

Charakterystyka tłumienia przy łącznym stosowaniu nauszników przeciwhałasowych 3M™ PELTOR™ i okularów ochronnych 3M™

Opis

Narażenie na hałas i utrata słuchu spowodowana hałasem (NIHL) na całym świecie są poważnym problemem miejsc pracy. Nawet jedna trzecia pracowników w Europie jest narażona na wysoki poziom hałasu w miejscu pracy przez co najmniej 25% czasu.¹ Według szacunków dla Stanów Zjednoczonych „około 25% wszystkich pracowników było narażonych na niebezpieczny hałas, z czego 14% (22 miliony) w ciągu ostatniego roku”.² Utrata słuchu spowodowana niebezpiecznym hałasem jest powszechna i dotyczy około 5% populacji na całym świecie.³ Oprócz fizycznych skutków zdrowotnych, NIHL wiąże się również ze stresem i izolacją, co powoduje skutki psychiczne, społeczne i społeczno-ekonomiczne zarówno na poziomie indywidualnym, jak i społecznym.³ Nie jest możliwe usunięcie ubytków słuchu za pomocą terapii lub leczenia farmakologicznego. Aby zapobiec NIHL, konieczne jest zmniejszenie narażenia na niebezpieczny hałas.

Ochronniki słuchu (HPD) odgrywają ważną rolę w programie ochrony słuchu, zmniejszając indywidualne narażenie danej osoby na hałas. HPD muszą być odpowiednio dopasowane, zapewniać odpowiednią ochronę i być wystarczająco wygodne, aby można było z nich korzystać przez pełną zmianę. Wiele czynności związanych z pracą wymaga łącznego stosowania ochrony słuchu i innych środków ochrony indywidualnej (ŚOI). Nauszniki przeciwhałasowe są powszechnie stosowane razem z okularami ochronnymi, wprowadzając potencjalną ingerencję między zauszniki okularów, a uszczelnienie poduszek nauszników. Może to skutkować zmniejszonym tłumieniem dźwięku. Kompatybilność nauszników przeciwhałasowych z okularami ochronnymi jest niezbędna do zapewnienia prawidłowego dopasowania, formy i funkcji połączonych środków ochrony indywidualnej.

Wstęp

W niniejszym badaniu przeanalizowano zmianę tłumienia, gdy różne rodzaje środków ochrony wzroku 3M™ (okularów ochronnych) są noszone w połączeniu z różnymi nausznikami przeciwhałasowymi 3M™ PELTOR™ (modele z serii X i Optime™). Modele nauszników przeciwhałasowych 3M obejmowały zarówno modele z pałąkiem (A), jak i montowane na hełmie (P3E). Tłumienie oceniano, mierząc osobisty wskaźnik tłumienia hałasu (PAR) za pomocą systemu 3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation dla uczestników badania podczas noszenia różnych kombinacji środków ochrony indywidualnej.

Metodologia

Trzydziestu ochotników zgłosiło się do testów dopasowania ochronników słuchu w celu ilościowego określenia wartości tłumienia, mierzonej za pomocą PAR podczas noszenia okularów ochronnych 3M™ z nausznikami 3M™ PELTOR™. Badanie zostało przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych, a każdy ochotnik wypełnił formularz świadomej zgody i formularz kontrolny potwierdzający spełnienie kryteriów do udziału w badaniu oraz przeszedł pięć pomiarów antropometrycznych do oceny rozmiarów głowy i twarzy, by zapewnić, że grupa uczestników reprezentuje szeroki zakres rozmiarów. Natychmiast po nim odbyła się sesja testu dopasowania środków ochrony słuchu, trwająca około 60 minut na uczestnika. Każdy ochotnik został przetestowany pod kątem dopasowania z 42 kombinacjami nauszników przeciwhałasowych z i bez okularów ochronnych, przy użyciu losowej kolejności testów. Przed testem dopasowania ochotnicy zostali ustnie poinstruowani na temat prawidłowych technik zakładania/zdejmowania środków ochrony osobistej.

Sześć modeli nauszników przeciwhałasowych wykorzystanych w badaniu jest reprezentatywnych dla szerokiej linii produktów 3M. Wybór ten opierał się na podobieństwach w materiałach, konstrukcji i specyfikacjach (patrz tabela 1). Nauszniki przeciwhałasowe montowane na hełmie P3E zostały przetestowane na hełmie ochronnym 3M™ SecureFit™ z serii X5000. Dodatkowe testy laboratoryjne przed tym badaniem wykazały, że ten hełm ochronny reprezentuje również serię hełmów ochronnych 3M™ SecureFit™ H-700 i 3M™ G3000. Użycie ANOVA z testem HSD Tukeya wykazało, że z 95% pewnością, że wartości PAR z tych

¹ Światowa Organizacja Zdrowia. Światowy raport na temat słuchu. 2021.

² National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Ogólne statystyki, wszystkie branże w USA. Dane z Internetu, listopad 2024 r: <https://www.cdc.gov/niosh/noise/surveillance/overall.html>

³ Natarajan, N., Batts, S. i Stankovic, K.M. Noise-Induced Hearing Loss. Journal of Clinical Medicine, 2023, 12, 2347.

hełmów/kasków nie różniły się w statystycznie istotny sposób. W związku z tym hełm ochronny 3M™ SecureFit™ z serii X5000 posłużył w badaniu jako reprezentatywny produkt ochrony głowy.

Wybrane modele okularów ochronnych reprezentują większość okularów ochronnych 3M™. Dodatkowe testy przeprowadzone przed badaniem wykazały, że sześć modeli reprezentowało podstawową linię produktów w zakresie okularów ochronnych (patrz tabela 1). Użycie ANOVA z testem HSD Tukeya wykazało, że z 95% pewnością, że wartości PAR tych sześciu modeli okularów ochronnych nie wykazały statystycznie istotnych różnic w stosunku do innych w tej samej grupie.

System 3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation, zastosowany w tym badaniu, jest obiektywną metodą indywidualnego testowania dopasowania ochronników słuchu (HPD). Pomiar tłumienia dla systemu 3M jest przedstawiany jako indywidualny wskaźnik tłumienia hałasu (PAR₈₄ lub „PAR”), który jest tłumieniem osiągniętym przez użytkownika HPD w oparciu o wybrane środki ochrony słuchu i indywidualne dopasowanie. PAR₈₄ reprezentuje skuteczność ochrony w procentach sytuacji, w których pożądany stopień ochrony jest osiągany lub przekraczany, gdzie sytuacja jest definiowana jako unikalna kombinacja ochronnika, użytkownika i spektrum hałasu. Na przykład PAR₈₄ wskazuje, że osoby o różnych dopasowaniach powinny być w stanie osiągnąć lub przekroczyć wynikową wartość PAR w 84% przypadków.

W tabeli 1 przedstawiono badane produkty i odpowiadające im modele, które reprezentują. Pozwala to na rozszerzenie wyników z 42 testowanych kombinacji do 160 możliwych kombinacji produktów 3M. Uwaga: dostępność tych środków ochrony indywidualnej może się różnić w zależności od regionu.

Tabela 1: Test ŚOI i reprezentatywne modele

Kategoria	Model testowy	Dodatkowe modele reprezentowane przez model testowy
Środki ochrony wzroku	SF400	SF100, SF200, SF300, SF400X, SF600, Virtua
	Solus 2000	Virtua AP
	SF500	SF3700
	Solus 1000	Privo
	Solus CCS	Virtua CCS
	SF3700 z okularami do czytania	Nd.
Nauszniki ochronne	X1A	H510A, H510B, H510F, H6A, H6B, H6F, X2A
	X4A	X4B
	X5A	X5B
	H520P3E	H9P3E, X2P3E/P5E, X3P3E/P5E
	X4P3E	X4P5E
	X5P3E	X5P5E
Ochrona głowy	Hełm ochronny X5000	Kask serii SFH-700, Kask serii SFH-700T, hełm ochronny serii G3000, hełm ochronny serii G3501, hełm ochronny serii X5500

Wyniki

Dzięki różnym kombinacjom nauszników przeciwhałasowych i okularów ochronnych zebrano od wszystkich uczestników łącznie około 1300 wartości PAR. Porównano wartości PAR stanu samego nauszniaka z odpowiadającym mu stanem nauszników i okularów. Ogólne wyniki wykazały spadek PAR w zakresie od 2 dB do 9 dB, w zależności od kombinacji produktów, konstrukcji okularów ochronnych i indywidualnego dopasowania. Dla ułatwienia zastosowania, utratę tłumienia podzielono na trzy grupy: a) Spadek PAR o 3 dB lub mniej; 2) Spadek PAR o 4–6 dB; 3) Spadek PAR o 7–9 dB. Kombinacje ŚOI i wynikający z nich spadek PAR przedstawiono według tych grup w tabeli 2.

Wszystkie kombinacje naszników przeciwhałasowych i okularów ochronnych wykazały spadek PAR w porównaniu z samymi nasznikami. Żadne kombinacje nie wykazały spadku PAR większego niż 9 dB. Spośród 160 możliwych kombinacji, 76 (47,5%) spowodowało utratę 3 dB lub mniej; 60 kombinacji, czyli 37,5%, skutkowało utratą 4–6 dB; i 24 kombinacje, czyli 15% skutkowało stratą 7–9 dB.

Wielkość zmiany PAR w funkcji modelu okularów wskazuje, że większość okularów ochronnych 3M™ SecureFit™ (SF100, SF200, SF300, SF400, SF400X, SF600) z nasznikami przeciwhałasowymi 3M™ PELTOR™ wykazywała mniejszą utratę tłumienia (2–3 dB) niż inne kombinacje naszników przeciwhałasowych 3M™ PELTOR™ i okularów ochronnych 3M™. Tę minimalną stratę można wytłumaczyć specjalną konstrukcją okularów ochronnych 3M™ SecureFit™, wyposażonych w technologię 3M Pressure Diffusion Temple. Elastyczna, płaska konstrukcja zauszniaków minimalizuje ingerencję w uszczelnienie poduszki naszników.

Okulary ochronne 3M™ Solus z serii CCS i okulary ochronne 3M™ Virtua z serii CCS wykazały utratę PAR na poziomie 4–6 dB. Te okulary ochronne są wyposażone w system kontroli przewodu (CCS), który pomaga utrzymać okulary i wkładki przeciwhałasowe do uszu na miejscu, niezapłątane i gotowe do użycia. Sznurek do zatyczek do uszu może być również używany jako smycz, gdy nie są używane. Utrata PAR jest prawdopodobnie większa niż w przypadku okularów ochronnych SecureFit ze względu na różnice w rozmiarze, kształcie i elastyczności zauszniaków.

Największa zmiana w PAR nastąpiła w przypadku kombinacji naszników i okularów, które obejmowały Solus CCS i Virtua CCS z większością modeli naszników przeciwhałasowych oraz SF3700 z okularami do czytania w połączeniu ze wszystkimi modelami naszników.

Tabela 2: Spadek PAR dla kombinacji naszników noszonych razem z okularami ochronnymi w porównaniu do samych naszników.

3M™ Protective Eyewear	3M™ PELTOR™ Earmuffs (X Series and Optime)									
	X1A X2A	H510A H510B H510F	H6A H6B H6F	X4A X4B	X5A X5B	H520P3E ^a	H9P3E ^a	X2P3E ^a X2P5E ^a X3P3E ^a X3P5E ^a	X4P3E ^a X4P5E ^a	X5P3E ^a X5P5E ^a
SF100	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SF200	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SF300	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SF400	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SF400X	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SF600	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Virtua	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Solus 2000	•	•	•	••	••	••	••	••	••	••
Virtua AP	•	•	•	••	••	••	••	••	••	••
SF500	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••
SF3700	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••
Solus 1000	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••
Privo	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••
Solus CCS	••	••	••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
Virtua CCS	••	••	••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
SF3700 w/readers ^b	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••

Key ^c	
•	PAR loss of 3 dB or less
••	PAR loss of 4 – 6 dB
•••	PAR loss of 7 – 9 dB

^a Testowane na hełmach ochronnych 3M™ SecureFit™ serii X5000. Ten hełm należy do serii 3M™ SecureFit™ X5500, 3M™ SecureFit™ H-700/H-700T i 3M™ G3000/G3501.

^b Okulary ochronne 3M™ SecureFit™ z serii 3700 były testowane ze standardowymi okularami do czytania, które są reprezentatywne dla okularów korekcyjnych. Wyniki prawdopodobnie zmieniają się w zależności od grubości zauszniaków i konstrukcji okularów korekcyjnych.

^c Wyniki w tabeli nie mogą być odejmowane od wartości tłumienia na etykiecie, takich jak współczynnik redukcji hałasu (NRR) i współczynnik pojedynczej liczby (SNR).

Dyskusja

W przeszłości badania wykazały, że zakłócenie uszczelnienia poduszki nauszniaka powoduje utratę tłumienia.^{4 5 6 7 8} Wiedza o tym, jak duża utrata tłumienia występuje, gdy nauszniaki przeciwhałasowe są noszone razem z okularami ochronnymi, może pomóc użytkownikom w wyborze produktów, które są ze sobą kompatybilne, oraz w ustaleniu, czy tłumienie przy połączeniu produktów odpowiednio chroni użytkownika. Badanie to potwierdza istotność prowadzenia testów dopasowania ochronników słuchu podczas używania nauszników przeciwhałasowych w połączeniu z okularami ochronnymi. Na przykład, gdy użytkownik potrzebuje ochrony wzroku zakładanej na okulary, należy rozważyć okulary ochronne 3M™ SecureFit™ z serii 3700 i przeprowadzić test dopasowania, gdy użytkownik ma na sobie okulary korekcyjne. Zidentyfikowanie zmiany PAR podczas noszenia przez użytkownika wybranej kombinacji sprzętu pomoże określić, czy użytkownik będzie odpowiednio chroniony w danym otoczeniu, w którym panuje hałas.

Badanie potwierdza, że wybór kombinacji z użyciem cienkich, elastycznych zauszników, takich jak modele 3M™ SecureFit™, powoduje minimalną utratę tłumienia, jednak połączenie nauszników przeciwhałasowych z okularami korekcyjnymi wykazuje utratę tłumienia na poziomie 7–9 dB. Dodatkowa grubość zauszników obniżająca szczelność akustyczną poduszki nauszników powoduje dalsze zmniejszenie tłumienia. Wyniki te prawdopodobnie zmieniają się w zależności od grubości zauszników i konstrukcji okularów korekcyjnych. Spadek PAR to wskaźnik, który pomaga użytkownikom wybierać kombinacje produktów w celu zminimalizowania strat tłumienia. Ponadto należy określić ogólny rezultat utraty tłumienia i zbadać sposób, w jaki wpływa ona na narażenie użytkownika po ochronie. Praktyczność zmian w PAR powinna być oceniana w celu zidentyfikowania użytkowników, którzy mogą być narażeni na ryzyko niedostatecznej ochrony podczas korzystania z nauszników przeciwhałasowych w połączeniu z okularami ochronnymi. Kluczem jest ustalenie, czy użytkownik spełnia docelowy poziom narażenia po ochronie podczas korzystania z kombinacji ŚOI. Tabela 2 zawiera wskazówki dotyczące tego, które kombinacje mogą mieć mniejszy wpływ na całkowite tłumienie.

Wartość PAR można bezpośrednio odjąć od narażenia pracownika na działanie hałasu warzonego krzywą A. Zaleca się przeprowadzenie testu dopasowania, gdy użytkownik nosi zarówno nauszniaki przeciwhałasowe, jak i okulary ochronne, a następnie odjęcie PAR od narażenia użytkownika na hałas w miejscu pracy. Jeśli PAR jest wystarczający, wynik będzie mniejszy niż docelowa wartość graniczna narażenia. Jeśli PAR jest niewystarczający, należy wypróbować dodatkowe opcje, aby uzyskać większe tłumienie. Jeżeli badanie dopasowania nie jest dostępne, wartości podane w tabeli 2 można wykorzystać do oszacowania utraty tłumienia.

Należy pamiętać, że PAR jest oddzielny i różni się od wartości tłumienia podanych dla ochronników słuchu, takich jak ocena redukcji hałasu (NRR) i Single Number Rating (SNR). Wyniki przedstawione w tabeli 2 nie mają zastosowania do tych wartości, co oznacza, że zmian w tabeli 2 nie można odjąć od podanych na etykietach NRR, SNR lub innych podanych wartości w celu przewidzenia, jak zmieni się wartość podana na etykiecie.

Noszenie odpowiednich okularów ochronnych dla danego zagrożenia oczu jest tak samo ważne, jak dobór nauszników przeciwhałasowych w celu tłumienia. Chociaż badanie to koncentrowało się na zmianie tłumienia, nie przeprowadzono szczegółowej oceny dopasowania okularów ochronnych. W rzeczywistych zastosowaniach zaleca się testowanie dopasowania zarówno ochronny słuchu, jak i okularów ochronnych.

Wnioski

Badanie to pokazuje, że okulary ochronne noszone pod nausznikami przeciwhałasowymi obniżają indywidualny wskaźnik tłumienia użytkownika. Zakres spadku zależy od typu, funkcji i osobistego dopasowania produktu. Pokazuje to, jak ważne jest przeprowadzanie testów dopasowania środków ochrony słuchu, szczególnie gdy wymagane są kombinacje nauszników i okularów. Podczas testu dopasowania upewnij się, że stosowane wspólnie środki ochrony indywidualnej lub odzież są na swoim miejscu. Inne korzyści płynące z testów dopasowania, takie jak indywidualne szkolenie, natychmiastowa informacja zwrotna dla pracownika, identyfikacja potencjalnych problemów z kompatybilnością ŚOI i dostarczanie dokładnych wyników tłumienia, zostały również

⁴ Biabani, A., Aliabadi, M., Golmohammadi, R., Farhadian, M. Individual fit testing of hearing protection devices based on microphone in real ear. Safety and Health at Work 8, 364–370. 2017.

⁵ Macedo, Gorman, Berger. Assessment of the Effects of Various PPE and Apparel in the Performance of Earmuffs. Australian Institute of Occupational Hygienists Inc., 34th Annual Conference & Exhibition 2016.

⁶ Caporali Filho, S.A. Effects of selected eyewear on insertion loss of select earmuffs. The Center for Construction Research and Training (CPWR). 2015. Retrieved from the internet, November 2024: https://www.cprw.com/wp-content/uploads/publications_CaporaliEarmuffKF_5.pdf.

⁷ Wells, L.L., Berger, E.H., Kieper, R. Attenuation characteristics of fit-compromised earmuffs and various non-standard hearing protectors. Prezentacja platformy na Międzynarodowym Kongresie Akustyki, Montreal, 6-2013.

⁸ Abel, S.M., Sass-Korstak, A., Bruce, S. The effect of sound attenuation provided by earmuffs of other safety gear worn in combination. Canadian Acoustics. Tom 28 Nr 3, 150–151. 2000.

zidentyfikowane w innych badaniach.^{9 10 11} Spadek wartości PAR zaobserwowany w tym badaniu może pomóc specjalście ds. BHP przy wyborze kombinacji produktów w celu zminimalizowania utraty tłumienia naszników przeciwhałasowych. Wyniki te mogą również pomóc w oszacowaniu praktycznych skutków utraty tłumienia dla analizowanego hałasu w środowisku.

Testy kompatybilności zostały przeprowadzone w celu wykazania możliwości tych kombinacji i sumarycznej utraty tłumienia w okularach ochronnych 3M i nasznikach przeciwhałasowych 3M PELTOR. Dane te mogą być wykorzystane jako punkt odniesienia do pomocy w doborze kombinacji okularów ochronnych i naszników przeciwhałasowych 3M. Wybór odpowiednich środków ochrony indywidualnej do zagrożenia, zadania i środowiska pracy ma kluczowe znaczenie. Wybór środków ochrony indywidualnej, które dobrze ze sobą współpracują bez uszczerbku dla dopasowania, komfortu i ochrony, jest niezbędny.

⁹ Macedo, Gorman, Berger. Assessment of the Effects of Various PPE and Apparel in the Performance of Earmuffs. Australian Institute of Occupational Hygienists Inc., 34th Annual Conference & Exhibition 2016.

¹⁰ Murphy, W. J., Gong, W., Karch, S.J. Personal attenuation ratings versus derated noise reductions ratings for hearing protection devices. The Journal of the Acoustical Society of America. 2022.

¹¹ Liu Y i Yang M. Evaluating the effect of training along with fit testing on earmuff users in a Chinese textile factory. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 15:6, 518-526. 2018.



Dział Bezpieczeństwa Pracy

3M Poland

Aleja Katowicka 117

05-830 Nadarzyn

Telefon: +48 22 739 60 00

www.3m.pl/bhp

Prosimy o recykling.

Wydrukowano w Wielkiej Brytanii. © 2025, 3M.

3M jest znakiem towarowym firmy 3M Company.

Wszelkie prawa zastrzeżone