

Analiza czasowego przesunięcia progu słyszenia u żołnierzy narażonych na hałas impulsowy za pomocą emisji otoakustycznej

Analysis of temporary hearing threshold shift measured by otoacoustic emissions in soldiers after exposure to impulse noise

Jurek Olszewski, Jarosław Miłośki, Sławomir Olszewski

Uniwersytet Medyczny, Łódź

Streszczenie

Celem pracy jest ocena wpływu krótkotrwałego działania hałasu impulsowego na wielkość i dynamikę czasowego przesunięcia progu słyszenia u żołnierzy z prawidłowym słuchem. Badania przeprowadzono u 80 młodych osób (160 uszu) w wieku 19–23 lat. U wszystkich badanych stwierdzono prawidłowy wygląd błony bębenkowej oraz progi słuchu w audiometrii tonalnej nie przekraczające dla żadnej częstotliwości 20dB. Materiał badań podzielono na dwie grupy: I – 40 nowowcielonych żołnierzy zasadniczej służby wojskowej wykonujących strzelanie bez ochronników słuchu, II – 40 młodych mężczyzn (kontrolna), którzy nie wykonywali strzelania. Metodyka badań obejmowała ocenę stanu słuchu na podstawie wywiadu, badania przedmiotowego, audiometrii tonalnej progowej (średnia dla 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 Hz). Wszyscy zakwalifikowani do badania TEOAE byli otologicznie zdrowi z prawidłowym słuchem na poziomie 10–15 dB. Badania wykonywano przy użyciu: zestawu do rejestracji emisji otoakustycznych ILO 292 Echoport Otodynamics wersja 5.0 oraz audiometru Madsen OB 822 oraz słuchawek TDH – 39. TEOAE wykonywano 3–5 min. przed strzelaniem, następnie bezpośrednio po strzelaniu (2 min.) oraz kolejne badania po 1, 2 i 3 godzinach od strzelania. 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. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że hałas impulsowy spowodowany 5 wystrzałami pojedynczymi z broni kbk AKMS powoduje u żołnierzy grupy I przejściowe przesunięcie progu słyszenia (TTS) dla częstotliwości 1, 2, 3, 4, 5 kHz, odpowiednio średnio o 1,07, 0,96, 1,41, 0,88 i 1,25 dB SPL. Przesunięcie progu słyszenia (TTS) u żołnierzy grupy I utrzymuje się najdłużej po strzelaniu dla częstotliwości 4 kHz i 5 kHz (odpowiednio do 3 godzin i powyżej 3 godzin, natomiast najkrócej dla częstotliwości 1 kHz i 2 kHz (do 1 godziny). 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.

Słowa kluczowe: próg słyszenia, hałas impulsowy, emisja otoakustyczna.

Summary

The aim of the study was to assess the influence of short-term impulse noise to size and dynamics of temporary threshold shift in soldiers with correct hearing. The study included 80 subjects (160 ears) aged 19–23 with correct tympanic membrane and thresholds measured by pure tone audiometry less than 20 dB. There were two groups: I – 40 soldiers unprotected during shooting II – 40 young males which didn't shoot. The examination included case history, otolaryngological examination and pure tone audiometry (mean values for 500, 1000, 2000, 3000, 4000 and 6000 Hz). Subjects qualified to TEOAE were audiological healthy with thresholds measured by pure tone audiometry between 10–15 dB. TEOAE were performed by ILO 292 Echoport Otodynamics device 3–5 min before shooting and 2 min; 1, 2 and 3 hours after shooting. The results show that impulse noise caused by 5 gunshots from kbk AKMS firearm cause temporary hearing threshold shift for 1, 2, 3, 4 and 5 kHz frequency, of 1,07; 0,96; 1,41; 0,88 and 1,25 dB SPL respectively. Hearing threshold shift in soldiers is maximal in the frequency range of 4 and 5 kHz and minimal in the frequency range of 1 and 2 kHz. Analysed TEOAE parameters showed that frequency and intensity spectrograms assessment in chosen frequencies is comparable and repetitive.

Key words: hearing threshold, impulse noise, otoacoustic emission.

Wprowadzenie

Emisja otoakustyczna jest metodą dostarczającą obiektywnych danych o czynności komórek słuchowych zewnętrznych i może być zastosowana do oceny wpływu hałasu na ucho wewnętrzne [Attias (i in.) 2001; Gryczyński 2004; Konopka (i in.) 2000]. Na podstawie badania TEOAE nie można wyznaczyć progu słyszenia, podobnie jak w audiometrii tonalnej progowej, jak również nie może być zastosowana do wiernego odwzorowania wielkości audiometrycznego TTS. Jednakże po narażeniu na hałas występuje analogiczne zmniejszenie poziomu emisji określane jako TES (*temporary emission shift*). W badaniach na ochotnikach, po narażeniu na hałas, stwierdzono zbliżone czasowo i częstotliwościowo zachowanie się TTS badanego audiometrycznie i TES badanego przy użyciu emisji otoakustycznej wywołanej trzaskiem [Attias, Bresloff 1996; Kapadia, Lutman 1997; Kemp (i in.) 1990; Marshall, Heller 1998; Vinck (i in.) 1998].

Celem pracy jest ocena wpływu krótkotrwałego działania hałasu impulsowego na wielkość i dynamikę czasowego przesunięcia progu słyszenia u osób z prawidłowym słuchem. Oceniano zachowanie się sygnału emisji otoakustycznej typu TEOAE u nowowcielonych żołnierzy przed i po strzelaniu oraz w wybranych przedziałach czasowych dla ucha prawego i lewego.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono u 80 młodych osób (160 uszu) w wieku 19 – 23 lat. Żadna z wybranych do badania osób nie podawała 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 nie przekraczające dla żadnej częstotliwości 20 dB.

Materiał badań podzielono na dwie grupy:

Grupa I – 40 nowowcielonych żołnierzy zasadniczej służby wojskowej wykonujących strzelanie bez ochronników słuchu, w wieku 19 – 23 lata (średnia 21,4±1,6)

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

Metodyka badań obejmowała ocenę stanu słuchu na podstawie wywiadu, badania przedmiotowego, audiometrii tonalnej progowej (średnia dla 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 Hz). Wszyscy zakwalifikowani do badania TEOAE byli otologicznie zdrowi z prawidłowym słuchem na poziomie 10–15 dB.

Badania wykonywano przy użyciu: zestawu do rejestracji emisji otoakustycznych ILO 292 Echoport Otodynamics wersja 5.0 oraz audiometru Madsen OB 822 oraz słuchawek TDH-39. W ocenie porównawczej zapisu 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, następnie bezpośrednio po strzelaniu (2 min.) oraz kolejne badania po 1, 2 i 3 godzinach od strzelania. 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 (ostrzy). Po wykonanym strzelaniu wszyscy badani przebywali w ciszy.

W badaniu emisji TEOAE, jako bodziec stosowano trzask o obwiedni nieliniowej, czasie trwania 80µs i natężeniu 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 mierzony był w przedziałach 500Hz 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 ła.

Na przeprowadzenie badań narządu słuchu u żołnierzy oraz studentów zgodnie z tą metodyką wyraziła zgodę Komisja Bioetyki Uniwersytetu Medycznego w Łodzi uchwałą o przyjęciu projektu eksperymentu medycznego nr RNN/92/-03/KB z dnia 18.11.2003 roku.

Wyniki

W grupie I średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE w badanej grupie I przed strzelaniem łącznie dla ucha lewego i prawego wynosiły: dla 1 kHz -4,55±4,79 dB SPL, dla 2 kHz -7,57±4,88 dB SPL, dla 3 kHz -10,07±6,23 dB SPL, dla 4 kHz -11,26±6,62 dB SPL i dla 5 kHz -21,81±4,76 dB SPL. Różnice średnich wartości amplitudy między uchem lewym a prawym dla wybranych częstotliwości były nieznamiennie statystycznie ($p > 0,05$).

Po strzelaniu w grupie I łączne średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla ucha lewego i prawego w grupie I po strzelaniu wynosiły: dla 1 kHz -5,62±5,00 dB SPL, dla 2 kHz -8,53±4,82 dB SPL, dla 3 kHz -11,48±6,49 dB SPL, dla 4 kHz -12,14±6,82 dB SPL oraz dla 5 kHz -23,06±5,08 dB SPL. Różnice średnich wartości amplitudy między uchem lewym i prawym dla przedstawionych częstotliwości były nieznamiennie statystycznie ($p > 0,05$).

Łączne średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla ucha lewego i prawego w grupie I po 1 godzinie od strzelania przedstawiały się następująco: dla 1 kHz -4,17±5,15 dB SPL, dla 2 kHz -7,88±4,84 dB SPL, dla 3 kHz -11,61±7,09 dB SPL, dla 4 kHz -13,13±7,30 dB SPL oraz dla 5 kHz -24,25±5,78 dB SPL. Różnice wartości amplitud między uchem lewym i prawym dla wszystkich badanych częstotliwości były nieznamiennie statystycznie ($p > 0,05$).

Po 2 godzinach od strzelania łączne średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla ucha lewego i prawego w grupie I wynosiły: dla 1 kHz -4,15±5,21 dB SPL, dla 2 kHz -7,20±4,79 dB SPL, dla 3 kHz -10,48±6,36 dB SPL, dla 4 kHz -12,27±7,17 dB SPL i dla 5 kHz -23,22±4,91 dB SPL. Różnice wartości amplitud między uchem lewym i prawym dla badanych częstotliwości były nieznamiennie statystycznie ($p > 0,05$).

Analizowane łącznie średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla ucha lewego i prawego w grupie I po 3 godzinach od strzelania przedstawiały się następująco: dla 1 kHz -2,71±5,01 dB SPL, dla 2 kHz -4,42±5,40 dB SPL, dla 3 kHz -9,29±7,12 dB SPL, dla 4 kHz -11,11±7,83 dB SPL

oraz dla 5 kHz $-22,86 \pm 6,46$ dB SPL. Różnice wartości amplitud między uchem lewym i prawym dla wybranych częstotliwości były nieznamienne statystycznie ($p > 0,05$).

Badane średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE w grupie kontrolnej (badanie wstępne) były następujące: dla 1 kHz $-6,23 \pm 4,76$ dB SPL w uchu lewym i $-5,43 \pm 4,53$ dB SPL w uchu prawym, dla 2 kHz odpowiednio $-9,44 \pm 5,93$ i $-8,30 \pm 4,84$ dB SPL, dla 3 kHz $-12,95 \pm 7,23$ i $-12,87 \pm 6,67$ dB SPL, dla 4 kHz $-16,81 \pm 6,97$ i $-17,25 \pm 6,49$ dB SPL oraz dla 5 kHz $-25,70 \pm 4,67$ i $-24,90 \pm 4,70$ dB SPL. Różnice wartości amplitud dla ucha lewego i prawego dla wszystkich badanych częstotliwości były nieznamienne statystycznie ($p > 0,05$).

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.

Kolejne badanie średnich wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE w grupie kontrolnej było następująco: dla 1 kHz $-6,00 \pm 4,84$ dB SPL w uchu lewym i $-5,37 \pm 4,44$ dB SPL w uchu prawym, dla 2 kHz odpowiednio $-9,36 \pm 6,24$ i $-8,33 \pm 5,15$ dB SPL, dla 3 kHz $-13,45 \pm 7,34$ i $-12,61 \pm 6,62$ dB SPL, dla 4 kHz $-16,06 \pm 6,14$ i $-17,22 \pm 6,44$ dB SPL oraz dla 5 kHz $-25,41 \pm 3,95$ i $-25,03 \pm 4,48$ dB SPL. Różnice wartości amplitud dla ucha lewego i prawego dla wybranych częstotliwości były nieznamienne statystycznie ($p > 0,05$).

Łączne średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla ucha lewego i prawego w grupie kontrolnej po 1 godzinie wynosiły: 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.

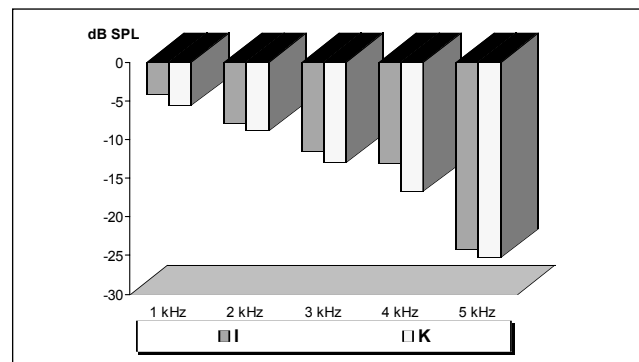
Otrzymane w grupie kontrolnej po 2 godzinach średnie wartości amplitud odpowiedzi TEOAE przedstawiały się następująco: dla 1 kHz $-5,93 \pm 4,53$ dB SPL w uchu lewym i $-5,15 \pm 4,13$ dB SPL w uchu prawym, dla 2 kHz odpowiednio $-9,63 \pm 6,02$ i $-8,16 \pm 4,80$ dB SPL, dla 3 kHz $-12,95 \pm 7,03$ i $-12,86 \pm 6,82$ dB SPL, dla 4 kHz $-16,50 \pm 6,86$ i $-17,19 \pm 6,72$ dB SPL oraz dla 5 kHz $-25,27 \pm 4,02$ i $-24,60 \pm 4,52$ dB SPL. Różnice wartości amplitud dla ucha lewego i prawego dla badanych częstotliwości były nieznamienne statystycznie ($p > 0,05$).

Łączne średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla ucha lewego i prawego w grupie kontrolnej otrzymane po 2 godzinach wynosiły: 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.

Średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE w grupie kontrolnej po 3 godzinach były następująco: dla 1 kHz $-5,83 \pm 4,79$ dB SPL w uchu lewym i $-5,02 \pm 3,97$ dB SPL w uchu prawym, dla 2 kHz odpowiednio $-8,81 \pm 5,56$ i $-7,57 \pm 4,49$ dB SPL, dla 3 kHz $-12,29 \pm 6,92$ i $-12,26 \pm 6,77$ dB SPL, dla 4 kHz $-16,40 \pm 6,74$ i $-16,76 \pm 6,69$ dB SPL oraz dla 5 kHz $-25,05 \pm 4,43$ i $-24,81 \pm 4,57$ dB SPL. Różnice wartości amplitud dla ucha lewego i prawego dla wybranych częstotliwości były nieznamienne statystycznie ($p > 0,05$).

Łączne średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE dla ucha lewego i prawego w grupie kontrolnej otrzymane po 3 godzinach wynosiły: 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.



Ryc. 1. Widmo odpowiedzi w wybranych częstotliwościach w grupie I i kontrolnej po 1 godzinie

Tab. 1. Analiza statystyczna widma odpowiedzi w wybranych częstotliwościach w grupie I i kontrolnej po 1 godzinie

	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	5 kHz
I ÷ K	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05

Z analizy średniej wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE w wybranych częstotliwościach w grupie I i kontrolnej po 1 godzinie wynika (por. ryc. 1 i tab. 1), że znamienne różnica statystyczna dotyczyła jedynie częstotliwości 4 kHz ($p < 0,05$).

Nie stwierdzono także różnic znamienne statystycznych między średnią wartością amplitudy odpowiedzi TEOAE, poziomem bodźca, powtarzalnością pomiaru i stabilnością sondy między grupą I a kontrolną po 1 godzinie ($p > 0,05$), na co wskazuje tabela 2.

Tab. 2. Wartości wybranych parametrów TEOAE w grupie I i kontrolnej po 1 godzinie

Parametry	Grupa I	Grupa kontrolna	Istotność różnic
Amplituda odpowiedzi	12,40 dB SPL ± 4,74	10,70 dB SPL ± 4,66	p > 0,05
Powtarzalność pomiaru	81,38% ± 15,03	86,73% ± 8,52	p > 0,05
Poziom bodźca	79,46 dB SPL ± 2,05	78,70 dB SPL ± 1,92	p > 0,05
Stabilność sondy	96,38% ± 2,66	95,85% ± 3,13	p > 0,05

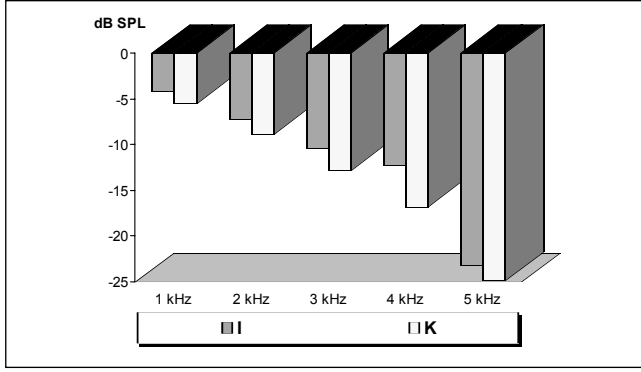
Średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE w grupie I i kontrolnej po 2 godzinach dla wybranych częstotliwości przedstawiono na rycinie 2. Przeprowadzona analiza wykazała znamienne różnicę statystyczną (tab. 3) dotyczącą odpowiedzi między tymi grupami dla częstotliwości 4 kHz ($p < 0,05$).

Tab. 3. Analiza statystyczna widma odpowiedzi w wybranych częstotliwościach w grupie I i kontrolnej po 2 godzinie

	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	5 kHz
I ÷ K	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05

Nie stwierdzono różnic znamienne statystycznych między średnią wartością amplitudy odpowiedzi TEOAE, poziomem bodźca, powtarzalnością pomiaru i stabilnością sondy między grupą I a kontrolną w badaniach wykonanych po 2 godzinach ($p > 0,05$), co ilustruje tabela 4.

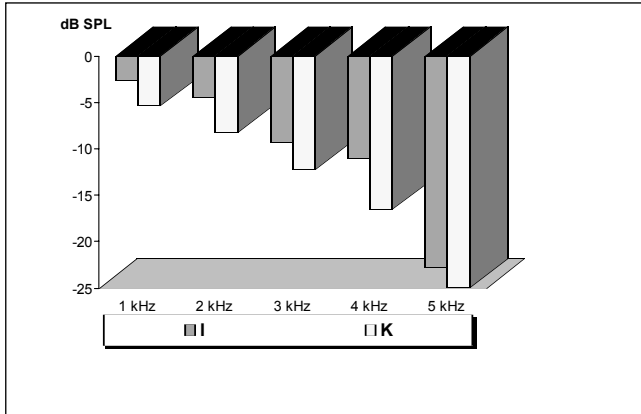
Ryc. 2. Widmo odpowiedzi w wybranych częstotliwościach w grupie I i kontrolnej po 2 godzinie



Tab. 4. Wartości wybranych parametrów TEOAE w grupie I i kontrolnej po 2 godzinie

Parametry	Grupa I	Grupa kontrolna	Istotność różnic
Amplituda odpowiedzi	12,82 dB SPL ± 4,44	10,78 dB SPL ± 4,46	p > 0,05
Powtarzalność pomiaru	86,78% ± 11,38	88,03% ± 7,27	p > 0,05
Poziom bodźca	79,36 dB SPL ± 2,26	78,51 dB SPL ± 1,84	p > 0,05
Stabilność sondy	96,56% ± 2,02	96,13% ± 2,07	p > 0,05

Badanie przeprowadzone w grupie I i kontrolnej po 3 godzinach (ryc. 3 i tab. 5) wykazało znamienność statystyczną dotyczącą różnicy amplitudy odpowiedzi TEOAE dla częstotliwości 1, 2 i 4 kHz ($p < 0,05$).



Ryc. 3. Widmo odpowiedzi w badanych częstotliwościach w grupie I i kontrolnej po 3 godzinie

Tab. 5. Analiza statystyczna widma odpowiedzi wybranych częstotliwości w grupie I i kontrolnej po 3 godzinie

	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	5 kHz
I ÷ K	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05

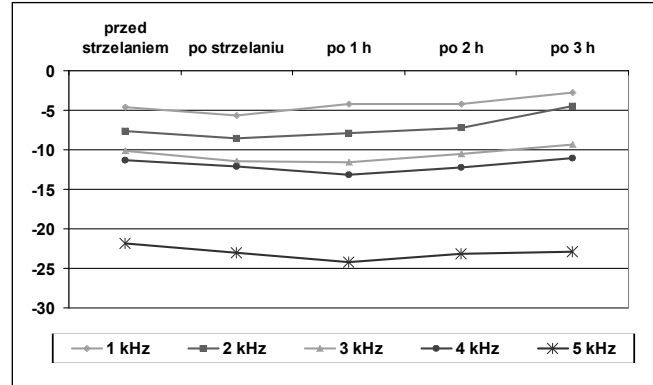
W tych samych grupach po 3 godzinach stwierdzono (tab. 6) zależność znamienne statystyczną odnośnie amplitudy odpowiedzi ($p < 0,05$) i poziomu bodźca ($p < 0,05$).

Rycina 4 przedstawia średnie wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE w grupie I dla wybranych częstotliwości w zależności od czasu badania po strzelaniu. I tak średnia wartość amplitudy w tej grupie jest zbliżona do wartości przed strzelaniem po 1 godzinie dla częstotliwości 1 i 2 kHz, po 2 godzinach dla częstotliwości 3 kHz, po 3 godzinach dla

częstotliwości 4 kHz i nie osiąga wartości wyjściowej dla 5 kHz nawet po 3 godzinach.

Tab. 6. Wartości wybranych parametrów TEOAE w grupie I i kontrolnej po 3 godzinie

Parametry	Grupa I	Grupa kontrolna	Istotność różnic
Amplituda odpowiedzi	13,91 dB SPL ± 4,95	11,09 dB SPL ± 4,43	p < 0,05
Powtarzalność pomiaru	86,31% ± 11,90	87,83% ± 8,40	p > 0,05
Poziom bodźca	80,49 dB SPL ± 2,04	78,95 dB SPL ± 1,75	p < 0,05
Stabilność sondy	95,00% ± 3,35	96,21% ± 1,62	p > 0,05



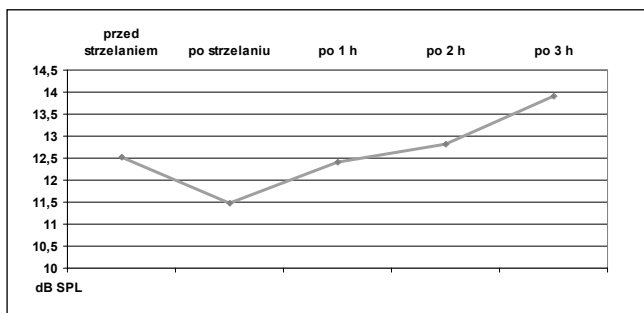
Ryc. 4. Widma odpowiedzi dla wybranych częstotliwości w grupie I w zależności od czasu

Różnice wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE w grupie I przed strzelaniem i po strzelaniu (badanie w ciągu 2 minut) były znamienne statystycznie dla częstotliwości 1, 2, 3 i 5 kHz ($p < 0,05$), na co wskazuje tabela 7.

Tab. 7. Analiza statystyczna widma odpowiedzi w wybranych częstotliwościach w grupie I w zależności od czasu po strzelaniu

Porównanie czasu	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	5 kHz
przed strzelaniem – po strzelaniu	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p = 0,05	p < 0,05
przed strzelaniem – po 1 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05
przed strzelaniem – po 2 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05
przed strzelaniem – po 3 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
po strzelaniu – po 1 h	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
po 1 h – po 2 h	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
po 2 h – po 3 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05

Z analizy ryciny 5 oraz tabeli 8 wynika, że średnia wartość amplitudy odpowiedzi TEOAE przed strzelaniem i po strzelaniu jest znamienne statystycznie ($p < 0,05$), podobnie jak ma to miejsce w przypadku powtarzalności pomiarów ($p < 0,05$). W przypadku poziomu bodźca i stabilności sondy stwierdza się brak znamienności statystycznej między wynikami przed strzelaniem a kolejnymi badaniami po strzelaniu (w 1, 2, 3 godzinie), co świadczy o porównywalności tych danych.

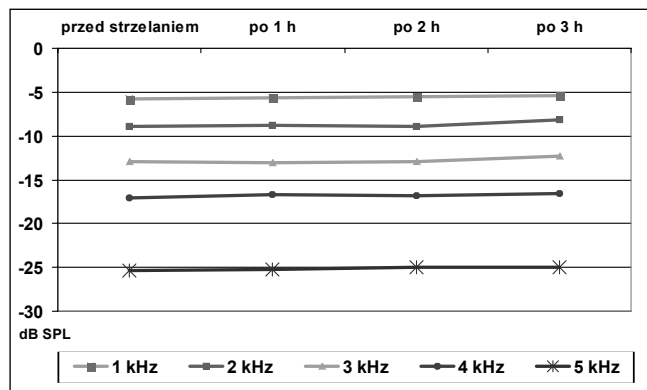


Ryc. 5. Wartości amplitudy odpowiedzi w grupie I w zależności od czasu

Tab 8. Analiza statystyczna wybranych parametrów TEOAE w grupie I w zależności od czasu

	Amplituda odpowiedzi	Powtarzalność pomiaru	Poziom bodźca	Stabilność sondy
przed strzelaniem – po strzelaniu	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05
przed strzelaniem – po 1 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
przed strzelaniem – po 2 h	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05
przed strzelaniem – po 3 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
po strzelaniu – po 1 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
po 1 h – po 2 h	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05
po 2 h – po 3 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

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. 6) i dlatego nie stwierdzono zależności statystycznej (p > 0,05 – tab. 9).

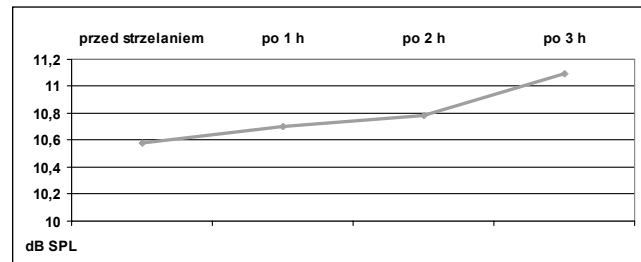


Ryc. 6. Widma odpowiedzi w badanych częstotliwościach w grupie kontrolnej w zależności od czasu

Tab. 9. Analiza statystyczna widma odpowiedzi w wybranych częstotliwościach w grupie kontrolnej w zależności od czasu

	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	5 kHz
przed strzelaniem – po 1 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
przed strzelaniem – po 2 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
przed strzelaniem – po 3 h	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p = 0,05	p > 0,05
po 1 h – po 2 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
po 2 h – po 3 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

Z ryc. 7 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 znamiennej statystycznej różnych badanych parametrów, co ilustruje tabela 10.



Ryc. 7. Wartości amplitudy odpowiedzi w grupie kontrolnej w zależności od czasu

Tab. 10. Analiza statystyczna wybranych parametrów TEOAE w grupie kontrolnej w zależności od czasu

	Amplituda odpowiedzi	Powtarzalność pomiaru	Poziom bodźca	Stabilność sondy
przed strzelaniem – po 1 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
przed strzelaniem – po 2 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
przed strzelaniem – po 3 h	p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p > 0,05
po 1 h – po 2 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
po 2 h – po 3 h	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

Dyskusja

W badaniach własnych oceniano wpływ hałasu impulsowego, spowodowanego 5 pojedynczymi wystrzałami z broni kbk AKMS na przesunięcie progu słyszenia (TTS) u żołnierzy nowowcielonych z prawidłowym słuchem. I tak w grupie I po strzelaniu stwierdzono przesunięcie progu słyszenia dla częstotliwości 1 kHz o 1,07 dB SPL, dla częstotliwości 2kHz o 0,96 dB SPL, dla częstotliwości 3kHz o 1,41 dB SPL, dla częstotliwości 4 kHz o 0,88 dB SPL i dla częstotliwości 5 kHz o 1,25 dB SPL.

W tej samej grupie po 1 godzinie od strzelania próg słyszenia dla częstotliwości 1 kHz i 2 kHz był na podobnym poziomie jak przed strzelaniem, natomiast nadal utrzymywało się przesunięcie TTS dla częstotliwości 3 kHz o 1,54 dB SPL, dla częstotliwości 4 kHz o 1,87 dB SPL oraz dla częstotliwości 5 kHz o 2,44 dB SPL.

Po dwóch godzinach od strzelania w badaniach TEOAE w grupie I nadal utrzymywało się przesunięcie progu słyszenia TTS dla częstotliwości 4 kHz o 1,01 dB SPL oraz dla częstotliwości 5 kHz o 1,41 dB SPL, natomiast po 3 godzinach od wykonanego strzelania nadal obserwowano przesunięcie TTS dla częstotliwości 5 kHz o 1,05 dB SPL.

W badaniach na ochotnikach [Vinck (i in.) 1999] badano zachowanie się TTS i TES po narażeniu na hałas – szum biały o poziomie 90 dB przez 1 godzinę. Stwierdzono obniżenie czasowego progu słyszenia oraz redukcję widma TEOAE. Po 60 min. nie zaobserwowano powrotu do stanu z przed ekspozycji dla 4 kHz widma TEOAE, mimo że nie



było istotnych odchyłań dla tej częstotliwości w audiometrii tonalnej progowej.

Widmo odpowiedzi TEOAE było rejestrowane w zakresie 0,5 – 2 kHz i analizowane dla 1, 2, 3, 4, 5 kHz. Odpowiedzi dla 5 kHz były najniższe we wszystkich grupach.

W badaniach największe nasilenia odpowiedzi obserwowano dla częstotliwości 1,0 kHz co jest zgodne z wynikami innych autorów [Dohlen (i in.) 1991; Fuse (i in.) 1994; Liebel (i in.) 1996]. Zjawisko to jest tłumaczone wyjątkową wydolnością transmisji ucha środkowego w zakresie tej częstotliwości.

Ograniczenie pasma otoemisji wywołanych TEOAE w wysokich częstotliwościach tłumaczy się widmem zastosowanego bodźca (trzask), który nie obejmuje wysokich częstotliwości oraz wyłączenie z analizy pierwszych 2,5 ms po podaniu bodźca [Prieve (i in.) 1993; Probst (i in.) 1986; Śliwińska-Kowalska (i in.) 1995].

Otrzymane wyniki widma odpowiedzi TEOAE w grupie kontrolnej wykazały, że w badaniu wstępnym średnia wartość amplitudy wynosiła: -5,83 dB SPL dla częstotliwości 1 kHz, -8,87 dB SPL dla częstotliwości 2 kHz, -12,91 dB SPL dla częstotliwości 3 kHz, -17,03 dB SPL dla częstotliwości 4 kHz i -25,30 dB SPL dla częstotliwości 5 kHz.

Kolejne badanie średniej wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE po 1 godzinie w tej grupie dla wybranych częstotliwości różniło się od badania wstępnego następująco: dla częstotliwości 1 kHz o 0,15 dB SPL, dla częstotliwości 2 kHz o 0,03 dB SPL, dla częstotliwości 3 kHz o 0,12 dB SPL, dla częstotliwości 4 kHz o 0,39 dB SPL i dla częstotliwości 5 kHz o 0,08 dB SPL.

Po 2 godzinach od badania wstępnego różnice wartości amplitudy odpowiedzi TEOAE w porównaniu z wyjściowymi były następujące: dla częstotliwości 1 kHz o 0,29 dB SPL, dla częstotliwości 2 kHz o 0,02 dB SPL, dla częstotliwości 3 kHz różnic nie stwierdzono, dla częstotliwości 4 kHz o 0,19 dB SPL i dla częstotliwości 5 kHz o 0,37 dB SPL, natomiast po 3 godzinie, odpowiednio przedstawiały się: dla częstotliwości 1 kHz o 0,41 dB SPL, dla częstotliwości 2 kHz o 0,68 dB SPL, dla częstotliwości 3 kHz o 0,64 dB SPL, dla częstotliwości 4 kHz o 0,45 dB SPL i dla częstotliwości 5 kHz o 0,37 dB SPL. 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.

W przypadku emisji mówimy o progu wykrywania odpowiedzi. Próg wykrywania w dużej mierze zależy od jakości aparatury, warunków badania, umiejętności badającego.

Należy brać również pod uwagę fakt dużych międzyosobniczych różnic w nasileniu otoemisji, stąd nie ma możliwości odniesienia uzyskiwanych wyników do żadnej normy, a można jedynie traktować jako wartości odniesienia dla kolejnych pomiarów [Ferguson (i in.) 2000; Kowalska (i in.) 1994; Vedantam, Musiek 1991].

Z drugiej strony bardzo dobra powtarzalność badań dla tego samego ucha przemawia za satysfakcjonującą standaryzacją pomiaru [Konopka (i in.) 2002; Kotyło, Śliwińska-Kowalska 1999].

Wnioski

1. Hałas impulsowy spowodowany 5 wystrzałami pojedynczymi z broni kbk AKMS powoduje u żołnierzy grupy I

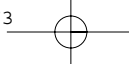
przejściowe przesunięcie progu słyszenia (TTS) dla częstotliwości 1, 2, 3, 4, 5 kHz, odpowiednio średnio o 1.07, 0.96, 1.41, 0.88 i 1.25 dB SPL.

2. Przesunięcie progu słyszenia (TTS) u żołnierzy grupy I utrzymuje się najdłużej po strzelaniu dla częstotliwości 4 kHz i 5 kHz (odpowiednio do 3 godzin i powyżej 3 godzin, natomiast najkrócej dla częstotliwości 1 kHz i 2 kHz (do 1 godziny).

3. 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.

Bibliografia

- Attias J., Horovitz G., El-Hatib N., Nageris B. [2001]. Detection and clinical diagnosis of noise-induced hearing loss by otoacoustic emissions. „Noise & Health” 3, 19–31.
- Attias J., Bresloff I. [1996] Noise induced temporary otoacoustic emission shifts. „Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology” 7, 221–233.
- Dohlen P., Hennaux C., Chantry P., Hennebert D. [1991] The occurrence of evoked oto-acoustic emissions in a normal adult population and neonates. „Scandinavian Audiology” 20, 203–204.
- Ferguson M. A., Smith P. A., Davis A. C., Lutman M. E. [2000] Transient-evoked otoacoustic emissions in a representative population sample aged 18 to 25 years. „Audiology” 39, 125–134.
- Fuse T., Aoyagi M., Suzuki Y., Koike Y. [1994] Frequency analysis of transiently evoked otoacoustic emissions in sensorineural hearing disturbance. „Acta oto-laryngologica” 511, 91–94.
- Gryczyński M. [2004] Otoemisja akustyczna jako obiektywna metoda badania słuchu. „Słuch” 4, 1–3.
- Kapadia S., Lutman M. E. [1997] Are normal hearing thresholds a sufficient condition for click-evoked otoacoustic emissions? „The Journal of the Acoustical Society of America” 101, 566–576.
- Kemp D. T., Ryan S., Bray P. [1990] A guide to the effective use of otoacoustic emissions. „Ear and Hearing” 11, 92–105.
- Konopka W., Grzanka A., Zalewski P. [2002] Osobnicza powtarzalność obrazów analizy czasowo-częstotliwościowej TEOAE. „Otolaryngologia Polska” 56, 701–706.
- Konopka W., Pawlacyk-Łuszczynska M., Zalewski P., Pietkiewicz P. [2000] The influence of the impulse noise on otoacoustic emissions. In: Casserau D., editor: Proceedings Inter-Noise'2000, 1335–1338; 2000 Aug 27–30; Nice, France. Paris: Société Française d'Acoustique.
- Kotyło P., Śliwińska-Kowalska M. [1999] Zastosowanie pomiarów emisji otoakustycznej do oceny funkcji układu eferentnego ślimaka – badania osób z prawidłowym słuchem. „Otolaryngologia Polska” 53, 87–93.
- Kowalska S., Sułkowski W., Murowaniecki Z. [1994] Wstępne wyniki oceny pomiarów otoemisji akustycznej i wartości normatywne u młodych, otologicznie zdrowych osób. Część II: Pomiar efektu zniekształceń akustycznych. „Otolaryngologia Polska” 48, 572–582.
- Liebel J., Delb W., Andes C., Koch A. [1996] Zum diagnostischen Stellenwert der otoakustischen Emissionen (OAE) in der Erfassung eines durch Freizeitlarm verursachten TTS (Temporary threshold shift). „Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmed.” 31, 269–275.
- Marshall L., Heller L. M. [1998] Transient-evoked otoacoustic emissions as a measure of noise-induced threshold shift. „Journal of Speech, Language and Hearing Research” 41, 1319–1334.
- Prieve B. A., Gorga M. P., Schmidt A. [1993] Analysis of transient-evoked otoacoustic emissions in normal hearing and hearing impaired ears. „The Journal of the Acoustical Society of America” 93, 3308–3319.



- Probst R., Coats A. C., Martin G. K., Lonsbury-Martin B. L. [1986] Spontaneous, click-, and toneburst-evoked otoacoustic emissions from normal ears. „Hearing Research” 21, 261–275.
- Śliwińska-Kowalska M., Sułkowski W. J., Murowaniecki Z. [1995] Emisja otoakustyczna wywołana – badania u osób z prawidłowym słuchem. „Otolaryngologia Polska” 49, 46–56.
- Vedantam R., Musiek F. E. [1991] Click evoked otoacoustic emissions in adult subjects: standard indices and test-retest reliability. „The American Journal of Otology” 12, 435–442.
- Vinck B. M., Van Cauwenberge P. B., Corthals P., De Vel E. [1998] Multi-variant analysis of otoacoustic emissions and estimation of hearing thresholds: transient evoked otoacoustic emissions. „Audiology” 37, 315–334.
- Vinck B. M., Van Cauwenberge P. B., Leroy L., Corthals P. [1999] Sensitivity of transient evoked and distortion product otoacoustic emissions to the direct effects of noise on the human cochlea. „Audiology” 38, 44–52.

Adres do korespondencji

Prof. dr hab. n. med. Jurek Olszewski
Klinika Otolaryngologii i Rehabilitacji Fono-Audiologicznej
ul. Żeromskiego 113
90-546 Łódź

