

BADANIA PRAWIDŁOWEGO UMIESZCZANIA WKŁADEK PRZECIWAŁASOWYCH W PRZEWODZIE SŁUCHOWYM Z UŻYCIEM PRZENOŚNEGO URZĄDZENIA

TESTS FOR THE CORRECT INSERTION OF EARPLUGS IN THE EAR CANAL PERFORMED WITH THE USE OF A PORTABLE DEVICE

Emil Kozłowski, Rafał Młyński

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy / Central Institute for Labour Protection – National Research Institute, Warsaw, Poland
Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych / Department of Vibroacoustic Hazards

STRESZCZENIE

Wstęp: Celem badań było przeprowadzenie oceny poprawności umieszczania wkładek przeciwałasowych w przewodzie słuchowym przez osoby dysponujące różną wiedzą w tym zakresie. Stosowanie ochronników słuchu prowadzi do obniżenia ryzyka uszkodzenia słuchu, co wpisuje się w zagadnienia inżynierii środowiska. **Materiał i metody:** Przeprowadzono pomiary tłumienia dźwięku wkładek przeciwałasowych z udziałem 21 osób bez doświadczenia w ich stosowaniu. Pomiary powtórzono po zapoznaniu się badanych z instrukcją użytkownika wkładek, a następnie po przeszkoleniu w ich poprawnym umieszczeniu w przewodzie słuchowym. Badania przeprowadzono za pomocą nowo opracowanego przenośnego urządzenia służącego do szybkiego pomiaru tłumienia dźwięku. **Wyniki:** Zapoznanie się badanych z instrukcją użytkownika spowodowało, że wartość tłumienia dźwięku była większa o 6,7 dB i 3,3 dB, odpowiednio, dla częstotliwości 250 Hz i 4000 Hz w stosunku do pomiaru, podczas którego wkładki były umieszczane w przewodzie słuchowym bez jakichkolwiek wskazówek. Jeszcze większy wzrost tłumienia (odpowiednio, 9,2 dB i 5,4 dB) zaobserwowano, gdy badani przeszli szkolenie z poprawnego umieszczenia wkładek. W większości przypadków zmiany tłumienia dźwięku w wyniku udzielania badanym wskazówek były istotne statystycznie. **Wnioski:** Osoby niemające żadnego doświadczenia w stosowaniu wkładek przeciwałasowych mają znaczny problem z ich poprawnym umieszczeniem. Zapoznanie się z instrukcją użytkownika także tego nie gwarantuje. Dopiero szkolenie polegające na dokładnym pokazaniu, jak poprawnie umieszcza się wkładki, powoduje, że w większości przypadków badani potrafią zrobić. Med. Pr. 2021;72(5):521–528

Słowa kluczowe: hałas, ochronniki słuchu, wkładki przeciwałasowe, tłumienie dźwięku, inżynieria środowiska, ochrona słuchu

ABSTRACT

Background: The aim of the study was to assess the correct insertion of earplugs in the ear canal by people with different knowledge regarding this matter. The use of hearing protectors leads to a reduction in the risk of hearing loss, which is part of environmental engineering. **Material and Methods:** Measurements of sound attenuation by earplugs were carried out with the participation of 21 people with no experience in the use of earplugs. The measurements were repeated until the subjects had read the instructions for the use of earplugs, and then after the subjects had been trained in the correct insertion of earplugs in the ear canal. The tests were carried out using a newly developed portable device for quick measurements of sound attenuation. **Results:** Familiarizing the subjects with the instructions for use resulted in a sound attenuation value being 6.7 and 3.3 dB higher, at 250 and 4000 Hz, respectively, compared to the measurement when the subjects inserted earplugs in the ear canal without any guidance. An even greater increase in attenuation was observed when the subjects were trained to insert earplugs, at 9.2 dB (250 Hz) and 5.4 dB (4000 Hz), respectively. In most cases, the changes in attenuation as a result of providing guidance were statistically significant. **Conclusions:** Persons who have no experience in using earplugs have significant problems with their correct insertion. Reading the instructions for use does not guarantee that earplugs will be inserted correctly. Only the training showing how to insert the earplugs correctly results in people being able to do it correctly in most cases. Med Pr. 2021;72(5):521–8

Key words: noise, hearing protectors, earplugs, sound attenuation, environmental engineering, hearing conservation

Autor do korespondencji / Corresponding author: Emil Kozłowski, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych, ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa, e-mail: emkoz@ciop.pl
Nadesłano: 5 listopada 2020, zatwierdzono: 18 czerwca 2021

WSTĘP

Hałas jest zanieczyszczeniem środowiska i jednym z najważniejszych problemów obniżających jakość życia. Długotrwała ekspozycja na niego może powodować różnorodne skutki zdrowotne, w tym rozdrażnienie i zaburzenia snu, szkodliwie wpływać na układy krążenia i pokarmowy, a także być przyczyną wystąpienia ubytku słuchu.

Ochrona człowieka przed hałasem, która w konsekwencji może poprawić jakość życia, jest przedmiotem zainteresowania inżynierii środowiska. W środowisku pracy ubytek słuchu jest – wraz z pylicą płuc, chorobami zakaźnymi lub pasożytniczymi, narządu głosu, obwodowego układu nerwowego oraz przewlekłymi chorobami narządu ruchu – jedną z najczęściej raportowanych chorób zawodowych [1]. Według danych GUS [2] w Polsce w 2019 r. na hałas było narażonych 186,4 tys. pracowników.

Na szczęście możliwe są działania prewencyjne, które ograniczają narażenie na hałas i w efekcie obniżają ryzyko uszkodzenia słuchu. Jednym z nich jest stosowanie ochronników słuchu, co wpisuje się we wspomniane zagadnienie inżynierii środowiska. Przy czym trzeba mieć świadomość, że jedynie poprawne ich używanie skutecznie chroni narząd słuchu. Na tę skuteczność ochronników słuchu wpływają głównie tłumienie dźwięku, sposób ich umieszczania oraz częstota używania podczas przebywania w hałasie [3].

Tłumienie dźwięku jest wyznaczane zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 4869-1:2018-12 [4]. Parametr ten definiuje się jako algebraiczną różnicę między progami słyszenia osoby badanej podczas stosowania ochronnika słuchu i bez niego. Pomiar tłumienia dźwięku są przeprowadzane z udziałem 16 słuchaczy w warunkach laboratoryjnych, tj. w pomieszczeniu, które charakteryzuje się ściśle określonymi wartościami czasu pogłosu i hałasu tła oraz zdefiniowanym charakterem rozproszenia pola akustycznego. Na podstawie zmierzonych wartości tłumienia dźwięku dobiera się ochronniki. Polega to na obliczeniu poziomu dźwięku A pod ochronnikami na podstawie wartości parametrów hałasu obecnego na stanowisku pracy i tłumienia dźwięku ochronników słuchu [5]. Dobór taki ma sens jedynie wtedy, gdy ochronniki są poprawnie stosowane.

Niestety w zakładach pracy często występują sytuacje, kiedy ochronniki słuchu z różnych przyczyn nie są prawidłowo stosowane. Na przykład używane są ochronniki zużyte lub uszkodzone, których skuteczność jest ograniczona [6–8]. W środowisku pracy dość często

zdarza się, że pracownicy stosują jednocześnie ochronniki słuchu i inne środki ochrony indywidualnej, co skutkuje pojawieniem się nieszczelności i obniżeniem skuteczności tłumienia [9–14].

Kolejnym aspektem wpływającym na skuteczność ochronników jest ich stosowanie przez cały czas podczas przebywania w hałasie. Nierzadką praktyką są przerwy w ich używaniu lub całkowita z nich rezygnacja [15–19]. Przerwy w stosowaniu ochronników słuchu drastycznie wpływają na ich skuteczność [5].

Inną przyczyną ograniczającą skuteczność ochronników słuchu jest ich nieprawidłowe umieszczanie spowodowane niewiedzą, jak to poprawnie robić [20]. Badania wskazują, że szkolenie jest podstawowym elementem poprawiającym skuteczność ochronników słuchu [21–26].

Celem niniejszych badań było przeprowadzenie oceny prawidłowego umieszczania wkładek przeciwhałasowych w przewodzie słuchowym przez osoby mające różną wiedzę w tym zakresie. Na podstawie zmierzonych wartości tłumienia dźwięku i kryteriów określonych z wykorzystaniem nominalnych wartości tłumienia dźwięku oceniano, czy wkładki przeciwhałasowe były prawidłowo umieszczane. Badania opisane w artykule zostały przeprowadzone z użyciem nowo opracowanego przenośnego urządzenia służącego do szybkiego pomiaru tłumienia dźwięku.

MATERIAŁ I METODY

Układ pomiarowy i zastosowane wkładki przeciwhałasowe

Do badań poprawnego umieszczania wkładek w przewodzie słuchowym wykorzystano urządzenie służące do pomiaru tłumienia dźwięku wkładek przeciwhałasowych (rycina 1). Zostało ono opracowane w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym i nazwane testerem do badania prawidłowego umieszczania wkładek w przewodzie słuchowym. Urządzenie działa na zasadzie pomiaru progu słyszenia użytkownika w 2 sytuacjach – bez wkładek przeciwhałasowych i z nimi. Różnica w wartościach progu słyszenia określa tłumienie dźwięku. Jeżeli zmierzona wartość tłumienia dźwięku wkładek przeciwhałasowych odbiega od wartości nominalnej tego tłumienia, może to oznaczać, że wkładki zostały umieszczone nieprawidłowo. Planowane jest stosowanie urządzenia w przemyśle. Ze względu na wykorzystanie w testerze słuchawek tłumiących dźwięk docierający z zewnątrz nie jest konieczne, aby był on

stosowany w pomieszczeniu o bardzo niskim poziomie hałasu tła.

Poprawność działania testera zweryfikowano poprzez porównanie wyników pomiaru tłumienia dźwięku przy jego wykorzystaniu z wynikami uzyskanymi za pomocą układu odniesienia, tj. systemu Norsonic NOR838, który jest przeznaczony do pomiarów tłumienia dźwięku.

Pomiary tłumienia dźwięku przeprowadzono dla 2 częstotliwości – 250 Hz i 4000 Hz. Pomiarów dokonano w kabinie audiometrycznej charakteryzującej się niskim poziomem hałasu tła (poziom ciśnienia akustycznego w pasmach 1/3-oktawowych <35 dB w przedziale częstotliwości 40–20 000 Hz). Ze względu na zastosowanie jako źródła sygnału testowego słuchawek inne parametry akustyczne pomieszczenia – jak czas pogłosu czy rodzaj pola akustycznego – nie wpływały na przeprowadzany pomiar. Do badań wybrano popularne wkładki przeciwhałasowe 3M 1100 (rycina 2); są to wkładki piankowe jednorazowego użytku, które w celu poprawnego założenia należy wcześniej odpowiednio uformować (zrolować). Ich nominalne – podane przez producenta w informacji dla użytkownika – wartości tłumienia dźwięku i odchylenie standardowe wynoszą 36,3 i 7,4 dB w przypadku 250 Hz oraz 48,3 i 4,5 dB dla 4000 Hz.

Grupa badawcza

Badania poprawnego umieszczenia wkładek przeciwhałasowych w przewodzie słuchowym przeprowadzono z udziałem grupy badawczej składającej się z 21 osób (13 kobiet i 8 mężczyzn, w wieku: 22–52 lat). Były to osoby, które nie miały żadnego doświadczenia w stosowaniu wkładek przeciwhałasowych oraz nie uczestniczyły wcześniej w badaniach progu słyszenia.

Do badań kwalifikowano osoby, których stan słuchu spełniał wymagania normy PN-EN ISO 4869-1:2018-12 [4] dotyczącej subiektywnej metody pomiaru tłumienia dźwięku. W normie tej określono, że badania właściwości akustycznych ochronników słuchu mogą być przeprowadzane z udziałem osób, których stan słuchu jest nie gorszy niż:

- wartości progu słyszenia ≤ 15 dB w przypadku częstotliwości ≤ 2000 Hz (włącznie),
- wartości progu słyszenia ≤ 25 dB w przypadku częstotliwości > 2000 Hz.

Częstotliwości przeprowadzania badań audiometrycznych podlegających ocenie wynoszą 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz i 8000 Hz.

Ze względu na planowany udział ludzi w badaniach do Komisji Etyki i Bioetyki Uniwersytetu Kardynała



Rycina. 1. Tester do sprawdzania prawidłowego umieszczenia wkładek przeciwhałasowych w przewodzie słuchowym
Figure 1. A tester to check the correct insertion of earplugs in the ear canal



Rycina. 2. Wkładki przeciwhałasowe 3M 1100
Figure 2. A pair of 3M 1100 earplugs

Stefana Wyszyńskiego w Warszawie złożono wniosek o wydanie opinii na temat projektu, w którego ramach badania miały być prowadzone. Komisja wydała pozytywną opinię (nr KEiB-20/2020) o projekcie, wyrażając zgodę na jego realizację i publikację wyników badań.

Sposób przeprowadzania badań

Badania poprawności umieszczenia wkładek przeciwhałasowych w przewodzie słuchowym przeprowadzono z udziałem tych samych osób dla 3 wariantów ich wiedzy:

- brak jakiejkolwiek wiedzy o prawidłowym umieszczeniu wkładek,
- po zapoznaniu się z dołączaną do wkładek przeciwhałasowych instrukcją w postaci rysunków,
- po przeszkoleniu polegającym na demonstracji poprawnego sposobu umieszczenia wkładek.

Przed rozpoczęciem badań uczestników zapoznawano z zasadą działania testera i metodą Békésy'ego, zastosowaną w nim do wyznaczania progu słyszenia. Następnie każdy z nich przechodził sesję treningową (pomiar próbny), która polegała na zapoznaniu się z sygnałem testowym bez użycia wkładek przeciwhałasowych. Osoby badane miały za zadanie reagować na sygnał testowy – w ten sposób wyznaczano ich próg słyszenia. Reakcje te były porównywane i w przypadku, gdy różnica pomiędzy wynikami badania progu słyszenia była <5 dB, uznawano, że osoba jest w sposób powtarzalny reagować na ten sam rodzaj sygnału testowego.

Podczas właściwych badań pomiar progu słyszenia przeprowadzano dwukrotnie – bez umieszczonych wkładek i po ich zastosowaniu. W ten sposób wyznaczano tłumienie dźwięku. Pomiary wykonywano dla 3 poziomów wiedzy badanych o prawidłowym umieszczeniu wkładek przeciwhałasowych. Pierwszy pomiar tłumienia dźwięku przeprowadzano, gdy badani nie dysponowali jakąkolwiek wiedzą o prawidłowym umieszczeniu wkładek. Przed drugim pomiarem badani otrzymywali instrukcję umieszczania wkładek przeciwhałasowych. Po deklaracji osoby badanej, że zrozumiała instrukcję, przeprowadzano pomiar. Trzeci pomiar odbywał się po przeszkoleniu uczestnika przez prowadzącego badania, który demonstrował poprawne umieszczenie wkładek przeciwhałasowych w przewodzie słuchowym oraz pilnował poprawności ich umieszczenia.

Na podstawie zapisów normy PN-EN ISO 4869-2:2018-12 [27] ustalono 2 kryteria. Kryterium 1 stanowiła wartość nominalnego tłumienia dźwięku wkładek przeciwhałasowych pomniejszona o 1 odchylenie standardowe. Według normy PN EN ISO 4869-2:2018-12 [27] powinno ono być spełnione dla 84% sytuacji (tj. kombinacji indywidualnych cech użytkownika i widma hałasu). Kryterium 2 stanowiła różnica nominalnej wartości tłumienia dźwięku wkładki przeciwhałasowej i 2 odchylen standardowych. Według normy PN-EN ISO 4869-2:2018-12 [27] powinno ono być spełnione dla 98% sytuacji.

W przypadku, gdy po przeszkoleniu osoby otrzymane wartości tłumienia dźwięku były równe lub większe niż kryterium 1, uznawano, że wkładki przeciwhałasowe są poprawnie umieszczone i przerywano badania. W przeciwnym razie pomiary powtarzano do 3 razy, a prowadzący za każdym razem pilnował poprawności umieszczenia wkładek.

Niespełnienie przez użytkownika kryterium 2 mimo kilkakrotnych prób umieszczenia wkładek w przewodzie słuchowym uznawano za niemożność ich poprawnego użycia.

Analiza statystyczna

W celu określenia, czy wiedza o sposobie umieszczenia wkładek w przewodzie słuchowym wpływa na uzyskiwane tłumienie dźwięku wkładek przeciwhałasowych, przeprowadzono analizę statystyczną z użyciem parametrycznego testu t-Studenta i nieparametrycznego testu Wilcozona przy założonym poziomie ufności $\alpha = 0,05$. Obliczenia przeprowadzono z użyciem programu MATLAB R2010b wersja 7.11.0.584.

WYNIKI

Na rycinie 3a przedstawiono wartości tłumienia dźwięku wkładek przeciwhałasowych 3M 1100 w przypadku częstotliwości 250 Hz i 3 poziomów wiedzy badanych, a na rycinie 3b – analogicznie, wartości dla częstotliwości 4000 Hz. Jak opisano wcześniej, pomiary po przeszkoleniu badanych w umieszczeniu wkładek przeciwhałasowych mogły być powtarzane kilkakrotnie, gdy tłumienie dźwięku nie spełniało kryterium 1. W takiej sytuacji na rycinie 3 podano tylko wartości maksymalne.

Na rycinie 3 zaznaczono także linie przedstawiające wartości obu kryteriów. W przypadku wkładek przeciwhałasowych 3M 1100 przy uwzględnionych w badaniach częstotliwościach 250 Hz i 4000 Hz kryterium 1 wynosi, odpowiednio, 28,9 dB i 43,8 dB, a kryterium 2 – 21,5 dB i 39,3 dB.

Analizując wyniki badań przedstawione na rycinie 3, można zaobserwować, że w przypadku częstotliwości zarówno 250 Hz, jak i 4000 Hz brak jakiegokolwiek wiedzy o prawidłowym umieszczeniu wkładek przeciwhałasowych powodował, że wartości tłumienia dźwięku uzyskiwane u badanych w większości przypadków były poniżej obu kryteriów. Tylko 1 osoba uzyskała wartości tłumienia dźwięku powyżej kryterium 1 i dotyczyło to obu częstotliwości. Wartości oznaczające kryterium 2 zostały przekroczone w tej sytuacji w przypadku 4 i 7 osób, odpowiednio, przy częstotliwościach 250 Hz i 4000 Hz. Rozpatrując warunek spełnienia kryterium 2 przy obu częstotliwościach jednocześnie, został on spełniony u 4 osób.

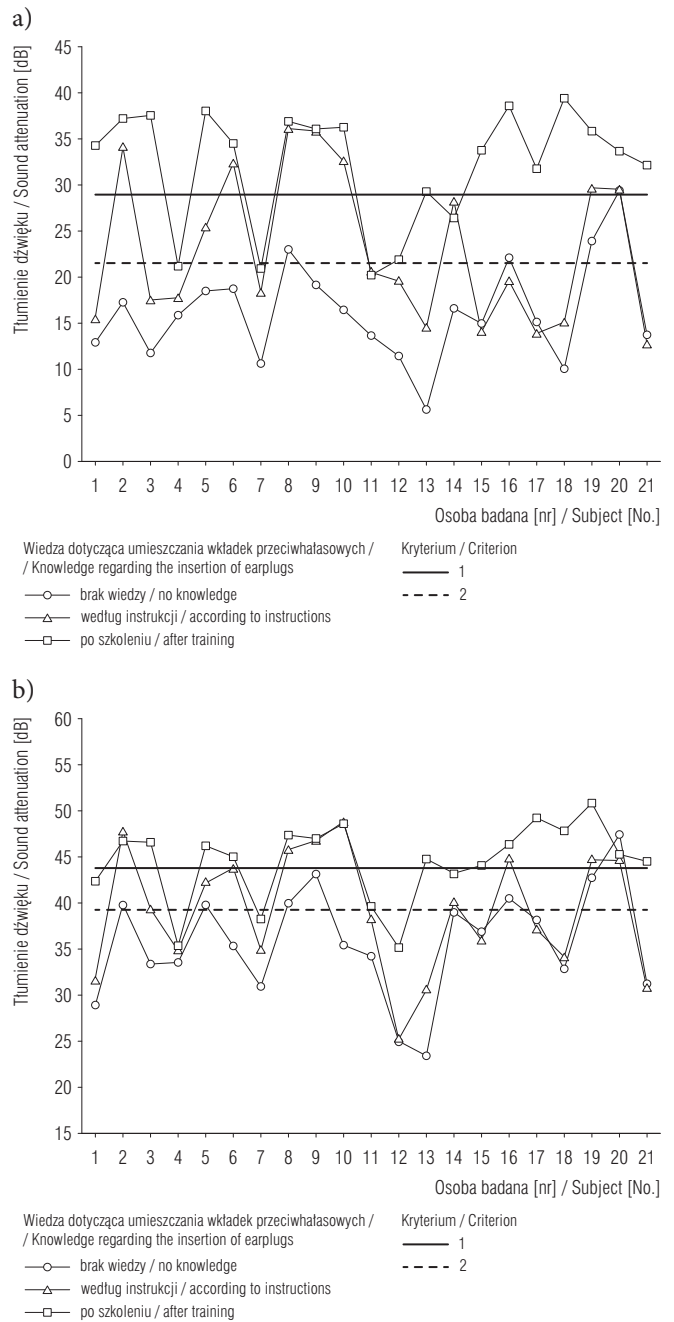
Po zapoznaniu się badanych z instrukcją użytkownika otrzymywane wartości tłumienia wkładek 3M 1100 były zasadniczo wyższe. W przypadku tłumienia dźwięku i częstotliwości 250 Hz kryterium 1 zostało spełnione u 7 osób, a kryterium 2 – dla kolejnych 2 osób (łącznie 9 osób). Pomiar w przypadku częstotliwości 4000 Hz wykazał, że kryterium 1 było spełnione także dla 7 osób, a kryterium 2 – w sumie dla 11 osób. Biorąc

pod uwagę spełnienie kryteriów przy obu częstotliwościach jednocześnie, było to 6 i 9 osób, odpowiednio dla kryterium 1 i 2. Oznacza to, że mimo zapoznania się z instrukcją większość badanych nie była w stanie poprawnie umieścić wkładek w przewodzie słuchowym.

Szkolenie polegające na dokładnym przedstawieniu badanym, na czym polega prawidłowe umieszczenie wkładek przeciwhałasowych w przewodzie słuchowym, spowodowało, że wyniki tłumienia dźwięku w większości przypadków przekraczały określone kryteria. Kryterium 1 zostało spełnione dla 16 i 15 osób przy częstotliwościach, odpowiednio, 250 Hz i 4000 Hz. Natomiast powyżej wartości określającej kryterium 2 znalazło się tłumienie dźwięku zmierzone u 18 osób, niezależnie od częstotliwości. Spełnienie kryteriów przy obu częstotliwościach jednocześnie odnosiło się do 15 i 17 osób, odpowiednio w przypadku kryteriów 1 i 2. Oznacza to, że po przeszkoleniu 4 osoby nadal nie były w stanie prawidłowo umieścić wkładek w przewodzie słuchowym. Należy nadmienić, że w przypadku tych osób pomiar po szkoleniu był przeprowadzany czterokrotnie. Za każdym razem osoby badane powtórnie umieszczały wkładki w przewodzie słuchowym. Na rycinie 4 przedstawiono wartości średnie tłumienia dźwięku wraz z odchyleniem standardowym uzyskane na podstawie pomiarów z udziałem wszystkich 21 osób.

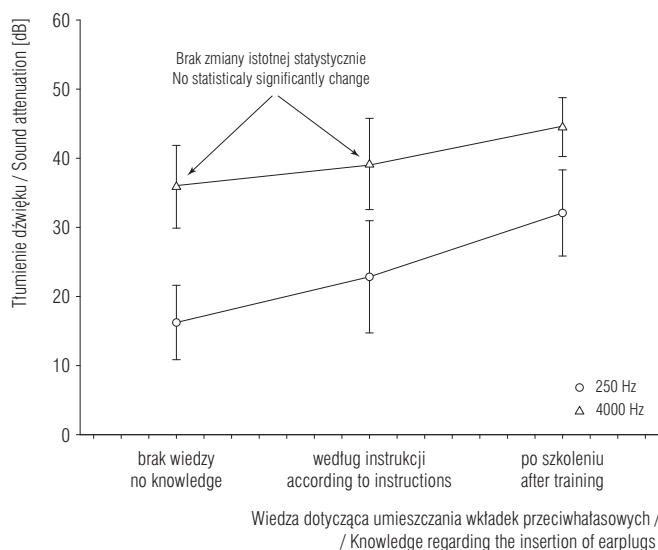
Analizując wartości przedstawione na rycinie 4, obserwuje się wzrost wartości średniej tłumienia dźwięku po zapoznaniu się badanych z instrukcją użytkownika oraz dalszy wzrost po przejściu szkolenia. Wartość tłumienia dźwięku w sytuacji po zapoznaniu się badanych z instrukcją użytkownika była większa o 6,7 dB i 3,3 dB dla częstotliwości, odpowiednio, 250 Hz i 4000 Hz w stosunku do pomiaru, gdy badani umieszczali wkładki w przewodzie słuchowym bez jakichkolwiek wskazówek. Jeszcze większy wzrost (9,2 dB dla 250 Hz i 5,4 dB dla 4000 Hz) obserwowano po przeszkoleniu badanych w zakresie poprawnego umieszczenia wkładek w stosunku do sytuacji, gdy osoby były zapoznane z instrukcją. Daje to w sumie wzrost o 15,9 dB (250 Hz) i 8,7 dB (4000 Hz), gdy porównuje się sytuację wyjściową z taką, gdy osoby stosujące wkładki były przeszkolone.

W analizie statystycznej wykazano, że w większości przypadków zmiany tłumienia dźwięku w wyniku podawania wskazówek osobom uczestniczącym w badaniach są istotne statystycznie. Ze względu na to, że wynik sprawdzenia hipotezy o tym, że dane do analizy charakteryzują się rozkładem normalnym (test Lillieforsa), nie zawsze był prawdziwy, w miejsce testu



Rycina 3. Wartości tłumienia dźwięku wkładek przeciwhałasowych 3M 1100 w przypadku częstotliwości: a) 250 Hz, b) 4000 Hz
Figure 3. Sound attenuation values of the 3M 1100 earplugs at: a) 250 Hz, b) 4000 Hz

parametrycznego (test t-Studenta) stosowano test nieparametryczny, czyli test Wilcozona równoważny testowi U Manna-Whitneya. Testy statystyczne wykazały, że w przypadku udostępnienia osobom badanym instrukcji zmiana tłumienia dźwięku była istotna statystycznie w przypadku częstotliwości 250 Hz ($p = 0,032$), natomiast przy częstotliwości 4000 Hz zmiany tej nie można było określić jako istotnej statystycznie ($p = 0,098$).



Rycina 4. Wartości średnie tłumienia dźwięku wraz z odchyleniem standardowym wkładek przeciwhałasowych dla 3 poziomów wiedzy o prawidłowym umieszczeniu wkładek w przewodzie słuchowym

Figure 4. Mean values of sound attenuation with the standard deviation of the earplugs for 3 variants of knowledge about the correct insertion of the earplugs in the ear canal

Zmianę tłumienia dźwięku po przeszkoleniu osób w umieszczaniu wkładek można określić jako istotną statystycznie we wszystkich sytuacjach. W stosunku do sytuacji wyjściowej (brak jakiegokolwiek wiedzy o prawidłowym umieszczeniu wkładek) wartość p wynosi $3,5 \times 10^{-7}$ i $2,8 \times 10^{-6}$ dla częstotliwości, odpowiednio, 250 Hz i 4000 Hz. W stosunku do sytuacji, gdy badanym udostępniono instrukcję użytkownika wkładek, wartość p wynosiła 2×10^{-4} i 0,028 dla częstotliwości, odpowiednio, 250 Hz i 4000 Hz.

OMÓWIENIE

Wyniki niniejszych badań wskazują, że trening w umieszczaniu wkładek przeciwhałasowych w przewodzie słuchowym zwiększa skuteczność ich ochrony. Badani, którzy nie dysponowali wiedzą o umieszczeniu wkładek, w większości przypadków nie byli w stanie zrobić tego poprawnie. Zapoznanie się z instrukcją użytkownika nie zawsze poprawiało sposób umieszczenia wkładek. Rysunki przedstawione w instrukcji nie dla wszystkich badanych były zrozumiałe. Na przykład tylko 10 z 21 osób odpowiednio kształtowało wkładki przed ich umieszczeniem w przewodzie słuchowym. Pozostali badani inaczej zinterpretowali tę instrukcję. Siedem osób jedynie ugniatało wkładki, a 4 osoby zamiast „rolować”, wkręcały wkładki w przewód słuchowy.

Wpływ szkolenia i treningu w stosowaniu wkładek na zwiększenie uzyskiwanych wartości tłumienia dźwięku był omawiany także w pracach innych autorów. Przykładowo Takahashi i wsp. [23] wykazali poprawę tłumienia dźwięku po treningu zawierającym instrukcje ustne i pisemne wynoszącą 11,7 dB i 7,7 dB dla częstotliwości, odpowiednio, 250 Hz i 4000 Hz. Badania tych autorów – tak samo jak opisane w niniejszej pracy – przeprowadzono w grupie osób, które nie miały doświadczenia w używaniu wkładek przeciwhałasowych. Osoby te stosowały jednak wkładki przeciwhałasowe na sprężynie dociskowej, które są prostsze do umieszczenia, dlatego zmiana tłumienia dźwięku na niskich częstotliwościach może być mniejsza niż zaobserwowana w niniejszej pracy. Obserwuje się natomiast dość dużą zgodność w przypadku częstotliwości 4000 Hz.

Badania polegające na porównaniu wyników tłumienia dźwięku wkładek przeciwhałasowych u osób bez doświadczenia w ich stosowaniu i osób po szkoleniu przeprowadzili Toivonen i wsp. [24]. Wykazali oni, że w przypadku częstotliwości 4000 Hz tłumienie dźwięku było o 4,4 dB większe u osób przeszkolonych (badacze nie oceniali tłumienia przy częstotliwości 250 Hz). Jest to wartość mniejsza niż wykazana w niniejszych badaniach. Pomiar w cytowanych badaniach również przeprowadzono z użyciem wkładek piankowych, jednak grupy przeszkolona i nieprzeszkolona składały się z innych osób.

W badaniach oceniano także wpływ szkolenia na tłumienie dźwięku w zakładach pracy [25]. Nawet u osób, które na co dzień stosują wkładki przeciwhałasowe, obserwuje się poprawienie tłumienia dźwięku po szkoleniu, które spowodowało, że tłumienie dźwięku w przypadku częstotliwości 2000 Hz przekraczało 25 dB u 72% osób w stosunku do 46% przed szkoleniem.

Przewagę szkolenia indywidualnego nad zapoznaniem się z instrukcją użytkownika wykazał także Murphy [26], który stwierdził, że po takim szkoleniu tłumienie dźwięku przy częstotliwości 250 Hz było nawet o ok. 15 dB wyższe niż po zapoznaniu się z instrukcją. W przypadku częstotliwości 4000 Hz wzrost tłumienia – podobnie jak w niniejszej pracy – był mniejszy i wynosił ok. 5 dB. Tendencja, zgodnie z którą niepoprawne założenie wkładek wpływa głównie na niskie częstotliwości, została zaobserwowana zarówno w niniejszej pracy, jak i przez innych autorów [23,25]. Główną przyczyną tego, że wkładki słabo tłumią dźwięk, jest ich płytkie umieszczenie, np. w wyniku braku odpowiedniego ukształtowania wkładek przed włożeniem.

W badaniu uwzględniającym szacowanie tłumienia dźwięku za pomocą modelu metodą skończonych elementów [28] wykazano – tak samo jak to zostało wcześniej wspomniane w przypadku prac eksperymentalnych – że wpływ płytkiego umieszczenia wkładek odgrywa ważną rolę przy niskich częstotliwościach (<1 kHz). Tłumienie w tym przypadku może się drastycznie zmniejszyć, w skrajnych przypadkach o ok. 20–25 dB. W zakresie częstotliwości 1–5 kHz efekt głębokości wsunięcia wkładek staje się stosunkowo umiarkowany, co przekłada się na zmianę tłumienia wynoszącą ok. 5 dB.

Zdarza się niestety, że ze względu na kształt przewodu słuchowego użytkownicy nawet po szkoleniu nie są w stanie poprawnie umieścić wkładki. W niniejszych badaniach wykazano, że problem ten może dotyczyć nawet 19% osób, natomiast Toivonen i wsp. [24] zaobserwowali ten problem u nieco mniejszego (14%) odsetka badanych. Także Pääkkönen i wsp. [29] wykazali, że osoby stosujące wkładki przeciwhałasowe są nieodpowiednio zabezpieczone w wyniku niemożności ich poprawnego umieszczenia. W pomiarach wykazano, że w przypadku 9% badanych osób tłumienie wkładek wynosiło <15 dB, co świadczy o braku możliwości bezpiecznego przebywania w warunkach występowania hałasu. Przy występowaniu hałasu o wyjątkowo wysokim poziomie osoby z przewodami słuchowymi utrudniającymi stosowanie wkładek powinny używać nauszników przeciwhałasowych.

WNIOSKI

W niniejszych badaniach wykazano, że osoby niemające żadnego doświadczenia w stosowaniu wkładek przeciwhałasowych będą miały trudności, używając wkładek piankowych, które przed włożeniem do przewodu słuchowego należy odpowiednio ukształtować. Nawet zapoznanie się z instrukcją użytkownika nie dawało gwarancji, że wkładki zostaną poprawnie umieszczone. Informacje w formie rysunków objaśniających sposób umieszczenia wkładek nie są wystarczająco jasne, co powoduje, że użytkownicy źle je interpretują. Dopiero szkolenie polegające na dokładnym pokazaniu, jak poprawnie umieszcza się wkładki w przewodzie słuchowym, spowodowało, że większość badanych potrafiła to zrobić. Wykazano jednak, że nawet po szkoleniu ok. 19% badanych nie było w stanie poprawnie umieścić wkładek ze względu na kształt przewodu słuchowego.

PIŚMIENNICTWO

1. Świątkowska B., Hanke W., Szeszenia-Dąbrowska N.: Choroby zawodowe w Polsce w 2019 roku. Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź 2020
2. Warunki pracy w 2019 r., Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, Gdańsk 2020
3. Themann C., Suter A.H., Stephenson M.R.: National Research Agenda for the Prevention of Occupational Hearing Loss—Part 2. Semin. Hear. 2013;34(03):210–217, <https://doi.org/10.1055/s-0033-1349352>
4. PN-EN ISO 4869-1 2018-12. Akustyka. Ochronniki słuchu. Część 1: Metoda subiektywna pomiaru tłumienia dźwięku. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2018
5. PN EN 458:2016-06. Ochronniki słuchu. Zalecenia dotyczące doboru, użytkowania, konserwacji codziennej i okresowej. Dokument przewodni. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2016
6. Kotarbinska E.: The influence of aging on the noise attenuation of ear-muffs. Noise Health 2005;7(26):39–45, <https://doi.org/10.4103/1463-1741.31641>
7. Rawlinson R.D., Wheeler P.D.: The effects of industrial use on the acoustical performance of some earmuffs. Ann. Occup. Hyg. 1987;31(3):291–298, <https://doi.org/10.1093/annhyg/31.3.291>
8. Carletti E., Pedrielli F.: The ageing effect on the acoustic performance of earmuffs: An investigation involving the forestry compartment. ICSV10. Proceedings of the 10th International Congress on Sound and Vibration; 7–10 lipca 2003; Stockholm, Sweden. International Institute of Acoustics and Vibration, 2003, ss. 4929–4936
9. Abel S.M., Sass-Kortsak A., Kielar A.: The effect on earmuff attenuation of other safety gear worn in combination. Noise Health 2002;5(17):1–13
10. Chung D.Y., Hardie R., Gannon R.P.: The effect of hair, glasses, or cap on the performance of one pair of Bilsom Viking circumaural hearing protectors. Can. Acoust. 1983;11:45–49
11. Lemstad F., Kluge R.: Real-world attenuation of muff-type hearing protectors: The effect of spectacles. BNAM2004. Proceedings of the Baltic-Nordic Acoustics Meeting 2004; 8–10 czerwca 2004; Mariehamn, Åland, Finland. Nordic Acoustic Association, 2004
12. Néglise H., Gaudreau M.A., Boutin J., Voix J., Laville F.: Measurement of hearing protection devices performance in the workplace during full-shift working operations. Ann. Occup. Hyg. 2012;56(2):221–232, <https://doi.org/10.1093/annhyg/mer087>
13. Kozłowski E., Młyński R.: Tłumienie dźwięku nauszników przeciwhałasowych stosowanych jednocześnie ze sprzętem

- ochrony układu oddechowego. *Med. Pr.* 2017;68(3):349–361, <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00464>
14. Kozłowski E., Młyński R.: Selection of Earmuffs and Other Personal Protective Equipment Used in Combination, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019;16(9):1477, <https://doi.org/10.3390/ijerph16091477>
 15. Neitzel R., Seixas N.: The Effectiveness of Hearing Protection among Construction Workers. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2005;2(4):227–238, <https://doi.org/10.1080/15459620590932154>
 16. Morata T.C., Fiorini A.C., Fischer F.M., Krieg E.F., Gozzoli L., Colacioppo S.: Factors affecting the use of hearing protectors in a population of printing workers. *Noise Health* 2001;4(13):21–28
 17. Landen D., Wilkins S., Stephenson M., McWilliams L.: Noise exposure and hearing loss among sand and gravel miners. *J. Occup. Environ. Med.* 2004;1(8):532–541, <https://doi.org/10.1080/15459620490476503>
 18. Hansia M.R., Dickinson, D.: Hearing protection device usage at a South African gold mine. *Occup. Med.* 2010; 60(1):72–74, <https://doi.org/10.1093/occmed/kqp114>
 19. Tak S., Davis R.R., Calvert G.M.: Exposure to hazardous workplace noise and use of hearing protection devices among US workers – NHANES, 1999–2004. *Am. J. Indus. Med.* 2009;52(5):358–371, <https://doi.org/10.1002/ajim.20690>
 20. Stephenson M.R.: Hearing Protection in the 21st Century: They're Not Your Father's Earplugs Anymore. *Semin. Hear.* 2009;30(1):56–64, <https://doi.org/10.1055/s-0028-1111107>
 21. Schultz T.: Individual fit-testing of earplugs: A review of uses. *Noise Health* 2011;13(51):152–162
 22. Joseph A., Punch J., Stephenson M., Paneth N., Wolfe E., Murphy W.: The effects of training format on earplug performance. *Int. J. Audiol.* 2007;46(10):609–618, <https://doi.org/10.1080/14992020701438805>
 23. Takahashi K., Kawanami S., Inoue J., Horie S.: Improvements in sound attenuation performance with earplugs following checklist-based self-practice. *J. UOEH* 2011;33(4):271–282, <https://doi.org/10.7888/juoeh.33.271>
 24. Toivonen M., Pääkkönen R., Savolainen S., Lehtomäki K.: Noise attenuation and proper insertion of earplugs into ear canals. *Ann. Occup. Hyg.* 2002;46(6):527–530, <https://doi.org/10.1093/annhyg/mef065>
 25. Tsukada T., Sakakibara H.: A trail of individual education for hearing protection with an instrument that measures the noise attenuation effect of wearing earplugs. *Ind. Health* 2008;46(4):393–396, <https://doi.org/10.2486/in-dhealth.46.393>
 26. Murphy W., Stephenson M., Byrne D., Witt B., Duran J.: Effects of training on hearing protector attenuation. *Noise Health* 2011;13(51):132–141
 27. PN-EN ISO 4869-2 2018-12. Akustyka. Ochronniki słuchu. Część 2: Szacowanie efektywnych poziomów dźwięku A pod ochronnikami słuchu. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2018
 28. Viallet G., Sgard F., Laville F., Nélisse H.: Investigation of the variability in earplugs sound attenuation measurements using a finite element model. *Appl. Acoust.* 2015;89: 333–344, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.10.007>
 29. Pääkkönen R., Savolainen S., Myllyniemi J., Lehtomäki K.: Ear plug fit and attenuation-an experimental study. *Acta Acust. united Ac.* 2000;86(3):481–484