



# Słuchawki jako źródło zagrożenia dla słuchu: wieloaspektowa analiza wpływu ekspozycji na hałas u dzieci i młodych dorosłych

Headphones as a risk factor for hearing loss – multifaceted analysis of noise exposure impact in children and young adults

Monika Domagała<sup>1,A-F</sup>, Joanna Wiewióra<sup>2,A-F</sup>, Izabela Domańska<sup>3,A-F</sup>,  
Emilia Maria Majewska<sup>4,A-F</sup>, Aleksandra Sagan<sup>3,A-F</sup>, Małgorzata Agnieszka Piśkiewicz<sup>5,A-F</sup>,  
Weronika Duda<sup>5,A-F</sup>

<sup>1</sup> Klinika Kardiologii i Chorób Wewnętrznych, 5 Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką SPZOZ w Krakowie, Polska

<sup>2</sup> Oddział Chorób Wewnętrznych i Diabetologii, Szpital Wojewódzki w Bielsku-Białej, Polska

<sup>3</sup> Oddział Chorób Wewnętrznych, Szpital Specjalistyczny im. Ludwika Rydygiera w Krakowie, Polska

<sup>4</sup> Oddział Chorób Wewnętrznych, Radomski Szpital Specjalistyczny im. dr. Tytusa Chałubińskiego, Polska

<sup>5</sup> Kliniczny Oddział Chorób Wewnętrznych, Wojewódzki Szpital Zespolony w Kielcach, Polska

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych,  
D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Domagała M, Wiewióra J, Domańska I, Majewska EM, Sagan A, Piśkiewicz MA, Duda W. Słuchawki jako źródło zagrożenia dla słuchu: wieloaspektowa analiza wpływu ekspozycji na hałas u dzieci i młodych dorosłych. Med Srodow. 2024; 27(4): 182–187. doi: 10.26444/ms/199350

## ■ Streszczenie

**Wprowadzenie i cel pracy.** Słuchawki stały się nieodłącznym elementem codzienności, szczególnie młodych ludzi i dzieci. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie najnowszych doniesień naukowych na temat słuchawek jako potencjalnego źródła nadmiernej ekspozycji na hałas oraz wywoływanych przez nie zaburzeń, a także metod ochrony zmysłu słuchu przed negatywnymi skutkami ich użytkowania.

**Opis stanu wiedzy.** Stała ekspozycja na hałas o dużym poziomie dźwięku przez długi czas prowadzi do trwałego uszkodzenia komórek zmysłowych poprzez liczne mechanizmy, takie jak uszkodzenie mechaniczne, zwiększona produkcja wolnych rodników i glutamianu oraz zaburzenia przepływu krwi. Początkowo obserwowane jest czasowe przesunięcie progu słyszenia w zakresie wysokich częstotliwości, które przy dłuższym narażeniu rozciąga się na niższe i wyższe częstotliwości. Obserwowane są również objawy towarzyszące obejmujące szumy uszne, zmęczenie dźwiękami czy bóle głowy. Ze względu na stale rosnącą popularność osobistych urządzeń audio istotna jest edukacja użytkowników, zwłaszcza najmłodszych i ich rodziców, w zakresie właściwego korzystania z słuchawek.

**Podsumowanie.** Wyniki badań dotyczące wpływu słuchawek na zmysł słuchu często dostarczają mylnych wniosków, ponieważ początkowo prezentowane czasowe przesunięcie progu słyszenia jest subkliniczne, a czas obserwacji niejednokrotnie zbyt krótki, by doszło do zauważalnych zmian w badaniach przesiewowych. Dlatego ważne jest prowadzenie dalszych badań w celu lepszego poznania tego zagadnienia. Nadmierna ekspozycja na hałas jest jedną z najłatwiejszych do uniknięcia przyczyn zaburzeń słyszenia w każdej grupie wiekowej, dlatego niezbędne jest opracowanie norm i rekomendacji bezpiecznego słuchania.

## ■ Słowa kluczowe

utrata słuchu, osobiste urządzenia audio, słuchawki, czasowe przesunięcie progu słyszenia, uszkodzenie słuchu indukowane hałasem

## ■ Abstract

**Introduction and Objective.** Headphones have become an integral part of daily life, especially among children and adolescents. The aim of the review is to present recent scientific reports on the use of headphones a potential source of excessive exposure to noise, and the methods of protecting the sense of hearing against negative effects of their use.

**Brief description of the state of knowledge.** Prolonged exposure to high-level sounds may lead to permanent sensory cells damage through various mechanisms, such as mechanical damage, increased production of free radicals and glutamate, or blood flow disturbance. Initially, temporary hearing threshold shift in the high frequency range is observed which, with prolonged exposure extends to higher and lower frequencies. Accompanying symptoms are also observed which may include tinnitus, sound fatigue and headaches. Considering constantly growing popularity of personal audio devices, it is important to educate users, especially children and their parents, about the proper use of headphones.

**Summary.** Studies on the side effects of the use of headphones often lead to confusing conclusions, because initially presented temporary threshold shift is sub-clinical, and frequently the observation time is too short for the detection of noticeable changes in screening tests. Therefore, it is essential to continue scientific research to better understand this problem. Excessive exposure to noise is among the causes of hearing disorders most easy to prevent in all age groups, it is therefore

✉ Autor do korespondencji: Monika Domagała, Klinika Kardiologii i Chorób Wewnętrznych, 5 Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką SPZOZ w Krakowie, Polska  
E-mail: monika.domagala@interia.pl

indispensable to develop standards and recommendations for safe listening.

## Key words

hearing loss, noise induced hearing loss, personal listening devices, temporary threshold shifts, headphones

## WPROWADZENIE

Światowa Organizacja Zdrowia (World Health Organization, WHO) alarmuje, że ponad 1,1 mln ludzi w wieku 12–35 lat jest w grupie ryzyka rozwinięcia trwałej utraty słuchu z powodu rekreacyjnej ekspozycji na hałas. W ostatnim czasie nastąpiła zmiana nawyków związanych ze słuchaniem muzyki w związku z przejęciem funkcji przenośnych odtwarzaczy multimedialnych przez smartfony, coraz to większym zaawansowaniem aplikacji służących do odtwarzania dźwięku, jak i upowszechnieniem korzystania ze słuchawek w przestrzeni publicznej. Zmienia się również wiek, w którym użytkowanie słuchawek zaczyna być zjawiskiem regularnym, jako że stają się one narzędziem służącym rodzicom do zapewniania dziecku rozrywki. Jest to niepokojące, gdyż nasiloną ekspozycją na hałas może prowadzić do nieodwracalnej utraty słuchu, jak i innych negatywnych konsekwencji zdrowotnych, takich jak trudności w nauce, zaburzenia snu czy nadciśnienie tętnicze.

## CEL PRACY

Celem niniejszej pracy przeglądowej jest szczegółowe przyjrzenie się wpływowi używania słuchawek na potencjalne uszkodzenia słuchu. Praca koncentruje się na kompleksowej analizie problemu coraz częstsze narażania się na długotrwały kontakt z hałasem poprzez korzystanie z przenośnych odtwarzaczy multimedialnych, a także na identyfikacji czynników ryzyka oraz metod ochrony słuchu u osób długotrwale użytkujących słuchawki. Jest to istotne, bo chociaż indukowane hałasem uszkodzenie komórek słuchowych jest nieodwracalne – można mu zapobiec.

## METODY PRZEGLĄDU

W celu przeprowadzenia przeglądu literatury przeszukano bazę PubMed przy użyciu różnych kombinacji konkretnych słów kluczowych: „headphones”, „noise-induced hearing loss”, „personal audio devices”, „temporary hearing loss”. Uwzględniono badania, które koncentrują się na populacji dzieci i młodych dorosłych oraz poruszają problem utraty słuchu, jak również zwyczajnie związane z korzystaniem ze słuchawek. Aby zapewnić aktualność przeglądu, wybrane zostały do niego prace opublikowane od 2016 roku oraz najwcześniejsze dostępne badania, które omawiały problematykę uszkodzenia słuchu w efekcie hałasu generowanego przez słuchawki. Dodatkowo przegląd uzupełniono o rekomendacje dotyczące zapobiegania utracie słuchu, a także uwzględniono publikacje i zalecenia Światowej Organizacji Zdrowia związane z hałasem i ochroną słuchu w kontekście rosnącego ryzyka związanego z ekspozycją na dźwięki w słuchawkach.

## OPIS STANU WIEDZY

### Epidemiologia

Korzystanie ze słuchawek stało się obecnie bardzo powszechnym sposobem spędzania wolnego czasu, a coraz częściej używa się ich również podczas pracy, uprawiania sportu, a nawet w trakcie snu. Z badania przeprowadzonego na grupie 17-latków ze Szwecji wynika, że 20% z nich używa słuchawek przy każdej możliwej okazji przez 3 godziny i dłużej, a 88,6% – codziennie lub kilka razy w tygodniu. Zaobserwowano, że młodzież najczęściej korzystała ze słuchawek, przemieszczając się transportem publicznym, a także podczas spacerów czy jazdy na rowerze, co jest szczególnie niepokojące, gdyż zmniejsza percepcję ewentualnych zagrożeń występujących w ruchu drogowym. Co więcej, ok. 45% badanych używało przenośnych odtwarzaczy muzyki w trakcie zajęć szkolnych, a 21% – nawet podczas snu. W badaniu tym zauważono również korelację między ekspozycją na hałas a płcią, ponieważ wśród chłopców ekspozycja na hałas była dłuższa (wynosiła 2,4 vs 1,6 godziny wśród dziewcząt) oraz o większej głośności. Dodatkowo dziewczęta częściej zgłaszały subiektywne problemy ze słyszeniem, mimo że w badaniu wykazywały znacznie lepszy słuch [1].

Ekspozycja na hałas związana z używaniem słuchawek jest różna w zależności od grupy wiekowej, przy czym silniejszą predylekcję wykazują młodsi słuchacze. Młodzi dorośli chętniej angażują się w czynności związane z głośnymi dźwiękami w porównaniu do osób pracujących, co tłumaczy się większą ilością wolnego czasu i mniejszym zakresem obowiązków. Co więcej, odpowiadając na pytanie o satysfakcję związaną z używaniem słuchawek, 59,8% badanych stwierdziło, że słuchanie muzyki przy niskim poziomie głośności nie sprawia im przyjemności [2]. Senninger i wsp., którzy przeprowadzili badanie kohortowe na 2148 niemieckich uczniach, zauważyli, że ryzykowne narażenie na hałas, zdefiniowane jako przekroczenie równoważnego poziomu dźwięku A w przeliczeniu na 40-godzinny, tygodniowy wymiar czasu pracy (Leq, 40 h), wynoszący 85 dB, było dwukrotnie większe wśród uczniów w wieku 15 i 18 lat niż w grupie wiekowej 20–23 lata. Analiza wykazała również częstsze występowanie ryzykownych praktyk wśród słuchaczy z niskim i średnim wykształceniem, palących papierosy oraz wychowywanych przez samotnego rodzica [3]. Dominującym urządzeniem służącym do odtwarzania muzyki, a często jedynym, jest obecnie telefon komórkowy. Znaczna część z dostępnych smartfonów dysponuje systemami chroniącymi słuch użytkowników. W badaniu przeprowadzonym przez Al-Omariego i wsp. wykazano, że ponad połowa (52,9%) korzystających ze słuchawek zwróciła uwagę, że ich urządzenia wyświetlają komunikat ostrzegawczy, gdy głośność zostanie zwiększona do określonego, niebezpiecznego poziomu. Gdy te same osoby zostały zapytane o reakcję na sygnał ostrzegawczy, jedynie 13,5% przyznało, iż zastosowało się do zalecenia, natomiast 19% badanych zwiększyło głośność odtwarzanych treści wbrew sugestii, a 24,1% zadeklarowało, że czasami zwiększa głośność wbrew zaleceniom [2].

Stosunkowo nowym zagadnieniem, jeszcze nie do końca

zbadanym, jest korzystanie z przenośnych urządzeń audio przez małe dzieci. Z raportu C.S. Mott Children's Hospital National Poll on Children's Health, przedstawiającego badanie przeprowadzone z udziałem 1152 rodziców dzieci w wieku 5–12 lat mieszkających w Stanach Zjednoczonych, wynika, iż 64% tamtejszej populacji regularnie korzysta ze słuchawek (79% w grupie wiekowej 9–12 lat vs 53% w grupie 5–8 lat). W typowym dniu 16% dzieci używa słuchawek przez minimum 2 godziny dziennie, 24% – przez 1–2 godziny dziennie, 52% – przez mniej niż godzinę dziennie, a tylko 8% wcale. Rodzice dzieci w wieku 9–12 lat częściej zgłaszają korzystanie przez nie ze słuchawek przez ponad 2 godzinny dziennie w porównaniu do rodziców dzieci w wieku 5–8 lat (25% vs 6%). Ponieważ na uszkodzenie słuchu wpływają zarówno głośność, jak i czas trwania ekspozycji na hałas, ważna jest wiedza na temat metod bezpiecznego słuchania. 77% rodziców uważa, że korzystanie ze słuchawek jest bezpieczne, jeśli dźwięk przez nie odtwarzany nie jest zbyt głośny. Rodzice starają się ograniczyć głośność urządzeń audio, korzystając z określonych narzędzi (40%), takich jak słuchawki ograniczające głośność (31%) i/lub słuchawki wyciszające (14%) i/lub ustawianie limitu głośności na urządzeniach (16%). Słuchawki ograniczające głośność pozwalają na słuchanie muzyki o maksymalnej głośności wynoszącej 85 dB lub 95 dB, w zależności od ustawień producenta, co wynika z tego, że wartość 85 dB jest najwyższą bezpieczną wartością rekomendowaną przez organizacje takie jak WHO czy OSHA, która określa, że czas bezpiecznego słuchania wynosi nie więcej niż 8 godzin, natomiast 95 dB to próg gwarantujący maksymalnie 50 minut bezpiecznego słuchania. 57% rodziców twierdzi, że stara się ograniczać ilość czasu spędzanego przez dziecko w słuchawkach, stosując strategie takie jak zachęcanie do przerwy (27%) czy ustalanie godzin korzystania (27%). Jednakże 28% rodziców nie stosuje żadnej konkretnej metody. Zauważono, że rodziny dzieci korzystających ze słuchawek przez 2 godziny dziennie rzadziej ustalają limity czasu lub głośności w porównaniu do rodzin dzieci, które ze słuchawek korzystają rzadziej [4].

### Populacja szczególnie narażona

Niemodyfikowalne czynniki ryzyka uszkodzenia słuchu indukowanego hałasem (NIHL) obejmują szereg biologicznych i genetycznych predyspozycji, które zwiększają podatność na szkodliwe działanie dźwięków. Do najważniejszych z nich zaliczają się:

- Płeć męska – mężczyźni są bardziej narażeni na uszkodzenie słuchu indukowane hałasem, co tłumaczy się niższym poziomem estrogenów, które pełnią funkcję ochronną wobec słuchu. Dokładny mechanizm protekcyjnego działania estrogenów nie został jednak poznany. W retrospektywnym badaniu przekrojowym przeprowadzonym przez Suh i wsp. na kobietach, które przebyły menopauzę, zauważono, że te z nich, które doświadczyły dłuższego czasu trwania ekspozycji na estrogeny przez całe życie, wykazywały lepszy słuch. Wyniki sugerowały również, że hormonalna terapia zastępcza może być korzystna w łagodzeniu ubytku słuchu, szczególnie w zakresie wysokich częstotliwości – od 3 do 6 kHz [5].
- Rasa biała – osoby rasy białej wykazują większe ryzyko uszkodzenia słuchu indukowanego z hałasem. Melanina, która ma działanie ochronne na narząd słuchu, jest syntetyzowana w mniejszych ilościach u osób o jasnej karnacji w porównaniu do osób rasy czarnej [6].

- Mutacje genetyczne – poszczególne mutacje w genach mogą zwiększać ryzyko uszkodzeń słuchu indukowanych hałasem. Przykładem jest polimorfizm SOD2 V16A SNP – osoby, które są nim dotknięte, obciążone są statystycznie większym ryzykiem uszkodzenia słuchu indukowanego hałasem niż osoby bez tej wersji genu [7]. Badania wykazały, że osoby stosujące acetylocysteinę i posiadające genotypy GSTT1 null, GSTM1 null oraz GSTP1 Ile(105)/Ile(105) są bardziej narażone na uszkodzenie słuchu indukowane hałasem niż osoby z innymi wersjami tych genów [8].
- Geny kontrolujące recykling jonów potasu w uchu wewnętrznym – niektóre polimorfizmy w genach odpowiadających za transport jonów potasu w narządzie Cortiego mogą zwiększać podatność na uszkodzenie słuchu indukowane hałasem [8].

### Anatomia i fizjologia słyszenia

Ucho jest narządem niezbędnym do percepcji dźwięku, w którego budowie możemy wyróżnić trzy uzupełniające się części: ucho zewnętrzne, środkowe i wewnętrzne. Upraszczając cały proces słyszenia, można powiedzieć, że fale rozchodzące się w powietrzu dochodzą przez przewód słuchowy zewnętrzny do elastycznej błony bębenkowej, która przenosi drgania za pomocą łańcucha kosteczek słuchowych na środowiska płynne, wypełniające ucho wewnętrzne, w którym to znajdują się zakończenia nerwowe, wrażliwe na fale doprowadzane z zewnątrz wymienionymi drogami. Za właściwe generowanie impulsów nerwowych w odpowiedzi na bodziec odpowiadają komórki rzęsaty wewnętrzne, wspierane przez komórki rzęsaty zewnętrzne, które są bardziej pobudliwe i lepiej różnicują natężenie dźwięków i czas trwania bodźca. W tym miejscu warto wspomnieć, że liczba tych komórek od urodzenia jest stała: nie regenerują się, jeśli już zostaną uszkodzone. Z kolei odmienna sytuacja występuje u płazów, gadów, ryb i ptaków, których komórki rzęsaty regenerują się przez całe życie poprzez podziały mitotyczne i transdiferencjację komórek podporowych, co wywołuje zainteresowanie badaczy jako potencjalna metoda leczenia ubytku słuchu [9].

### Mechanizm uszkodzenia

Dokładny wpływ słuchawek na zmianę percepcji bodźca akustycznego i wywołane ich użyciem upośledzenie słyszenia w porównaniu do standardowej, środowiskowej ekspozycji na hałas nie został dotychczas dokładnie poznany i powinien stanowić temat przyszłych badań. Wśród potencjalnych mechanizmów, biorących udział w upośledzeniu sprawności narządu słuchu, wymienia się uszkodzenie mechaniczne, zwiększoną aktywność metaboliczną na poziomie komórkowym czy zaburzenia przepływu krwi, co skutkuje niedokrwieniem ślimaka w wyniku zbyt intensywnej stymulacji.

Stereocilia komórek rzęsatych są zanurzone w błonie nakrywkowej i w odpowiedzi na drgania podlegają siłom ścinającym, co w miarę upływu czasu powoduje uszkodzenia i jest typowe dla ubytku słuchu związanego z wiekiem. Jednak w przypadku intensywnego lub uporczywego hałasu siły ścinające mogą powodować pęknięcie rdzenia stereocilii i ostatecznie przedwczesną śmierć komórek rzęsatych [10]. Podczas długotrwałej ekspozycji na głośne dźwięki w mitochondriach komórek rzęsatych zachodzą intensywne przemiany metaboliczne, a wzrost zużycia przez nie tlenu przyczynia się do zwiększonej produkcji wolnych rodników. Mechanizm obronny nie jest zdolny do unieczynnienia

takiej ilości reaktywnych form tlenu i azotu, co prowadzi do uszkodzenia komórek. Szczególną uwagę zwraca się na produkcję nadtlenoazotynu (ONOO<sup>-</sup>), wysoce reaktywnej formy azotu pochodzącej z NO i ponadtlenku, która jest jednym z najbardziej szkodliwych wolnych rodników dla komórek rzęsatych. Wytwarzanie nadtlenoazotynu wywołane hałasem stanowi aktywny proces, który nie tylko występuje bezpośrednio po ekspozycji, ale postępuje przez ponad dziesięć dni po niej i może powodować późniejsze uszkodzenia struktur ślimakowych [10]. Wśród innych mechanizmów uszkodzenia słuchu wymienia się cytotoksyczność glutamianu, powstającego w odpowiedzi na hałas, czego efektem jest uszkodzenie neuronów słuchowych. Zwrócono również uwagę na zaburzenie homeostazy wapnia, które prowadzi do śmierci komórek w krótkim czasie poprzez aktywację fosfolipazy A2 oraz z mediowanym kalcynuryną uszkodzeniem komórki w dłuższej perspektywie [11].

Regularne lub długotrwałe narażenie na hałas związany z używaniem słuchawek powoduje stopniowe nieodwracalne uszkodzenie komórek zmysłowych oraz innych struktur odpowiedzialnych za percepcję bodźców dźwiękowych, co prowadzi do pojawienia się trwałego ubytku słuchu. Pierwotnie dotyczy on komórek reagujących na dźwięki o wysokiej częstotliwości, w szczególności 4 kHz, ale przedłużające się narażenie prowadzi do postępujących zaburzeń słyszenia w zakresie innych częstotliwości. Na wczesnych etapach utrata słuchu może pozostać niezauważona, ponieważ rozumienie mowy pozostaje w dużej mierze niezmienione, jednakże pojawiają się trudności w komunikacji – zwłaszcza w obecności szumów tła. Chociaż czasowe przesunięcie progu słyszenia nie wskazuje na wielkość trwałego uszkodzenia, to jest dobrym prognostykiem wczesnego rozwoju nieodwracalnego ubytku słuchu, zwłaszcza jeśli szkodliwe praktyki utrzymują się przez wiele lat.

Wykazano, że ciągłe używanie osobistych urządzeń audio przez ponad pięć lat może prowadzić do zmian w zakresie słyszenia wysokich częstotliwości. W badaniach audiometrii tonalnej obserwowane jest obniżenie krzywej progu słyszenia w zakresie częstotliwości od 3 do 6 kHz. Przy dłuższym narażeniu na hałas ubytek słuchu rozszerza się na wyższe i niższe częstotliwości, a uszkodzenie jest na ogół obustronne i symetryczne [12].

Mimo raportowanego negatywnego wpływu użytkowania słuchawek na zmysł słuchu zależności te nie są dostatecznie poznane, bowiem wyniki badań dostarczają niejednoznacznych wniosków. Wciąż nie jest jasne, jak intensywna musi być ekspozycja, aby doszło do uszkodzenia, oraz jak długotrwała, aby zaobserwować zmiany wykrywane w badaniach przesiewowych. W badaniu przekrojowym przeprowadzonym przez Gupta i wsp. analizowano występowanie zaburzeń słyszenia wśród dorosłych osób w wieku 20–40 lat używających słuchawek. Wykorzystano w tym celu aplikację hearWHO, służącą do przesiewowego badania słuchu przy użyciu zwalidowanego smartfona, gdzie wynik powyżej 75 oznaczał dobry słuch, natomiast poniżej 50 sygnalizował występowanie zaburzeń słyszenia i konieczność przeprowadzenia konsultacji audiologicznej. U 83,4% badanych korzystających ze słuchawek stwierdzono subkliniczny ubytek słuchu, z wynikami w skali HearWHO mniejszymi niż 50. Większy odsetek subklinicznego ubytku słuchu odnotowano wśród uczestników, którzy używali słuchawek z wielu różnych powodów, takich jak edukacja, praca, muzyka, gry czy odpoczynek [13].

## Skutki nadmiernej ekspozycji

WHO oraz International Telecommunication Union w wydanym w 2019 roku dokumencie pt. *Safe Listening Devices and Systems: A WHO-ITU standard* zwracają uwagę na występowanie powikłań, takich jak czasowe przesunięcie progu słyszenia, szumy uszne pod postacią dzwonienia lub brzęczenia, a także „przytłumione” słyszenie dźwięków po ekspozycji na głośne dźwięki. Objawy te najczęściej ustępują w przeciągu kilku godzin, natomiast długotrwałe narażenie na hałas może doprowadzić do nieodwracalnego uszkodzenia komórek słuchowych i struktur odpowiedzialnych za prawidłowe słyszenie [14]. Niepokój WHO związany z możliwymi konsekwencjami słuchania muzyki przez słuchawki potwierdzają liczne badania wspomniane poniżej.

Powiązanie problemów ze słuchem z korzystaniem ze słuchawek raportowano już w 1985 i 2002 roku. W 1985 roku P.C. Lee i wsp. wykazali w swej pracy, że z grupy 16 osób poddanych obserwacji aż u 6 pojawiło się czasowe przesunięcie progu słyszenia (TTS) wynoszące 10 dB, natomiast u jednej wynosiło ono 35 dB w prawym uchu i 25 dB w lewym. U pozostałych 9 badanych pojawiło się TTS nieprzekraczające 5 dB. Co ważne, wyniki badań kontrolnych przeprowadzonych po 24 godzinach od wykonania audiogramu wykazującego TTS wskazywały na powrót do normy. Problemem w tym badaniu była jednak niestandardyzowana głośność dźwięku odtwarzanego przez słuchawki uczestnikom badania. Analizując jednak wybierany przez uczestników poziom głośności i następujący po ekspozycji na hałas o takiej głośności poziom TTS, można wysunąć wniosek, że im głośniejsza muzyka w słuchawkach, tym większe czasowe przesunięcie progu słyszenia [15].

W 2002 roku R. Mazlan i wsp. objęli badaniem 136 pracowników obsługi klienta, którzy w czasie pracy używali słuchawek. Celem badania było sprawdzenie wpływu użytkowania słuchawek na powstawanie infekcji ucha, gardła i nosa oraz ewentualnych zaburzeń słuchu u pracowników. Słuchawka była założona na jedno preferowane przez pracownika ucho. Wyniki pokazały brak statystycznej różnicy między odsetkiem osób z upośledzeniem słuchu, definiowanym jako zaburzenie słyszenia dla przynajmniej jednej częstotliwości o co najmniej 20 dB, w grupie pracowników włączonych do badania a grupami kontrolnymi z innych badań. Wskazany brak korelacji może wynikać z niskiego poziomu dźwięku odtwarzanego przez takie słuchawki, który średnio wynosił ok. 58 dB [16].

Najnowsze badania analizujące wpływ używania słuchawek na pojawienie się skutków ubocznych u młodzieży i młodych dorosłych wykazały powtarzającą się listę powikłań zgłaszanych przez badanych. W badaniu z 2017 roku, przeprowadzonym na grupie 279 szwedzkich nastolatków w wieku 17 lat przez Stephena E. Widéna i wsp., 14% uczestników zgłosiło zauważalne upośledzenie słuchu, a 7–8% raportowało odczuwanie szumów usznych, zwiększoną wrażliwość na dźwięki oraz zmęczenie dźwiękami. W grupie słuchającej muzyki głośniejszej niż 85 dB Leq zgłaszano więcej problemów ze słuchem w porównaniu z grupą, która słuchała muzyki na niższym poziomie głośności, tzn. poniżej 85 dB Leq. Młodzież, która słuchała muzyki dłużej niż 5 lat, używała większej głośności i częściej zgłaszała subiektywne pogorszenie słyszenia, wrażliwość i zmęczenie dźwiękiem. Codzienne korzystanie ze słuchawek było również częstsze w porównaniu z grupą, która używała ich przez mniej niż 5 lat. Jednakże młodzież, która słuchała muzyki dłużej niż 5 lat, nie wykazywała znacząco niższych progów słyszenia w zobiektywizowanych badaniach [1].

Kabir Haruna i wsp. w swoim badaniu porównali obecność oraz poziom ubytku słuchu pomiędzy grupą badawczą liczącą 272 osoby w średnim wieku  $22,6 \pm 3,4$  lat używające słuchawek a grupą kontrolną o podobnej liczebności, niekorzystając ze słuchawek, w wieku  $23,4 \pm 4,2$  lat. W badaniu wykazano, że ubytek słuchu w grupie kontrolnej występował u 7,4% uczestników, natomiast w grupie badanej – u 17,6%. Największy ubytek słuchu odnotowano w zakresie wysokich częstotliwości. U większości uczestników ubytek słuchu był łagodny i obustronny [17].

Występowanie szumów usznych, zdefiniowanych jako słyszenie „syku” lub pulsującego bądź szumiącego dźwięku, zgłosiło 97 (35,4%) uczestników badania przeprowadzonego przez Hala M. AlOmariego w 2024 roku. Badanymi były osoby w wieku od 18 do 40 lat. W większości przypadków szumy uszne były przemijające i trwały nie dłużej niż dwie godziny, natomiast 2,4% badanych doświadczało ich przez cały dzień [2].

Podobne skutki uboczne zgłaszali uczestnicy badania z 2024 roku przeprowadzonego przez Hülyę Osmanoglu i wsp. Badaniem objęto 88 osób w wieku od 18 do 25 lat, a jego celem było zbadanie wpływu słuchania muzyki przez słuchawki oraz efektów ubocznych takiej ekspozycji. Połowa uczestników stanowiła grupę kontrolną, nieużywającą słuchawek, a narażoną jedynie na hałas z otoczenia. W grupie badanej 47,7% osób zgłosiło różne efekty uboczne słuchania muzyki przez słuchawki, takie jak uczucie zatkanego ucha, szumy uszne, bóle głowy, uczucie pełności w uchu oraz nietolerancja głośnych dźwięków. Dodatkowo 13,6% badanych zauważyło pogorszenie słuchu w przeciągu roku w porównaniu z przeszłością [18].

Nie we wszystkich badaniach wykazano jednak związek między korzystaniem ze słuchawek a zaburzeniami słyszenia. W analizie danych pochodzących z badania kohortowego Orkhan nie zaobserwowano istotnej statystycznie korelacji między korzystaniem ze słuchawek a występowaniem zaburzeń słuchu, które zostały zdefiniowane jako obecność załamka wysokoczęstotliwościowego w krzywej proggu słyszenia w badaniu audiometrii tonalnej. Duża część spośród 2143 nastolatków, głównie w wieku 15 lub 16 lat, zgłosiła używanie przenośnych odtwarzaczy audio przez długi czas z tak dużą głośnością, że przekraczała narażenie na hałas w limitach pracy obowiązujących w Unii Europejskiej. Tylko u kilku uczestników odnotowano obecność załamka wysokoczęstotliwościowego i nie znaleziono dowodów na występowanie związku przyczynowego ze stosowaniem słuchawek. Być może zależność ta nie wystąpiła ze względu na młody wiek badanych oraz zbyt krótki czas obserwacji [19].

Poza prawdopodobnymi skutkami związanymi z zaburzeniami słuchu, hałas wpływa na cały organizm. Dowiedziono, że narażenie dzieci na hałas wiąże się z efektami ubocznymi, które upośledzają ich rozwój psychofizjologiczny, wpływając na funkcje poznawcze oraz zdrowie psychiczne. Dzieci narażone na hałas, w porównaniu do tych przebywających w cichszym środowisku, wykazują znacznie większy poziom irytacji oraz gorzej radzą sobie z zadaniami związanymi z funkcjami poznawczymi, zarówno w sferze językowej, jak i działań matematycznych [20].

Ze względu na brak dokładnych danych przedstawiających wpływ coraz częstszego używania słuchawek przez dzieci i młodzież na ich rozwój potrzebne są dalsze badania w tym zakresie.

## Leczenie niedosłuchu

Narażenie na hałas może prowadzić do ostrego uszkodzenia słuchu indukowanego hałasem (aNIHL) lub trwałego uszkodzenia słuchu. aNIHL to ostra forma NIHL, wynikająca z nagłego, jednorazowego narażenia na bardzo intensywny hałas, którego źródłem jest np. koncert lub eksplozja ładunku. Metaanalizy sprawdzające skuteczność terapii stosowanych u pacjentów z aNIHL wykazały statystycznie istotną poprawę ich stanu po zastosowaniu sterydów oraz terapii hiperbarycznej [21, 22].

Mniej jednoznaczne wyniki uzyskano w przypadku stosowania środków naczyniorozszerzających oraz preparatu zawierającego *Ginkgo biloba*. Ze względu na odmienne zaprojektowanie poszczególnych badań, w tym różny czas rozpoczęcia terapii po wystąpieniu uszkodzenia słuchu, różne dawki stosowanych leków oraz różny czas obserwacji po zakończeniu leczenia, a także brak prób kontrolnych, trudno jest wyciągnąć jednoznaczne wnioski dotyczące najlepszej metody leczenia. Jednym z postulowanych powodów NIHL jest niedotlenienie oraz wzrost stężenia cytokin prozapalnych. W związku z tym badania zaprojektowane w sposób umożliwiający wcześniejsze rozpoczęcie terapii mogą dawać lepsze wyniki dzięki krótszemu czasowi trwania niedotlenienia [22]. W przypadku trwałego uszkodzenia słuchu jedynymi dostępnymi obecnie metodami pomocy pacjentom są aparaty słuchowe i implanty ślimakowe. Metody te mają jednak na celu wspieranie pozostałych funkcji ślimaka, a nie odwracanie szkód wyrządzonych hałasem. W związku z brakiem możliwości przywrócenia prawidłowego funkcjonowania narządu słuchu po jego uszkodzeniu ważne jest stosowanie odpowiednich środków prewencji i ochrony słuchu [11].

## Ochrona słuchu: normy i technologie

Światowa Organizacja Zdrowia podaje, że bezpieczny poziom dźwięku wynosi 80 dB, pod warunkiem że czas narażenia na ten poziom hałasu nie przekracza 40 godzin tygodniowo. Równoważnym dopuszczalnym poziomem hałasu przy narażeniu trwającym 24 godziny w ciągu jednego dnia jest natomiast 70 dB [14]. Ze względu na stale rosnącą popularność osobistych urządzeń audio istotna jest edukacja użytkowników, zwłaszcza najmłodszych, dotycząca bezpiecznego korzystania z tych urządzeń. Jako że przewod słuchowy zewnętrzny u dziecka jest mniejszy, odbierane dźwięki są znacząco wzmocnione w porównaniu do tego samego bodźca działającego na osobę dorosłą, a to sprawia, iż narząd słuchu dziecka jest dużo bardziej podatny na uszkodzenie i wymaga szczególnej ochrony.

Rozpowszechnienie smartfonów skłoniło programistów do stworzenia aplikacji i programów badających poziom dźwięku w otoczeniu. Problem z tymi metodami mierzenia hałasu polega na rozdźwięku między rzeczywistym poziomem dźwięku a odczytem urządzenia. Poleganie wyłącznie na aplikacjach może zatem wprowadzać użytkowników w błąd oraz narażać ich na hałas o poziomie dźwięku powyżej zalecanego poziomu [11].

Od lat 80. i 90. XX wieku wprowadzano do użytku komercyjnego słuchawki z technologią aktywnej redukcji hałasu (ang. *active noise cancellation*, ANC), które ograniczają konieczność podnoszenia głośności, co mogłoby zwiększać ryzyko uszkodzeń słuchu. Obecnie najbardziej rozpowszechnioną formą technologii ANC są systemy wykorzystujące zewnętrzne i wewnętrzne mikrofony. Zewnętrzne mikrofony

rejestrują fale dźwiękowe z otoczenia, natomiast wewnętrzne zbierają fale resztkowe. Dane zebrane przez mikrofony są przesyłane do systemu aktywnej redukcji szumów, który generuje fale o przeciwnych amplitudach, co skutkuje interferencją fal i znaczną redukcją hałasu z otoczenia [23].

## PODSUMOWANIE

W ostatnich dekadach znacznie zwiększyła się liczba użytkowników osobistych urządzeń audio i słuchawek nie tylko w grupie dorosłych osób, ale przede wszystkim wśród dzieci i młodzieży. W związku z budową ucha populacja pediatryczna jest bardziej podatna na rozwinięcie trwałych zaburzeń słyszenia w wyniku ciągłego korzystania ze słuchawek. Narażenie dzieci na nadmierny hałas doprowadza nie tylko do problemów ze słuchem, ale także do zaburzenia rozwoju psychofizycznego, poprzez wpływ na funkcje poznawcze oraz zdrowie psychiczne [19, 20]. Globalna popularność słuchawek jest zjawiskiem relatywnie nowym, co sprawia, że długotrwałe skutki ich używania nie są jeszcze dokładnie poznane. W codziennej praktyce możemy zniwelować negatywne implikacje używania słuchawek poprzez zmniejszenie głośności i ograniczenie czasu użytkowania. Dane wskazują, że szczególnie warto skupić się na zmniejszeniu głośności odtwarzanych treści o przykładowo 3 dB, ponieważ jest to łatwiejszy do wprowadzenia w życie sposób ochrony słuchu niż skrócenie czasu słuchania o połowę, a oba mają takie samo znaczenie w protekcji słuchu [19]. Kontrola narażenia na hałas jest bardzo ważna, ponieważ póki co nie dysponujemy potwierdzonymi metodami cofnięcia trwałego ubytku słuchu.

## PIŚMIENNICTWO

- Widen SE, Båsjö S, Möller C, et al. Headphone listening habits and hearing thresholds in Swedish adolescents. *Noise Health*. 2017;19(88):125–132. [https://doi.org/10.4103/nah.NAH\\_65\\_16](https://doi.org/10.4103/nah.NAH_65_16)
- AlOmari HM, Bani Hani H, Alhanbali S, et al. Cultural insights into adults' hearing awareness and personal listening device habits: A survey study. *J Multidiscip Healthc*. 2024;17:4113–4128. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S471986>
- Senninger S, Gerstner D, Huß J, et al. Risky listening behaviour to music via headphones and its determinants – 7.5 years OHRKAN cohort study. *Int J Audiol*. 2023;63(9):738–746. <https://doi.org/10.1080/14992027.2023.2261075>
- Can they hear you now: Noise and headphone use in children. *Int J Audiol*. 2024;44(6).
- Suh MJ, Oh SK, Lee SB, et al. Effects of endogenous and exogenous oestrogen exposure on hearing level in postmenopausal women: A cross-sectional study. *Clin Otolaryngol*. 2021;46(3):508–514. <https://doi.org/10.1111/coa.13685>
- Pienkowski M. Loud music and leisure noise is a common cause of chronic hearing loss, tinnitus and hyperacusis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(8):4236. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084236>
- Liu YM, Li XD, Guo X, et al. SOD2 V16A SNP in the mitochondrial targeting sequence is associated with noise-induced hearing loss in Chinese workers. *Dis Markers*. 2010;28(3):137–147. <https://doi.org/10.3233/DMA-2010-0693>
- Sliwinska-Kowalska M, Pawelczyk M. Contribution of genetic factors to noise-induced hearing loss: a human studies review. *Mutat Res*. 2013;752(1):61–65. <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2012.11.001>
- Choi SW, Abitbol JM, Cheng AG. Hair cell regeneration: from animals to humans. *Clin Exp Otorhinolaryngol*. 2024;17(1):1–14. <https://doi.org/10.21053/ceo.2023.01382>
- Natarajan N, Batts S, Stankovic KM. Noise-induced hearing loss. *J Clin Med*. 2023;12:2347. <https://doi.org/10.3390/jcm12062347>
- Imam L, Hannan SA. Noise-induced hearing loss: a modern epidemic? *Br J Hosp Med (Lond)*. 2017;78(5):286–290. <https://doi.org/10.12968/hmed.2017.78.5.286>
- World Health Organization. Hearing loss due to recreational exposure to loud sounds: a review. Geneva: WHO; 2015. <https://iris.who.int/handle/10665/154589>
- Gupta A, Bakshi SS, Kakkar R. Epidemiology and risk factors for hearing damage among adults using headphones via mobile applications. *Cureus*. 2022;14(5):e25532.
- World Health Organization. Safe listening devices and systems: A WHO-ITU standard. EC/alt220319ai. Geneva: WHO; 2019. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/280085/9789241515276-eng.pdf>
- Lee PC, Senders CW, Gantz BJ, et al. Transient sensorineural hearing loss after overuse of portable headphone cassette radios. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1985;93(5):622–625. <https://doi.org/10.1177/019459988509300510>
- Mazlan R, Saim L, Thomas A, et al. Ear infection and hearing loss amongst headphone users. *Malaysian J Med Sci*. 2002;9(2):17–22. PMID: 22844220; PMCID: PMC3406203
- Haruna K, Salisu AD, Labaran SA, et al. Prevalence and pattern of hearing loss among young adults in tertiary institutions with habitual headphone/earphone usage in Kaduna metropolis. *J West Afr Coll Surg*. 2023 Oct-Dec;13(4):98–105. doi:10.4103/jwas.jwas\_77\_23. Epub 2023 Sep 16. PMID: 38449547; PMCID: PMC10914113
- Osmanoğlu H, Dizdar HT, Koçyiğit AA, et al. The effects of music listening time with headphones on hearing thresholds among the young population. *Egyptian J Otolaryngol*. 2024;40:13. <https://doi.org/10.1186/s43163-024-00574-9>
- Twardella D, Raab U, Perez-Alvarez C, et al. Usage of personal music players in adolescents and its association with noise-induced hearing loss: a cross-sectional analysis of Ohrkan cohort study data. *Intern J Audiol*. 2016;56(1):38–45. <https://doi.org/10.1080/14992027.2016.1211762>
- Terzakis ME, Dohmen M, van Kamp I, et al. Noise indicators relating to non-auditory health effects in children: a systematic literature review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(23):15633. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315633>
- Ahmed MM, Allard RJ, Esquivel CR. Noise-induced hearing loss treatment: systematic review and meta-analysis. *Mil Med*. 2022;187(5–6):0–0. <https://doi.org/10.1093/milmed/usaa579>
- Koochakzadeh S, Gupta A, Nguyen SA, et al. Hearing outcomes of treatment for acute noise-induced hearing loss: a systematic review and meta-analysis. *Otol Neurotol*. 2020;41(8):0–0. doi:10.1097/MAO.0000000000002760
- Cheng HL, Han JY, Zheng WZ, et al. Objective signal analysis for investigating feasibility of active noise cancellation in hearing screening. *Sensors (Basel)*. 2022;22(19):7329. <https://doi.org/10.3390/s22197329>