

# Stymulacja gałęzi usznej nerwu błędnego (tVNS) w terapii szumów usznych – aktualne doniesienia

## Stimulation of the auricular branch of the vagus nerve (tVNS) in tinnitus therapy – current reports

Katarzyna Buczek<sup>1B-F</sup>, Piotr H. Skarżyński<sup>2,3B-F</sup>, Danuta Raj-Koziak<sup>4B-F</sup>

Wkład autorów:  
A Projekt badania  
B Gromadzenie danych  
C Analiza danych  
D Interpretacja danych  
E Przygotowanie pracy  
F Przegląd literatury  
G Gromadzenie funduszy

<sup>1</sup> Śląskie Centrum Słuchu i Mowy MEDINCUS, Katowice

<sup>2</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Zakład Teleaudiologii i Badań Przesiewowych, Warszawa/Kajetany

<sup>3</sup> Instytut Narządów Zmysłów, Kajetany

<sup>4</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Klinika Szumów Usznych, Warszawa/Kajetany

### Streszczenie

**Wprowadzenie:** Szumy uszne (ang. *tinnitus*) to odczucie dźwięku przy braku bodźca akustycznego w otoczeniu. Najczęściej mają charakter subiektywny. Dużym wyzwaniem jest terapia szumów usznych, ze względu na brak jednej metody, która byłaby skuteczna w odniesieniu do całej grupy pacjentów. Obecnie podejmuje się próby stymulacji nerwu błędnego w celu uzyskania efektu redukcji odczuwanych szumów usznych. Celem pracy jest ocena wyników zastosowania metody przezskórnej stymulacji gałęzi usznej nerwu błędnego (tVNS) w terapii szumów usznych w populacji ludzkiej na podstawie przeglądu dostępnych publikacji.

**Materiał i metody:** Przeszukano internetowe medyczne bazy danych (PubMed, Cochrane, EMBASE). Znalaziono siedem artykułów opisujących badania podstawowe: prospektywne badanie quasi-eksperymentalne (badanie pre- i postinterwencyjne); randomizowane kontrolowane badanie kliniczne; badanie interwencyjne, nierandomizowane, prospektywne, kontrolowane; cztery prospektywne badania kohortowe.

**Wnioski:** Wyniki badań są rozbieżne, co nie pozwala na zajęcie rozstrzygającego stanowiska. Efekt działania tVNS na szumy uszne nadal nie jest jednoznaczny. Konieczne są dalsze badania w celu opracowania optymalnych parametrów stymulacji gałęzi usznej nerwu błędnego oraz określenia korzyści z zastosowania metody tVNS w leczeniu szumów usznych.

**Słowa kluczowe:** szumy uszne • stymulacja gałęzi usznej nerwu błędnego • tVNS

### Abstract

**Introduction:** Tinnitus is the sensation of sound in the absence of an acoustic stimulus in the environment. They are most often subjective. A major challenge is the therapy of tinnitus. Currently, there are being made attempts to stimulate the vagus nerve in order to have the effect of reducing the perceived tinnitus. Purpose are to evaluate the results of the transcutaneous vagus nerve branch stimulation (tVNS) for the treatment of tinnitus in the human population based on a review of available publications.

**Material and methods:** Electronic medical databases (PubMed, Cochrane, EMBASE) were searched. Seven basic studies were found, of which one was a prospective quasi-experimental study (pre- and post-intervention study), one was a randomized controlled clinical trial, one was an interventional, non-randomized, prospective, controlled study, and four were prospective cohort studies.

**Conclusions:** The results of the available studies are divergent, making it impossible to take a clear position. The effect of tVNS on tinnitus is still not clear. Further studies are needed to develop optimal parameters for stimulation of the auricular branch of the vagus nerve and to determine the benefits of tVNS in the treatment of tinnitus.

**Key words:** tinnitus • stimulation of the auricular branch of the vagus nerve • tVNS

**Autor korespondencyjny:** Katarzyna Buczek, Śląskie Centrum Słuchu i Mowy MEDINCUS, ul. Nasypowa 18, 40-551 Katowice; email: k.buczek@csim.pl

## Wykaz skrótów

Skrót	Rozwinięcie skrótu	Odpowiednik w języku polskim
ACRN	acoustic coordinated reset neuromodulation	neuromodulacja skoordynowanego resetowania akustycznego
BDI	<i>Beck Depression Inventory</i>	Skala depresji Becka
CBT	cognitive behavioral therapy	terapia poznawczo-behawioralna
FDA	Food and Drug Administration	Agencja Żywności i Leków
fMRI	functional magnetic resonance imaging	funkcjonalny rezonans magnetyczny
GI	global improvement (index)	wskaźnik ogólnej poprawy
iVNS	invasive vagus nerve stimulation	bezpośrednia stymulacja nerwu błędnego
MEG	magnetoencephalography	magnetoencefalografia
Mini-TQ	<i>Mini Tinnitus Questionnaire</i>	–
qEEG	quantitative electroencephalography	elektroencefalografia ilościowa
rTMS	repetitive transcranial magnetic stimulation	powtarzalna przezczaszkowa stymulacja magnetyczna
tACS	transcranial alternating current stimulation	przezczaszkowa stymulacja prądem zmiennym
TAS	<i>Tinnitus Awareness Score</i>	–
tDCS	transcranial direct current stimulation	przezczaszkowa stymulacja prądem stałym
TDI	<i>Tinnitus Dysphoria Inventory</i>	–
TENS	transcutaneous electrical nerve stimulation	przezskórna elektryczna stymulacja nerwów
TFI	<i>Tinnitus Functional Index</i>	–
THI	<i>Tinnitus Handicap Inventory</i>	–
TQ	<i>Tinnitus Questionnaire</i>	–
TRT	tinnitus retraining therapy	terapia szumów usznych metodą habituacji
tVNS	transcutaneous vagus nerve stimulation	przezskórna elektrostymulacja gałęzi usznej nerwu błędnego
VAS	<i>Visual Analogue Scale</i>	Wizualna skala analogowa
VNS	vagus nerve stimulation	stymulacja nerwu błędnego
WHOQOL	<i>WHO Quality of Life Questionnaire</i>	Kwestionariusz oceny jakości życia WHOQOL

## Wprowadzenie

Szumy uszne (ang. *tinnitus*) to odczucie dźwięku przy braku bodźca akustycznego w otoczeniu [1]. O szumach istotnych klinicznie mówi się wtedy, gdy są odczuwane co najmniej dwa razy w tygodniu i trwają powyżej 5 minut. Natomiast w praktyce uważa się, że jeśli pacjent poszukuje pomocy z powodu szumów usznych, to są one istotne klinicznie. Najczęściej mają charakter subiektywny, co oznacza, że są słyszane tylko przez osobę, która ich doświadcza i nie ma możliwości ich obiektywnego pomiaru. Subiektywny charakter większości odczuwanych przez pacjentów szumów usznych powoduje trudności w ocenie stopnia ich uciążliwości oraz trudności diagnostyczne. Obecnie wiadomo, że nie ma jednego rodzaju szumów usznych, stąd jeden sposób terapii nie będzie skuteczny dla wszystkich osób zgłaszających się z tym problemem.

Dodatkowym potwierdzeniem tej tezy jest różnorodność oferowanych metod terapeutycznych [2–4].

Obecne teorie powstawania szumów usznych zakładają zaburzenie równowagi pomiędzy pobudzeniem a hamowaniem w drodze słuchowej, co może prowadzić do reorganizacji kory słuchowej i zwiększonego synchronicznego aktywowania neuronów słuchowych [5]. Deprywacja sensoryczna destabilizuje sieci neuronowe, powodując zwiększoną spontaniczną aktywację neuronów korowych i podkorowych, z kolei patologiczna aktywność neuronów generuje fantomową percepcję chronicznych szumów usznych [6]. Metoda stymulacji nerwu błędnego (ang. *vagus nerve stimulation*, VNS) jest jedną z proponowanych obecnie metod terapii szumów usznych. Metoda ta została pierwotnie zatwierdzona przez Food and Drug Administration (FDA) do leczenia lekoopornej padaczki

i lekoopornej depresji. Z czasem pojawiła się koncepcja wykorzystania tej metody w leczeniu szumów usznych [5]. Engineer [7] w 2011 roku wykazał, że stymulacja VNS w połączeniu ze stymulacją akustyczną wieloma tonami obejmującymi zakres słyszenia, ale z wyłączeniem częstotliwości szumów w uszach, wyeliminowała behawioralne i neuronalne objawy szumów usznych u szczurów narażonych na hałas. Elektrostymulacja nerwu błędnego powoduje aktywację jądra pasma samotnego, które z kolei może aktywować miejsce sinawe i jądra podstawne, uwalniające neuromodulatory wpływające na regulację plastyczności mózgu poprzez modulację neuronów w korze mózgowej [6]. Istnieją dwie możliwości stymulacji nerwu błędnego. Metoda bezpośrednia wymaga wszczęcia urządzenia z akumulatorem zasilającym, podobnie jak w przypadku stymulatora serca. Aktywacja urządzenia odbywa się za pomocą fal radiowych lub podczerwieni. Bardziej bezpieczna, nieinwazyjna i tańsza jest metoda stymulacji przezskórnej gałązki usznej lewego nerwu błędnego. Opracowane urządzenie do przezskórnej stymulacji gałęzi usznej nerwu błędnego (tVNS) wykazuje podobną skuteczność jak urządzenie stymulujące nerw błędny bezpośrednio, co zostało potwierdzone w badaniach z zastosowaniem funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI) [8]. W przypadku tVNS fMRI wykazało podobne zmiany w aktywacji mózgu w porównaniu z metodą inwazyjną bezpośredniej stymulacji lewego nerwu błędnego (iVNS) [8,9]. W badaniu fMRI u pacjentów z szumami usznymi stwierdzono, że tVNS dezaktywuje obszary słuchowe i limbiczne. Badania neuroobrazowe potwierdziły model neurofizjologiczny Jastreboffa, który sugeruje nieprawidłowo silne połączenie pomiędzy układem słuchowym i limbicznym u pacjentów z szumami usznymi [10,11]. Inne nie-słuchowe obszary mózgu związane z szumami usznymi, takie jak kora zakrętu obręczy, przedklinek i zakręt czołowy, również były dezaktywowane przez tVNS [9].

## Cel

Celem pracy jest podsumowanie aktualnych wyników zastosowania metody przezskórnej stymulacji gałęzi usznej nerwu błędnego (tVNS) w terapii szumów usznych na podstawie przeglądu dostępnych publikacji.

## Materiał

W wyniku analizy dostępnej literatury wyodrębniono siedem badań podstawowych: prospektywne badanie quasi-eksperymentalne (badanie pre- i postinterwencyjne); randomizowane kontrolowane badanie kliniczne; badanie interwencyjne, nierandomizowane, prospektywne, kontrolowane; cztery prospektywne badania kohortowe.

## Metody

Przeszukano internetowe medyczne bazy danych (PubMed, Cochrane, EMBASE) w celu znalezienia dostępnych publikacji. Wpisano słowa kluczowe: *tinnitus*, *transcutaneous vagus nerve stimulation*, *tVNS*. Wykluczono publikacje o charakterze przeglądu systematycznego oraz niezwiązane z oceną szumów usznych przez pacjentów po zakończeniu terapii metodą przezskórnej stymulacji gałęzi usznej nerwu błędnego (tVNS) m.in. za pomocą zwalidowanych

kwestionariuszy (BDI, Mini-TQ, TAS, TDI, TFI, THI, TQ, VAS, WHOQOL). Do analizy włączono badania w języku angielskim, przeprowadzone u osób dorosłych z subiektywnymi szumami usznymi w latach 2013–2023.

## Wyniki

Poniżej przedstawiono wyniki badań nad skutecznością metody tVNS.

### Lehtimäki Jarmo i wsp., 2013 [14]

Tytuł pracy: *Transcutaneous vagus nerve stimulation in tinnitus: a pilot study*.

Typ badania: badanie kohortowe prospektywne ( $n = 10$ ).

Procedura: stymulacja tVNS (skrawek ucha) połączona z terapią dźwiękiem.

Badanie pilotażowe w celu sprawdzenia, czy tVNS może zapewnić korzyści pacjentom z przewlekłymi szumami usznymi. Sprawdzano również, czy tVNS może wpływać na aktywność neuronalną w korze słuchowej poprzez obrazowanie mózgu za pomocą magnetoencefalografii (MEG). W trakcie badania u 10 uczestników z przewlekłymi szumami usznymi przeprowadzono stymulację lewego skrawka ucha. Zastosowano częstotliwość stymulacji 25 Hz, czas trwania stymulacji wyniósł 45–60 minut, przeprowadzono 7 sesji. Stymulacja była połączona z dostosowaną terapią dźwiękiem, czyli muzyką klasyczną z usuniętą dominującą częstotliwością szumów usznych. Po zakończeniu badania wszyscy uczestnicy zgłosili poprawę nastroju i zmniejszenie nasilenia szumów usznych. Ponadto skany wykonane w magnetoencefalografii wykazały, że tVNS moduluje odpowiedź kory słuchowej, co potwierdza korzystny wpływ stymulacji nerwu błędnego na funkcjonowanie ośrodkowego układu nerwowego.

### Kreuzer Peter i wsp., 2014 [15]

Tytuł pracy: *Feasibility, safety and efficacy of transcutaneous vagus nerve stimulation in chronic tinnitus*.

Typ badania: badanie kohortowe prospektywne ( $n = 50$ ).

Procedura: stymulacja gałęzi usznej nerwu błędnego (tVNS).

U 50 pacjentów z przewlekłymi szumami usznymi zastosowano metodę tVNS w otwartym badaniu pilotażowym, którego celem było zbadanie możliwości wykonania, bezpieczeństwa i skuteczności tVNS w leczeniu przewlekłych szumów usznych. Badanie przeprowadzono w dwóch fazach z użyciem dwóch różnych urządzeń stymulujących (Cerbomed CM02 i NEMOS). Ocenę kliniczną oparto na wynikach z kwestionariuszy: TQ, THI, BDI, WHOQOL oraz na skalach liczbowych. Punkt końcowy zdefiniowano jako zmianę TQ (wizyta wyjściowa vs. wizyta końcowa w 24. tygodniu). Analiza pierwotna wykazała średnie obniżenie TQ o 3,7 punktu (faza 1) i 2,8 punktu (faza 2). Analizy wtórne wykazały znaczną redukcję w kwestionariuszu BDI w fazie 1, ale brak dalszych znaczących efektów. Działania niepożądane obejmowały wibrowanie i ucisk w miejscu umieszczenia elektrody. Konieczna była jedna hospitalizacja z powodu zaburzeń rytmu serca i rozwoju bloku lewej odnogi pęczka Hisa, które uznano za niezwiązane z zastosowaniem metody tVNS. We wnioskach

stwierdzono, że stosowanie metody tVNS można uznać za bezpieczne u pacjentów bez chorób serca w wywiadzie. We wnioskach końcowych stwierdzono, że nie zaobserwowano klinicznie istotnej poprawy w dolegliwościach związanych z szumami usznymi.

#### Mei Zhi-gang i wsp., 2014 [16]

Tytuł pracy: *Treatment of tinnitus with electrical stimulation on acupoint in the distribution area of ear vagus nerve combining with sound masking.*

Typ badania: randomizowane kontrolowane badanie kliniczne ( $n = 63$ ).

Procedura: stymulacja tVNS połączona z jednoczesnym maskowaniem szumów usznych za pomocą dźwięków w grupie badanej.

Leki: doustnie chlorowoderek flunaryzyny oraz oryzanol w grupie kontrolnej.

Uczestników badania – 63 ochotników cierpiących na szumy uszne – podzielono losowo na grupę badaną (32) i grupę kontrolną (31) zgodnie z metodą kopertową. Grupę badaną poddano zabiegowi elektrostymulacji gałęzi usznej nerwu błędnego w połączeniu z maskowaniem szumów usznych za pomocą dźwięków, natomiast grupie kontrolnej podawano doustnie kapsułki chlorowodorku flunaryzyny i oryzanol. Leczenie dla obu grup trwało 8 tygodni. Ocena za pomocą kwestionariuszy THI i TDI została przeprowadzona w obu grupach: przed leczeniem, po 4 i po 8 tygodniach leczenia. Na podstawie THI wypełnionego przez pacjentów po 4 tygodniach leczenia wykazano, że różnice nie były istotne statystycznie w obu grupach. Natomiast po 8 tygodniach leczenia nastąpiła istotna poprawa w grupie badanej niezależnie od stopnia nasilenia szumów usznych. Na podstawie TDI wykazano, że po 4 tygodniach leczenia dysforia u pacjentów w grupie badanej była mniejsza niż w grupie kontrolnej. Natomiast po 8 tygodniach leczenia u pacjentów z łagodną oraz ciężką dysforią nastąpiła istotna poprawa, a skuteczność metody w grupie badanej była wyższa niż w grupie kontrolnej. Nastrój dysforyczny stanowi jeden z rodzajów obniżenia nastroju, obok nastroju depresyjnego i dystymicznego. Polega on na wyolbrzymianiu pewnych sytuacji oraz bodźców, co powoduje reakcje nieadekwatne – gniew, złość, rozżalenie, zniechęcenie lub wręcz agresję chorego [17]. Dysfориę spowodowaną szumami usznymi można znacznie zmniejszyć, stosując stymulację elektryczną w obszarze dystrybucji nerwu błędnego z równoczesnym maskowaniem szumów usznych za pomocą dźwięków. Skuteczność tej terapii była wyższa niż w przypadku podawania leków pacjentom z grupy kontrolnej.

#### Shim Hyun Joon i wsp., 2015 [18]

Tytuł pracy: *Feasibility and safety of transcutaneous vagus nerve stimulation paired with notched music therapy for the treatment of chronic tinnitus.*

Typ badania: badanie kohortowe prospektywne ( $n = 30$ ).  
Procedura: stymulacja tVNS z równoczesnym zastosowaniem muzyki z wyłączeniem spektrum częstotliwości odpowiadającej szumom usznym (ang. *notched music*).

Do badania włączono 30 pacjentów z przewlekłymi szumami usznymi trwającym ponad 12 miesięcy, opornymi

na zastosowane wcześniej leczenie. Do małżowiny usznej lewego ucha pacjenta przymocowano elektrodę typu *patch*, następnie przez 30 minut zastosowano stymulację tVNS, podczas której pacjenci słuchali muzyki z usuniętym spektrum częstotliwości odpowiadającej szumom usznym. Na podstawie kwestionariuszy THI, VAS (głośność szumów usznych), a także GI i TAS (czyli oceny stopnia świadomości szumów usznych definiowanej jako przedział czasu w ciągu doby, wyrażony w procentach, podczas którego pacjent jest świadomy swoich szumów usznych) stwierdzono, że po 10 sesjach terapeutycznych u 15 z 30 pacjentów nastąpiło złagodzenie objawów w GI, średnia ocena głośności i stopnia świadomości szumów usznych poprawiły się istotnie, a średni wynik THI zmniejszył się, jednak zmiana ta nie była istotna statystycznie. Żaden z pacjentów nie zgłaszał skutków ubocznych stymulacji, takich jak zmiany częstości rytmu serca lub ciśnienia tętniczego krwi. We wnioskach potwierdzono możliwość zastosowania i bezpieczeństwo metody tVNS w połączeniu z terapią dźwiękiem u pacjentów z przewlekłymi, opornymi na leczenie szumami usznymi przy użyciu elektrody typu *patch* przymocowanej do małżowiny usznej.

#### Suk Won Choi i wsp., 2018 [19]

Tytuł pracy: *Characteristics of stimulus intensity in transcutaneous vagus nerve stimulation for chronic tinnitus.*

Typ badania: badanie kohortowe prospektywne ( $n = 24$ ).  
Procedura: przezskórna stymulacja nerwu błędnego (tVNS).

Celem badania była ocena klinicznego znaczenia stopnia intensywności przezskórnej stymulacji nerwu błędnego (tVNS) u pacjentów z przewlekłymi szumami usznymi. Wykonano 4 sesje terapeutyczne tVNS w okresie 2 tygodni u 24 pacjentów z jednostronnymi, niepulsującymi, przewlekłymi szumami usznymi. Jama muszli małżowiny usznej, łódka muszli małżowiny usznej i skrawek małżowiny usznej były kolejno stymulowane do maksymalnych progów sensorycznych. Miesiąc później, po zakończonych 4 sesjach, oceniono poziom niepokoju związanego z szumami usznymi oraz zmiany intensywności bodźca. We wnioskach stwierdzono, że wpływ intensywności bodźca na wynik leczenia wydaje się ograniczony. Wskazano, że jama muszli może być optymalnym miejscem stymulacji dla tVNS.

#### Desoky Yomna E. i wsp., 2022 [20]

Tytuł pracy: *Effect of vagus nerve stimulation on subjective tinnitus.*

Typ badania: prospektywne badanie quasi-eksperymentalne, badanie pre- i postinterwencyjne ( $n = 29$ ).

Procedura: przezskórna stymulacja nerwu błędnego (tVNS).

Celem pracy było ustalenie czy stymulacja nerwu błędnego może poprawić jakość życia u pacjentów z niedosłuchem czuciowo-nerwowym, cierpiących na subiektywne szumy uszne. Badanie przeprowadzono w okresie od lipca 2019 roku do stycznia 2020. Do badania włączono 29 pacjentów z rozpoznany łagodnym lub umiarkowanym niedosłuchem czuciowo-nerwowym, w wieku od 35 do 75 lat, nieużywających aparatów słuchowych, z ostrymi lub

**Tabela 1.** Charakterystyka badań  
**Table 1.** Characteristics of the studies

Badanie	Rodzaj badania	Liczba badanych	Grupa kontrolna	Narzędzia do oceny efektów terapii	Badania dodatkowe do obiektywizacji badań	Czas trwania terapii
Lehtimäki J. i wsp. 2013 [14]	badanie kohortowe prospektywne	n = 10	nie	THI, mini-TQ, VAS (głośność i uciążliwość szumów usznych)	magnetoencefalografia (MEG)	7 sesji po 45–60 minut
Kreuzer P.M. i wsp. 2014 [15]	badanie kohortowe prospektywne	n = 50	nie	TQ, THI, BDI, WHOQOL i różne skale liczbowe	brak	6 miesięcy (podzielone na 2 fazy)
Mei Z. i wsp. 2014 [16]	randomizowane kontrolowane badanie kliniczne	n = 63	tak (n = 31) grupie kontrolnej podawano doustnie kapsułki chlorowodoru flunaryzyny i oryzanol	THI i TDI przed leczeniem, po 4 tygodniach leczenia oraz po 8 tygodniach leczenia	brak	8 tygodni
Shim H.J. i wsp. 2015 [18]	badanie kohortowe prospektywne	n = 30	nie	THI, VAS (głośność szumów usznych), GI, TAS	brak	10 sesji po 30 minut
Choi S.W. i wsp. 2018 [19]	badanie kohortowe prospektywne	n = 24	nie	THI, VAS (głośność, świadomość i uciążliwość szumów usznych oraz wpływ na życie)	brak	4 sesje w ciągu 2 tygodni
Desoky Y.E. i wsp. 2022 [20]	badanie prospektywne quasi-eksperymentalne, pre- i postinterwencyjne	n = 29	nie	THI	pełna ocena audiologiczna (audiometria tonalna, audiometria impedancyjna, audiometria słowna)	7 sesji po 45–60 minut
Raj-Koziak D. i wsp. 2023 [21]	badanie interwencyjne, nierandomizowane, prospektywne, kontrolowane	n = 29	tak (n = 14) w grupie kontrolnej nie zastosowano tVNS sparowanego z dźwiękami	zestaw kwestionariuszy przed leczeniem i po leczeniu	qEEG, ocena audiologiczna, pomiary parametrów głosu przed i po leczeniu	12 tygodni

przewlekłymi, niepulsującymi, ciągłymi, subiektywnymi szumami usznymi. Kryteriami wykluczającymi z badania były: ciąża, pulsujące szumy uszne oraz leczenie farmakologiczne z powodu szumów usznych. Wykluczono także: pacjentów z niedosłuchem przewodzeniowym lub mieszanym, z większym niedosłuchem czuciowo-nerwowym (znacznego lub głębokiego stopnia), pacjentów z chorobami serca, ranami lub zmienioną chorobowo skórą, z metalowymi elementami w ciele (np. rozrusznik serca), aktywnymi implantami (np. implant ślimakowy), z obecnością metalowego urządzenia wszczepialnego w okolicy czaszki. Terapia tVNS obejmowała przezskórną elektryczną stymulację (7 sesji po 45–60 minut). Nasilenie szumów usznych zostało ocenione przed i po stymulacji za pomocą arabskiej wersji kwestionariusza THI. Zastosowano następujące parametry stymulacji: szerokość impulsu 250  $\mu$ s, częstotliwość 25 Hz. Miejscem stymulacji była łódka muszli małżowiny usznej, intensywność bodźca zwiększano o 1 mA co 5 s aż do maksymalnej intensywności bodźca, którą pacjenci mogli tolerować bez odczuwania bólu. Przeskórna stymulacja nerwu błędnego (tVNS) spowodowała istotne statystycznie obniżenie wyniku THI ( $p < 0,001$ ). Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski: niezależnie od wieku i czasu trwania szumów usznych metoda tVNS może zmniejszyć uciążliwość szumów usznych.

#### Raj-Koziak Danuta, 2023 [21]

Tytuł pracy: *Effectiveness of transcutaneous vagus nerve stimulation for the treatment of tinnitus.*

Typ badania: badanie interwencyjne, nierandomizowane, prospektywne, kontrolowane (n = 29).

Procedura: przezskórna stymulacja nerwu błędnego (tVNS).

Celem badania była ocena skuteczności przezskórnej stymulacji nerwu błędnego (tVNS) u osób z szumami usznymi. Urządzenie Parasym™ tVNS było sparowane ze stymulacją słuchową. Leczenie i obserwacje prowadzono przez 12 tygodni. Przeprowadzono ocenę audiologiczną oraz zebrano odpowiedzi z zestawu kwestionariuszy i ilościowej elektroencefalografii (qEEG) przed leczeniem i po jego zakończeniu. Wykonano pomiary parametrów głosu w celu oceny ewentualnych efektów ubocznych tVNS. W badaniu wzięło udział 29 dorosłych osób, które miały przewlekłe szumy uszne. Uczestników podzielono na dwie grupy: grupę badaną, w której zastosowano tVNS sparowane z dźwiękami (15 pacjentów), i grupę kontrolną, w której nie zastosowano tVNS (14 pacjentów). Subiektywne i obiektywne pomiary szumów usznych nie wykazały poprawy w grupie badanej w porównaniu z grupą kontrolną, chociaż niektóre parametry mierzone

**Tabela 2.** Aktualnie zalecane metody terapii szumów usznych według *A multidisciplinary European guideline for tinnitus* [25]  
**Table 2.** Current recommended treatments for tinnitus according to *A multidisciplinary European guideline for tinnitus* [25]

Rodzaj metody	Rekomendacja
Terapia kognitywno-behawioralna (CBT)	rekomendacja pozytywna
tVNS	metoda bezpieczna, bez rekomendacji ze względu na małą liczbę badań klinicznych
Aparaty słuchowe (zintegrowane z generatorem szumów lub bez)	rekomendowane dla pacjentów z szumami usznymi i ubytkiem słuchu
Implanty ślimakowe	rekomendowane tylko dla pacjentów spełniających kryteria ubytku słuchu
Terapia szumów usznych metodą habituacji (TRT)	metoda bezpieczna, bez rekomendacji ze względu na małą liczbę badań klinicznych
Terapie dźwiękowe	metoda bezpieczna, bez rekomendacji ze względu na małą liczbę badań klinicznych
Akupunktura	metoda bezpieczna, bez rekomendacji ze względu na małą liczbę badań klinicznych
Leczenie farmakologiczne, m.in. leki przeciwostryżnicze, przeciwdrgawkowe, przeciwłękowe, antagoniści receptora kwasu glutaminowego, leki przeciwdepresyjne, leki zwiotczające mięśnie, <i>Ginkgo biloba</i> , witaminy, melatonina	rekomendacja negatywna ze względu na brak dowodów na skuteczność metody; istnieją dowody na potencjalnie znaczące skutki uboczne
Przecczaszkowa stymulacja prądem stałym (tDCS)	metoda bezpieczna, bez rekomendacji ze względu na brak dowodów na skuteczność metody
Przecczaszkowa stymulacja prądem zmiennym (tACS)	metoda bezpieczna, bez rekomendacji ze względu na brak dowodów na skuteczność metody
Powtarzalna przecczaszkowa stymulacja magnetyczna (rTMS)	rekomendacja negatywna, brak skuteczności potwierdzony w badaniach klinicznych
Neuromodulacja skoordynowanego resetowania akustycznego (ACRN)	metoda bezpieczna, bez rekomendacji ze względu na brak dowodów na skuteczność metody

za pomocą kwestionariuszy uległy statystycznej poprawie. Głośność i częstotliwość szumów usznych pozostała taka sama w obu grupach. W badaniu qEEG aktywność w paśmie theta wzrosła znacząco w grupie badanej w porównaniu z grupą kontrolną. Stwierdzono, że metoda tVNS nie była skuteczna w redukcji szumów usznych w grupie badanej, jednak zmiany w paśmie theta sugerują, że mogą istnieć efekty korowe, które przy dłuższym leczeniu mogą prowadzić do poprawy.

W tabeli 1 przedstawiono: rodzaje przeprowadzonych badań, liczebność grup badanych, narzędzia do oceny efektów terapii.

## Dyskusja

Przeprowadzona analiza wyników opisanych w literaturze nie pozwala na zajęcie jednoznacznego stanowiska w kwestii skuteczności metody tVNS w terapii szumów usznych. Dotychczas tylko jeden zespół badawczy potwierdził skuteczność metody na modelach zwierzęcych [7]. Istnieje potrzeba potwierdzenia skuteczności tej metody na modelach zwierzęcych przez inne laboratoria [9]. Różne poziomy stymulacji bodźca – od progowego, czyli ledwo zauważalnego, do poziomu poniżej progu bólu – aplikowane pacjentom mogły wpłynąć na wyniki terapii. Również czas terapii, który wśród autorów różnił się znacząco, oraz różne narzędzia oceny efektywności terapii, mogą mieć istotne znaczenie dla osiągnięcia ostatecznego korzystnego efektu terapeutycznego. Wzrost aktywności w paśmie theta w badaniu qEEG w grupie badanej w porównaniu

z grupą kontrolną stanowi obiektywne potwierdzenie, że zastosowanie stymulacji ma wpływ na czynność komórek ośrodkowego układu nerwowego.

Obecnie testowane są inne metody leczenia szumów usznych: za pomocą prototypowego urządzenia do elektrycznej i magnetycznej stymulacji ucha [22] oraz za pomocą bimodalnej stymulacji słuchowej i elektrycznej [23]. Skuteczność leczenia subiektywnych szumów usznych u pacjentów ze ślimakowym niedosłuchem odbiorczym oceniano za pomocą magnetycznej stymulacji ucha z wykorzystaniem prototypowego urządzenia. Cykl terapeutyczny składał się z 10 pięciominutowych stymulacji wykonywanych codziennie 5 razy w tygodniu. Wyniki wizualnej skali analogowej (VAS), wypełnionej przez pacjentów bezpośrednio po leczeniu, wskazują, że nastąpiło zmniejszenie nasilenia szumów usznych w 98 uszach (79,0%) i brak poprawy w 26 uszach (20,0%). Wstępne wyniki badań wykazały wysoką skuteczność stymulacji magnetycznej w leczeniu szumów usznych z wykorzystaniem prototypowego urządzenia do elektromagnetycznej stymulacji ucha [22].

Bodźce z układu somatosensorycznego mogą wpływać na szumy uszne i/lub je wywoływać – wówczas ten rodzaj subiektywnych szumów usznych nazywany jest somatosensorycznymi szumami usznymi. W badaniu [23] pacjenci z subiektywnymi przewlekłymi szumami usznymi zostali poddani stymulacji somatosensorycznej, która była dostarczana poprzez przezskórną elektryczną stymulację nerwów (TENS) górnego odcinka kręgosłupa szyjnego i okolicy skroniowo-żuchwowej. Równolegle zastosowano stymulację

słuchową dźwiękiem podawanym przez słuchawki. Terapia obejmowała 6 trzydziestominutowych sesji 2 razy w tygodniu przez okres 3 kolejnych tygodni. Pomiary kontrolne zaplanowano 9–12 tygodni po ostatniej sesji terapeutycznej. Parametry poprawy oceniano na podstawie wyników kwestionariusza TFI. Wykazano statystycznie istotny spadek średniego wyniku TFI podczas wizyty kontrolnej w porównaniu z wartością wyjściową. Badanie wykazało, że stymulacja bimodalna może być skuteczna zwłaszcza dla tych pacjentów z szumami usznymi, którzy mają towarzyszące problemy z szyją/ stawami skroniowo-żuchwowymi. We wnioskach autorzy podkreślili, że potrzebne są dodatkowe badania w celu ustalenia optymalnego protokołu leczenia, a także wyboru najbardziej odpowiednich kryteriów włączenia [23].

Leczenie szumów usznych stanowi duże wyzwanie ze względu na istnienie podtypów szumów usznych w zależności od różnych przyczyn. Oznacza to, że prawdopodobnie nie będzie jednego sposobu, który byłby skuteczny dla wszystkich pacjentów.

Ważnym czynnikiem jest moment rozpoczęcia leczenia, ponieważ wraz z upływem czasu zmniejsza się szansa na korzystny efekt terapeutyczny [24]. Oczekiwania osoby zgłaszającej się z problemem szumów usznych są jednoznaczne. Pacjent zwykle oczekuje tabletki, która uwolni go od szumów usznych. Niestety zastosowanie różnych preparatów farmakologicznych zwykle nie przynosi poprawy. Dostępne rekomendacje europejskie na temat skuteczności leków nie potwierdzają ich efektywności [25].

Szerokie zastosowanie znalazły terapie dźwiękowe. Metody te zostały uznane w rekomendacjach jako bezpiecznie, ale równocześnie stwierdzono niewystarczającą liczbę wysokiej jakości badań klinicznych, aby terapie dźwiękowe uzyskały pozytywną rekomendację. U osób, u których szumy uszne skojarzone są z niedosłuchem, zastosowanie aparatów słuchowych powoduje u części pacjentów efekt ich redukcji lub eliminacji.

Ważnym elementem terapii szumów usznych jest prowadzona przez psychologów terapia kognitywno-behawioralna. Zabiegi wszczepienia implantu ślimakowego czy implantu ucha środkowego mają korzystny wpływ na redukcję odczuwanych szumów usznych [26,27]. Jeżeli szumy uszne towarzyszą schorzeniom takim jak np. otoskleroza, to wykonany zabieg operacyjny u części pacjentów powoduje redukcję, wyciszenie, a nawet eliminację odczuwanych szumów usznych [28,29].

W tabeli 2 przedstawiono zalecane metody terapii szumów usznych.

## Wnioski

Metoda tVNS ma potencjał terapeutyczny, jednak konieczne są dalsze badania w celu opracowania optymalnych parametrów oraz czasu stymulacji gałęzi usznej nerwu błędnego, a także określenia korzyści z zastosowania metody tVNS w leczeniu szumów usznych.

## Piśmiennictwo

1. National Research Council (US) Committee on Hearing, Bioacoustics, and Biomechanics. Tinnitus: facts, theories, and treatments. Washington (DC): National Academies Press (US), 1982; <https://doi.org/10.17226/81>.
2. Kutyba J, Jedrzejczak WW, Gos E, Bieńkowska K, Raj-Koziak D, Skarżyński PH. Self-help interventions chosen by subjects with chronic tinnitus – a retrospective study of clinical patients. *Int J Audiol*, 2022; 61(8): 686–91; <https://doi.org/10.1080/14992027.2021.1964040>.
3. Niedziałek I, Raj-Koziak D, Milner R, Wolak T, Ganc M, Wójcik J i wsp. Effect of yoga training on the tinnitus induced distress. *Complement Ther Clin Pract*, 2019; 36: 7–11; <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2019.04.003>.
4. Raj-Koziak D, Gos E, Szkielkowska A, Panasiewicz A, Karpiesz L, Kutyba J i wsp. Auditory processing in normally hearing individuals with and without tinnitus: assessment with four psychoacoustic tests. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol*, 2022; 279(1): 275–83; <https://doi.org/10.1007/s00405-021-07023-w>.
5. Eggermont JJ. Acquired hearing loss and brain plasticity. *Hear Res*, 2017; 343: 176–90; <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.05.008>.
6. Engineer ND, Møller AR, Kilgard MP. Directing neural plasticity to understand and treat tinnitus. *Hear Res*, 2013; 295: 58–66; <https://doi.org/10.1016/j.heares.2012.10.001>.
7. Engineer ND, Riley JR, Seale JD, Vrana WA, Shetake JA, Sudanaganunta SP i wsp. Reversing pathological neural activity using targeted plasticity. *Nature*, 2011; 470(7332): 101–4; <https://doi.org/10.1038/nature09656>.
8. Kraus T, Hösl K, Kiess O, Schanze A, Kornhuber J, Forster C. BOLD fMRI deactivation of limbic and temporal brain structures and mood enhancing effect by transcutaneous vagus nerve stimulation. *J Neural Transm Vienna Austria*, 1996, 2007; 114(11): 1485–93; <https://doi.org/10.1007/s00702-007-0755-z>.
9. Yakunina N, Nam E-C. Direct and transcutaneous vagus nerve stimulation for treatment of tinnitus: a scoping review. *Front Neurosci*, 2021; 15; <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.680590>.
10. Jastreboff PJ. Phantom auditory perception (tinnitus): mechanisms of generation and perception. *Neurosci Res*, 1990; 8(4): 221–54; [https://doi.org/10.1016/0168-0102\(90\)90031-9](https://doi.org/10.1016/0168-0102(90)90031-9).
11. Chen Y-C, Xia W, Chen H, Feng Y, Xu J-J, Gu J-P i wsp. Tinnitus distress is linked to enhanced resting-state functional connectivity from the limbic system to the auditory cortex. *Hum Brain Mapp*, 2017; 38(5): 2384–97; <https://doi.org/10.1002/hbm.23525>.
12. Skarżyński PH, Dziendziel B, Gos E, Włodarczyk E, Miałkiewicz B, Rajchel JJ i wsp. Prevalence and severity of tinnitus in otosclerosis: preliminary findings from validated questionnaires. *J Int Adv Otol*, 2019; 15: 277–82; <https://doi.org/10.5152/iao.2019.5512>.
13. Skarżyński H, Gos E, Raj-Koziak D, Skarżyński PH. *Skarżyński Tinnitus Scale*: validation of a brief and robust tool for assessing tinnitus in a clinical population. *Eur J Med Res*, 2018; 23(1): 54; <https://doi.org/10.1186/s40001-018-0347-4>.
14. Lehtimäki J, Hyvärinen P, Ylikoski M, Bergholm M, Mäkelä JP, Aarnisalo A i wsp. Transcutaneous vagus nerve stimulation in tinnitus: a pilot study. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2013; 133(4): 378–82; <https://doi.org/10.3109/00016489.2012.750736>.

15. Kreuzer PM, Landgrebe M, Resch M, Husser O, Scheckmann M, Geisreiter F i wsp. Feasibility, safety and efficacy of transcutaneous vagus nerve stimulation in chronic tinnitus: an open pilot study. *Brain Stimul*, 2014; 7(5): 740–7; <https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.05.003>.
16. Mei Z, Yang S, Cai S, Lei H, Zhou C, Guo Y i wsp. Treatment of tinnitus with electrical stimulation on acupoint in the distribution area of ear vagus nerve combining with sound masking: randomized controlled trial. *WJAM*, 2014; 24(2): 30–5; [https://doi.org/10.1016/S1003-5257\(14\)60022-2](https://doi.org/10.1016/S1003-5257(14)60022-2).
17. Rybakowski J, Pużyński J, Wciórka J. *Psychiatria. T. 1: Podstawy psychiatrii*. Wrocław: Elsevier; 2012, s. 340–1.
18. Shim HJ, Kwak MY, An Y-H, Kim DH, Kim YJ, Kim HJ. Feasibility and safety of transcutaneous vagus nerve stimulation paired with notched music therapy for the treatment of chronic tinnitus. *J Audiol Otol*, 2015; 19(3): 159–67; <https://doi.org/10.7874/jao.2015.19.3.159>.
19. Suk WC, Kim SJ, Chang DS, Lee HY. Characteristics of stimulus intensity in transcutaneous vagus nerve stimulation for chronic tinnitus. *J Int Adv Otol*, 2018; 14(2): 267–72; <https://doi.org/10.5152/iao.2018.3977>.
20. Desoky Y, Abousetta AA, Talaat HS, Ibrahim IH. Effect of vagus nerve stimulation on subjective tinnitus. *Suez Canal Univ Med J*, 2022; 25(1): 68–79; <https://doi.org/10.21608/SCUMJ.2022.209633>.
21. Raj-Koziak D, Gos E, Kutuba J, Ganc M, Jedrzejczak WW, Skarzynski PH i wsp. Effectiveness of transcutaneous vagus nerve stimulation for the treatment of tinnitus: an interventional prospective controlled study. *Int J Audiol*, 2023; 1–10; <https://doi.org/10.1080/14992027.2023.2177894>.
22. Olszewski J, Bielińska M, Kowalski A. Assessment of subjective tinnitus treatment results using a prototype device for electrical and magnetic stimulation of the ear-preliminary study. *Life*, 2022; 12(918): 1–10; <https://doi.org/10.3390/life12060918>.
23. Spencer S, Mielczarek M, Olszewski J, Sereda M, Joossen I, Vermeersch H, Gilles A, Michiels S. Effectiveness of bimodal auditory and electrical stimulation in patients with tinnitus: a feasibility study. *Front Neurosci*, 2022; 16: 971633; <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.971633>.
24. Møller AR, Langguth B, De Ridder D, Kleinjung T red. *Textbook of Tinnitus*. New York, NY: Springer; 2011.
25. Cima RFF, Mazurek B, Haider H, Kikidis D, Lapira A, Noreña A i wsp. A multidisciplinary European guideline for tinnitus: diagnostics, assessment, and treatment. *HNO*, 2019; 67 (Suppl 1): 10–42; <https://doi.org/10.1007/s00106-019-0633-7>.
26. Bahmad Jr F, Carasek N, Lamounier P. Cochlear implant in tinnitus management. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2023; 31(2): 155–7; <https://doi.org/10.1097/MOO.0000000000000874>.
27. Jeon Mi L, Hyun Jin L, In Seok M, Jae Young Ch. Effects of Vibrant Soundbridge on tinnitus accompanied by sensorineural hearing loss. *PLoS One*, 2020; 15(2): e0228498; <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228498>.
28. Dziendziel B, Skarzynski H, Gos E, Skarzynski PH. Changes in hearing threshold and tinnitus severity after stapes surgery: which is more important to the patient's quality of life? *ORL*, 2019; 81(4): 224–33; <https://doi.org/10.1159/000500992>.
29. Skarżyński H, Gos E, Dziendziel B, Raj-Koziak D, Włodarczyk EA, Skarżyński PH. Clinically important change in tinnitus sensation after stapedotomy. *Health Qual Life Outcomes*, 2018; 16(1): 208; <https://doi.org/10.1186/s12955-018-1037-1>.