

Jurek Olszewski  <https://orcid.org/0000-0002-8868-9679>

Uniwersytet Łódzki, Zakład Dialektologii Polskiej i Logopedii, ul. Pomorska 171/173, 90-236 Łódź

e-mail: jurek.olszewski@filologia.uni.lodz.pl

Patrycja Wróblewska  <https://orcid.org/0009-0009-0599-4239>

Świętokrzyskie Centrum Onkologii, Klinika Otolaryngologii, Chirurgii Głowy i Szyi, ul. Artwińskiego 3, 25-734 Kielce

e-mail: patrycja.zaborska@gmail.com

Klinika i ocena efektywności leczenia szumów usznych z zastosowaniem różnych metod terapeutycznych

Clinic and Evaluation of the Effectiveness of Treatment of Tinnitus Using Various Therapeutic Methods

Słowa kluczowe: leczenie, szumy uszne, metody terapeutyczne

Keywords: treatment, tinnitus, therapeutic methods

Streszczenie

Szumy uszne to słuchowa percepcja fantomowa występująca w jednym lub obu uszach przy braku bodźca akustycznego w otoczeniu. Dolegliwość ta stanowi istotny problem społeczny i kliniczny ze względu na dużą częstość występowania, brak w pełni skutecznej metody leczenia oraz towarzyszące jej problemy emocjonalne u pacjentów.

Pomimo prowadzenia wieloletnich intensywnych badań nad etiologią wciąż nie jest rozstrzygnięte, jaki czynnik bezpośrednio odpowiada za percepcję szumu. To z kolei skutkuje brakiem właściwej metody terapeutycznej opartej na działaniu przyczynowym.

Klasyczny podział kliniczny obejmuje szumy uszne subiektywne i obiektywne. Szumy subiektywne (inaczej prawdziwe), podmiotowe występują w większości przypadków, natomiast obiektywne (rzekome), przedmiotowe spotykane są znacznie rzadziej.

Funding Information: J.O. – Uniwersytet Łódzki, Zakład Dialektologii Polskiej i Logopedii; P.W. – Świętokrzyskie Centrum Onkologii, Klinika Otolaryngologii, Chirurgii Głowy i Szyi.

The percentage share of the Authors in the preparation of the work is: J.O. – 50.00%, P.W. – 50.00%.

Declaration regarding the use of GAI tools: Not used.

Conflicts of interests: None.

Ethical considerations: The Authors assure of no violations of publication ethics and take full responsibility for the content of the publication.

Received: 2024.10.07. Accepted: 2024.12.06.

Podstawą diagnostyki szumów usznych powinien być wywiad lekarski i przeprowadzenie odpowiednich badań audiologicznych (audiometrii tonalnej oraz impedancyjnej) w celu dokonania oceny stanu narządu słuchu. W szczególnych przypadkach zaleca się również wykonanie badania rezonansu magnetycznego oraz ultrasonografii, tomografii komputerowej, angiografii rezonansu magnetycznego czy konwencjonalnej angiografii.

Autorzy dokonali oceny efektywności leczenia szumów usznych z zastosowaniem różnych metod terapeutycznych: farmakoterapii, wykorzystania aparatów słuchowych, generatorów szumu, metody TRT (*Tinnitus Retraining Therapy*), terapii poznawczo-behawioralnej, stymulacji nerwu błędnego, stymulacji bimodalnej, prototypowego urządzenia do elektromagnetostymulacji ucha, aplikacji mobilnych.

W opublikowanych w październiku 2014 roku przez Amerykańską Akademię Otolaryngologii Chirurgii Głowy i Szyi wytycznych do postępowania z pacjentami z szumami usznymi w praktyce klinicznej umieszczono rekomendację przeciw stosowaniu farmakoterapii w początkowym etapie leczenia przewlekłych, uciążliwych szumów usznych.

Do najnowszych metod wykorzystywanych w terapii szumów usznych należą: stymulacja nerwu błędnego tVNS oraz stymulacja bimodalna łącząca stymulacje słuchową i somatosensoryczną oraz nowatorska metoda elektromagnetostymulacji ucha z wykorzystaniem prototypowego urządzenia własnej konstrukcji.

Abstract

Tinnitus is a phantom auditory perception that occurs in one or both ears in the absence of an acoustic stimulus in the environment. This condition is a significant social and clinical problem due to its high incidence, lack of a fully effective treatment method and frequent occurrence of emotional problems in patients with tinnitus.

Despite many years of intensive research on its etiology, it is still unclear what factor is directly responsible for the perception of noise. This, in turn, results in the lack of an appropriate therapeutic method based on causal action.

The classic clinical division is subjective and objective tinnitus. However, subjective (or real) tinnitus occurs in most cases, while objective (alleged) one is much less common.

The basis for the diagnosis of tinnitus should be a medical interview and appropriate audiological tests (tonal and impedance audiometry) to assess the condition of the hearing organ. In special cases, it is also recommended to perform magnetic resonance imaging and ultrasound, computed tomography, magnetic resonance angiography or conventional angiography.

The authors assessed the effectiveness of tinnitus treatment using various therapeutic methods: pharmacotherapy, the use of hearing aids, noise generators, the TRT (*Tinnitus Retraining Therapy*) method, cognitive-behavioral therapy, vagus nerve stimulation, bimodal stimulation, a prototype device for electromagnetostimulation of the ear, mobile applications.

The guidelines for the management of patients with tinnitus in clinical practice, published in October 2014 by the American Academy of Otolaryngology Head and Neck Surgery, include

a recommendation against the use of pharmacotherapy in the initial stage of treatment of chronic bothersome tinnitus.

The latest methods used in tinnitus therapy include: tVNS vagus nerve stimulation and bi-modal stimulation combining auditory and somatosensory stimulation as well as an innovative method of electromagnetostimulation of the ear using a prototype device designed by the authors of this paper.

Wprowadzenie

Szumy uszne (*tinnitus*) to słuchowa percepcja fantomowa występująca w jednym lub obu uszach przy braku bodźca akustycznego w otoczeniu [Offut, 2002]. Jest to „odczucie dźwięku, które wynika wyłącznie z patologicznej aktywności w obrębie układu nerwowego, bez jakiejkolwiek odpowiadającej aktywności mechanicznej w obrębie ślimaka” [za: Szymiec, 2002, s. 99]. Nazwa pochodzi z języka łacińskiego, od słowa *tinnire* – ‘dzwonić’.

Dolegliwość ta stanowi istotny problem społeczny i kliniczny ze względu na dużą częstość występowania, brak w pełni skutecznej metody leczenia oraz problemy emocjonalne u pacjentów.

Szacuje się, że szumy uszne dotyczą około 15–20% dorosłej populacji, natomiast potrzeba ich leczenia zgłaszana jest przez 2% populacji. Dane wskazują na zwiększanie się liczby pacjentów z niedosłuchem odbiorczym i szumami usznymi, a częstość ich występowania związana jest z wiekiem [Niedzielski, Kędzierawska, 2017]. W Stanach Zjednoczonych problem ten dotyka około 50 milionów ludzi.

Pomimo prowadzenia wieloletnich intensywnych badań nad etiologią wciąż nie jest rozstrzygnięte, jaki czynnik bezpośrednio odpowiada za percepcję szumu. To z kolei skutkuje brakiem właściwej metody terapeutycznej opartej na działaniu przyczynowym.

Szumy uszne są objawem występującym najczęściej przewlekłe, mogą wykazywać dużą zmienność i uciążliwość, powodować dyskomfort tylko w warunkach ciszy (w nocy, przed zaśnięciem, rano) lub być słyszane przez cały dzień, niejednokrotnie utrudniając pracę czy codzienne funkcjonowanie. W około 40% przypadków szumom usznym towarzyszy nadwrażliwość słuchowa.

Patomechanizm i podział szumów usznych

Różnorodność grup chorych cierpiących z powodu uciążliwych szumów usznych może oznaczać, że nie ma jednego mechanizmu ich powstawania. Uważa się, że szumy uszne powstają na skutek nieprawidłowej aktywności nerwowej w obrębie

dróg słuchowych, która w ośrodkach słuchowych błędnie rozpoznawana jest jako dźwięk. Teorie tłumaczące drogę, na której powstaje ta nieprawidłowa aktywność, są hipotezami nie dość potwierdzonymi, by na tej podstawie stworzyć model terapii przyczynowej.

Szum uszny powstaje w miejscu nieprawidłowej impulsacji nerwowej (generator szumu to najczęściej ślimak), a nieprawidłowa percepcja słuchowa (szum uszny) uznawana jest za neuroplastyczną odpowiedź na deprywację słuchową. Nie jest to jednak prosta proporcjonalna zależność, ponieważ percepcja ta utrzymuje się pomimo pozbawienia układu nerwowego dopływu nieprawidłowych informacji z części obwodowej (ze ślimaka) po przecięciu nerwu słuchowego. Uszkodzenie słuchu typu ślimakowego powoduje zredukowanie wyładowań w części ślimakowej nerwu przedsionkowo-ślimakowego, a to z kolei jest przyczyną zmniejszenia korowych procesów hamujących. W konsekwencji prowadzi to do zwiększenia pobudliwości ośrodkowych struktur drogi słuchowej, m.in. pierwotnej kory słuchowej [Noreña, Farley, 2013].

Inny model zakłada, że percepcja szumów usznych jest możliwa w sytuacji nieprawidłowej aktywności neuronalnej w pierwotnej korze czuciowej z udziałem kory czołowej, ciemieniowej i układu limbicznego.

W związku z tym, że ślimak ma bogate unerwienie współczulne, które może pobudzić włókna nerwu słuchowego, uważa się, że to także może być przyczyną odczucia dźwięku (szumu). Nasilenie szumów w sytuacjach zmęczenia, zdenerwowania, czyli kiedy dochodzi do zwiększenia aktywności układu współczulnego, popiera tę hipotezę.

Zwraca się uwagę na związek między układem limbicznym i współczulnym układem nerwowym a wystąpieniem objawów towarzyszących szumom usznym, tj. lęku, depresji, negatywnych emocji, pogorszenia pamięci i uwagi [Janczewski, Latkowski, 1998].

Badania obrazowe struktur mózgu za pomocą czynnościowego jądrowego rezonansu magnetycznego pokazały asymetryczną nadreaktywność kory mózgowej w przebiegu szumów usznych, nie ma jednak zgodnej opinii co do zależności między stroną, po której odczuwany jest szum, a półkulą ze zwiększoną aktywnością kory mózgowej.

Istnieje wiele różnych podziałów szumów usznych, jednak bez względu na to, do jakiej kategorii je przyporządkujemy, pamiętać należy, że są one zawsze objawem pewnej patologii, a nie chorobą w dosłownym znaczeniu.

Klasyczny podział kliniczny obejmuje szумы uszne subiektywne i obiektywne [Pruszwicz, 2003]. Szумы subiektywne (inaczej prawdziwe), podmiotowe występują w większości przypadków, natomiast obiektywne (rzekome), przedmiotowe spotykane są znacznie rzadziej.

Szумы uszne subiektywne słyszane są tylko przez pacjenta i powstają w wyniku nieprawidłowej aktywności w obrębie układu nerwowego, ich źródło może

być zlokalizowane na każdym z poziomów drogi słuchowej (od przewodu słuchowego zewnętrznego do korowych ośrodków słuchu). Mogą wystąpić w wyniku podrażnienia okołotętniczego spłotu nerwowego autonomicznego tętnic kręgowych w przebiegu zmian zwyrodnieniowych odcinka szyjnego kręgosłupa [Janczewski, Latkowski, 1998].

Szumy uszne obiektywne (dźwięki somatyczne) powstają w sytuacji, kiedy dochodzi do pobudzenia mechanicznego w ślimaku. W odróżnieniu od subiektywnych dźwięki te mogą być słyszane przez osoby trzecie, na przykład przy użyciu stetoskopu oraz mogą zostać zarejestrowane. Powstają w podobny sposób jak wrażenie dźwięku zewnętrznego, ich źródło zlokalizowane jest w pobliżu ucha wewnętrznego.

Ze względu na przyczyny powstania podzielono je na naczyniowe (przetoki tętniczo-żylny, przetoki tętniczo-tętnicze, patologie opuszki żyły szyjnej wewnętrznej, guzy wewnątrzczaszkowe, czyli kłębczaki błębenkowo-szyjne, zwężenia miażdżycowe tętnic szyjnych, nieprawidłowości topograficzne w rejonie kąta mostowo-mózdzkowego, wzmożone ciśnienie wewnątrzczaszkowe) i mechaniczne (kloniczne skurcze mięśni podniebienia miękkiego, mięśni śródusznych, patologie w obrębie stawu skroniowo-żuchwowego, zaburzenia drożności lub ziejąca trąbka słuchowa, przesuwające się ciała obce, owady w przewodzie słuchowym zewnętrznym).

Pod względem przydatności klinicznej szumy uszne obiektywne dzieli się na pulsujące i niepulsujące. Pierwsze są pochodzenia naczyniowego, na ogół jednostronne, zgodne z czynnością serca i nasilające się podczas wysiłku. Takie objawy najczęściej dają kłębczak jamy błębenkowej.

Z kolei niepulsujące często związane są z patologią żylną, obuuszne, stałe i nie zmieniają się podczas wysiłku.

Ponadto ze względu na czas trwania szumy uszne możemy podzielić na ostre (trwające poniżej miesiąca), podostre (od 1 do 6 miesięcy), przewlekłe (powyżej 6 miesięcy).

Diagnostyka szumów usznych w pierwszej kolejności powinna skupić się na identyfikacji potencjalnych przyczyn, których szumy uszne są objawem. Jej podstawą powinien być wywiad lekarski i przeprowadzenie odpowiednich badań audiologicznych. Należy ustalić, czy szumy uszne nie są objawem konkretnej choroby, którą należy jak najszybciej leczyć [Dalrymple, Lewis, Philman, 2021].

Podstawą diagnostyki jest wykonanie audiometrii tonalnej oraz impedancyjnej w celu oceny stanu narządu słuchu. W szczególnych przypadkach zaleca się również wykonanie rezonansu magnetycznego. Wskazaniem do tego badania mogą być asymetryczne szumy uszne, asymetryczny poziom słyszenia oraz towarzyszące objawy neurologiczne. W przypadku wystąpienia pulsujących szumów usznych, synchronicznych z biciem serca mogą być wymagane badania takie jak ultrasonografia (USG), tomografia komputerowa (CT), angiografia rezonansu magnetycznego (MRA) czy konwencjonalna angiografia [Niedzielski, Kędzierawska, 2017].

Farmakoterapia szumów usznych

Pomimo że obecnie nie ma w Europie i Stanach Zjednoczonych zarejestrowanego leku w leczeniu szumów usznych, farmakoterapia subiektywnych szumów usznych w lecznictwie otwartym jest najczęściej stosowaną metodą leczenia (na ogół empiryczną) i często jest to leczenie tzw. pierwszego rzutu.

Uważa się, że w przypadku szumów usznych występujących powyżej 3–6 miesięcy leczenie farmakologiczne jest nieskuteczne. Uzasadnienie znajduje jedynie farmakoterapia w przypadku nagłych szumów usznych, towarzyszących zazwyczaj nagłemu pogorszeniu słuchu [Śliwińska-Kowalska, 2005].

W farmakoterapii wykorzystuje się różne grupy leków, m.in.: środki miejscowo znieczulające (podawane dożylnie lub w postaci jonoforez), leki przeciwdrgawkowe, obniżające napięcie mięśni szkieletowych, leki rozszerzające naczynia krwionośne i poprawiające przepływ mózgowy, wyciąg z liści miłorzębu japońskiego, leki stymulujące komórkę nerwową, blokery kanałów wapniowych, benzodiazepiny, leki stosowane w psychiatrii (przeciwdepresyjne, neuroleptyki), analogi histaminy, toksynę botulinową, melatoninę, suplementy diety (argininę, beta-karoten, N-acetylocysteinę, witaminy – koenzym Q10, minerały).

Leki miejscowo znieczulające

Lidokaina stabilizuje błony komórkowe przez zredukowanie szybkiego przepływu jonów sodowych w czasie depolaryzacji, a także wpływa na kanały wapniowe i potasowe. Przeprowadzono liczne badania kliniczne z zastosowaniem dożylnych preparatów lidokainy, uzyskując supresję szumów usznych w 40–70% przypadków, a pogorszenie nawet u 30% pacjentów. Relatywnie niewielu pacjentów osiągało istotną zmianę w poziomie natężenia szumów usznych, a pozytywny efekt trwał krótko [Kallio i in., 2008]. Mechanizm działania na szumy uszne nie jest jasny, jednak badania kliniczne dowodzą jej wpływu na ślimaka i ośrodkowy układ nerwowy. Dzięki możliwości neuroobrazowania stwierdzono zmianę aktywności prawej kory słuchowej u pacjentów, u których głośność szumu zmieniła się po podaniu lidokainy [Haginomori i in., 1995; Reyes i in., 2002].

Leki przeciwdrgawkowe

Leki przeciwdrgawkowe są coraz częściej stosowane w leczeniu stanów niedrgawkowych, np. zaburzeń psychiatrycznych lub zespołów bólowych, migreny bądź szumów usznych. Za efekt terapeutyczny odpowiadają różne mechanizmy działania, m.in. poprzez wpływ na kanały wapniowe i sodowe czy transmisję synaptyczną kwasu gamma-aminomasłowego.

Gabapentyna przyniosła istotne zmniejszenie uciążliwości szumów usznych w podgrupie pacjentów ze współistniejącym nadciśnieniem tętniczym, cukrzycą

i dyslipidemią [Dehkordi i in., 2011] oraz w grupie pacjentów z szumami usznymi na skutek urazu akustycznego [Bauer, Brozoski, 2006].

Benzodiazepiny

Analizując badania kliniczne, zauważyć można pewne przesłanki potwierdzające krótkotrwałą poprawę w zakresie szumów usznych po zastosowaniu benzodiazepin (alprazolamu, diazepam, clonazepam). Jednak uwzględniając działania niepożądane i potencjał uzależniający, dostępne dane nie są wystarczające do rekomendacji tej grupy leków do leczenia szumów usznych. Co więcej, opisywane są przypadki szumów usznych po przerwaniu przyjmowania tych leków [Busto, Fornazzari, Naranjo, 1988].

Antagoniści kwasu glutaminowego

Celem stosowania tej grupy leków jest zredukowanie zwiększonej neurotransmisji kwasu glutaminowego, co może odgrywać rolę na poziomie obwodowym w przypadku wystąpienia ostrych szumów usznych, jak również na poziomie ośrodkowym – w przypadku przewlekłych szumów usznych. Zablokowanie neurotransmisji glutaminianu po ekspozycji na hałas może zapobiec uszkodzeniu pohałasowemu komórek rzęsatych [Guillon, Wang, Puel, 2004].

Przesłanką do wykorzystania w szumach usznych leku o nazwie acamprosate (stosowanego w uzależnieniu od alkoholu) jest hipoteza, że szumy uszne związane są z nadmierną aktywnością glutaminianu w stosunku do receptorów NMDA i/lub hiperaktywnością wynikającą z braku inhibicji poprzez receptory GABA-ergiczne. Badanie kliniczne wykazało istotnie statystyczne korzyści w stosunku do szumów usznych po 90 dniach leczenia, przy braku korzyści po 30 i 60 dniach terapii [Sharma i in., 2012].

Leki dopaminergiczne

Przesłanką do stosowania tej grup leków jest fakt udziału szlaków dopaminergicznych układu limbicznego i kory przedczołowej i ciemieniowej w emocjonalnych aspektach szumów usznych (np. uciążliwość). Ponadto dopamina ma hamujące działanie w stosunku do ślimaka i prawdopodobnie odgrywa rolę we wczesnej fazie szumów usznych.

Antagonista dopaminy – sulpiryd – w połączeniu z melatoniną lub hydroksyzyną wykazał większą skuteczność w stosunku do szumów usznych niż zastosowany osobno [Lopez-Gonzalez i in., 2007].

Miorelaksanty

W badaniach na szczurach baclofen (agonista GABAB) wykazał hamujący wpływ na zwiększoną na skutek stymulacji dźwiękowej pobudliwość wzgórków dolnych.

Obserwacja ta była podstawą do badań klinicznych z zastosowaniem tego leku w szumach usznych.

Inne leki o działaniu miorelaksacyjnym – tizanidyna, orfenadryna, cyklobenzapryna (w dawce 10 mg/d) – nie wykazały działania zmniejszającego nasilenie szumów usznych, jednak ten ostatni lek podany w dawce 30 mg/d istotnie statystycznie zredukował uciążliwość szumów usznych u 25% badanych.

W opublikowanych w październiku 2014 roku przez Amerykańską Akademię Otolaryngologii Chirurgii Głowy i Szyi wytycznych do postępowania z pacjentami z szumami usznymi w praktyce klinicznej umieszczono rekomendację przeciw stosowaniu leków antydepresyjnych, przeciwdrgawkowych, przeciwłękowych lub do-bębenkowych iniekcji w początkowym etapie leczenia przewlekłych, uciążliwych szumów usznych (wyjątkiem są oczywiście pacjenci ze współistniejącą depresją lub epilepsją).

Aparaty słuchowe u pacjentów z szumami usznymi

Szumy uszne często współwystępują z utratą słuchu. Zapewnienie wzmocnienia w celu kompensacji ubytku słuchu może skutkować nie tylko poprawą rozumienia mowy, ale również redukcją szumów usznych. W literaturze naukowej od ponad 70 lat podnoszona jest zasadność stosowania aparatów słuchowych w celu zmniejszenia ich uciążliwości.

Utrata słuchu występuje wraz z szumami usznymi w 90% przypadków [Noreña i in., 2002]. Z tego względu dopasowanie aparatów słuchowych jest zazwyczaj proponowane jako terapia pierwszego wyboru [Searchfield, Kaur, Martin, 2010]. Aparaty słuchowe zapewniają wzmocnienie otaczających dźwięków, co prowadzi do ograniczenia percepcji szumów usznych przez ich częściowe lub całkowite zamaskowanie [McNeill i in., 2012].

Badania wykazują, że aparaty słuchowe są skutecznym narzędziem w leczeniu szumów usznych w połączeniu z konsultacjami audiologicznymi. U pacjentów, którzy stosowali aparaty słuchowe wraz z konsultacjami, uzyskano około dwukrotnie większą redukcję upośledzenia spowodowanego szumami usznymi niż u tych, którzy wybrali tylko konsultacje audiologiczne. Wyniki te świadczą o ważnej roli aparatów słuchowych w terapii szumów usznych powiązanych z niedosłuchem odbiorczym.

Generatory szumu u pacjentów z szumami usznymi

Stymulacja akustyczna jest często stosowaną metodą terapii szumów usznych, ale jej skuteczność może być różna. Terapia ta nie wykazuje jednak zauważalnych skutków ubocznych i może być prowadzona za pomocą prostych urządzeń [Formby, Sherlock,

Gold, 2003]. Indywidualne dopasowane generatory szumu wyglądają jak zwykłe aparaty słuchowe i są noszone przez pacjenta przez większość dnia.

W przeciwieństwie do dźwięków generowanych przez urządzenia emitujące tło akustyczne dźwięki wytwarzane przez indywidualne generatory słyszalne są tylko przez osobę noszącą urządzenie. Aparaty te generują szerokopasmowy szum, który może być regulowany przez protetyka słuchu zgodnie z potrzebami użytkownika [Del Bo i in., 2011].

Proces habituacji poprzez terapię dźwiękową polega na stymulacji uszu stałymi i neutralnymi dźwiękami w celu zmniejszenia postrzegania szumów usznych w ciszy [Barros Suzuki i in., 2016].

W badaniach Maria Fernanda Capoani Garcii Mondelli i współautorów [2021] poddano analizie skuteczność czterech rodzajów generowanego dźwięku maskującego na redukcję szumów usznych. Wszystkie badane grupy wykazały statystycznie istotną różnicę w wynikach kwestionariusza THI we wszystkich domenach, przy czym uciążliwość szumów usznych została zmniejszona z umiarkowanej do nieistotnej. Badanie wykazało, że wszystkie cztery rodzaje szumów maskujących były równie skuteczne w łagodzeniu objawów szumów usznych.

Terapia TRT u pacjentów z szumami usznymi

Terapia TRT (*Tinnitus Retraining Therapy*) jest specyficzną metodą kliniczną opartą na neurofizjologicznym modelu szumów usznych opisanym przez Pawła J. Jastreboffa. Celem metody jest habituacja reakcji wywołanych przez szumy uszne, a następnie habituacja samej percepcji szumu [Jastreboff, 1990]. Model stojący za tą terapią zakłada, że w badaniu i leczeniu szumów usznych konieczne jest uwzględnienie połączeń w sieci różnych ośrodków w mózgu.

Za negatywne reakcje wywołane szumami usznymi odpowiadają głównie układ limbiczny i autonomiczny układ nerwowy [Jastreboff, 2011]. W terapii TRT za niezbędne uważa się dwa elementy. Pierwszym jest profesjonalna konsultacja mająca na celu reklasyfikację szumów usznych do kategorii neutralnych sygnałów. Druga część metody obejmuje terapię dźwiękową, której zadaniem jest osłabienie aktywności neuronów związanych z szumami usznymi, zgodnie z teorią Pawła J. Jastreboffa i Jonathana Hazella [Jastreboff, 2007].

Do terapii dźwiękowej najlepiej nadają się generatory szumu szerokopasmowego, z których pacjenci powinni korzystać przynajmniej 7 godzin dziennie. Czas poświęcony na tę część terapii TRT wynosi minimum 18 miesięcy, przy czym nierzadko zalecane jest jego przedłużenie.

Skuteczność terapii TRT została wykazana w metaanalizie przeprowadzonej przez Mingkuna Hana, Yanga Xue i Jinga Lv [2021]. Wyniki metaanalizy wykazały, że wskaźnik pozytywnej odpowiedzi na terapię TRT w połączeniu z lekami na szumy

uszne po miesiącu, 3 i 6 miesiącach był wyższy niż w przypadku stosowania wyłącznie leków. Analiza badań wskazuje, że terapia TRT jest skuteczną metodą terapii szumów usznych, która może pozytywnie wpłynąć na stopień ich dokuczliwości.

Terapia poznawczo-behawioralna u pacjentów z szumami usznymi

Często stosowaną metodą pomagającą w radzeniu sobie z szumami usznymi jest terapia poznawczo-behawioralna. Jej celem nie jest wyeliminowanie samego odczuwanego dźwięku szumu usznego, lecz zmiana niekorzystnych reakcji poznawczych, emocjonalnych i behawioralnych [Greimel, Kröner-Herwig, 2011]. Metoda ta pomaga pacjentom w identyfikowaniu i modyfikowaniu niekorzystnych schematów zachowania oraz sprzyja przyzwyczajeniu się do szumów usznych. Programy terapeutyczne obejmują takie techniki, jak: trening relaksacyjny, restrukturyzację poznawczą, kontrolę uwagi, trening wyobraźniowy oraz ekspozycję na trudne sytuacje. Współpraca pacjenta i terapeuty jest warunkiem koniecznym pozytywnego efektu terapii.

W badaniach Thomasa Fullera i współautorów [2020] dokonano oceny skuteczności i bezpieczeństwa stosowania terapii behawioralnej u pacjentów cierpiących z powodu szumów usznych. Przeanalizowano 28 badań z udziałem 2733 uczestników, u których terapia trwała od 3 do 22 tygodni i odbywała się głównie w szpitalach lub online. Wyniki uzyskano bezpośrednio po zakończeniu terapii, a następnie po 6 i 12 miesiącach. Wykazano, że terapia może zmniejszać negatywny wpływ szumów usznych na jakość życia, nie powodując poważnych efektów niepożądanych. Poprawa wyniosła średnio około 11 punktów w skali THI. Omawiana analiza sugeruje, że terapia poznawczo-behawioralna może być skuteczna w zmniejszaniu negatywnego wpływu szumów usznych na jakość życia pacjentów, jednak autorzy przyznają, że jakość dowodów na to jest niska i potrzebne są kolejne badania wykazujące skuteczność terapii poznawczo-behawioralnej w leczeniu szumów usznych.

Stymulacja nerwu błędnego u pacjentów z szumami usznymi

Stymulacja nerwu błędnego (*Vagus Nerve Stimulation* – VNS) została zatwierdzona przez amerykańską Agencję Żywności i Leków w leczeniu lekoopornej padaczki i depresji. Neuromodulacja za pomocą VNS pojawiła się jako nowa opcja terapii szumów usznych. Mechanizm działania polega na aktywacji jądra pasma samotnego, które następnie pobudza miejsce sinawe i jądro podstawne. Prowadzi to do uwolnienia neuroprzekazników wpływających na plastyczność mózgu poprzez modulację neuronów w korze mózgowej [Engineer, Møller, Kilgard, 2013].

W badaniach Danuty Raj-Koziak i współautorów [2024] poddano ocenie skuteczność przezskórnej stymulacji nerwu błędnego (*transcranial Vagus Nerve Stimulation* – tVNS) w redukcji szumów usznych. W badaniu wzięło udział 29 pacjentów cierpiących z powodu przewlekłych szumów usznych. Stymulacji tVNS w połączeniu z bodźcowaniem akustycznym poddano 15 z nich, pozostali stanowili grupę kontrolną. Obserwacje prowadzono przez 12 tygodni. Pacjentów poddano badaniom audiologicznym, zebrano odpowiedzi z zestawu kwestionariuszy oceny uciążliwości szumów usznych oraz wykonano elektroencefalografię (qEEG). Subiektywne i obiektywne pomiary szumu usznego nie wykazały poprawy w grupie badanej w porównaniu do grupy kontrolnej, chociaż niektóre parametry ocenione za pomocą kwestionariuszy statystycznie się poprawiły.

W badaniach opublikowanych przez Davida Fernández-Hernando i współautorów [2023] dokonano przeglądu systematycznego i metaanalizy badań dotyczących skuteczności nieinwazyjnej stymulacji nerwu błędnego u pacjentów z szumami usznymi. Spośród 183 artykułów pięć badań klinicznych zakwalifikowano do przeglądu, a cztery do metaanalizy. Metaanaliza wykazała istotny pozytywny wpływ terapii na wyniki kwestionariusza uciążliwości szumów usznych THI w porównaniu z grupą kontrolną. Jednakże nie zaobserwowano wpływu na natężenie głośności szumów usznych. Wyniki badań sugerują, że zastosowanie nieinwazyjnej stymulacji nerwu błędnego może mieć pozytywny wpływ na stopień uciążliwości szumów usznych. Należy jednak zauważyć, że autorzy wskazują na niską istotność kliniczną rezultatów omawianej terapii.

Stymulacja bimodalna u pacjentów z szumami usznymi

Stymulacja bimodalna to nowa metoda terapii szumów usznych, która łączy w sobie stymulację słuchową i somatosensoryczną. Badania na zwierzętach i pilotażowe badania na ludziach wykazały, że dwuetapowa neuromodulacja łącząca bodźcowanie dźwiękiem i elektryczną stymulację somatosensoryczną, w tym stymulację języka, może prowadzić do zmian neuroplastycznych w układzie słuchowym i zmniejszyć uciążliwość szumu usznego [Markovitz i in., 2015].

Brendan Conlon i współautorzy [2020] opublikowali wyniki dużego, randomizowanego i zaślepionego badania klinicznego dotyczącego stymulacji bimodalnej o nazwie TENT-A1. Do badania włączono 326 osób doświadczających szumów usznych. Uczestnicy zostali przydzieleni do jednej z trzech grup, z których każda otrzymywała różne ustawienia parametrów stymulacji bimodalnej. Grupa pierwsza otrzymywała urządzenie do stymulacji z programem PS1, grupa druga PS2, a grupa trzecia PS3.

Program PS1 składał się z szerokiego pasma czystych tonów (od 500 do 8000 Hz), zsynchronizowanych czasowo z serią impulsów elektrycznych dostarczanych

na powierzchnię języka. Bodziec akustyczny zawierał również tło akustyczne w postaci szumu szerokopasmowego. Program PS2 był skonstruowany podobnie, ale występowały w nim krótkie opóźnienia podawanego bodźca elektrycznego w porównaniu do bodźców akustycznych, które były losowo rozłożone w zakresie od 30 do 50 ms. Program PS3 charakteryzował się dłuższymi opóźnieniami w porównaniu do programu PS2. Opóźnienia te wynosiły od 550 do 950 ms.

We wszystkich grupach badanych obserwowano znaczącą poprawę w uciążliwości szumu usznego po 12 tygodniach prowadzenia terapii. Bardzo istotny jest fakt utrzymywania się poprawy przez kolejne 12 miesięcy po zakończeniu terapii. Wyniki badania TENT-A1 dostarczają dowodów na to, że terapia bimodalna łącząca dźwięk i stymulację elektryczną języka jest bezpieczną i skuteczną metodą łagodzenia objawów szumów usznych.

Prototypowe urządzenie do elektromagnetostymulacji ucha u chorych z szumami usznymi

Jean Marie Aran i Yves Cazals [1981] wykorzystywali prąd zmienny o dodatniej polaryzacji. Natomiast Michel Portman, Yves Cazals, Michel Negrevergne i Jean Marie Aran [1979] porównywali efekty stosowania prądu o dodatniej i ujemnej polaryzacji.

Obecnie na świecie najszersze zastosowanie ma przezczaszkowa stymulacja elektryczna okolic skroniowych, czołowych oraz ciemieniowych. W światowym piśmiennictwie dostępne są dane na temat skuteczności tej metody, używającej prądu stałego i zmiennego, nie stwierdza się uszkadzającego wpływu tej terapii na ośrodkowy układ nerwowy i drogę słuchową.

Magnetyczne stymulacje przezczaszkowe wykorzystywane są w medycynie od kilkudziesięciu lat. Stanowią nieinwazyjną metodę wpływającą na pobudliwość kory mózgowej, dzięki czemu zyskują coraz większe znaczenie jako narzędzie terapeutyczne w szerokim spektrum zaburzeń neuropsychiatrycznych. Powtarzalna magnetyczna stymulacja przezczaszkowa o niskiej częstotliwości, np. 1 Hz, efektywnie redukuje aktywność korową, zwłaszcza w obszarach jej zwiększonej pobudliwości.

Liczne badania kliniczne wskazały na skuteczność przezczaszkowej stymulacji magnetycznej (TMS) płata skroniowego jako metody terapeutycznej w stosunku do szumów usznych.

Tak więc zastosowanie niskoczęstotliwościowej przezczaszkowej stymulacji magnetycznej znajduje uzasadnienie w leczeniu szumów usznych ze względu na swój hamujący potencjał w stosunku do obszarów stymulowanej kory mózgowej i obszarów funkcjonalnie z nimi powiązanych, o patologicznej, zwiększonej aktywności, będącej najprawdopodobniej przyczyną szumów usznych.

Klinika Otolaryngologii WAM i UM w Łodzi ma ponad 50-letnie doświadczenie dotyczące leczenia szumów usznych za pomocą elektrostymulacji ucha.

Prototypowe urządzenie stanowi połączenie dwóch metod leczenia szumów usznych (stymulacji elektrycznej i magnetycznej ucha), co z jednej strony stwarza dodatkowe możliwości leczenia w przypadku braku skuteczności jednej z metod, z drugiej zaś daje możliwość połączenia dwóch rodzajów bodźca fizycznego, co ma zwiększyć skuteczność leczenia szumów usznych.

Nowatorskie urządzenie do elektrycznej i magnetycznej stymulacji ucha do zastosowania klinicznego składa się z następujących elementów:

- 1) programu komputerowego,
- 2) stymulatora,
- 3) słuchawki wyposażonej w elektrodę do stymulacji,
- 4) mikrowzbudnika pola magnetycznego.

Program komputerowy umożliwia zdefiniowanie parametrów sygnałów stosowanych do stymulacji elektrycznej lub magnetycznej. Sygnały zdefiniowane w programie są przesyłane do stymulatora, który generuje odpowiednie przebiegi elektryczne. W przypadku prowadzenia stymulacji elektrycznej sygnały generowane przez stymulator podłączane są do elektrod stymulującej (dousznej) i pasywnej (czołowej).

Prototypowe urządzenie do stymulacji elektrycznej i magnetycznej ucha zostało sklasyfikowane jako wyrób medyczny klasy IIa zgodnie z regułą 9 klasyfikacji według Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/745 z dnia 5 kwietnia 2017 roku.

Ponadto urządzenie to przeszło badania bezpieczeństwa, składające się z dwóch elementów: bezpieczeństwa elektrycznego i kompatybilności elektromagnetycznej w akredytowanych laboratoriach Ośrodka Badań, Atestacji i Certyfikacji OBAC w Gliwicach, w ramach zawartej umowy nr OBAC/2545/JZO z 27 marca 2020 roku.

Badania przedkliniczne [Olszewski, Bielińska, Kowalski, 2022] przeprowadzono u 100 chorych, w tym 40 kobiet i 60 mężczyzn, w wieku 38–72 lat, leczonych w Klinice Otolaryngologii, Onkologii Laryngologicznej, Audiologii i Foniatrii Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego im. WAM w Łodzi z powodu szumów usznych. Łącznie wykonano badania 124 uszu, z czego obustronnie u 24 pacjentów i jednostronnie u 100 osób, w tym po stronie lewej w 60 uszach i po stronie prawej w 40 uszach.

Wstępne wyniki badań wskazują na wysoką skuteczność stymulacji magnetycznej w leczeniu szumów usznych z wykorzystaniem prototypowego urządzenia do elektromagnetostymulacji ucha. Nie stwierdzono negatywnego wpływu stymulacji na słuch i szumy uszne.

Innowacyjne prototypowe urządzenie odpowiada na ogromne zapotrzebowanie kliniczne w leczeniu subiektywnych szumów usznych, lecz także ma duży potencjał komercyjny.

W dniu 14 stycznia 2021 roku Europejski Urząd Patentowy (European Patent Office) wydał Patent Europejski nr 3498166 na innowacyjne prototypowe urządzenie do elektromagnetycznej stymulacji ucha w leczeniu subiektywnych szumów usznych.

Walidacji patentu dokonano w Niemczech, Francji, Wielkiej Brytanii, we Włoszech i w Polsce.

Autorami patentu są: prof. dr hab. n. med. Jurek Olszewski – kierownik II Katedry Otolaryngologii UM w Łodzi i dr hab. n. med. Marzena Mielczarek – prof. Kliniki Otolaryngologii, Onkologii Laryngologicznej, Audiologii i Foniatrii II Katedry Otolaryngologii UM w Łodzi.

Aplikacje mobilne u pacjentów z szumami usznymi

W ostatnich latach smartfony, aplikacje mobilne i dodatkowe urządzenia, takie jak monitory pracy serca i inteligentne opaski, zyskały dużą popularność, pomagając pacjentom w monitorowaniu i leczeniu problemów zdrowotnych. Istnieje wiele aplikacji mobilnych przeznaczonych dla osób cierpiących na szumy uszne.

W badaniach Muntazira Mehdiego i współautorów [2020] przedstawiono aktualny przegląd aplikacji mobilnych przeznaczonych dla osób cierpiących na szumy uszne. Wyszukiwano ich w dwóch najpopularniejszych sklepach: Google Play Store i Apple App Store. Zidentyfikowane aplikacje poddano wstępnej selekcji pod kątem ich adekwatności do tematu szumów usznych. Jakościowa ocena aplikacji została przeprowadzona z wykorzystaniem Mobile App Rating Scale (MARS). Jest to narzędzie do oceny mHealth apps, które bierze pod uwagę m.in. funkcjonalność, angażowanie użytkownika, estetykę, informacje o autorach i wiarygodność naukową. W badaniu zidentyfikowano łącznie 34 aplikacje, w tym 34 w systemie Android i 26 w systemie iOS (8 aplikacji było dostępnych wyłącznie dla urządzeń z systemem Android).

Z przeglądu można wywnioskować, że funkcje oferowane przez dostępne aplikacje mogą potencjalnie pomóc w radzeniu sobie z szumami usznymi i mieć pozytywny wpływ na jakość życia. Brakuje jednak dowodów naukowych na ich skuteczność, co podkreśla potrzebę dalszych badań klinicznych.

Podsumowanie

Istnieje wiele metod terapeutycznych, które mogą pomóc w redukcji objawów szumów usznych. Przed wdrożeniem jakiegokolwiek leczenia konieczne jest przeprowadzenie szczegółowej diagnostyki audiologicznej lub neurologicznej, ponieważ istnieje wiele różnych przyczyn mogących wywoływać szumy uszne. Powodem ich występowania mogą być nieprawidłowości na poszczególnych piętrach drogi słuchowej. Należy wymienić tu patologie ucha środkowego i wewnętrznego, nerwu słuchowego oraz różnych części ośrodkowego układu nerwowego odpowiadającego za przetwarzanie bodźców dźwiękowych [Møller i in., 2011].

Badacze wskazują także na rolę przewlekłej nadaktywności współczulnego układu nerwowego w odpowiedzi na stres, co wydaje się być powiązane z rozwojem szumów usznych. Stwierdzono, że stres psychospołeczny ma takie samo prawdopodobieństwo wywołania szumów usznych jak narażenie na hałas i może przyczyniać się do ich nasilenia [Patil i in., 2023].

W szumach usznych związanych z niedosłuchem lub występujących u pacjentów z normą słuchową korzystne może okazać się wykorzystanie aparatów słuchowych, generatorów szumu oraz terapii TRT.

Badania pokazują, że aparaty słuchowe mogą skutecznie redukować szumy uszne u pacjentów z niedosłuchem, poprzez wzmocnienie otaczających dźwięków, co prowadzi do ograniczenia percepcji szumów usznych przez ich częściowe lub całkowite zamaskowanie [McNeill i in., 2012].

Generatory szumu, dzięki którym można wykonywać terapię dźwiękową, mogą prowadzić do habituacji szumów usznych poprzez stymulację akustyczną stałymi i neutralnymi dźwiękami w celu zmniejszenia postrzegania szumów usznych w ciszy [Barros Suzuki i in., 2016].

Celami terapii TRT są: zmniejszenie uciążliwości szumów usznych i zmiana postrzegania szumu usznego poprzez terapię dźwiękową połączoną z konsultacjami terapeutycznymi. Wybór metody leczenia zależy od indywidualnych potrzeb pacjenta. Bardzo istotna w sukcesie terapeutycznym jest dobra współpraca pacjenta z osobą prowadzącą omawiane terapie.

Do najnowszych metod wykorzystywanych w terapii szumów usznych należą: stymulacja nerwu błędnego tVNS, stymulacja bimodalna łącząca w sobie stymulację słuchową i somatosensoryczną oraz nowatorska metoda elektromagnetostymulacji ucha z wykorzystaniem prototypowego urządzenia własnej konstrukcji [Olszewski, Bielińska, Kowalski, 2022].

Dotychczasowe badania nie dają jednoznacznych odpowiedzi na temat skuteczności metody tVNS. Niektóre sugerują, że terapia może łagodzić uciążliwość szumów usznych, natomiast inne nie potwierdzają jednoznacznie tych obserwacji [Raj-Koziak i in., 2024].

W analizowanym badaniu klinicznym [Conlon i in., 2020] wykazano, że stymulacja bimodalna może być skuteczną metodą łagodzenia szumów usznych, a terapia jest bezpieczna i dobrze tolerowana przez pacjentów.

Przyszłościową i alternatywną metodą leczenia może być elektromagnetostymulacja ucha z wykorzystaniem prototypowego urządzenia do terapii i diagnostyki szumów usznych. Dzięki badaniom prowadzonym z jego użyciem możliwe będzie przybliżenie mechanizmu ich generowania.

Jednak, co ważniejsze, wstępne wyniki badań wskazują, że dzięki wprowadzeniu do użycia klinicznego prototypowego stymulatora możliwe jest osiągnięcie istotnej poprawy skuteczności leczenia tego objawu. To z kolei ma zmniejszyć liczbę konsultacji medycznych (laryngologicznych, audiologicznych, neurologicznych, internistycznych, jak również psychiatrycznych) i koszty związane z leczeniem.

Rozwiązania dotyczące modyfikacji urządzenia do postaci, która będzie mogła być stosowana przez pacjenta w domu, wspomogą powyższe działania, jak również istotnie zmniejszą kolejki oczekujących na diagnozowanie i leczenie, w szczególności w ramach wyspospecjalistycznych klinik uniwersyteckich.

Możliwość przeprowadzenia terapii samodzielnie przez pacjenta w jego domu dodatkowo wpłynie korzystnie na leczenie, m.in. pacjent uniknie męczących dojazdów do szpitala (w przypadku Kliniki Otolaryngologii, Onkologii Laryngologicznej, Audiologii i Foniatrii UM w Łodzi są to pacjenci z całej Polski), zredukuje istotnie koszty dojazdów, nie będzie miał potrzeby korzystania ze zwolnienia lekarskiego na czas leczenia szumów usznych.

Aplikacje mobilne mogą być pomocnym uzupełnieniem terapii szumów usznych. Należy wybierać te o wysokiej jakości i korzystać z nich regularnie oraz zgodnie z zaleceniami, po odpowiedniej konsultacji audiologicznej.

Istnieje wiele metod leczenia szumów usznych, ale żadna z nich nie jest uniwersalna. Wybór metody leczenia zależy od indywidualnych potrzeb pacjenta oraz jego stanu zdrowotnego. Ważne jest, by w doborze terapii szumów usznych wykazywać podejście interdyscyplinarne.

Literatura

- Aran J.M., Cazals Y., 1981, *Electrical suppression of tinnitus*, „Ciba Foundation Symposium”, vol. 85, s. 217–231.
- Barros Suzuki F.A., Suzuki F.A., Yonamine F.K., Onishi E.T., Penido N.O., 2016, *Effectiveness of sound therapy in patients with tinnitus resistant to previous treatments: importance of adjustments*, „Brazilian Journal of Otorhinolaryngology”, vol. 82(3), s. 297–303.
- Bauer C.A., Brozoski T.J., 2006, *Effect of gabapentin on the sensation and impact of tinnitus*, „Laryngoscope”, vol. 116(5), s. 675–681.
- Busto U.I., Fornazzari L., Naranjo C.A., 1988, *Protracted tinnitus after discontinuation of long-term therapeutic use of benzodiazepines*, „Journal of Clinical Psychopharmacology”, vol. 8(5), s. 359–362.
- Conlon B., Langguth B., Hamilton C., Hughes S., Meade E., Connor C.O., Schecklmann M., Hall D.A., Vanneste S., Leong S.L., Subramaniam T., Arcy S.D., Lim H.H., 2020, *Bimodal neuromodulation combining sound and tongue stimulation reduces tinnitus symptoms in a large randomized clinical study*, „Science Translational Medicine”, vol. 12, s. 1–15.
- Dalrymple S.N., Lewis S.H., Philman S., 2021, *Tinnitus: Diagnosis and management*, „American Family Physician”, vol. 103(1), s. 663–671.
- Dehkordi M.A.I., Abolbashari S., Taheri R., Einolghozati S., 2011, *Efficacy of gabapentin on subjective idiopathic tinnitus: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial*, „Ear, Nose & Throat Journal”, vol. 90(4), s. 150–158.
- Del Bo L., Baracca G., Forti S., Norena A., 2011, *Sound Stimulation*, [w:] A.R. Møller, B. Langguth, D. De Ridder, T. Kleinjung (red.), *Textbook of Tinnitus*, New York: Springer, s. 597–601.
- Engineer N.D., Møller A.R., Kilgard M.P., 2013, *Directing neural plasticity to understand and treat tinnitus*, „Hearing Research”, vol. 295, s. 58–66.

- Fernández-Hernando D., Fernández-de-Las-Peñas C., Machado-Martín A., Angulo-Díaz-Parreño S., García-Esteso F.J., Mesa-Jiménez J.A., 2023, *Effects of non-invasive neuromodulation of the vagus nerve for management of tinnitus: A Systematic review with meta-analysis*, „Journal of Clinical Medicine”, vol. 12(11), s. 1–14.
- Formby C., Sherlock L.P., Gold S.L., 2003, *Adaptive plasticity of loudness induced by chronic attenuation and enhancement of the acoustic background*, „The Journal of the Acoustical Society of America”, vol. 114(1), s. 55–58.
- Fuller T., Cima R., Langguth B., Mazurek B., Vlaeyen J.W.S., Hoare D.J., 2020, *Cognitive behavioural therapy for tinnitus*, „Cochrane Database of Systematic Reviews”, vol. 1, CD012614.
- Greimel K.V., Kröner-Herwig B., 2011, *Cognitive Behavioral Treatment (CBT)*, [w:] A.R. Möller, B. Langguth, D. De Ridder, T. Kleinjung (red.), *Textbook of Tinnitus*, New York: Springer, s. 557–561.
- Guitton M.J., Wang J., Puel J.L., 2004, *New pharmacological strategies to restore hearing and treat tinnitus*, „Acta Oto-Laryngologica”, vol. 124(4), s. 411–415.
- Haginomori S.I., Makimoto K., Araki M., Kawakami M., Takahashi H., 1995, *Effect of lidocaine injection of EOAE in patients with tinnitus*, „Acta Oto-Laryngologica”, vol. 115(4), s. 488–492.
- Han M., Xue Y., Lv J., 2021, *Efficacy of tinnitus retraining therapy in the treatment of tinnitus: A meta-analysis and systematic review*, „American Journal of Otolaryngology”, vol. 42(6), s. 1–8.
- Janczewski G., Latkowski B., 1998, *Otoneurologia. Tom II*, Warszawa: Bel Corp.
- Jastreboff P.J., 1990, *Phantom auditory perception (tinnitus): mechanisms of generation and perception*, „Neuroscience Research”, vol. 8(4), s. 221–254.
- Jastreboff P.J., 2007, *Tinnitus retraining therapy*, „Progress in Brain Research”, vol. 166, s. 415–423.
- Jastreboff P.J., 2011, *Tinnitus Retraining Therapy*, [w:] A.R. Möller, B. Langguth, D. Ridder, T. Kleinjung (red.), *Textbook of Tinnitus*, New York: Springer, s. 579–596.
- Kallio H., Niskanen M.L., Havia M., Neuvonen P.J., Rosenberg P.H., Kentala E.I.V., 2008, *Ropivacaine compared with lidocaine for the treatment of tinnitus*, „British Journal of Anaesthesia”, vol. 101(2), s. 261–265.
- Lopez-Gonzalez M.A., Moliner-Peiro F., Alfaro-Garcia J., Esteban-Ortega F., 2007, *Sulpiride plus hydroxyzine decrease tinnitus perception*, „Auris Nasus Larynx”, vol. 34(1), s. 3–7.
- Markovitz C.D., Smith B.T., Gloeckner C.D., Lim H.H., 2015, *Investigating a new neuromodulation treatment for brain disorders using synchronized activation of multimodal pathways*, „Scientific Reports”, vol. 5, s. 1–12.
- McNeill C., Távora-Vieira D., Alnafjan F., Searchfield G.D., Welch D., 2012, *Tinnitus pitch, masking, and the effectiveness of hearing aids for tinnitus therapy*, „International Journal of Audiology”, vol. 51(12), s. 914–919.
- Mehdi M., Stach M., Riha C., Neff P., Dode A., Pryss R., Schlee W., Reichert M., Hauck F.J., 2020, *Smartphone and mobile health apps for tinnitus: Systematic identification, analysis, and assessment*, „JMIR mHealth and uHealth”, vol. 8(8), s. 1–16.
- Mondelli M.F.C.G., Cabreira A.F., Matos I.L., Ferreira M.C., Rocha A.V., 2021, *Sound generator: Analysis of the effectiveness of noise in the habituation of tinnitus*, „International Archives of Otorhinolaryngology”, vol. 25(2), s. 205–212.
- Møller A.R., Langguth B., DeRidder D., Kleinjung T., 2011, *Textbook of tinnitus*, New York: Springer.
- Niedzielski A., Kędzierska S., 2017, *Szумы uszne – przegląd aktualnej literatury*, „Nowa Audiofonologia”, t. 6, z. 6, s. 9–15.
- Noreña A.J., Farley B.J., 2013, *Tinnitus-related neural activity: theories of generation, propagation, and centralization*, „Hearing Research”, vol. 295, s. 161–171.

- Noreña A., Micheył C., Chéry-Croze S., Collet L., 2002, *Psychoacoustic characterization of the tinnitus spectrum: implications for the underlying mechanisms of tinnitus*, „Audiology and Neurotology”, vol. 7(6), s. 358–369.
- Offut G., 2002, *Tinnitus, a new concept and treatment*, Liege: Workshop on Inner Ear Biology.
- Olszewski J., Bielińska M., Kowalski A., 2022, *Assessment of subjective tinnitus treatment results using a prototype device for electrical and magnetic stimulation of the ear – preliminary study*, „Life”, vol. 12(918), s. 1–10.
- Patil J.D., Alrashid M.A., Eltabbakh A., Fredericks S., 2023, *The association between stress, emotional states, and tinnitus: a mini-review*, „Frontiers in Aging Neuroscience”, vol. 15, s. 1–15.
- Portmann M., Cazals Y., Negrevergne M., Aran J.M., 1979, *Temporary tinnitus suppression in man through electrical stimulation of the cochlea*, „Acta Oto-Laryngologica”, vol. 87(3–6), s. 294–299.
- Pruszeicz A., 2003, *Audiologia kliniczna. Zarys*, Poznań: Wydawnictwa Akademii Medycznej.
- Raj-Koziać D., Gos E., Kutya J., Ganc M., Jędrzejczak W.W., Skarżyński P.H., Skarżyński H., 2024, *Effectiveness of transcutaneous vagus nerve stimulation for the treatment of tinnitus: An interventional prospective controlled study*, „International Journal of Audiology”, vol. 63(4), s. 250–259.
- Reyes S.A., Salvi R.J., Burkard R.F., Coad M.L., Wack D.S., Galantowicz P.J., Lockwood A.H., 2002, *Brain imaging of the effects of lidocaine on tinnitus*, „Hearing Research”, vol. 171(1–2), s. 43–50.
- Searchfield G.D., Kaur M., Martin W.H., 2010, *Hearing aids as an adjunct to counseling: tinnitus patients who choose amplification do better than those that don't*, „International Journal of Audiology”, vol. 249(8), s. 574–579.
- Sharma D.K., Kaur S., Singh J., Kaur I., 2012, *Role of acamprosate in sensorineural tinnitus*, „Indian Journal of Pharmacology”, vol. 44(1), s. 93–96.
- Szymiec E., 2002, *Szumy uszne*, „Przewodnik Lekarza”, nr 5(10), s. 99–102.
- Śliwińska-Kowalska M., 2005, *Audiologia kliniczna*, Łódź: Wydawnictwo Mediton.