

Jurek Olszewski

Jarosław Miłośki

Sławomir Olszewski

ANALIZA PRZESUNIĘCIA PROGU SŁYSZENIA ZA POMOCĄ EMISJI OTOAKUSTYCZNEJ U ŻOŁNIERZY WYKONUJĄCYCH STRZELANIE W OCHRONNIKACH SŁUCHU*

ANALYSIS OF HEARING THRESHOLD SHIFT MEASURED BY OTOACOUSTIC EMISSIONS IN SOLDIERS AFTER SHOOTING WITH USE HEARING PROTECTORS

Z Kliniki Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej

Katedry Chirurgii Głowy i Szyi

Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

STRESZCZENIE

Wstęp. Celem pracy była ocena przesunięcia progu słyszenia za pomocą emisji otoakustycznej, wywołanej trzaskiem, u żołnierzy stosujących ochronniki słuchu w czasie ekspozycji na krótkotrwałe działanie hałasu impulsowego. **Materiał i metody.** Badania przeprowadzono u 80 młodych zdrowych otologicznie osób, podzielonych na dwie grupy: I – 40 nowo wcielonych żołnierzy zasadniczej służby wojskowej, wykonujących strzelanie w ochronnikach słuchu; II – 40 młodych mężczyzn (kontrolna). Badania wykonywano przy użyciu zestawu do rejestracji emisji otoakustycznych ILO 292 Echoport Otodynamics wersja 5.0. W grupie I rejestracje emisji otoakustycznych TEOAE wykonywano 3–5 min przed strzelaniem, następnie bezpośrednio po strzelaniu (2 min), w grupie kontrolnej w godzinie 0 oraz po 1, 2 i 3 godzinach. **Wyniki.** Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że hałas impulsowy spowodowany 5 wystrzałami pojedynczymi z broni kbk AKMS u żołnierzy strzelających w ochronnikach słuchu nie powoduje przesunięcia progu słyszenia dla badanych częstotliwości. **Wnioski.** W celu ochrony słuchu osoby prowadzące strzelania z żołnierzami powinny bezwzględnie przeprowadzać je w odpowiednich ochronnikach słuchu. Med. Pr., 2006;57(2):109–114

Słowa kluczowe: ochronniki słuchu, hałas impulsowy, emisja otoakustyczna

ABSTRACT

Background: The aim of the study was to assess the influence of short-term impulse noise on the size of temporary threshold shift in soldiers using hearing protectors during exposure. **Material and Methods:** The study covered 80 subjects with normal tympanic membrane and thresholds measured by pure tone audiometry lower than 20 dB. There were two groups: I – composed of 40 soldiers protected during shooting and II – comprised 40 young males which did not shoot (controls). Transient evoked otoacoustic emissions were performed by an ILO 292 Echoport Otodynamics device 3–5 min before shooting and 2 min, 1, 2 and 3 h after shooting. **Results:** The results showed that post-exposure changes in soldiers who used ear-muffs were not significant. **Conclusion:** The use of hearing protectors is strongly recommended because most of them seem to sufficiently attenuate impulse noise from firearms. Med Pr 2006;57(2):109–114

Key words: hearing protectors, impulse noise, otoacoustic emission

Adres autorów: Żeromskiego 113, 90-549 Łódź, e-mail: jolszewski@lekarz.net

Nadesłano: 1.09.2005

Zatwierdzono: 1.02.2006

WSTĘP

Określenie indywidualnej wrażliwości na hałas jest jednym z priorytetowych zadań medycyny pracy. Ważne jest wczesne wykrycie oraz lokalizacja uszkodzenia w celu wczesnego podjęcia działań profilaktycznych w stosunku do osób szczególnie wrażliwych na działanie hałasu (1,2).

Emisja otoakustyczna (TEOAE) jest metodą dostarczającą obiektywnych danych o czynności komórek słuchowych zewnętrznych i może być zastosowana do

oceny wpływu hałasu na ucho wewnętrzne (3,4). Na podstawie badania TEOAE nie można wyznaczyć progu słyszenia, jak ma to miejsce w audiometrii tonalnej progowej, a także nie może być zastosowana do wiernego odwzorowania wielkości audiometrycznego czasowego przesunięcia progu (Temporary Threshold Shift – TTS). Jednakże po narażeniu na hałas występuje analogiczne zmniejszenie poziomu emisji, określane jako TES (Temporary Emission Shift). W badaniach na ludziach, po narażeniu na hałas, stwierdzono zbliżone czasowo i częstotliwościowo zachowanie się TTS, ocenianego

* Badania wykonano w ramach tematu własnego KBN nr 502-17-286 PT. „Ocena czasowego przesunięcia progu słyszenia występującego jako następstwo krótkotrwałego działania hałasu impulsowego”. Kierownik tematu: prof. dr hab. med. J. Olszewski.

audiometrycznie i TES, określonego przy użyciu emisji otoakustycznej wywołanej trzaskiem (5–9).

Z wybitnej szkodliwości hałasu impulsowego dla ucha zdawano sobie sprawę już od stuleci i uznawano go za przyczynę głuchoty artylerzystów i kotlarzy. Następstwa jego działania zależą od parametrów fizycznych tego rodzaju hałasu: poziomu szczytowego ciśnienia akustycznego, czasu trwania impulsu, składu widmowego, czasu narastania szczytu, całkowitej liczby impulsów w czasie ekspozycji.

Zagrożenie spowodowane hałasami impulsowymi jest szczególne, ponieważ ucho nie jest przystosowane do odbioru krótkotrwałych dźwięków o bardzo dużym natężeniu. Istnieją dane, że połączenie oddziaływania hałasu impulsowego i hałasu ciągłego, a więc sytuacja typowa w warunkach służby wojskowej, oddziałuje na słuch szczególnie szkodliwie.

Hałas impulsowy jest specyficznym hałasem oddziałującym na żołnierzy odbywających służbę zasadniczą. Biorąc pod uwagę fakt, że jest ona obowiązkowa, widzimy że na ten rodzaj hałasu jest narażona bardzo duża grupa społeczeństwa.

Co prawda, ochronniki słuchu są najprostszym i najszybszym sposobem ochrony narządu słuchu przed skutkami oddziaływania hałasu, lecz w chwili obecnej nie ma ostatecznie opracowanych kryteriów i wymagań oraz nie istnieją regulacje prawne lub normy wyznaczające sposób i warunki badań akustycznych, pozwalających na ocenę właściwości ochronników słuchu w tłumieniu hałasów impulsowych.

Stąd też celem pracy jest ocena przesunięcia proggu słyszenia za pomocą emisji otoakustycznej, wywołanej trzaskiem, u żołnierzy stosujących ochronniki słuchu w czasie ekspozycji na krótkotrwałe działanie hałasu impulsowego i odpowiedź na pytanie, czy obecnie stosowane ochronniki w pełni zabezpieczają przed tego typu hałasem.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono u 80 młodych osób (160 uszu) w wieku 19–23 lat. Żadna z nich nie podawała w wywiadzie przebytych chorób uszu ani dolegliwości ze strony innych układów i narządów. U wszystkich badanych stwierdzono prawidłowy wygląd błony bębenkowej oraz progi słuchu w audiometrii tonalnej nieprzekraczające dla żadnej częstotliwości 20 dB HL i prawidłową emisję otoakustyczną.

Osoby badane podzielono na dwie grupy:

Grupa I – 40 nowo wcielonych żołnierzy zasadniczej służby wojskowej, wykonujących strzelanie w ochronnikach słuchu, w wieku 19–23 lata (średnia $20,8 \pm 0,7$);

Grupa II – 40 młodych mężczyzn (grupa kontrolna), którzy nie wykonywali strzelania, w wieku 19–23 lata (średnia $21,2 \pm 1,2$).

Kryterium doboru do grupy badanej i kontrolnej była wstępna metodyka badań, która obejmowała ocenę stanu słuchu na podstawie wywiadu, badania przedmiotowego, audiometrii tonalnej progowej (średnia dla 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 Hz). Do badania TEOAE zakwalifikowano jedynie osoby z prawidłowym słuchem na poziomie 10–15 dB HL.

Badania emisji otoakustycznej wykonywano przy użyciu audiometru Madsen OB 822 (słuchawki TDH – 39) oraz zestawu do rejestracji emisji otoakustycznych ILO 292 Echoport Otodynamics wersja 5.0. W badaniu emisji TEOAE jako bodziec stosowano trzask o obwiedni nieliniowej, czasie trwania 80 μ s i intensywności w przewodzie słuchowym zewnętrznym ok. 80 dB SPL. Częstość powtórzeń bodźca wynosiła 50/sek. Intensywność bodźca była automatycznie kompensowana w zależności od wymiarów przewodu słuchowego zewnętrznego. Odpowiedź uśredniano po 260 powtórzeniach. Czas analizy odpowiedzi od 2,5 do 20 ms. Poziom emisji otoakustycznej wywołanej był mierzony w przedziałach 500 Hz w zakresie od 500 do 5000 Hz. W badaniu oceniano odpowiedź dla następujących częstotliwości: 1, 2, 3, 4 i 5 kHz. Do oceny kwalifikowano badania o powtarzalności powyżej 60%. Za obecną uznawano otoemisję o 3 dB wyższą od poziomu szumu tła.

W ocenie porównawczej zapisu TEOAE brano pod uwagę wielkość amplitudy i widmo odpowiedzi dla poszczególnych częstotliwości oraz jakość bodźca stymulacji. Badanie wykonano w grupie kontrolnej w godzinie 0 oraz po 1, 2 i 3 godzinach.

W grupie narażonej na działanie hałasu impulsowego rejestracje emisji otoakustycznych TEOAE wykonywano 3–5 min. przed strzelaniem, następne bezpośrednio po strzelaniu (2 min.). Każdy z żołnierzy, biorących udział w badaniu, strzelał pojedynczo, w pozycji leżącej, oddawał 5 pojedynczych strzałów z pistoletu kbk AKMS, nb 7,62 mm wz 43, z poc. PS (poziom akustyczny – 156 dB). Strzelanie wykonywano w ochronnikach słuchu firmy Peltor H10A. Po wykonanym strzelaniu wszyscy badani przebywali w ciszy.

Opracowanie statystyczne i graficzne wykonano przy użyciu programów Statistica 5.1PL oraz Office. W pracy obliczano podstawowe parametry statystyczne: średnią, odchylenie standardowe, minimum, maksimum, medianę w każdej grupie dla wszystkich badanych parametrów.

W celu porównania badanych (grup) parametrów wykorzystano odpowiednie testy statystyczne (T-Stu-

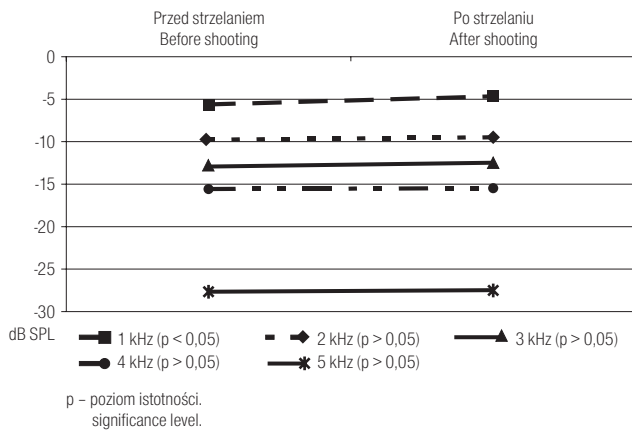
denta, Mana-Whitneya, Wilcoxon) w zależności od skali, powiązania prób i od rodzaju rozkładu badanej próby. W celu wybrania odpowiedniego testu sprawdzono, czy odpowiednie próby podlegały rozkładowi normalnemu (test Shapiro-Wilka). Różnice przyjęto za statystycznie znamienne przy $p < 0,05$.

WYNIKI

Łączne średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla ucha lewego i prawego w grupie I przed strzelaniem były następujące: dla 1 kHz – $5,62 \pm 4,03$ dB SPL, dla 2 kHz – $9,77 \pm 4,08$ dB SPL, dla 3 kHz – $12,92 \pm 5,60$ dB SPL, dla 4 kHz – $15,57 \pm 5,71$ dB SPL oraz dla 5 kHz – $27,66 \pm 4,60$ dB SPL, natomiast po strzelaniu, odpowiednio wynosiły: dla 1 kHz – $4,66 \pm 3,47$ dB SPL, dla 2 kHz – $9,47 \pm 4,70$ dB SPL, dla 3 kHz – $12,48 \pm 6,05$ dB SPL, dla 4 kHz – $15,48 \pm 6,47$ dB SPL oraz dla 5 kHz – $27,47 \pm 5,09$ dB SPL.

Łączne średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla ucha lewego i prawego w grupie kontrolnej (badania wstępne) przedstawiały się następująco: dla 1 kHz – $5,83 \pm 4,61$ dB SPL, dla 2 kHz – $8,87 \pm 5,38$ dB SPL, dla 3 kHz – $12,91 \pm 6,87$ dB SPL, dla 4 kHz – $17,03 \pm 6,66$ dB SPL oraz dla 5 kHz – $25,30 \pm 4,66$ dB SPL, natomiast w kolejnych godzinach, odpowiednio wynosiły: po 1 godzinie; dla 1 kHz – $5,68 \pm 4,59$ dB SPL, dla 2 kHz – $8,84 \pm 5,68$ dB SPL, dla 3 kHz – $13,03 \pm 6,91$ dB SPL, dla 4 kHz – $16,64 \pm 6,24$ dB SPL oraz dla 5 kHz – $25,22 \pm 4,18$ dB SPL, po 2 godzinach; dla 1 kHz – $5,54 \pm 4,30$ dB SPL, dla 2 kHz – $8,89 \pm 5,42$ dB SPL, dla 3 kHz – $12,91 \pm 6,84$ dB SPL, dla 4 kHz – $16,84 \pm 6,71$ dB SPL oraz dla 5 kHz – $24,93 \pm 4,24$ dB SPL, po 3 godzinach; dla 1 kHz – $5,42 \pm 4,36$ dB SPL, dla 2 kHz – $8,19 \pm 5,03$ dB SPL, dla 3 kHz – $12,27 \pm 6,76$ dB SPL, dla 4 kHz – $16,58 \pm 6,64$ dB SPL oraz dla 5 kHz – $24,93 \pm 4,44$ dB SPL.

W podsumowaniu otrzymanych wyników należy stwierdzić, że średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE w grupie I (ryc. 1) przed strzelaniem i po strzelaniu były na podobnym poziomie dla częstotliwości 2, 3, 4 i 5 kHz, różnica dotyczyła jedynie częstotliwości



p – poziom istotności. significance level.

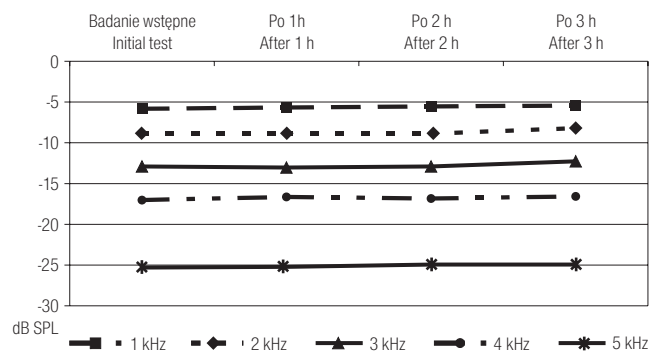
Ryc. 1. Wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla badanych częstotliwości w grupie I przed i po strzelaniu.

Fig. 1. Values of response amplitude of transient evoked otoacoustic emissions (TEOAEs) at selected frequencies in group I before and after shooting.

Tabela 1. Analiza statystyczna wybranych parametrów TEOAE w grupie I przed i po strzelaniu

Table. 1. Statistical analysis of selected parameters of transient evoked otoacoustic emissions (TEOAEs) in group I before and after shooting

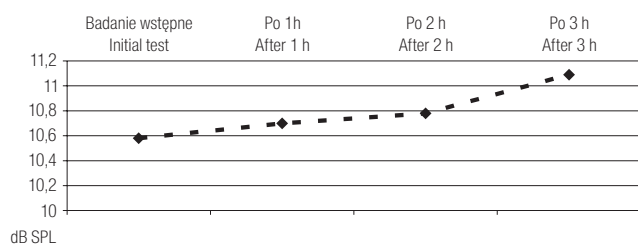
Wybrane parametry Selected parameters	Amplituda odpowiedzi Response	Powtarzalność pomiaru Reproducibility	Poziom bodźca Stimulus	Stabilność sondy Stability
Przed strzelaniem Before shooting				
Po strzelaniu After shooting	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05



Wybrane częstotliwości Selected frequencies	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	5 kHz
Badanie wstępne: Initial test:					
- po 1 h - after 1 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
- po 2 h - after 2 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
- po 3 h - after 3 h	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p = 0,05	p > 0,05

Ryc. 2. Wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla badanych częstotliwości w grupie kontrolnej w zależności od czasu z analizą statystyczną różnic.

Fig. 2. Values of response amplitude of transient evoked otoacoustic emissions (TEOAEs) of selected frequencies in the control group in time relationship with statistical analysis of differences.



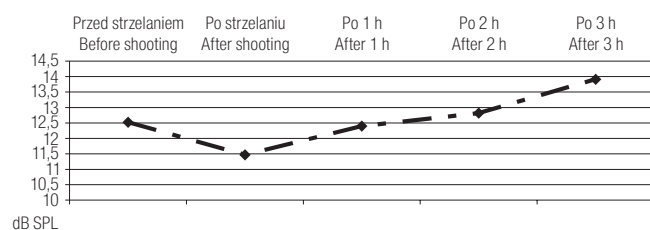
Ryc. 3. Średnie wartości amplitud odpowiedzi TEOAE w grupie kontrolnej w zależności od czasu.

Fig. 3. Average values of amplitudes in control group in time relationship.

Tabela 2. Analiza statystyczna wybranych parametrów TEOAE w grupie kontrolnej w zależności od czasu

Table. 2. Statistical analysis of selected parameters of transient evoked otoacoustic emission (TEOAE) in control group in time relationship

Wybrane parametry Selected parameters	Amplituda odpowiedzi Response	Powtarzalność pomiaru Reproducibility	Poziom bodźca Stimulus	Stabilność sondy Stability
Badanie wstępne: Initial test:				
po 1 h after 1 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
po 2 h after 2 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
po 3 h after 3 h	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05



Ryc. 4. Średnie wartości amplitud odpowiedzi TEOAE w grupie I w zależności od czasu.

Fig. 4. Average values of amplitudes in group I in time relationship.

1 kHz, która była znamienne statystycznie ($p < 0,05$) i wskazuje na podwyższenie progu słyszenia. Z kolei różnice w powtarzalności pomiaru, poziomie bodźca i stabilności sondy były także nieznaczne i nieznamienne statystycznie ($p > 0,05$, tab. 1).

Z kolei w grupie kontrolnej średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla częstotliwości 1, 2, 3, 4 i 5 kHz były zbliżone przed strzelaniem (badanie wstępne) do wyników uzyskanych po 1, 2, 3 godzinie (ryc. 2) i dlatego nie stwierdzono zależności statystycznej ($p > 0,05$).

Z danych przedstawionych na ryc. 3 wynika, że średnia wartość amplitudy odpowiedzi TEOAE w grupie kontrolnej w kolejnych badaniach wahała się między $-10,6$ dB SPL a $-11,2$ dB SPL, natomiast wartości powtarzalności pomiaru między $86,5\%$ a $88,0\%$. Stąd też z reguły brak jest zależności znamienne statystycznej różnych badanych parametrów, co podano w tabeli 2.

Z kolei na ryc. 4 wskazano na to, że średnia wartość amplitudy odpowiedzi TEOAE w grupie I w kolejnych badaniach wahała się między $-12,5$ dB SPL a $-14,0$ dB SPL.

OMÓWIENIE

Dla żołnierzy służby zasadniczej specyficznym hałasem związanym z odbywaniem służby wojskowej jest hałas impulsowy. Ponieważ jest ona obowiązkowa, to w konsekwencji na ten rodzaj hałasu jest narażona bardzo duża grupa społeczeństwa. Powagi sprawie dodaje fakt, że są to osoby młode, w wąskim przedziale wieku, najczęściej przed podjęciem aktywności zawodowej (10).

Znajomość spektrum częstotliwościowego hałasu impulsowego dla poszczególnych rodzajów broni, oprócz wartości poznawczych mechanizmów uszkodzenia narządu słuchu stanowi ważny element praktyczny. Daje podstawę do bardziej przemyślanej i skuteczniejszej profilaktyki uszkodzenia słuchu w wojsku. Profilaktyka jest realizowana poprzez stosowanie odpowiednio dobranych ochronników słuchu, np. tzw. inteligentnych, selektywnie tłumiących najgroźniejsze częstotliwości, a jednocześnie pozwalające na skuteczne porozumiewanie się. Ma to ogromne znaczenie zwłaszcza w czasie ćwiczeń w warunkach pokojowych, gdzie niepotrzebne narażenie na trwałe uszkodzenie słuchu nie ma żadnego uzasadnienia (11–14).

Szacuje się, że uraz akustyczny może powstać u 10 – 15% żołnierzy służby czynnej nie stosujących ochronników słuchu (14,15).

W Finlandii, w czasie obowiązkowej służby wojskowej urazów akustycznych doznawało ok. 15% żołnierzy. Dlatego od 1989 r. obowiązują tam przepisy, według których używanie ochronników słuchu jest obowiązkowe w każdym przypadku użycia broni czy materiałów wybuchowych. W badaniach po wprowadzeniu nowych regulacji stwierdzono zmniejszenie się liczby ostrych urazów akustycznych o ponad połowę. Ponadto z analizy zaistniałych ostrych urazów akustycznych wynikało, że wystąpiły one głównie w przypadkach nieprzebrania obowiązku użycia ochronników słuchu lub ekspozycji na niespodziewany hałas impulsowy (16,17).

Otrzymane wyniki średniej wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE w grupie kontrolnej wykazują dużą powtarzalność podobnie, jak badane w tej grupie takie parametry, jak: powtarzalność pomiaru, poziom bodźca, stabilność sondy.

Do wiarygodnego wykrywania zmian progu słyszenia jest ważna ocena stabilności badania (18).

W grupie badanej otrzymane średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE wykazały, że ochronniki słuchu w pełni zabezpieczyły żołnierzy przed hałasem impulsowym podczas strzelania.

W badaniach własnych zastosowano ochronniki H10A (prod. Peltor), przeznaczone do pracy w środowisku o wyjątkowo wysokim poziomie hałasu, umożliwiające maksymalne wytłumienie w pełnym zakresie częstotliwości, dzięki zastosowaniu podwójnej skorupy czaszy tłumiącej typu H10A. Poduszka uszczelniająca składa się ze sztywnego, podtrzymującego pierścienia, wciskanego w obrzeże skorupy oraz z warstwy pianki polieterowej, pokrytej miękką folią PCW. Ochronniki te są odpowiednie do prac w przemyśle ciężkim, wydobywczym, budownictwie i lotnictwie. Tłumienie dźwięku Sf (wyznaczone zgodnie z normą EN 352-1): dla 125 Hz – 16,9 dB, 250 Hz – 24,3 dB, 500 Hz – 40,5 dB, 1000 Hz – 40,3 dB, 2000 Hz – 39,5 dB, 4000 Hz – 41,7 dB, 8000 Hz – 41,2 dB.

Niedługo po odkryciu emisji otoakustycznej podjęto prace nad jej klinicznym zastosowaniem. Obecnie najczęściej i najszerzej wykorzystywana jest ona w skrinin-gowej ocenie stanu słuchu u noworodków i niemowląt oraz w monitorowaniu uszkodzeń słuchu przez hałas (19,20).

Hotz i wsp. (19) oceniali stan słuchu za pomocą audiometrii tonalnej i TEOAE u żołnierzy przed i po 17-tygodniowej służbie wojskowej. Wyniki obu pomiarów wykazały znaczącą redukcję odpowiedzi TEOAE w zakresie 2,0–4,0 kHz, przy nieistotnych zmianach w audiometrii tonalnej. W związku z tym autor ten wysunął wniosek, że badanie TEOAE jest czulsze niż konwencjonalne w wykrywaniu trwałych zmian w uchu wewnętrznym, powodowanych przez hałas, co zgodne jest z opinią innych autorów (21) i doświadczeń własnych.

Z kolei Śliwińska-Kowalska i wsp. (22) zbadali 32 pracowników zakładów metalurgicznych o bardzo krótkim stażu pracy, narażonych przez 6 godzin dziennie na stały, szerokopasmowy hałas przemysłowy o poziomie 85–97 dB (A). Autorzy ci wykonywali przed i po zmianie roboczej audiogram tonalny progowy oraz TEOAE i stwierdzili podwyższenie progu słuchu, zwłaszcza dla

6,0 kHz oraz istotną redukcję amplitudy TEOAE. Analiza widmowa fotoemisji wykazała największe zmiany dla 4,0 i 2,0 kHz.

Engdahl i wsp. (21) uważają, że TEOAE jest bardziej czuła i powtarzalna niż audiometria tonalna w wykrywaniu niewielkich zmian w ślimaku. Najdokładniej rozpoznaje uszkodzenie słuchu w zakresie częstotliwości 1,0–4,0 kHz, co potwierdzają również otrzymane przez nas wyniki.

WNIOSKI

1. Hałas impulsowy, spowodowany 5 wystrzałami pojedynczymi z broni kbk AKMS u żołnierzy grupy I – strzelającej w ochronnikach słuchu nie powoduje przesunięcia progu słyszenia (TTS) dla badanych częstotliwości.

2. Analizowane parametry odpowiedzi TEOAE, takie jak: powtarzalność pomiaru, poziom bodźca i stabilność sondy wskazują, że ocena natężeniowo-częstotliwościowa widma odpowiedzi w wybranych częstotliwościach, jest powtarzalna i porównywalna, na co wskazują otrzymane wyniki grupy kontrolnej.

3. W celu ochrony słuchu osoby prowadzące strzelanie z żołnierzami powinny bezwzględnie przestrzegać przepisów BHP i przeprowadzać je w odpowiednich ochronnikach słuchu, które w pełni zabezpieczają przed hałasem impulsowym, na co wskazują badania własne.

PIŚMIENNICTWO

1. Hurley R.M., Musiek F.E.: Effectiveness of transient-evoked otoacoustic emissions (TEOAEs) in predicting hearing level. *J. Am. Acad. Audiol.*, 1994;5:195–203
2. Prasher D., Sułkowski W.: The role of otoacoustic emissions in screening and evaluation of noise damage. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, 1999;12:183–192
3. Attias J., Horovitz G., El-Hatib N., Nageris B.: Detection and clinical diagnosis of noise-induced hearing loss by otoacoustic emissions. *Noise Health*, 2001;3:19–31
4. Konopka W., Pawlaczyk-Luszczynska M., Zalewski P., Pietkiewicz P.: The influence of the impulse noise on otoacoustic emissions. W: Casserau D. [red.]: *Proceedings Inter-Noise'2000*; 27–30 sierpnia 2000; Nice, France. Société Française d'Acoustique, Paris 2000; ss. 1335–1338
5. Attias J., Bresloff I.: Noise induced temporary otoacoustic emission shifts. *J. Basic Clin. Physiol. Pharmacol.*, 1996;7:221–233
6. Kapadia S., Lutman M.E.: Are normal hearing thresholds a sufficient condition for click-evoked otoacoustic emissions? *J. Acoust. Soc. Am.*, 1997;101:566–576
7. Kemp D.T., Ryan S., Bray P.: A guide to the effective use of otoacoustic emissions. *Ear Hear*, 1990;11:92–105
8. Marshall L., Heller L.M.: Transient-evoked otoacoustic emissions as a measure of noise-induced threshold shift. *Speech Lang Hear. Res.*, 1998;41:1319–1334

9. Vinck B.M., Van Cauwenberge P.B., Corthals P., De Vel E.: Multi-variant analysis of otoacoustic emissions and estimation of hearing thresholds: transient evoked otoacoustic emissions. *Audiology*, 1998;37:315–334
10. Paakkonen R., Lehtomaki K., Savolainen S.: Noise attenuation of communication hearing protectors against impulses from assault rifle. *Mil. Med.*, 1998;163:40–43.
11. Pawlaczyk-Łuszczynska M., Dudarewicz A., Bąk M., Fiszler M., Kotyło P., Śliwińska-Kowalska M.: Temporary changes in hearing after exposure to shooting noise. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, 2004;17(2):285–294
12. Santaolalla M.F., Martinez I.A., Sanchez del Rey A.: Study of acoustic trauma in hunters using otoacoustic emission recording. *Acta Otorrinolarinol. Esp.*, 1998;49:125–128
13. Subramaniam M., Henselman L.W., Spong V., Henderson D., Powers N.L.: Effect of high-frequency interrupted noise exposures on evoked-potential thresholds, distortion-product otoacoustic emissions, and outer hair cell loss. *Ear Hear.*, 1995;16(4):372–381
14. Henselman L.W., 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 Hear.*, 1995;16(4):382–391
15. Price G.R.: Hazard from weapon impulses: histological and electrophysical evidence. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1989;85:1245–1254
16. Savolainen S., Lehtomaki K.M.: Impulse noise and acute acoustic trauma in Finnish conscripts. Number of shots fired and safe distances. *Scand. Audiol.*, 1997;26:122–129
17. Ylikoski M., Pekkarinen J.O., Strack J.P., Paakkinen R.J., Ylikoski J.S.: Physical characteristics of gunfire impulse noise and its attenuation by hearing protectors. *Scand. Audiol.*, 1995;24:3–11
18. Konopka W., Zalewski P., Pietkiewicz P.: Evaluation of transient and distortion product otoacoustic emission before and after shooting practice. *Noise Health*, 2001;3:29–37
19. Hotz M.A., Probst R., Harris F.P.: Monitoring the effects of noise exposure using transiently evoked otoacoustic emission. *Acta Otolaryngol.*, 1993;113:478–482
20. Kvaerner K.J., Engdahl B., Arnesen A.R., Mair I.W.S.: Temporary threshold shift and otoacoustic emissions after industrial noise exposure. *Scand. Audiol.*, 1995;24:137–141
21. Engdahl B., Voxen O., Arnesen A.R., Mair I.W.S.: Transient evoked otoacoustic emission as screening for hearing losses at the school for military training. *Scand. Audiol.*, 1996;25:71–78
22. Śliwińska-Kowalska M., Kotyło P., Hendler B.: Comparing changes in transient-evoked otoacoustic emission and pure-tone audiometry following short exposure to industrial noise. *Noise Health*, 1999;2:50–57