전 시행한 소총사격에 대한 정보만 확인하여 개인별 사격에 의한 소음노출 정도에 따른 청력변화는 확인하지 못하였다. 이는 추가적인 연구가 필요하다.

결론적으로, 사격에 의한 음향외상의 경우는 6 kHz notch를 보이는 C5 dip 소견이 가장 많으므로 6 kHz에서의 청각 역치를 확인하는 것이 중요하다. 또한, 사격에 의한 음향외상의 경우 4 kHz notch 소음성 난청보다는 6 kHz notch 소음성 난청이나 C5 dip 소견을 보이지 않는 난청의 순음청력검사결과를 보일 가능성이 높다.

Acknowledgments

None

Author Contribution

Conceptualization: Jong Yang Kim. Formal analysis: Jong Yang Kim, Ju Eun Cho, Joon Bum Joo. Methodology: Jong Yang Kim, Pona Park, Sun Gu Kang. Supervision: Jong Yang Kim. Writing—original draft: Jong Yang Kim, Sun Gu Kang. Writing—review & editing: Jong Yang Kim.

ORCIDs

Sun Gu Kang <https://orcid.org/0000-0001-9747-0591>

Jong Yang Kim <https://orcid.org/0000-0001-6067-6182>

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, Chang SO, Lim HH, Lee JG, Lee CH, Wang SG, Cho JS, editor. *Otorhinolaryngology Head and Neck surgery*. Seoul: Ilchokak Publishers;2002. p.691-7.
- 3) Lee ST, Lee Y. [The measurement of firing noise of K2 rifle at close distance]. *Transactions KSNVE* 2004;14(11):1123-8. Korean
- 4) Dobie RA. Noise induced hearing loss. In: Bailey BJ, Kohut RI, Vrabec JT, editors. *Head and neck surgery-otolaryngology*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers;1998. p.2153-63.
- 5) Keim RJ. Sensorineural hearing loss associated with firearms. *Arch Otolaryngol* 1969;90(5):581-4.
- 6) Moon IS. Noise-induced hearing loss caused by gunshot in South Korean military service. *Mil Med* 2007;172(4):421-5.
- 7) 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 Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 1998;41(10):1248-53. Korean
- 8) Johnsson LG, Hawkins JE Jr. Degeneration patterns in human ears exposed to noise. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1976;85(6 Pt 1):725-39.
- 9) Daniel E. Noise and hearing loss: a review. *J Sch Health* 2007; 77(5):225-31.
- 10) 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. Korean
- 11) Moon IS. [Noise induced hearing loss caused by gunshot in military service]. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2006;49(9): 887-91. Korean
- 12) Pawlaczyk-Luszczynska M, Dudarewicz A, Bak M, Fiszer M, Kotyło P, Sliwińska-Kowalska M. Temporary changes in hearing after exposure to shooting noise. *Int J Occup Med Environ Health* 2004;17(2):285-93.
- 13) Jiménez J, Porto I, Carbayeda M, Labella T. [Acoustic trauma from firearms: study of auditory function]. *An Otorrinolaringol Ibero Am* 1989;16(3):299-311. Spanish
- 14) Jung HW, Lee HI, Kim JY, Joo JB, Cho JE. [A study on the effectiveness of treatment of acoustic trauma caused by gunshot noise]. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2010;53(10):609-14. Korean
- 15) Jung HW, Joo JB, Cho JE, Kim JY. [Audiometric study of police officers who visit national police hospital to complain of tinnitus or hearing disturbance]. *J Clin Otolaryngol Head Neck Surg* 2012; 23(1):70-3. Korean