

mgr Małgorzata Nowak

**Analiza rejestracji słuchowych potencjałów wywołanych z pnia mózgu
u osób z jednostronnym niedosłuchem
przy zastosowaniu różnych bodźców akustycznych**

Analysis of the recordings of auditory brainstem evoked potentials
in patients with unilateral hearing loss using different acoustic stimuli

Rozprawa na stopień naukowy doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki medyczne

Promotor: dr hab. n. med. Alicja Sekula
Promotor pomocniczy: dr hab. n. med. Michał Karlik

Katedra i Klinika Foniatrii i Audiologii
Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu



Kolegium Nauk Medycznych
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Poznań 2021

SPIS TREŚCI

1.	Wprowadzenie	5
2.	Wstęp.....	6
2.1.	Elementy podłoża anatomicznego dla badań słuchu.....	6
2.2.	Proces obuusznego słyszenia.....	8
2.3.	Asymetria słuchowa w badaniach audiologicznych.....	10
2.4.	Maskowanie w audiometrii tonalnej	12
2.5.	Badanie potencjałów słuchowych wywołanych z pnia mózgu (<i>ang.</i> Auditory Brainstem Responses, ABR).....	13
2.6.	Bodźce stosowane w badaniu ABR.....	18
2.6.1.	Sygnał click.....	19
2.6.2.	Sygnał tone-burst.....	20
2.6.3.	Sygnał chirp.....	21
2.7.	Maskowanie w badaniu ABR.....	24
3.	Cel pracy.....	26
4.	Materiał badań	27
5.	Metodyka badań	28
5.1.	Audiometria tonalna	28
5.2.	Badanie ABR	28
5.2.1.	Natężenie dźwięku (dB nHL, dB SL)	28
5.2.2.	Maskowanie (dB SPL)	29
5.2.3.	Szybkość stymulacji (<i>ang.</i> stimulus rate)	30
5.2.4.	Liczba uśrednień (<i>ang.</i> number of sweeps)	30
5.2.5.	Artefakty - odrzucone uśrednienia	30
5.2.6.	Wzmacniacz - wartość wzmocnienia, filtr górnoprzepustowy, dolnoprzepustowy	31
5.2.7.	Elektrody	31
5.2.8.	Polaryzacja bodźca.....	31
5.3.	Opis poszczególnych procedur zastosowanych dla kolejnych sygnałów	32
5.3.1.	Sygnał click.....	32
5.3.2.	Tone burst.....	33
5.3.3.	Sygnał szerokopasmowy chirp (broad band)	34
5.3.4.	Sygnał wąskopasmowy chirp (Narrow Band)	35
6.	Metodologia w statystykach.....	37
7.	Wyniki badań	38
7.1.	Wyniki opisowe grupy badanej.....	38
7.2.	Wyniki audiometrii tonalnej.....	39

7.3.	Zestawienie wyników badań ABR dla bodźców: Click, BBChirp, ToneBurst500, ToneBurst1000, iChirp500, iChirp1000.....	42
7.3.1.	Zestawienie wyników badania ABR dla ucha z normą słuchową.....	42
7.3.2.	Zestawienie wyników badania ABR dla ucha z ubytkiem słuchu.....	49
8.	Analiza statystyczna wyników badań.....	58
8.1.	Analiza wyników badań dla ucha z normą słuchową.....	58
8.1.1.	Fala V – natężenie 20 dB nHL.....	59
8.1.2.	Fala V – natężenie 40 dB nHL.....	66
8.1.3.	Fala V – natężenie 60 dB nHL.....	71
8.2.	Analiza wyników badań dla ucha z ubytkiem słuchu.....	78
8.2.1.	Fala V – natężenie 10 dB SL.....	78
8.2.2.	Fala V – natężenie 0 dB SL.....	87
8.2.3.	Fala V – natężenie -20 dB SL.....	96
8.3.	Zgodność wyników badań ABR z audiogramem pacjenta.....	105
8.3.1.	Zgodność wyników badań ABR z audiogramem pacjenta dla ucha z normą słuchową.....	105
8.3.2.	Zgodność wyników badań ABR z audiogramem pacjenta dla ucha z ubytkiem słuchu.....	106
8.4.	Wykrywanie przesłuchu.....	108
9.	Analiza statystyczna wpływu płci i wieku pacjenta na parametry zapisu ABR dla badanych sygnałów w normie słuchowej.....	117
9.1.	Zależności pomiędzy płcią.....	117
9.2.	Wiek vs pomiary fali V – korelacje Spearmana.....	122
10.	Analiza statystyczna wpływu płci i wieku pacjenta, wieku wystąpienia niedosłuchu i jego głębokości oraz typu i strony występowania ubytku na parametry zapisu ABR dla badanych sygnałów przy ubytku słuchu.....	127
10.1.	Zależności pomiędzy płcią.....	127
10.2.	Wiek vs pomiary fali V – korelacje Spearmana.....	132
10.3.	Wiek wystąpienia niedosłuchu vs pomiary fali V – korelacje Spearmana.....	136
10.4.	Zależności pomiędzy typem niedosłuchu.....	141
10.5.	Głębokość niedosłuchu.....	145
10.6.	Zależność pomiędzy zapisami ABR lewego i prawego ucha.....	150
11.	Dyskusja.....	155
11.1.	Zgodność wyników badań ABR z audiometrią tonalną.....	156
11.2.	Parametry opisujące szereg natężeniowy.....	160
11.2.1.	Latencja fali V.....	160
11.2.2.	Amplituda fali V.....	163
11.2.3.	Amplituda Peak-to-Peak, SNR, RN.....	164
11.3.	Analiza statystyczna wpływu płci i wieku pacjenta oraz wieku, głębokości niedosłuchu, jego typu i strony występowania na zapis badania ABR.....	166
11.3.1.	Płeć pacjenta.....	166
11.3.2.	Wiek pacjenta.....	166

11.3.3. Wiek wystąpienia niedosłuchu	166
11.3.4. Głębokość niedosłuchu	167
11.3.5. Strona występowania niedosłuchu	167
11.4. Wykrywanie przesłuchu	167
11.5. Podsumowanie	169
12. Wnioski	171
13. Streszczenie	173
14. Summary	175
15. Piśmiennictwo	177
16. Spis rycin i tabel	182
16.1. Spis rycin	182
16.2. Spis tabel	184
17. Uchwała Komisji Bioetycznej	191

1. Wprowadzenie

Słuch jest zmysłem, który pozwala nam komunikować się z innymi. Już od pierwszych chwil życia dziecko uczy się funkcjonować w świecie. Umiejętność rozpoznawania głosu matki czy nauka mowy to tylko dwa czynniki z długiej listy wpływu słuchu na rozwój człowieka. Od tego zmysłu i jego sprawnego funkcjonowania zależy nie tylko nasza zdolność komunikacji, ale również rozwój emocjonalny, a w konsekwencji również psychospołeczny.

Dlatego też tak istotna dla rozwoju dziecka jest wczesna diagnostyka. Niedosłuch wykryty na odpowiednio wczesnym etapie życia pacjenta nie stanowi już aż tak dużego zagrożenia dla jego prawidłowego rozwoju. Postęp technologiczny w dziedzinie aparatów słuchowych oraz implantów ślimakowych sprawia, że głuchota i jej społeczne konsekwencje ulegają obecnie przedefiniowaniu. Współczesna medycyna jest w stanie zaoferować pomoc w większości przypadków związanych z nieprawidłowym funkcjonowaniem układu słuchowego.

Podstawą wczesnej, skutecznej interwencji jest jednak precyzyjne określenie progu słyszenia pacjenta.

U osób dorosłych, jak i starszych dzieci, możemy polegać na współpracy pacjenta i zastosować metody psychofizyczne pomiaru słuchu. W znakomitej większości przypadków wykonywana jest wówczas audiometria tonalna oraz audiometria mowy. Przy braku możliwości współpracy należy jednak sięgnąć do obiektywnych metod badań słuchu, niezależnych od woli bądź możliwości współpracy pacjenta. Złotym standardem w tym przypadku jest badanie potencjałów wywołanych z pnia mózgu (ABR), dzięki któremu możemy określić czułość słuchu.

W audiometrii tonalnej próg słuchu pacjenta określamy za pomocą tonów. Sprawdzamy pełen zakres częstotliwości potrzebnych do prawidłowego funkcjonowania w społeczeństwie. Natomiast w badaniu ABR odzwierciedlenie audiogramu jest bardziej skomplikowane. Nie każda reakcja układu słuchowego na dźwięki jest możliwa do odczytania poprzez rejestrowanie potencjałów słuchowych z pnia mózgu. Dlatego też ważne jest umiejętne dobieranie parametrów użytych bodźców.

Dodatkowym czynnikiem, który powinien być uwzględniany, jest możliwość występowania u pacjenta jednostronnego niedosłuchu lub jednostronnej głuchoty. Tak samo jak w metodach psychofizycznych, w metodach obiektywnych istnieją procedury, które powinny zabezpieczyć ucho badane przed występowaniem przesłuchu, czyli odpowiedzi zarejestrowanej z ucha niebadanego.

2. Wstęp

2.1. Elementy podłoża anatomicznego dla badań słuchu

Omówienie metodyki badań słuchu przeprowadzonych u pacjentów wymaga rozumienia procesów zachodzących w układzie słuchowym.

W szczególności poznanie budowy układu słuchowego pozwala na szersze rozważania.

W pierwszej kolejności dźwięk dociera do ucha zewnętrznego, czyli do małżowiny usznej i przewodu słuchowego zewnętrznego.

Zadaniem małżowiny usznej jest zbieranie dźwięków i dostarczenie ich do przewodu słuchowego, tak aby skupić falę akustyczną i ukierunkować na kanał słuchowy. Temu procesowi przypisuje się niewielkie znaczenie przy lokalizacji źródła dźwięku. Zmiana barwy dźwięku spowodowana jest częściowym osłonięciem przed bodźcami akustycznymi dochodzącymi z tyłu głowy, zwłaszcza o wysokiej częstotliwości.

Przewód słuchowy zewnętrzny jest kanałem składającym się z części chrząstkowej i kostnej. Oddziałuje na parametry akustyczne fali dźwiękowej. Wywołanie fali stojącej, składającej się z fali padającej na błonę bębenkową i odbitej od niej, ujawnia rezonator o częstotliwości własnej ok. 3-3,5 kHz.

Błona bębenkowa jest sztywną membraną o różnym stopniu sprężystości. Dlatego większość energii jest przekazywana do ucha środkowego. Z błoną bębenkową połączony jest zespół kosteczek (młoteczek, kowadełko, strzemiączko).

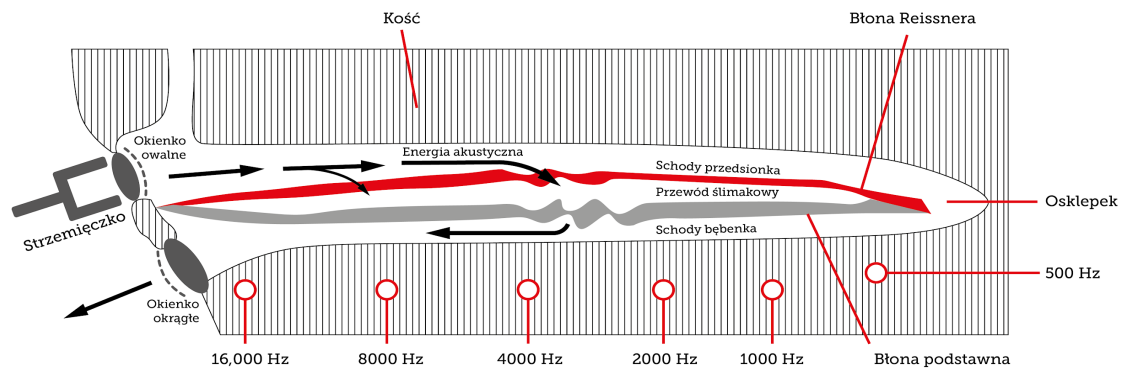
Pierwszym zadaniem ucha środkowego jest zamiana energii akustycznej na energię mechaniczną, a zatem na wprowadzenie w ruch układu kosteczek tak, aby uderzenie ostatniej kosteczki (strzemiączka) pobudziło drgania cieczy znajdującej się w uchu wewnętrznym. To właśnie przez zmianę środowiska panującego w uchu wewnętrznym (ucho zewnętrzne i środkowe wypełnione jest powietrzem, natomiast ucho wewnętrzne cieczą) fala napotyka na duży opór i przez to może dochodzić do dużych strat energii. Dlatego też głównym zadaniem ucha środkowego jest taka transformacja energii, aby efektywnie pobudzać do drgań ciecz w uchu wewnętrznym. Dodatkowo kosteczki słuchowe połączone są z dwoma mięśniami, których rola istotna jest w procesie chronienia ucha wewnętrznego przed hałasem.

Dźwięk przekazywany przez strzemiączko trafia najpierw na okienko owalne.

Ucho wewnętrzne składa się z błędnika błoniastego (części wewnętrznej) i błędnika kostnego (części zewnętrznej). Błędnik kostny wypełniony jest perylimfą, a błoniasty endolimfą.

Schematycznie ślimak podzielony jest w przekroju poprzecznym na trzy komory: schody przedsionka, schody bębenka i przewód ślimakowy. Przestrzenie te są podzielone

błoną Reissnera i błoną podstawną. Błony te u szczytu, zamykają przewód ślimakowy. Jednak nie powodują one oddzielenia schodów bębienka od schodów przedsionka. Te dwie struktury łączą się ze sobą na samym szczycie ślimaka w okienku szpary osklepka (helikotrema). Wnętrze jest wypełnione perylimfą.



Ryc. 1. Schemat budowy ucha wewnętrznego

To właśnie ruch strzemiączka w okienku owalnym powoduje drganie, które na początku rozchodzi się schodami przedsionka w kierunku szpary osklepka i dalej schodami bębienka do okienka okrągłego, usytuowanego poniżej okienka owalnego. Wywołane dźwiękiem zaburzenia gęstości i ciśnienia perylimfy powodują zmianę miejscowych wychyleń na błonie podstawnej. Fala akustyczna napotyka na zmianę środowiska z gazowego na ciekły. Zmienia się wówczas prędkość propagacji. Szybkość rozchodzenia się dźwięku uzależniona jest od sprężystości oraz gęstości ośrodka. Błona podstawna charakteryzuje się różnym naprężeniem i szerokością. Przy samym przedsionku jest ona najwęższa i najsilniej naprężona. Przy osklepku ślimaka jest najszersza, a naprężenie zmniejsza się. Zatem jeżeli bodźcem dźwiękowym jest ton, będzie on powodował ruch płynu w uchu wewnętrznym i wychylenie błony podstawnej w pewnym określonym miejscu tej błony. Ponieważ zmienia się sama struktura błony podstawnej, w poszczególnych jej miejscach będzie podatna na fale o różnych długościach. Dlatego też maksymalne wychylenie błony będzie specyficzne dla danej częstotliwości dźwięku.

Wysokie częstotliwości charakteryzują się krótką długością fali akustycznej, a co za tym idzie szybszymi zmianami ciśnienia akustycznego. Te szybsze zmiany, będą powodowały częstsze zagęszczenia i rozrzedzenia perylimfy. W efekcie na błonie podstawnej powstaje fala biegnąca. Maksymalne wychylenie błony podstawnej w tym przypadku wystąpi bliżej podstawy ślimaka. Dzieje się tak ze względu na zmianę szerokości, elastyczności i masy błony podstawnej. Natomiast amplituda wychylenia będzie zależna od natężenia bodźca. Przy pobudzeniu układu słuchowego dźwiękiem o niskiej częstotliwości, możemy obserwować maksymalne wychylenie błony na samym jej szczycie, przy szparze osklepka. Związane to będzie z większą długością fali

akustycznej, a w konsekwencji rzadszymi zmianami ciśnienia akustycznego. Maksymalne wychylenie błony podstawnej będzie występowało dalej od okienka owalnego. Związane jest to z zasadą miejsca, która mówi o związku pomiędzy maksymalnym wychyleniem błony podstawnej a częstotliwością bodźca, jest to tzw. tonotopia. Oznacza to, że dźwięk o niższej częstotliwości, pobudzający układ słuchowy do drgań, potrzebuje więcej czasu, aby dotrzeć do szczytu błony podstawnej, niż dźwięk o wysokiej częstotliwości, który częstotliwość charakterystyczną pobudzenia błony ma bliżej podstawy ślimaka.

Wewnątrz ślimaka w przewodzie ślimakowym znajduje się narząd spiralny Cortiego. Jest to główny receptor słuchowy w którym dochodzi do zamiany energii drgań błony podstawnej na potencjały czynnościowe włókien nerwu słuchowego. Jego głównymi elementami są komórki zrębowe (komórki filarowe zewnętrzne i wewnętrzne, komórki Deitersa, komórki Hensena) oraz komórki słuchowe rzęsate (inaczej zmysłowe). Komórki rzęsate dzielą się na wewnętrzne i zewnętrzne. To właśnie ruch błony podstawnej spowodowany ruchem płynów powoduje, że komórki słuchowe stykają się swoimi rzęskami z błoną nakrywkową, wskutek czego dochodzi otwarcia kanałów jonowych szczytowej części komórek rzęsatych i depolaryzacji całej komórki zewnętrznej w wyniku przepływu jonów potasu i sodu. Powstały potencjał aktywny wysyłany jest do dendrytów nerwu słuchowego, leżącego u podstawy każdej komórki słuchowej. Rozpoczyna się pierwszy neuron drogi słuchowej. Kolejny, drugi neuron drogi słuchowej obejmuje jądro ślimakowe brzuszne i grzbietowe. Następnie kompleks jąder oliwki górnej, jądro wstęgi bocznej, jądro wzgóрка dolnego w śródmózgowiu. To właśnie jądra ślimakowe, oliwka górna, jądra wstęgi bocznej i wzgórek dolny blaszki czworaczej są anatomicznym podłożem odpowiedzi z pnia mózgu. Zespół oliwki górnej jest początkiem skrzyżowania odpowiedzi na bodziec akustyczny z obu uszu. Czwarty neuron drogi słuchowej to położone w międzymózgowiu jądro ciała kolankowatego przyśrodkowego.

Ten etap zwany ośrodkiem podkorowym słuchu kończy drogę słuchową u człowieka. (1), (2), (3), (4), (5), (6).

2.2. Proces obuusznego słyszenia

Proces obuusznego słyszenia już w XVIII wieku był przedmiotem badań. Wcześniej ówczesni naukowcy zainteresowali się zmysłem wzroku. Powstał szereg doświadczeń mających na celu wytłumaczenie zachodzących zjawisk. W 1792 roku Wells zwrócił uwagę na połączenie teorii obuocznego widzenia ze zmysłem słuchu, z obuusznym słyszeniem.

Na podstawie eksperymentu dotyczącego postrzegania barw wywnioskował, że gdyby stymulowano każde ucho oddzielnie innym dźwiękiem, powstałoby wrażenie

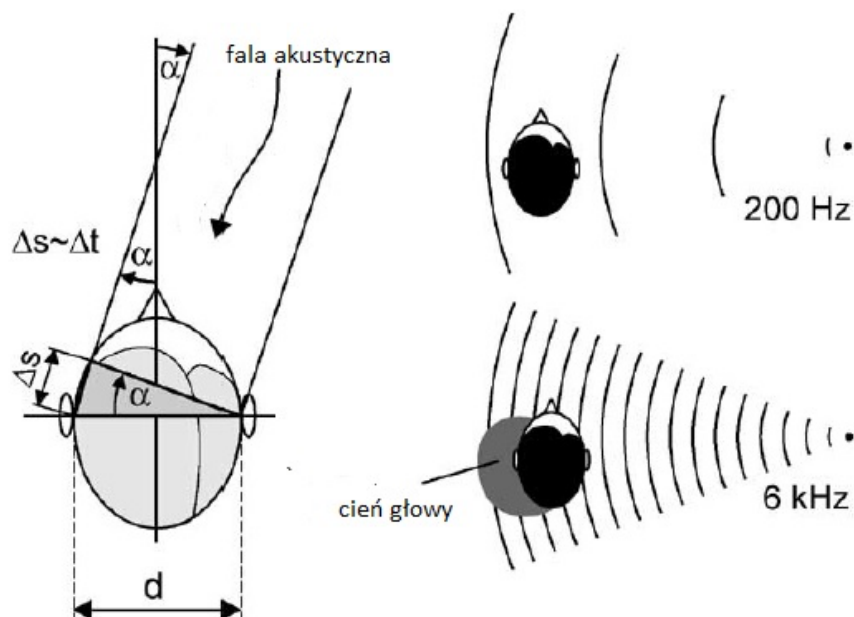
słuchowe będące wypadkową dwóch odrębnych stymulacji. Podniósł on kwestię powstającego w nerwach słuchowych wrażenia słuchowego. Później Venturi zwrócił uwagę, że różnice w postrzeganiu wrażenia lewym i prawym uchem pomagają zlokalizować źródło dźwięku. Przeprowadzał on eksperyment, gdzie słuchacz musiał wskazać palcem źródło dźwięku. Eksperyment powtarzano z zamaskowanym jednym uchem oraz bez maskowania (7). Dalsza debata naukowców dotyczyła oceny odległości źródła dźwięku oraz zjawiska przestrzenności dźwięku. Zastanawiano się również nad percepcją dźwięków złożonych.

Układ słuchowy przystosowany jest do przyjmowania dużej liczby dźwięków w jednym czasie. Z otaczającego tła akustycznego wykorzystuje wiele informacji, tak aby prawidłowo funkcjonować w przestrzeni. Postrzegane parametry akustyczne dźwięku pozwalają na ocenę kierunkowości źródła dźwięku, jak i jego odległości. Aby maksymalnie wykorzystać otaczający nadmiar informacji układ słuchowy wyspecjalizował się w określaniu różnic pomiędzy dźwiękami dochodzącymi osobno do lewego i prawego ucha. Słyszenie obuuszne (inaczej binauralne) pozwala na określenie kierunku źródła dźwięku, na lepsze rozumienie mowy w hałasie.

Zdolność lokalizowania źródła dźwięku związana jest z porównaniem dźwięków docierających do obydwu uszu. Mają na to wpływ dwa główne czynniki: międzyuszna różnica czasu (*ang.* Interaural Time Difference) oraz międzyuszna różnica poziomów natężenia (*ang.* Interaural Level Difference).

Dźwięk, który dociera do słuchacza, trafia najpierw do ucha, które znajduje się bliżej źródła dźwięku, a dopiero po pewnym czasie do drugiego ucha słuchacza. Te drobne różnice określają wartość międzyusznej różnicy czasu. Dla tonów porównaniu podlega również różnica faz. Jednak odróżnienie kolejności pojawienia się fali dźwiękowej przy małżowinach usznych jest możliwe tylko dla niskich częstotliwości, gdzie długość fali akustycznej jest wystarczająco długa.

Natomiast przy międzyusznej różnicy natężenia, największy wpływ ma cień głowy. To właśnie głowa słuchacza jest przeszkodą dla dźwięku. Fala dźwiękowa natrafia na przeszkodę i wyższe częstotliwości (powyżej 1,5 kHz) ulegają tłumieniu, co wynika ze zjawiska dyfrakcji. Zmienia to natężenie docierającego sygnału. Jeżeli mamy do czynienia z dźwiękiem złożonym, wpłynie to na widmo sygnału. Niższe częstotliwości ulegają zjawisku dyfrakcji, stąd nie będą podlegały zasadzie różnicy poziomów natężenia (8) (9) (1) (2) (10).



Ryc. 2. Graficzne przedstawienie różnicy faz oraz międzyuszej różnicy czasu i międzyuszej różnicy natężenia

2.3. Asymetria słuchowa w badaniach audiologicznych

Wykonanie wiarygodnego i rzetelnego badania słuchu jest jednym z najważniejszych celów każdego ośrodka audiologicznego. Wiele artykułów naukowych poświęcono udoskonalaniu procedur, które wykorzystywane są przy każdym badaniu.

Podstawową kwestią dla osoby wykonującej badanie jest uwzględnienie ewentualnego przesłuchu. Możliwość występowania asymetrii, od lekkiego niedosłuchu do głuchoty jednostronnej, w badaniach słuchu powinna być zawsze brana pod uwagę.

Stąd też w wielu badaniach stosowane jest maskowanie, czyli wprowadzenie do badania dodatkowego dźwięku – szumu o odpowiednim natężeniu i strukturze akustycznej do ucha niebadanego.

Możemy zaobserwować dwie możliwe drogi przesłuchu. Dźwięk emitowany przez słuchawki może dotrzeć do ucha niebadanego drogą powietrzną oraz drogą kostną. W słuchawkach nausznych podczas przeprowadzania badania słuchu membrana głośnika jest wprowadzona w drgania, tak aby wygenerować dźwięk. Drgania te przenoszone są zarówno na przetwornik, ale również pobudzają do drgań kości czaszki. Mówimy wówczas o pośrednim przewodnictwie kostnym.

Fenomen słyszenia na drodze przewodnictwa kostnego badał już w roku 1932 Von Bekesy. Przeprowadził on eksperyment, podczas którego chciał sprawdzić czy można usłyszeć dźwięk poprzez drgania kości czaszki oraz czy wrażenie dźwiękowe powstałe w ten sposób będzie równoważne z wrażeniem dźwiękowym powstałym na skutek stymulacji dźwiękiem drogą powietrzną. W tym celu umieścił na szczycie czaszki

pacjenta słuchawkę kostną, która generowała ton o częstotliwości 400 Hz. Następnie włączył ton o takiej samej częstotliwości poprzez słuchawki powietrzne nauszne bezpośrednio przy obydwu kanałach słuchowych. Natężenie tonów podawanych słuchawkami nausznymi zwiększał, tak aby sprawdzić możliwość zamaskowania tonu testowego (przewodnictwo kostne).

Na podstawie tego doświadczenia Von Bekesy doszedł do konkluzji, że droga transmisji przewodnictwa powietrznego (*ang.* air conduction, AC) i przewodnictwa kostnego (*ang.* bone conduction, BC) jest różna, a końcowy efekt stymulacji ucha wewnętrznego jest taki sam. Stwierdził on, że w obu przypadkach na błonie podstawnej zachodzą dokładnie takie same procesy.

To przełomowe podejście do przewodnictwa kostnego rozpoczęło szereg różnych badań dotyczących drgań czaszki (11).

W późniejszych latach zwrócono również uwagę na tkanki miękkie, które mogą być dodatkową drogą dla dźwięku.

Powstały trzy teorie odnośnie rozpropagowywania się dźwięku na drodze kostnej w kości czaszki: pierwsza - kompresyjna BC (compressional), druga - inercyjna BC (inertial) i trzecia - układ chrzęstno-kostny błony bębenkowej i układu kosteczek BC (osseotympanic).

Pierwsza teoria polega na ciągłym procesie kompresji i rozszerzania się struktury kostnej ucha wewnętrznego przenoszonych bezpośrednio poprzez drgania kości czaszki. Druga odnosi się do ruchu układu kosteczek słuchowych jako konsekwencji wibracji kości czaszki, spowodowanej różnymi częstotliwościami rezonansowymi pomiędzy nimi. Trzecia teoria opisuje przenoszenie dźwięku nie tylko poprzez drgania kości czaszki, ale również tkanki chrzęstno-kostne do przewodu słuchowego zewnętrznego i stamtąd do błony bębenkowej i dalej normalną, tradycyjną drogą słuchową (12).

Dodatkowym komponentem wzmacniającym wrażenie dźwiękowe będzie zamknięcie przewodu słuchowego zewnętrznego. Przeprowadzane badania audiometryczne zakładają założenie słuchawek nausznych albo wewnątrzusznych. Obydwa rodzaje przetworników powodują zmniejszenie się objętości kanału słuchowego zewnętrznego i powstanie efektu okluzji. Wzmacnia to niskie częstotliwości nawet o 10-20 dB (w zależności od częstotliwości).

Dlatego też stosowanie słuchawek podczas badania wzmacnia trzecią z wymienionych powyżej dróg dla przewodnictwa kostnego.

Ponieważ rozchodzące się wibracje dotyczą różnych struktur o różnych impedancjach oraz częstotliwościach rezonansowych, każda z wyżej wymienionych dróg będzie miała inny wpływ na poszczególne częstotliwości.

Drgania przenoszone bezpośrednio na strukturę kostną ucha wewnętrznego przenoszą częstotliwości do 4 kHz. Wpływ na tak szeroki zakres częstotliwości tłumaczony jest przez wprowadzenie w drgania płynów, które znajdują się w ślimaku.

Bezwładność cieczy jest skutecznym mechanizmem nośnym w procesie propagacji wibracji.

Natomiast w uchu środkowym to bezwładność układu kosteczek słuchowych będzie miała najistotniejszy wpływ. Wprowadzony w drgania cały układ powoduje ruch od błony bębenkowej, do okienka owalnego. Wpływa to znacząco na zakres częstotliwości od około 1,5 kHz do 3 kHz.

Przeprowadzone badania potwierdziły również propagację ciśnienia akustycznego w samej czaszce poprzez połączenie z płynem mózgowo-rdzeniowym i perylimfą. Ten rodzaj przewodzenia ma znaczenie dla niskich częstotliwości aż do 3 kHz.

Mechanika drgań czaszki człowieka zmienia się również w zależności od częstotliwości. Przy niskich częstotliwościach do 0,3-0,4 kHz wykazano, że całość czaszki zachowuje się jak ciało stałe i oscyluje jak jeden element. Dopiero przy częstotliwościach wyższych do 1 kHz czaszka zachowuje się jak system masa-sprężyna. Przy jeszcze wyższych częstotliwościach pojawiają się częstotliwości rezonansowe. Wynika to z podziału czaszki na oddzielne części oscylujące. Większe kości (kość skroniowa i szczękowa) poruszają się w fazie.

Pomimo wszystkich powyższych reguł można również odnotować różnice osobnicze. Zmiany te związane są z różną geometrią i strukturą kostną czaszki, która może występować pomiędzy poszczególnymi osobami (13–15).

U małych dzieci mamy do czynienia nie tylko ze zmienionym rozmiarem czaszki, ale także ze zmienionymi proporcjami i budową twarzoczaszki.

Jedną z największych zmian, które będą dotyczyć propagacji dźwięku są niezarośnięte szwy i ciemiączka. Przy braku ciągłości w pokrywie mózgowczaszki, przewodnictwo kostne jest znacząco utrudnione. Dochodzi do utraty energii przy zmianie środowiska w miejscach przerwy. Cały proces zarastania się ciemiączka powiązany jest z przyrostem obwodu głowy. Przednie ciemiączko zamyka się w wieku od 16-20 miesięcy. Tylne ciemiączko w wieku 3 miesięcy, natomiast szew dzielący kości czołowe zanika w 7. miesiącu życia.

Natomiast kanał słuchowy zewnętrzny, który znacząco wpływa na efekt okluzji, jest w pełni ukształtowany w 9. roku życia. Dopiero po tym okresie objętość kanału słuchowego zewnętrznego osiąga swój właściwy rozmiar oraz stabilizuje się stosunek relacji części chrzęstnej do części kostnej (16).

2.4. Maskowanie w audiometrii tonalnej

W audiometrii tonalnej do maskowania stosowany jest najczęściej szum pasmowy, a częstotliwość środkowa szumu dopasowywana jest do częstotliwości sygnału tonalnego, którym badane jest w danym momencie interesujące nas ucho.

Podczas badania należy uwzględnić, kiedy maskowanie powinno być zastosowane oraz jakie natężenie szumu będzie wystarczające do wykluczenia przesłuchu i odpowiedzi z ucha lepszego.

Maskowanie powinno być zastosowane dla przewodnictwa powietrznego, kiedy różnica między poziomem tonu testowego, a poziomem progu słyszenia ucha przeciwległego przekracza 50 dB (zakres krzywej cieniowej wynosi średnio 50-80 dB). Wartość ta wynika z wielkości progu słyszenia cieniowego, czyli progu słyszenia dźwięku przez ucho niebadane - bez maskowania.

Natomiast badając pacjenta na drodze przewodnictwa kostnego o wiele łatwiej dochodzi do przesłuchu. Mamy tu do czynienia z bezpośrednim przewodnictwem kostnym do obu uszu. Maskowanie powinno być zastosowane dla każdej asymetrii lub przy występowaniu rezerwy ślimakowej.

Istnieją różne metody maskowania w audiometrii tonalnej. Najbardziej popularne są metody Martina oraz Mitkiewicz-Szreniawskiej. Pierwsza z nich zakłada podanie szumu maskującego o 10 dB większego od progu słyszenia ucha niebadanego. Do tej wartości dodawana jest poprawka, która zmienia się wraz z częstotliwością. Dla niższych częstotliwości ma większą wartość, dla wyższych częstotliwości (np. 2 i 4 kHz) tej poprawki już nie ma.

Według metody Mitkiewicz-Szreniawskiej należy wykonać najpierw audiogram bez maskowania, tak aby wykreślić krzywą cieniową dla pacjenta. Wówczas poziom szumu maskującego wyznacza się dodając 10 dB do wyznaczonego progu krzywej cieniowej.

Obydwie metody zakładają sprawdzenie, czy zastosowany poziom szumu jest wystarczający. Po ustaleniu maskowanego progu słyszenia należy trzykrotnie zwiększyć poziom szumu maskującego, tak aby nawet po trzykrotnej zmianie wynik progu ucha badanego nie zmienił się (2) (8).

2.5. Badanie potencjałów słuchowych wywołanych z pnia mózgu (*ang.* Auditory Brainstem Responses, ABR)

Aktywność elektryczna ośrodkowego układu nerwowego już w późnych latach XIX wieku stanowiła przedmiot zainteresowań. Początkowo rejestrowano ją u małp i królików. Jednak już w 1924 roku prof. Hans Berger przez elektroencefalogram (EEG) jako pierwszy zarejestrował na powierzchni głowy u człowieka zmiany napięcia w jego mózgu.

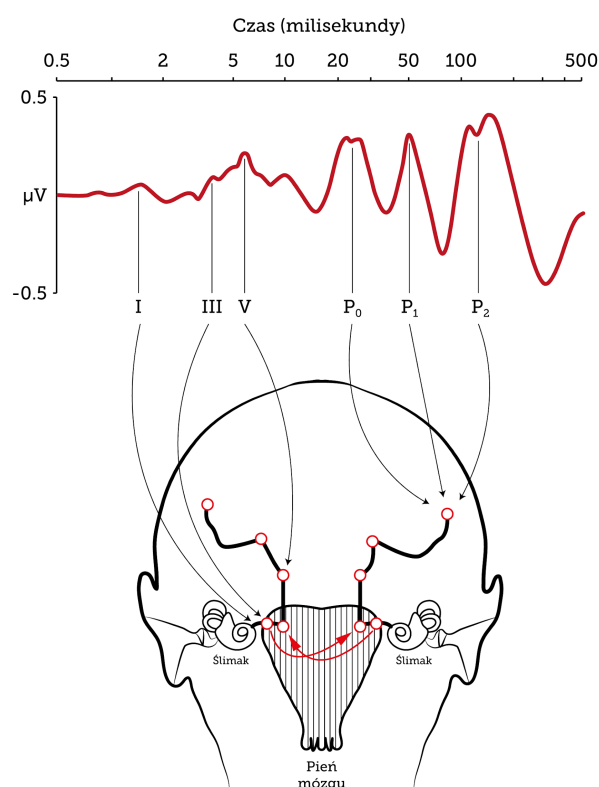
Badanie bioelektryczności metodą elektroencefalografii (EEG) jest zapisem czynności elektrycznej komórek mózgowych. Sygnał rejestrowany jest przy pomocy elektrod umieszczonych na powierzchni głowy badanego.

Kilka lat później, w 1939 roku, małżeństwo Hallowell i Pauline Davis opublikowało pracę, w której po raz pierwszy przedstawiono wyniki badań nad potencjałami

elektrycznymi rejestrowanymi na powierzchni głowy indukowane odpowiednim zewnętrznym bodźcem. Badania te przeprowadzane były na przebudzonych ludziach, a bodźcami były między innymi bodźce słuchowe.

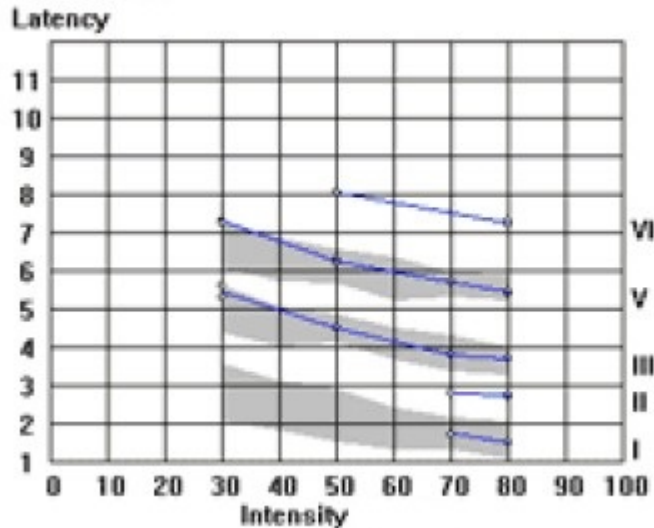
W związku z sytuacją polityczną na świecie, dopiero lata pięćdziesiąte XX wieku przyniosły dalszy rozwój badań. Jednym z pierwszych spostrzeżeń poczynionych po ich wznowieniu była konieczność odseparowania odpowiedzi mózgu na konkretny zastosowany bodziec od jego zwyczajnej aktywności. Ciągła aktywność generowana przez wiele źródeł neuronowych powoduje powstanie swoistego szumu. Odseparowanie pożądanego sygnału od szumu uzyskano dzięki uśrednianiu odpowiedzi na wielokrotnie powtarzające się bodźce. Chwilowe, przypadkowe odpowiedzi w wyniku uśredniania stają się trudniejsze do odczytu, a ich amplituda maleje. Natomiast odpowiedź powtarzalna jest nadal obecna w zapisie. W artykułach naukowych publikowanych w latach pięćdziesiątych XX wieku możemy przeczytać o nowatorskich metodach Dowsona, polegających na wykonaniu zapisów w tych samych warunkach eksperymentalnych, a później nałożeniu wyników na jedno zdjęcie. Obserwowano, czy wychylenie w zapisie następowało przy jednakowym opóźnieniu po bodźcu akustycznym. Ten czasochłonny proces znacznie usprawniło pojawienie się komputerów. Użyto wówczas funkcji uśredniania (17) (18).

Dzięki obserwacji aktywności elektrycznej generowanej przez drogę neuronową zwrócono uwagę na takie parametry, jak: polaryzacja, latencja oraz morfologia zapisu. Polaryzacja związana jest z zarejestrowanym podczas badania napięciem wyrażonym w μV . Bodziec akustyczny powoduje reakcję każdego elementu drogi słuchowej. Na wyższych piętrach układu słuchowego wytwarza się potencjał dodatni (aktywny) i ujemny (spoczynkowy). Właśnie tą różnicę potencjałów możemy zarejestrować podczas wrażenia słuchowego. Pierwsze lata studiów nad badaniami elektrofizjologicznymi pozwoliły na określenie miejsc osadzenia elektrod na skórze głowy, które pozwalają dokonać najlepszej rejestracji wyniku. Jednak nawet przy prawidłowo założonych elektrodach można zauważyć zmienną wartość amplitudy potencjału. Jest ona mierzona jako różnica potencjału dodatniego i ujemnego. Wskazuje na ilość włókien nerwowych aktywnych podczas wyładowania. Bodziec o większym natężeniu będzie powodował wyższą amplitudę fali, a zatem większa liczba włókien będzie aktywowana. Bodziec o natężeniu progowym dla pacjenta będzie w mniejszym stopniu stymulował drogę słuchową. Amplituda fali będzie wtedy mniejsza, a sama fala może być trudniejsza do oznaczenia.



Ryc. 3. Zapis fal audiometrii odpowiedzi elektrycznych (*ang.* electric response audiometry, ERA)

Latencja, inaczej czas utajenia, jest czasem jaki upływa od momentu wygenerowania dźwięku, do momentu pojawienia się reakcji układu słuchowego w konkretnym jego miejscu. Latencja będzie zatem wskazywała miejsce, w którym zaistniała dana aktywność w drodze słuchowej. Ze względu na fakt, że dźwięk pobudza po kolei każdy element drogi słuchowej, poprzez rejestrację czasu pojawienia się wyładowania elektrycznego można określić dokładną lokalizację pobudzenia. Czas pojawienia się potencjału pozwala na sklasyfikowanie odpowiedzi na wczesnolatencyjne, średniolatencyjne i późnolatencyjne. Potencjały wczesne pojawiają się między 1 i 15 ms (po raz pierwszy opisany przez Jewett, 1970), natomiast potencjały o średnim czasie utajenia mają czas 15-50 ms (po raz pierwszy opisany przez Geisler i in., 1958), potencjały późnolatencyjne możemy zarejestrować około 75-300 ms (pierwszy opisane przez Davisa i in., 1939). Osoba badająca będzie zatem zwracała uwagę w jakim momencie czasowym dany potencjał został wytworzony. Innymi słowy, latencja wyrażona w ms związana jest ściśle z danym obszarem ośrodkowego układu nerwowego.



Ryc. 4. Wykres latencji (ms) w funkcji natężenia bodźca (dB nHL)

W badaniu ABR rejestrowane są potencjały słuchowe wywołane z pnia mózgu. Są to potencjały wczesnolatencyjne o krótkim czasie utajenia. Są one nazywane potencjałami egzogennymi, niezależnymi od stanu uwagi pacjenta. Dzięki temu diagnostyka może być wykonywana bez świadomego udziału osoby badanej. Uzyskujemy w ten sposób odpowiedź z siedmiu fal występujących w pniu mózgu, ale również w nerwie słuchowym. Uzyskane fale są charakterystyczne dla reakcji na dany bodziec. Pojawia się zatem stała morfologia zapisu. Badanie powtarza się dla dźwięków o różnych natężeniach. W efekcie uzyskuje się zbiór odpowiedzi od największego do najmniejszego natężenia bodźca stymulującego. Taki zapis nazywany jest szeregiem natężeniowym. Przy opisie szeregu natężeniowego w pierwszej kolejności ocenia się zapis fali V. Jest to fala o największej amplitudzie i najbardziej charakterystycznym kształcie. Badania empiryczne wskazują, że próg słyszenia pacjenta pokrywa się z progiem najmniejszej amplitudy fali V. Jednak ważne jest również oznaczenie fali I i III. Relacje pomiędzy tymi falami stanowią ważny element w diagnostyce na przykład guza kąta mostowo-mózdkowego.

Uważa się, że fala pierwsza pochodzi z części dystalnej nerwu słuchowego, fala III z jądra ślimakowego oraz częściowo zespołu oliwki górnej, fala V z jądra wstęgi bocznej oraz częściowo wzgórka dolnego blaszki czworaczej. Relacje pomiędzy odpowiedziami fal I, III i V pokazują zatem, czy pobudzenie dźwiękiem przebiega w prawidłowy sposób na konkretnych piętrach drogi słuchowej.

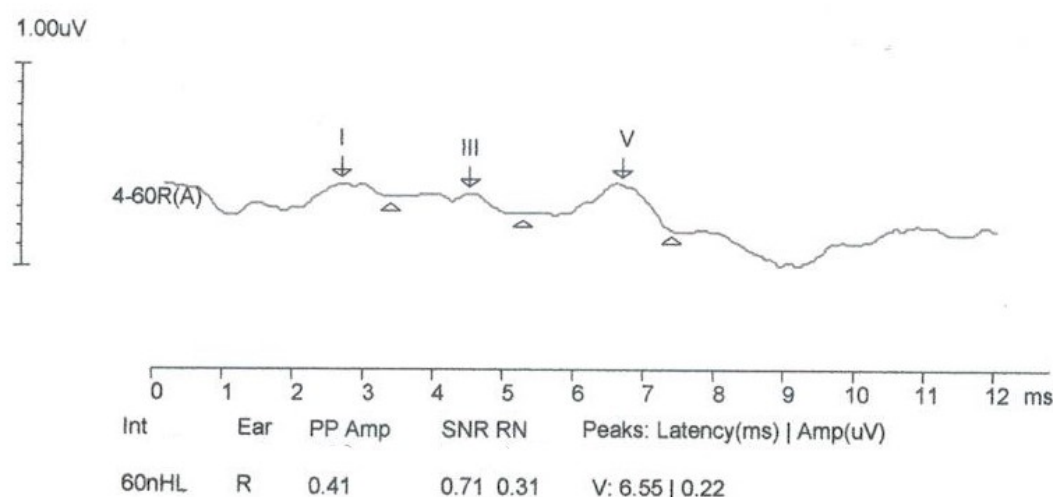
Wpływ na zapis fali będzie miał zatem szereg czynników, takich jak: rodzaj bodźca, jego natężenie, czas trwania oraz zastosowane filtry.

Odpowiedź jaką możemy uzyskać przy progu słyszenia ma małą amplitudę. Fala V w takim przypadku jest znacznie niższa od fizjologicznego szumu tła (*ang.* residual noise,

RN). Dane zbierane przez elektrody są zatem sumą wszystkich aktywności ze strony pnia mózgu. Ten swoisty szum oznacza aktywność neuronalną niezależną od podawanych z zewnątrz bodźców.

Obserwacja zmiany zapisu fal podczas rejestracji danych jest łatwiejsza przy niskich wartościach amplitudy szumu tła. Ocena reakcji - lub też braku reakcji - na dźwięk wymaga odpowiedniego stosunku sygnału do szumu (*ang.* signal to noise ratio, SNR).

Zwiększenie amplitudy odpowiedzi pnia mózgu na bodziec dźwiękowy (czyli fali V) przy jednoczesnym zmniejszeniu amplitudy szumu resztkowego uzyskuje się poprzez zwiększenie liczby uśrednień. A zatem jest to kontynuacja spostrzeżeń odkrytych już w latach pięćdziesiątych XX wieku, wspomnianych wcześniej. Oprócz uśrednień, stosowane jest dodatkowe zabezpieczenie przed nagłymi zwiększonymi amplitudami szumu resztkowego. Takie nieoczekiwane i silne zakłócenia występują na przykład przy nagłym poruszeniu się pacjenta. Pojawia się wówczas nagły sygnał o dużej amplitudzie. Pojawiające się nieregularne duże amplitudy zebrane podczas akwizycji są odrzucane i nie wchodzi w zakres uśrednionych pozostałych odpowiedzi (rycina 5).



Ryc. 5. Zapis odpowiedzi z pnia mózgu z zaznaczonymi falami I, III, V

Po ukończonym procesie uśredniania otrzymujemy nieregularną krzywą z dużą liczbą odchyłeń. Sygnałem będzie ta fala, która przy każdym uśrednieniu zachowywała podobny czas pojawienia się oraz podobną amplitudę. Szumem natomiast jest chwilowe wychylenie, zmienne przy każdym kolejnym odczycie. W całej pojedynczej krzywej w szeregu natężeniowym można określić maksymalne i minimalne wychylenia, niezależnie od występowania czy też braku fali V. Ten parametr określany jest jako Peak-to-Peak Amplitude (PP Ampl.) mierzony w μV .

Poszczególne akwizycje przetwarzane są przez dwa bufor (A i B). Określając szum resztkowy, uzyskujemy różnicę pomiędzy tymi buforami:

$$RN = A - B$$

Określenie szumu resztkowego pozwala na obliczenie stosunku sygnału do szumu.

$$SNR = (A + B) / (A - B)$$

Oznacza to, że bardzo duże różnice pomiędzy poszczególnymi zapisami akwizycji w obydwu buforach, będą świadczyły o dużej liczbie zakłóceń. Natomiast stały zapis będzie powodował wysoką wartość SNR.

Analizując i porównując wyniki różnych metod diagnostycznych słuchu należy zwrócić uwagę na jednostki użyte w badaniach: w audiometrii tonalnej dB HL (*ang.* hearing level, HL) oraz w badaniach ABR - dB nHL (*ang.* normal hearing level, nHL).

Skala dB HL odnosi się do progu słuchu wyznaczonego tonami w audiometrii tonalnej. Oznacza to, że wartość 0 dB HL jest wyznaczonym średnim progiem słyszenia u zdrowych młodych osób. Zapewnia to jednolitą wartość progów tonu w całym zakresie częstotliwości (19) (20) (21) (22) (2) (23).

Poziomy bodźców w badaniu ABR skalowane są w dB nHL. Skala dB nHL odzwierciedla koncepcję dB HL, jednak dla każdego bodźca próg słyszenia jest wyznaczony oddzielnie. Spowodowane jest to wpływem długości trwania bodźca na zjawisko czasowej integracji, obecne w układzie słuchowym. Inny próg słyszenia uzyskamy badając sygnałem tonalnym trwającym 2-3 sekundy (w audiometrii tonalnej), a inny badając impulsowym sygnałem stosowanym w badaniu ABR, np. bodziec typu Click. Różnice pomiędzy poszczególnymi sygnałami używanymi w badaniu ABR powodują, że każdy sygnał musi być skalibrowany osobno.

W sygnałach zmieniają się nie tylko czas trwania sygnału, ale również czas narastania i zaniku.

Wartości korekty zmieniać się będą również w zależności od użytego przetwornika. Tak wiele zmiennych opisujących dany bodziec powoduje, że u różnych producentów sprzętów, wartości korekty będą różne. Wyznaczenie progu słyszenia w badaniu ABR uzależnione jest od rodzaju bodźca (24) (25) (26).

2.6. Bodźce stosowane w badaniu ABR

Głównym celem badania ABR jest określenie progu słyszenia pacjenta. W zależności od zastosowanego bodźca w badaniu, możemy uzyskać odpowiedź z zakresu różnych częstotliwości. W ten sposób, dobierając odpowiednie parametry sygnału możemy zrekonstruować audiogram pacjenta.

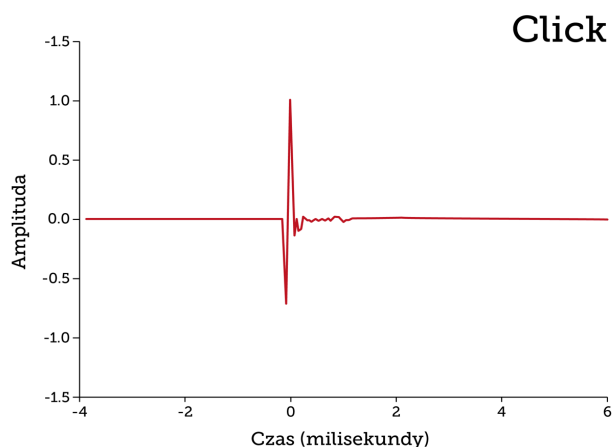
Na przestrzeni wielu lat próbowano udoskonalić parametry bodźców użytych przy pomiarach odpowiedzi z pnia mózgu. Stosowano nie tylko dźwięki o różnych częstotliwościach, ale również o różnych czasach trwania, odmiennych widmach oraz

fazie. Powstała potrzeba stworzenia takiej procedury badania, która obejmowałaby odpowiedzi z pnia mózgu zarówno dla wysokich, jak i niskich częstotliwości. Tonotopowość ślimaka wskazuje na duże znaczenie częstotliwości bodźca wywołującego wrażenie słuchowe, jednak nie tylko ona istotnie wpływa na zakres odpowiedzi. Skrócenie czasu trwania sygnału poszerza zakres częstotliwościowy odpowiedzi. Pobudzany jest zatem szerszy zakres włókien nerwowych, przez co odpowiedź układu słuchowego staje się łatwiejsza do uzyskania, jest czystsza w zapisie. Uzyskany wynik wyraźnie wskazuje na istnienie fali V w pniu mózgu, jednak odbywa się to kosztem poszerzenia zakresu częstotliwości, dla której wynik uzyskujemy. Alternatywnie, aby uzyskać odpowiedzi dla konkretnego, wąskiego pasma częstotliwości, bodziec akustyczny musi mieć zwiększony czas trwania. Możemy wówczas uzyskać odpowiedź trudniejszą do odczytania, jednak reprezentującą konkretną wybraną częstotliwość.

Krótkotrwałe sygnały tonalne o szybkim czasie narastania i zaniku powodują skoncentrowanie energii wokół konkretnego miejsca błony podstawnej. Ich wykorzystywanie w badaniu ABR ma w literaturze przedmiotu zarówno zwolenników, jak i przeciwników. W związku z powstałą dyskusją, na rynku zaczęły pojawiać się kolejne propozycje sygnałów stosowanych przy badaniu ABR.

2.6.1. Sygnał click

Sygnałem, który od wielu lat jest najczęściej stosowany, jest trzask (*ang.* click). Badania Jerger i Mauldin, 1978; Gorga i in., 1985; van der Drift i in., 1987 jako pierwsze wskazywały na dużą wiarygodność uzyskanych przy jego użyciu odpowiedzi. Jest to bodziec szerokopasmowy, impulsowy.



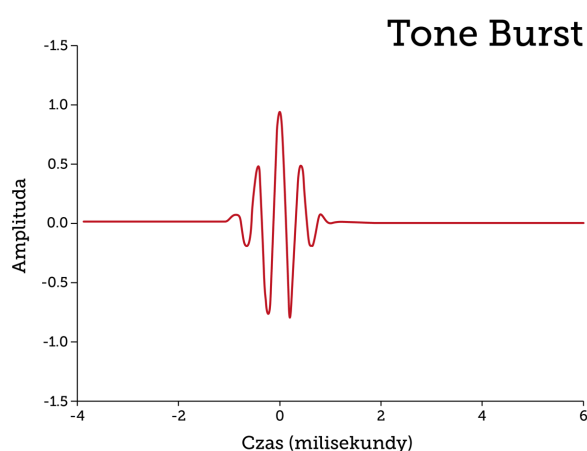
Ryc. 6. Schemat czasowy sygnału click

Błona podstawna jest w całości stymulowana podczas pobudzania tego typu sygnałem. Jednak trzask w pierwszej kolejności pobudza rejon podstawy ślimaka, w miarę upływu czasu pobudzenie dociera na dalsze rejony błony podstawnej. Chociaż

możemy odnotować reakcję całej błony, to jednak maksimum jej wychylenia będzie kształtowało się w rejonie odpowiedzialnym za odbiór wysokiej częstotliwości. Oznacza to, że pomimo że bodziec składa się z wielu składowych, kształt fali ABR jest odzwierciedleniem głównie częstotliwości z zakresu 2-4 kHz.

Uzyskana duża amplituda fali V związana jest z silną reakcją układu słuchowego na bodziec o szybkim czasie narastania oraz zaniku. To właśnie impulsowy charakter sygnału click powoduje synchronizację wyładowań impulsów nerwowych w jednakowym czasie (2) (27) (28) (29) (30).

2.6.2. Sygnał tone-burst



Ryc. 7. Schemat czasowy sygnału tone burst

Odzwierciedlenie audiogramu pacjenta z różnych zakresów częstotliwości wymaga zastosowania w badaniu dźwięków tonalnych również o niskich częstotliwościach. Powoduje to szereg problemów w uzyskaniu wyraźnej odpowiedzi, a zatem w interpretacji wyników badań. Jedną z głównych cech sygnału click jest szerokopasmowość tego sygnału. Uzyskanie odpowiedzi z węższego pasma częstotliwości, tak aby określić wartość progu słyszenia dla konkretnej częstotliwości powoduje zmianę parametrów dźwięku. Sygnały tonalne używane w badaniu mają dłuższy czas trwania. Jest to kompromis pomiędzy odpowiedzią dla konkretnego rejonu częstotliwości a możliwością uzyskania czytelnego zapisu morfologii fali. Zmiana czasu trwania bodźca wpływa na stopień synchronizacji odpowiedzi z pojedynczych włókien nerwu słuchowego. Zapis fali V nie jest już tak charakterystyczny i łatwy do odczytu. Związane jest to z tym, że nie mamy już do czynienia z sygnałem impulsowym.

W sygnale tone burst mamy do czynienia z pewnym czasem narastania i zaniku generowanego dźwięku. Czas narastania informuje nas o czasie w jakim amplituda bodźca zmienia się od wartości zero do wartości maksymalnej; odwrotnie do czasu zaniku, gdzie interesuje nas czas zmiany amplitudy od wartości maksymalnej do zera.

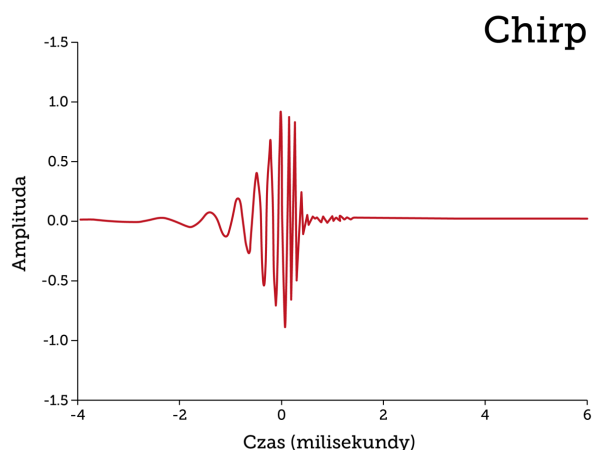
Konieczność zachowania krótkich czasów narastania i zaniku implikuje potrzebę zastosowania odpowiedniego okna czasowego. Kształt tego okna będzie zmieniał sposób pobrania próbki sygnału. W badaniach ABR stosuje się różnego rodzaju filtry, jednak najczęściej stosowanym w badaniu niskich i średnich częstotliwości jest okno Blackmana.

Pierwsze używane filtry były filtrami liniowymi, dochodziło wówczas do tzw. wycieku widma. Filtr taki zniekształca widmo sygnału powodując rozpraszanie się energii w inny zakres częstotliwości. Okno Blackmana eliminuje ten problem poprzez odfiltrowanie nowo powstałych składowych nazywanych listkami bocznymi (31) (32) (33) (34) (35) (22) (36).

2.6.3. Sygnał chirp

W szerokopasmowych sygnałach typu click największym problemem jest uzyskanie odpowiedzi z zakresu zakreśtu szczytowego ślimaka. Wędrująca fala pobudza najpierw zakres podstawny, natomiast odpowiedź z dalszych rejonów jest opóźniona i rozproszona. To rozproszenie odpowiedzi w czasie powoduje desynchronizację odpowiedzi. Zmienia to zakres częstotliwościowy uzyskanego wyniku, ale również zmniejsza szanse na uzyskanie odpowiedzi przy bodźcach o mniejszym natężeniu, okołoprogowych.

W latach osiemdziesiątych XX wieku zastosowano nowe podejście do próby pobudzania szerszego zakresu włókien nerwowych w jednym czasie. Posłużono się sygnałem chirp, który ma za zadanie kompensować opóźnienia spowodowane wędrującą falą na błonie podstawnej. Skonstruowano go w ten sposób, że niskoczęstotliwościowe składowe sygnału emitowane są jako pierwsze, a w miarę wzrostu częstotliwości zwiększa się opóźnienie emisji dźwięku. W ten sposób pobudzenie błony podstawnej poprzez różne częstotliwości następuje w jednym czasie. Innymi słowy, sygnał o niższej częstotliwości generowany jest wcześniej, tak aby pobudzenie błony podstawnej zdążyło dotrzeć w najdalsze jej rejony. Następne częstotliwości generowane są kolejno po sobie. W tym samym momencie uzyskuje się pobudzenie błony podstawnej na każdym jej etapie.



Ryc. 8. Schemat czasowy sygnału chirp

Pomimo dużych różnic pomiędzy sygnałami click oraz chirp, obydwa mają takie samo widmo amplitudowe. Oznacza to, że sygnały te przedstawiają porównywalny zakres częstotliwości.

Jednak modulacja jakiej poddany jest sygnał chirp powoduje zmianę w widmie fazy. Wynika to głównie ze zmiany sztywności błony podstawnej. To właśnie zmiana prędkości fazowej poszczególnych częstotliwości powoduje opóźnienie czasowe w pobudzeniu błony podstawnej przez niską częstotliwość.

Pierwsze doniesienia odnośnie wykorzystania nowego sygnału zainicjowały szereg badań nad strukturą chirp. Chirp jest sygnałem zmodulowanym; częstotliwością nośną jest liniowa zmiana w czasie. W związku z wykorzystaniem tego typu modulacji w audiologii powstało zasadnicze pytanie o to, w jaki sposób obliczyć odpowiednie opóźnienie czasowe, tak, aby było ono adekwatne do zmian następujących w ślimaku.

Dau (2000) i Wagner i Dau (2002) zaproponowali sygnał m-chirp zaprojektowany na podstawie liniowego modelu ślimaka (de Boer 1980), w którym wartości poszczególnych opóźnień obliczono jako odwrotność opóźnienia charakterystyki częstotliwościowej. Model de Boer'a powstał na podstawie obserwacji eksperymentalnej prowadzonej przez von Békésy'ego (1960). Von Békésy mierzył wychylenia błony podstawnej za pomocą mikroskopu. Aby uzyskać wyraźne zmiany w uchu wewnętrznym, wykorzystywał bodźce o bardzo silnym natężeniu (120-140 dB SPL). Takie założenia nie uwzględniają nieliniowości funkcjonalnej ucha wewnętrznego. Reakcje na bodźce o niższym natężeniu będą znacząco różnić się od reakcji na dźwięk o natężeniu tak silnym jak np. 120 dB SPL.

Inną koncepcję sygnału chirp przedstawili Shera i Guinan (2000, 2003). Model sygnału O-Chirp powstał na podstawie obserwacji opóźnień odpowiedzi otoemisji akustycznej. Badania wykonano wykorzystując otoemisję akustyczną wywołaną sygnałem o konkretnej częstotliwości (*ang.* stimulus-frequency otoacoustic emissions, SFOAE), dzięki czemu uzyskano odpowiedź tonotopową ucha wewnętrznego dla całej

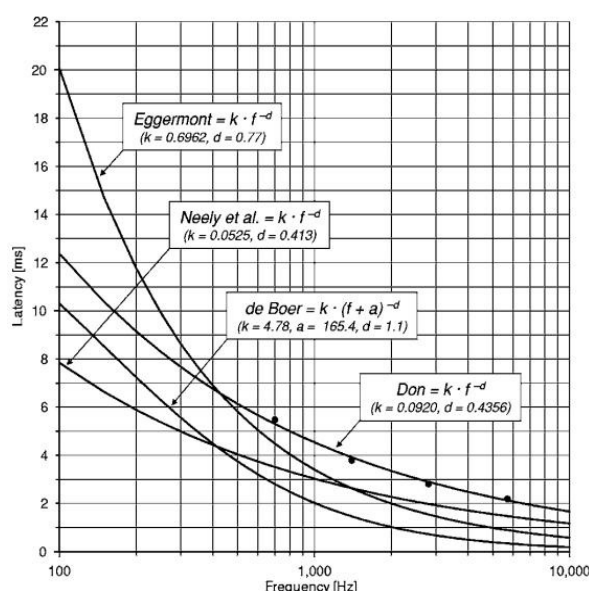
blony podstawnej, dla poziomu 40 dB SPL. Zakłada się, że przy małych natężeniach bodźca następują nieznaczne przesunięcia fazowe w reakcji błony podstawnej. Stąd też bodziec M-Chirp oraz O-chirp będą nieznacznie się od siebie różnić.

Neely i in. (1988) w swoim podejściu do opóźnień czasowych w sygnale A-chirp wykorzystali wyniki badania ABR wywołanego bodźcem tone burst. Uzyskano szerokie spektrum odpowiedzi dla różnych poziomów bodźca stymulującego. Opóźnienia fali V Neely opisał, że zależne są nie tylko od poziomu bodźca stymulującego oraz jego częstotliwości, ale także od komponentów neuronalnych wyładowań i mechanicznych propagacji fali w ślimaku.

Do wygenerowania szerokopasmowego iChirp zastosowano model ślimakowy de Boera. Wygenerowano również wąskopasmowe bodźce iChirp, biorąc pod uwagę te same zależności. Każdy region częstotliwości aproksymowano funkcją liniową i rozszerzano, aby umożliwić lepszą specyfikację częstotliwości.

Szerokopasmowy sygnał iChirp został tak skalibrowany, aby uzyskać taki sam szczytowy poziom natężenia dB SPL, co sygnał click.

W narrow band (NB) iChirp stymulowane jest wąskie pasmo częstotliwości. Pozwala to na uzyskanie odpowiedzi z szerszego zakresu błony podstawnej niż stymulując sygnałem tonalnym. Uzyskana jest odpowiedź z większej ilości włókien nerwowych, co poprawia morfologię fali V, a jednocześnie wygenerowana odpowiedź jest nadal specyficzna częstotliwościowo. Dodatkową zmianą jest inny czas trwania sygnału. Sygnały o niższej częstotliwości mają dłuższy czas trwania, natomiast sygnały o wyższej częstotliwości mają krótszy czas trwania (37) (38) (39) (36).



Ryc. 9. Cztery różne modele opóźnienia ślimaka wyodrębnione z wąskopasmowego ACAP z (Eggermont, 1979), ton-burst ABR z (Neely i in., 1988), wąskopasmowy ABR (Don, Kwong i Tanaka, 2005) oraz model ślimakowy (de Boer, 1980). Przedrukowano z Elberling i in. (2007)

2.7. Maskowanie w badaniu ABR

Badania potencjałów słuchowych z pnia mózgu pozwalają nie tylko na określenie progu słyszenia pacjenta. Kliniczne zastosowanie odpowiedzi elektrycznych z pnia mózgu jest szerokie. Ocena pojawienia się poszczególnych fal zawiera informację o jej amplitudzie, morfologii oraz czasie utajenia, czyli latencji. Należy być zatem bardzo uważnym przy wykonywaniu badania, ponieważ w przypadku występowania przesłuchu możemy interpretować fałszywie zarejestrowane fale. Przy pobudzeniu ucha niebadanego w szeregu natężeniowym zauważymy falę V o zmienionym progu jej detekcji oraz o zmienionej latencji. Te nieprawidłowe, fałszywe wyniki mogą doprowadzić do błędnej interpretacji badania, ponieważ zmiana latencji pojawienia się poszczególnych fal może świadczyć na przykład o zmianach neurologicznych lub o zaburzeniu o charakterze przewodzeniowym. Dlatego należy zachować ostrożność, ponieważ przy jednostronnym ubytku słuchu lub też jednostronnej głuchocie możemy fałszywie zarejestrować falę V z ucha niebadanego, lepiej słyszącego. Jeżeli natężenie dźwięku stymulującego jest wystarczająco silne, może dojść do pobudzenia drogi słuchowej ucha przeciwnego. Uzyskana wówczas odpowiedź będzie świadczyła o istniejącym przesłuchu. W takim przypadku należy zastosować maskowanie ucha lepiej słyszącego. Ważne jest zatem w określaniu procedur badań ABR, aby uwzględnić ewentualną możliwość jednostronnej głuchoty pacjenta. Tłumienie międzyszne (*ang.* interaural attenuation, IA) wskazuje na wartość natężenia bodźca, powyżej którego dźwięk jest w stanie stymulować również ucho przeciwnie (40) (41). Wartość tłumienia międzysznego (IA) będzie się zmieniać w zależności od użytego przetwornika oraz badanej częstotliwości (42). Inne wartości przesłuchu są notowane dla badanego przewodnictwa kostnego, a inne dla przewodnictwa powietrznego (tabela 1). Podobnie jak w maskowaniu audiometrii tonalnej, również w badaniu potencjałów słuchowych z pnia mózgu przy zastosowaniu niższej częstotliwości szybciej dochodzi do stymulacji dźwiękiem ucha przeciwnego.

Tabela 1. Wartości przesłuchu międzysznego w badaniu ABR przy zastosowaniu różnych przetworników (G_Lightfoot)

Bodziec	Słuchawki nauszne (TDH)	Słuchawki wewnętrzne (ER-3A)	Przewodnictwo kostne
Click	48 dB	55 dB	0 dB
4 kHz	52 dB	64 dB	0 dB
2 kHz	45 dB	54 dB	0 dB
1 kHz	47 dB	56 dB	0 dB
500 Hz	45 dB	50 dB	0 dB

Badając osobę, u której wykonano audiogram, można oszacować wartość przesłuchu, do którego może dojść podczas badania. Badając niemowlęta, a zatem pacjenta u którego nie ma możliwości przeprowadzenia badań subiektywnych, istotna

będzie możliwość rozpoznania jednostronnej głuchoty, lub też jednostronnego niedosłuchu.

Jeżeli jednak badanie wykonywane jest na pacjencie, którego próg słyszenia w przeciwnym uchu pozostaje nieznany, należy założyć, że wynosi on 0 dB HL.

Wartość szumu maskującego w większości przypadków jest sugerowana przez producentów sprzętu do badań ABR. Duża część firm zaleca stosowanie szumu maskującego o poziomie 30 dB mniejszym niż prezentowany dźwięk. Jest to wartość, która uwzględnia tłumienie międzyuszne, dlatego jest powszechnie stosowana w wielu ośrodkach badających potencjały z pnia mózgu (43) (44) (45) (46) (47) (48) (49).

Badanie potencjałów słuchowych z pnia mózgu jest podstawowym elementem diagnostyki niemowląt, małych dzieci i osób niewspółpracujących. Najważniejszą jego zaletą jest możliwość określenia głębokości niedosłuchu. Pojawiające się propozycje zmian w procedurze badania mają na celu usprawnienie całego procesu badawczego przy jednoczesnym zachowaniu wiarygodności wyniku.

Pojawiające się wątpliwości dotyczą zgodności wyniku badania ABR z progiem słuchu pacjenta, przy zastosowaniu różnych bodźców o zmienionych parametrach akustycznych i odmiennych częstotliwościach. Dlatego ważnym aspektem jest prawidłowe zastosowanie maskowania, tak aby nie dopuścić do przesłuchu, a co za tym idzie do postawienia fałszywego rozpoznania rodzaju i głębokości ubytku słuchu.

3. Cel pracy

- 1) Ocena wpływu bodźców o odmiennej strukturze akustycznej: Click, Tone Burst500, ToneBurst1000, BbiChirp, iChirp500, iChirp1000, na spójność estymacji progu słuchu metodą ABR i audiometrią tonalną w odniesieniu do wyniku badań uszu z normą słuchową oraz ubytkiem słuchu.
- 2) Przeprowadzenie walidacji zapisu ABR uzyskanego dla bodźców o różnej strukturze akustycznej stosowanych w ocenie słuchu prawidłowego i niedosłuchu.
- 3) Ocena wpływu wybranych cech pacjenta z jednostronnym niedosłuchem (płeć, wiek pacjenta, wiek wystąpienia niedosłuchu, typ i głębokość niedosłuchu, strona występowania niedosłuchu) na zmienność parametrów zapisu ABR w analizie bodźców akustycznych: Click, Tone Burst500, ToneBurst1000, BbiChirp, iChirp500, iChirp1000.
- 4) Celem szczegółowym jest rozpoznanie w jednostronnych ubytkach słuchu rejestracji zapisów „cieniowych” wynikających z przesłuchu międzyusznego.

4. Materiał badań

Badania słuchu zostały wykonane w latach 2019-2020 w Katedrze i Klinice Foniatrii i Audiologii Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu oraz w Poradni Audiologicznej i Foniatrycznej KIND Poznań. Spośród przebadanych 1500 pacjentów z asymetrią słuchu wyłoniono grupę 76 osób, które spełniały kryteria doboru, stanowili oni grupę badaną.

Dobór próby badanej podyktowany był następującymi kryteriami:

- występowanie jednostronnego niedosłuchu,
- brak chorób współtowarzyszących, uniemożliwiających wykonanie pacjentowi audiometrii tonalnej

Badana grupa składała się z 49 kobiet i 27 mężczyzn w wieku od 5 do 78 lat. U wszystkich pacjentów rozpoznano jednostronny ubytek słuchu o różnych stopniach głębokości oraz różnych typach niedosłuchu. Dla 43 pacjentów normę słuchową odnotowano po stronie ucha prawego, natomiast w 33 przypadkach po stronie ucha lewego. Włączono pacjentów z rozpoznaniem normy słuchowej w jednym uchu (średni próg słuchu w zakresie od 0 do 25 dB HL). Głębokość ubytku słuchu w drugim uchu kształtowała się następująco: 8 chorych w stopniu lekkim, 25 pacjentów w stopniu umiarkowanym, 10 pacjentów w stopniu znacznym oraz 33 pacjentów z ubytkiem w stopniu głębokim.

W całej grupie odnotowano 11 przypadków jednostronnego niedosłuchu przewodzeniowego oraz 65 ubytku słuchu typu odbiorczego. W grupie ubytków odbiorczych wyodrębniono osobną podgrupę resztek słuchowych i głuchoty (33 osoby).

Wszystkie badania wykonano samodzielnie pod opieką promotora oraz promotora pomocniczego.

Potencjały słuchowe rejestrowane z ucha słyszącego w zakresie normy stanowiły wzorzec kontrolny dla potencjałów słuchowych rejestrowanych z ucha z ubytkiem słuchu.

5. Metodyka badań

5.1. Audiometria tonalna

Zachowano ściśle kryteria doboru grupy badanej – wykonując audiometrię tonalną. Badanie przeprowadzono z maskowaniem zgodnie z regułą Mitkiewicz-Szreniawskiej (8). W pierwszej kolejności wyznaczono próg słyszenia dla ucha lepszego. W następnej kolejności dla ucha gorzej słyszającego (bez maskowania). Do uzyskanej wartości krzywej cieniowej dodano wartość 10 dB i tak wyznaczonym poziomem maskowano ucho niebadane szumem tercjowym. Maskowanie zastosowano zarówno dla krzywej powietrznej, jak i krzywej kostnej.

Badanie wykonano samodzielnie przy użyciu audiometru: Interacoustics AD 226.

5.2. Badanie ABR

Badanie ABR przeprowadzono przy użyciu aparatury Intelligent Hearing System (IHS) model SmartEp ver. 5.35. Zastosowano przetwornik - słuchawki typu insert.

Do badania i analizy porównawczej wybrano sygnały Click, Tone Burst (o częstotliwości 500 Hz oraz 1000 Hz), BBiChirp (Broad Band), NB iChirp (Narrow Band, o częstotliwości 500 Hz oraz 1000 Hz). Szczegóły akustyki wybranych bodźców omówiono w dalszej części rozdziału.

5.2.1. Natężenie dźwięku (dB nHL, dB SL)

W uchu prawidłowo słyszającym dokonano rejestracji zapisu odpowiedzi z pnia mózgu na trzech poziomach głośności: 60 dB nHL, 40 dB nHL, 20 dB nHL.

Średni próg słuchu dla ucha z normą słuchową dla częstotliwości 500, 1000, 2000 i 4000 Hz wynosił 12,2 dB HL. Dodatkowo uwzględniając zamianę jednostek (dB HL i dB nHL), jako wartość okołoprogową przyjęto natężenie 20 dB nHL.

W przeciwnym uchu wybierano poziom natężenia na podstawie wyników badania progu słuchu w audiometrii tonalnej.

W niniejszych badaniach celem jest obiektywne wyznaczenie progu słyszenia pacjenta, porównanie zgodności rejestracji potencjałów progowych pnia mózgu z progiem słuchu wyznaczonego w audiometrii tonalnej oraz rozpoznanie zarejestrowanych odpowiedzi z ucha przeciwnego jako ewentualnego przesłuchu. Dlatego natężenie bodźca stosowanego w badaniu uzależniono od progu słyszenia pacjenta wyznaczonego w audiometrii tonalnej, wyrażonego w dB HL.

Głębokość wady słuchu wahała się pomiędzy ubytkiem lekkim a głuchotą. Porównywanie tak różnych wartości nie jest łatwe. Dlatego, aby ujednolicić wyniki i

umożliwić analizę, wszystkie wyniki badania ABR dla ucha z ubytkiem słuchu przedstawiono w dB SL (*ang.* sensation level, SL). Jednostka dB SL odnosi się do progu słyszenia pacjenta, gdzie wartość 0 dB SL oznacza poziom głośności, przy którym pacjent ma wyznaczony próg słyszenia w audiometrii tonalnej.

Wyznaczenie natężenia bodźca dla ucha z ubytkiem słuchu uwzględnia korektę przy zamianie jednostki dB HL na dB nHL. Poszczególne wartości poprawek przedstawione przez producenta sprzętu Intelligent Hearing System dla modelu ABR stosowanego w niniejszej pracy przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Wartość korekty do oszacowania zamiany jednostki stosowanej w badaniu ABR (dB nHL) na jednostki stosowane w audiometrii tonalnej (dB HL)

Rodzaj sygnału	Click	Tone Burst		iChirp		
		500Hz	1000Hz	BB iChirp	500Hz	1000Hz
Wartość poprawki [dB]	2	-8	-13	-7	1	-2

Uzyskane wartości przekonwertowano na dB SL. Aby określić możliwość wyznaczenia progu słyszenia oraz ewentualny przesłuch wykorzystano następujące poziomy stymulacji: 10 dB SL, 0 dB SL, -20 dB SL.

Każdej rejestracji dokonano 2-3-krotnie, aby uzyskać jednoznaczny zapis.

5.2.2. Maskowanie (dB SPL)

W przeprowadzonych badaniach zastosowano maskowanie dla każdej wykonanej rejestracji, tak aby zapobiec stymulacji ucha przeciwnego.

Wartość maskowania skutecznego sugerowanego przez producenta wyznaczono przy pomocy wzoru korekcyjnego:

$$\begin{aligned} \text{Maskowanie skuteczne} &= \text{SPL} - 10 \log (\text{szerokość pasma} = 8000 \text{ Hz}) \\ &= \text{SPL} - 39 \text{ dB} \end{aligned}$$

Maskowanie związane jest również z samym przetwornikiem zastosowanym przy danym urządzeniu. Jest to maskowanie mechaniczne. Słuchawki nauszne zapewniają maskowanie mechaniczne na poziomie 40 dB, podczas gdy słuchawki insert zapewniają maskowanie mechaniczne na poziomie 60 dB.

Biorąc pod uwagę te dwa czynniki oraz sugerowane wartości maskera ze strony producenta sprzętu, poziom szumu maskującego wynosił o 30 dB mniej od prezentowanego bodźca.

5.2.3. Szybkość stymulacji (*ang. stimulus rate*)

Czas trwania sygnałów waha się między 100 mikrosekund (dla sygnału click) przez 5000 mikrosekund (500 Hz NBiChirp), aż do 8000 mikrosekund (500 Hz Tone Burst). Jednak czas akwizycji jest znacznie dłuższy. Dlatego też każdy z tych sygnałów w trakcie akwizycji jest powtarzany. Stimulus Repetition Rate (częstotliwość powtarzania bodźca) wpływa bezpośrednio na czas wykonywanego badania. Im więcej powtórzeń na sekundę, tym bardziej skróci się czas badania. Wpływa to jednak na odczyt fal w szeregu natężeniowym. Zbyt szybkie tempo może powodować wydłużenie się latencji oraz zmniejszenie amplitudy.

Standardowo w badaniach klinicznych wykorzystywana jest wartość z przedziału od 19,1 do 39,9 [Hz].

Częstotliwość powtarzania bodźca zastosowano 39,3 [Hz].

5.2.4. Liczba uśrednień (*ang. number of sweeps*)

Liczba uśrednień bezpośrednio wpływa na uzyskanie właściwej odpowiedzi fali generowanej przez układ słuchowy z tła szumu. Liczba uśrednień powinna przekroczyć 1000, tak aby zwiększyć iloraz pomiędzy sygnałem szumu a sygnałem fali V. Zmniejszenie liczby uśrednień może spowodować zbyt duży wpływ artefaktów.

Zgodnie z zaleceniami producenta oraz z ogólnie przyjętymi zasadami zastosowano uśrednianie 1024.

5.2.5. Artefakty - odrzucone uśrednienia

Podczas badania monitorowano poziom odrzutu artefaktów, tak aby ich liczba nie przekraczała 10% wartości akwizycji. Aby zminimalizować wpływ zakłóceń, zwrócono uwagę na szereg czynników. W pierwszej kolejności każdy pacjent został poinstruowany o istotności spokojnego leżenia oraz zrelaksowania podczas badania. Sprawdzona również została impedancja elektrod na każdym kanale. Jednym z najczęstszych źródeł artefaktów jest mięsień zauszny (postauricular), dlatego też ważne jest również prawidłowe ustawienie poziomu odrzutu w systemie IHS.

Dodatkowym zabezpieczeniem było włączenie filtra sieciowego, tak aby zminimalizować wpływ pola zewnętrznego. W Polsce obowiązuje częstotliwość sieci 50 Hz, stąd też filtr usuwający zakłócenia z sieci ustawiony był na taką częstotliwość.

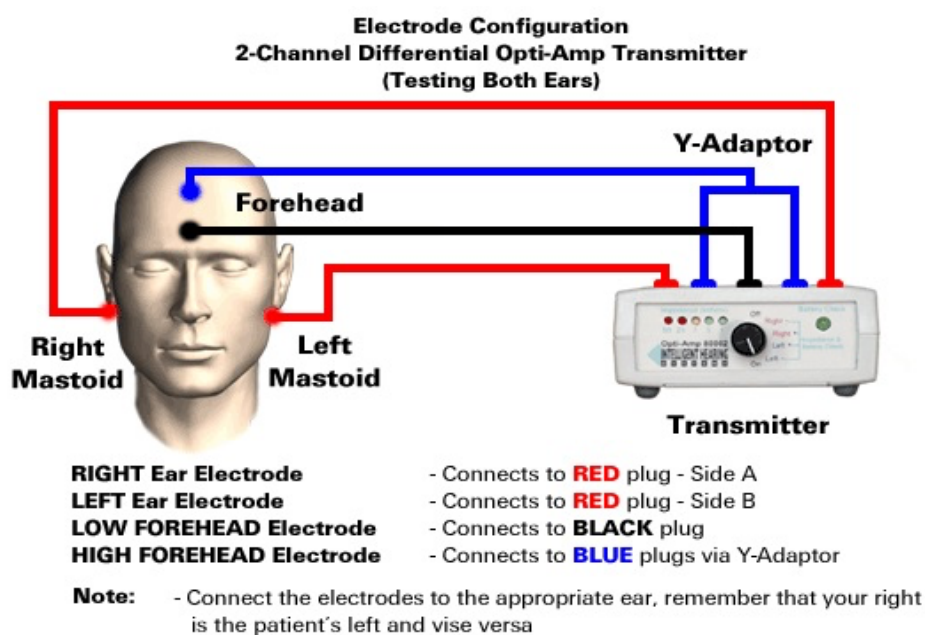
5.2.6. Wzmacniacz - wartość wzmocnienia, filtr górnoprzepustowy, dolnoprzepustowy

Rejestrowane sygnały z pnia mózgu są potencjałami bardzo małego napięcia, dlatego potrzeba efektywnego wzmocnienia zapisanej fali. Zastosowanie filtrów dolno- i górnoprzepustowych ma na celu odrzucenie sygnałów stanowiących tło. Widmo pożądanego sygnału odpowiedzi, będącego reakcją na dźwięk, ma swoje określone ramy. Dlatego odseparowanie uzyskanej odpowiedzi od zakresu częstotliwości, która nie wchodzi w skład widma odpowiedzi pnia mózgu na zastosowany bodziec, umożliwia zmniejszenie liczby artefaktów.

Ustawienia wzmacniacza podczas rejestracji ABR: wzmocnienie 100 K, filtr górnoprzepustowy i dolnoprzepustowy różni się w zależności od bodźca, dokładne wartości podano w opisie poszczególnych sygnałów poniżej.

5.2.7. Elektrody

Zastosowano dwukanałową konfigurację elektrod, których położenie jest zgodne z International 10-20 Electrode System (tj. A1-Cz-A2). Szczegóły schematu podłączenia elektrod przedstawia rycina 10.



Ryc. 10. Schemat podłączenia dwukanałowego obu uszu (materiały Intelligent Hearing System)

5.2.8. Polaryzacja bodźca

Słuchawki w urządzeniach ABR posiadają skalibrowane membrany, tak aby kontrolować pierwsze pobudzenie wprowadzające zmianę ciśnienia w kanale słuchowym

zewnątrznym. Jeżeli membrana przetwornika powoduje wzrost ciśnienia w kanale słuchowym, to znaczy, że wychylenie nastąpiło do środka kanału słuchowego, polaryzacja dodatnia (condensation). W sytuacji odwrotnej mamy do czynienia z polaryzacją ujemną (rarefaction). Trzecia możliwość - polaryzacja naprzemienna (alternating) oznacza, że odpowiedzi dwóch bodźców są wysyłane do jednego bufora, a następne dwie do drugiego bufora. Porównane wówczas zostaną odpowiedzi zarówno z polaryzacją dodatnią, jak i ujemną.

Polaryzacja rarefaction zapewnia wyraźniejszy załamek I; używamy condensation, jeżeli odpowiedź nie jest zoptymalizowana; używamy alternating, jeżeli występuje nadmierny artefakt stymulacji.

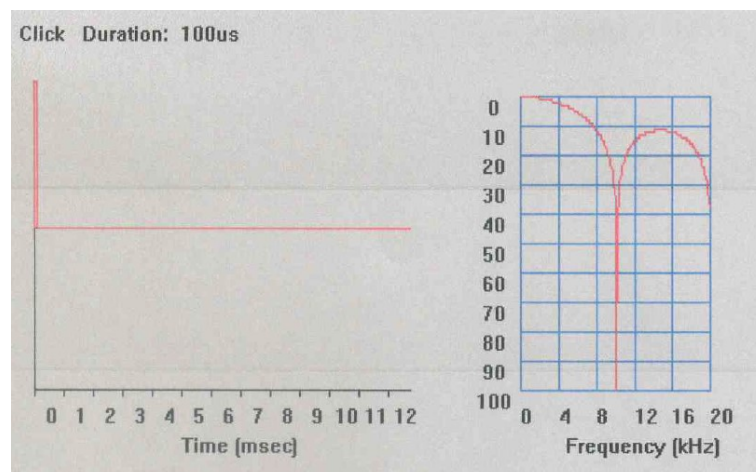
W związku z wpływem używanej polaryzacji na oczekiwany wynik badania, zastosowano w pierwszej kolejności polaryzację zalecaną przez producenta dla danego sygnału (opisane poniżej), jednak jeżeli występowały zakłócenia, dokonywano zmiany polaryzacji.

5.3. Opis poszczególnych procedur zastosowanych dla kolejnych sygnałów

5.3.1. Sygnał click

Tabela 3. Sygnał click

Protokół badania ABR przy użyciu sygnału click	
Stymulacja	0,1 ms click
Szybkość stymulacji	39,3/sek.
Polaryzacja	Alternating
Filtry	100-1500 Hz
Wzmocnienie	100x

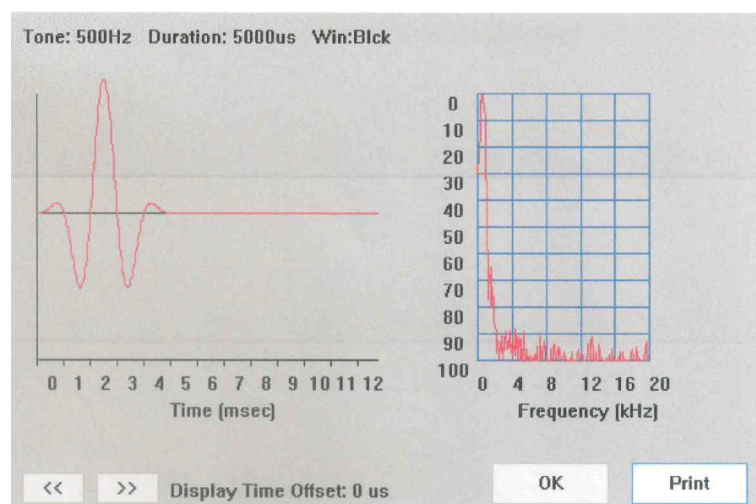


Ryc. 11. Schemat czasowy oraz widmo sygnału click (materiały Intelligent Hearing System)

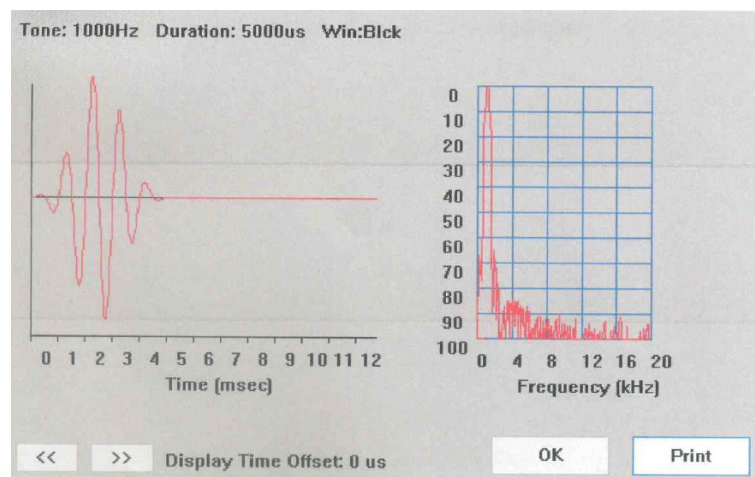
5.3.2. Tone burst

Tabela 4. Sygnał Tone burst

Protokół badania ABR przy użyciu sygnału Tone burst	
Stymulacja	Tone burst 500 Hz czas trwania 8 ms 1000 Hz czas trwania 4 ms
Okno czasowe	Blackman Envelope
Szybkość stymulacji	39,3/sek.
Polaryzacja	rarefaction
Filtry	100-3000 Hz
Wzmocnienie	100x



Ryc. 12. Schemat czasowy oraz widmo sygnału Tone Burst 500 Hz (materiały Intelligent Hearing System)

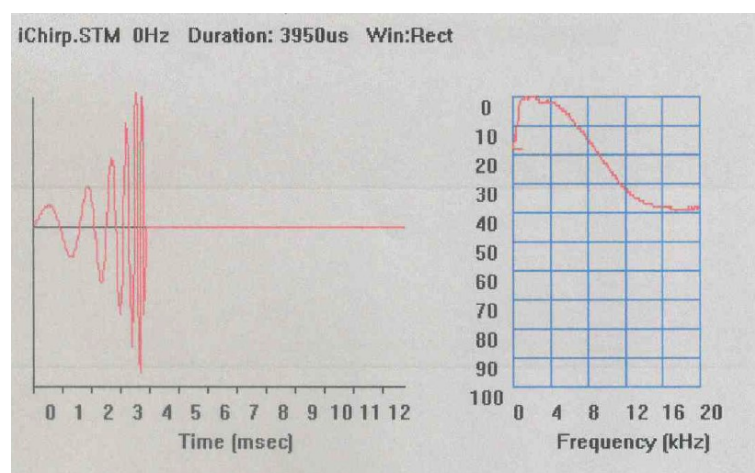


Ryc. 13. Schemat czasowy oraz widmo sygnału Tone Burst 1000 Hz (materiały Intelligent Hearing System)

5.3.3. Sygnał szerokopasmowy chirp (broad band)

Tabela 5. Sygnał BB iChirp

Protokół badania ABR przy użyciu sygnału BB iChirp	
Stymulacja	BB iChirp czas trwania 5 ms
Okno czasowe	Blackman Envelope
Szybkość stymulacji	39,3/sek.
Polaryzacja	rarefaction
Filtry	100-3000 Hz
Wzmocnienie	100x



Ryc. 14. Schemat czasowy oraz widmo sygnału BB iChirp (materiały Intelligent Hearing System)

5.3.4. Sygnał wąskopasmowy chirp (Narrow Band)

Tabela 6. Pasmo częstotliwości sygnału NB iChirp

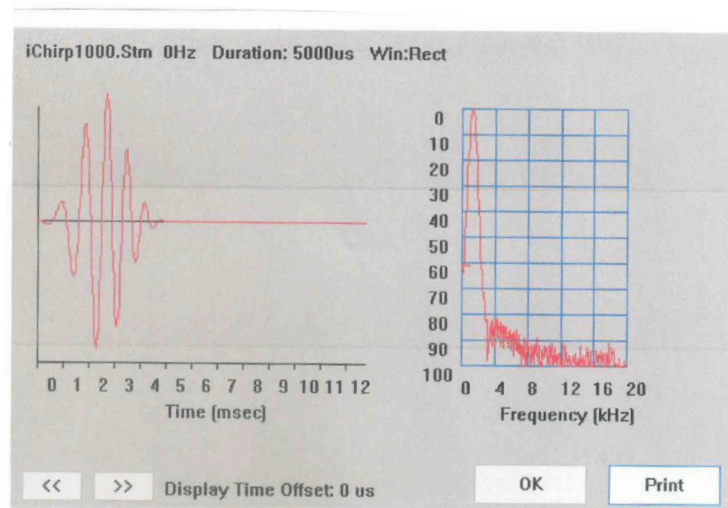
Sygnał	Częstotliwość nominalna	Minimalna częstotliwość	-6 dB minimalna częstotliwość	-6 dB maksymalnej częstotliwości	maksymalna częstotliwość
iChirp500	500 Hz	275 Hz	483 Hz	792 Hz	1000 Hz
iChirp1000	1000 Hz	750 Hz	1038 Hz	1542 Hz	1750 Hz

Tabela 7. Sygnał NB iChirp

Protokół badania ABR przy użyciu sygnału NB iChirp	
Stymulacja	NB iChirp czas trwania 5 ms
Okno czasowe	Blackman Envelope
Szybkość stymulacji	39,3/sek.
Polaryzacja	alternating
Filtry	100-3000 Hz
Wzmocnienie	100x



Ryc. 15. Schemat czasowy oraz widmo sygnału NB iChirp500 Hz (materiały Intelligent Hearing System)



Ryc. 16. Schemat czasowy oraz widmo sygnału NB iChirp1000 Hz (materiały Intelligent Hearing System)

6. Metodologia w statystykach

Analiza statystyczna wykonana była przy użyciu programu Microsoft Excel oraz Statistica 13.0.

Dla zmiennych typu ciągłego wykonano statystyki opisowe, takie jak: średnia, mediana, minimum, maksimum, dolny kwartył, górny kwartył oraz odchylenie standardowe - dla każdego badanego parametru osobno. Dla zmiennych typu kategoryjnego podano wartości procentowe. Do porównania w grupach zmiennych typu ciągłego zastosowano test Kruskala-Wallisa oraz Manna-Whitneya, a dla porównania dwóch zmiennych typu kategoryjnego użyto testu Chi2.

W celu porównania dwóch zmiennych typu ciągłego użyto testu korelacji Spermana. Wszystkie obliczenia statystyczne przeprowadzono na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

Projekt został pozytywnie zaopiniowany przez Komisję Bioetyczną przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu uchwałą nr 329/19.

7. Wyniki badań

Zebrane wyniki przedstawiono w następującej kolejności:

- wyniki opisowe grupy badanej,
- audiometria tonalna,
- wyniki badań ABR dla poszczególnych bodźców osobno dla ucha z normą słuchową oraz dla ucha z ubytkiem słuchu.

7.1. Wyniki opisowe grupy badanej

Głębokość niedosłuchu obliczono na podstawie wyników badań słuchu audiometrii tonalnej. Wykonano średnią arytmetyczną dla częstotliwości 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz.

Tabela 8. Głębokość niedosłuchu występująca u pacjentów w uchu z ubytkiem słuchu wykazanym w audiometrii tonalnej

L.p.	Głębokość niedosłuchu	Liczba pacjentów spełniających kryteria grupy	Procent pacjentów spełniających kryteria grupy
1	norma słuchowa 0-20 dB	0	0 %
2	lekki ubytek 21-40 dB	8	10,5 %
3	średni ubytek 41-70 dB	25	32,9 %
4	znaczny ubytek 71-90 dB	10	13,2 %
5	głęboki ubytek > 90 dB	33	43,4 %

Tabela 9. Podział grupy badanej ze względu na płeć pacjenta

L.p.	Płeć	Liczba pacjentów	Procent pacjentów
1	kobieta	49	64,5%
2	mężczyzna	27	35,5%

Tabela 10. Rodzaj niedosłuchu występujący u pacjentów po stronie ucha z ubytkiem słuchu

Typ niedosłuchu		Liczba osób
Niedosłuch przewodzeniowy		11
Niedosłuch odbiorczy	Niedosłuch odbiorczy wysokotonowy	4
	Niedosłuch odbiorczy głęboki (resztki słuchowe)	33
	Niedosłuch odbiorczy - pozostałe	28

Tabela 11. Podział grupy badanej ze względu na stronę występowania niedosłuchu

NORMA SŁUCHOWA		
Strona	Liczba pacjentów	Procent pacjentów
Ucho prawe	43	56,6%
Ucho lewe	33	43,4%

Tabela 12. Wiek pacjenta, w którym wykryto niedosłuch

Wiek pacjenta, w którym wykryto niedosłuch		
r.ż.	Liczba pacjentów	Procent pacjentów
0	16	21%
1-11	11	14,5%
12-20	9	11,9%
21-35	11	14,5%
36-50	14	18,5%
> 50	15	19,7%
Wiek pacjenta podczas badania		
r.ż.	Liczba pacjentów	Procent pacjentów
< 10 r. ż.	2	2,6%
10-20 r. ż.	21	27,6%
21-35 r. ż.	13	17,1%
36-50 r. ż.	18	23,7%
51-65 r. ż.	15	19,7%
> 66 r. ż.	7	9,2%

Tabela 13. Czas występowania niedosłuchu u pacjenta

Czas występowania niedosłuchu u pacjenta		
Przedział lat	Liczba pacjentów	Procent pacjentów
< 10	41	53,9%
10-20	24	31,6%
21-35	6	7,9%
36-50	2	2,6%
51-65	2	2,6%
> 66	1	1,3%

7.2. Wyniki audiometrii tonalnej

Poniżej przedstawiono w tabeli 14 poziom progu słuchowego u każdego pacjenta dla poszczególnych częstotliwości oraz średnią ubytku. Ponieważ zgodnie z kryterium doboru grupy badanej u każdego pacjenta występował jednostronny niedosłuch, w tabeli

nie ujęto wyników audiometrii tonalnej dla ucha lepiej słyszącego. Z założenia ucho lepiej słyszące próg słuchu ma próg słuchu w zakresie normy słuchowej.

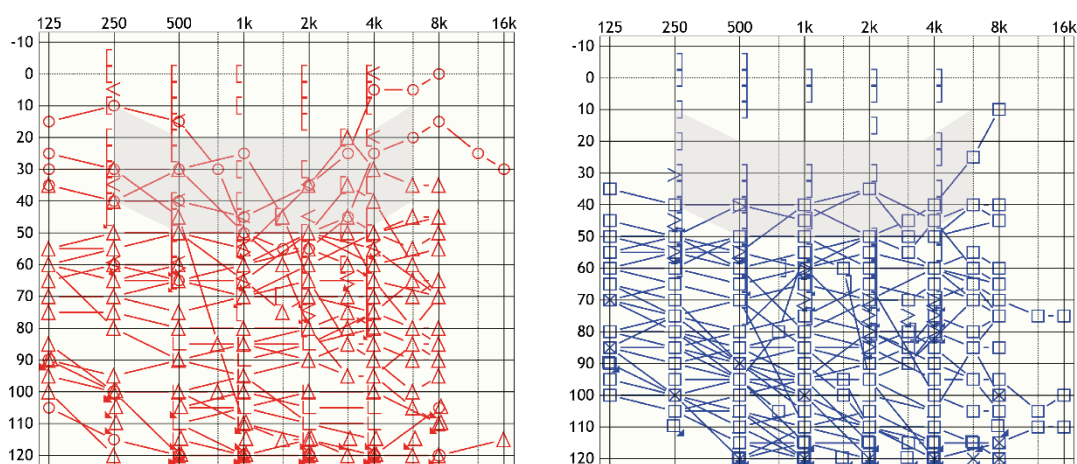
Tabela 14. Wyniki audiometrii tonalnej dla poszczególnych pacjentów (dla ucha z niedosłuchem)

Wynik audiometrii tonalnej dla ucha z ubytkiem słuchu [dB HL]							
L.p.	Ucho	Częstotliwość [Hz]					
		500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	Średnia 2-4 [kHz]	Średnia ubytku z częst. 0,5-4 kHz
1	P	40	45	40	20	30	36
2	L	95	55	95	80	88	81
3	P	15	30	65	90	78	50
4	L	95	95	80	90	85	90
5	L	70	85	90	80	85	81
6	L	95	130	130	130	130	121
7	P	75	70	60	60	60	66
8	P	45	110	130	130	130	104
9	P	100	100	100	100	100	100
10	P	15	50	55	25	40	36
11	P	130	130	130	130	130	130
12	P	65	70	70	75	73	70
13	P	130	130	130	130	130	130
14	P	130	130	130	130	130	130
15	L	130	130	130	130	130	130
16	P	100	95	90	85	88	93
17	L	90	95	110	130	120	106
18	L	85	80	85	95	90	86
19	P	65	60	50	40	45	54
20	L	90	85	130	130	130	109
21	L	95	100	130	130	130	114
22	P	130	130	130	130	130	130
23	P	130	130	130	130	130	130
24	P	50	65	70	70	70	64
25	L	65	60	50	45	48	55
26	L	100	95	95	130	113	105
27	L	85	95	90	90	90	90
28	P	60	60	65	70	68	64
29	L	60	55	55	45	50	54
30	L	130	130	130	130	130	130
31	L	130	130	130	130	130	130
32	P	130	130	130	130	130	130

Wynik audiometrii tonalnej dla ucha z ubytkiem słuchu [dB HL]							
33	P	90	85	80	80	80	84
34	L	130	130	130	130	130	130
35	L	40	45	35	45	40	41
36	L	130	130	130	130	130	130
37	P	60	60	50	55	53	56
38	L	90	90	130	130	130	110
39	P	90	85	90	100	95	91
40	P	60	60	55	60	58	59
41	L	65	60	60	60	60	61
42	P	130	130	130	130	130	130
43	L	80	75	80	75	78	78
44	L	55	60	55	60	58	58
45	L	70	130	130	130	130	115
46	L	10	10	5	10	8	9
47	L	60	80	70	65	68	69
48	P	30	50	80	95	88	64
49	L	80	75	65	100	83	80
50	L	90	95	95	100	98	95
51	L	40	40	50	60	55	48
52	L	130	130	130	130	130	130
53	L	80	75	65	70	68	73
54	L	55	40	35	50	43	45
55	P	65	65	50	60	55	60
56	L	130	130	130	130	130	130
57	P	130	130	130	130	130	130
58	P	130	130	130	130	130	69
59	L	120	110	110	110	110	113
60	P	75	70	65	65	65	69
61	L	50	50	50	50	16	50
62	P	50	50	50	50	50	50
63	L	50	50	60	60	19	55
64	L	90	100	120	120	120	108
65	L	120	120	120	120	120	120
66	L	120	120	120	120	120	120
67	L	80	80	80	80	80	80
68	P	80	80	80	80	80	80
69	L	80	50	80	80	80	73
70	P	80	80	80	80	80	80
71	P	50	50	50	50	50	50

Wynik audiometrii tonalnej dla ucha z ubytkiem słuchu [dB HL]							
72	P	50	50	50	50	50	50
73	L	120	120	120	120	120	120
74	L	50	50	50	50	50	50
75	L	50	50	50	50	50	50
76	L	120	120	120	120	120	120

Celem ilustracji wyników grupy badanej zebrano na jednym audiogramie próg słuchu dla uszu z niedosłuchem (rycina 17).



Ryc. 17. Graficzne przedstawienie wszystkich zestawionych audiogramów dla ucha z ubytkiem słuchu. Osobno dla ucha lewego (kolor niebieski, strona prawa) i prawego (kolor czerwony, strona lewa)

7.3. Zestawienie wyników badań ABR dla bodźców: Click, BBChirp, ToneBurst500, ToneBurst1000, iChirp500, iChirp1000

7.3.1. Zestawienie wyników badania ABR dla ucha z normą słuchową

Poniżej przedstawiono wyniki badania ABR dla ucha z normą słuchową, osobno dla każdego analizowanego bodźca. W tabelach zawarto informacje o omawianych w niniejszej pracy parametrach, zarówno o średniej wartości, jak i medianie, minimum, maksimum, odchyleniu standardowym i górnym i dolnym kwartyle.

7.3.1.1. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca Click dla normy słuchowej w audiometrii tonalnej

W tabelach 15-18 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału Click przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 15. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca click 20 dB nHL

Click fala V natężenie 20 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartył.	Górny Kwartył.	Odch.std
Latencja	66	8,29591	8,350000	5,900000	10,0000	7,880000	8,80000	0,75595
Amplituda	66	0,20515	0,190000	0,010000	0,4800	0,120000	0,29000	0,10997
PP Ampl	76	0,41461	0,390000	0,170000	0,7100	0,320000	0,52000	0,13235
SNR	76	0,60618	0,540000	0,160000	1,6400	0,385000	0,79500	0,30521
RN	76	0,32763	0,275000	0,100000	0,8900	0,195000	0,43500	0,16828
Artefakty	76	1,81579	0,000000	0,000000	34,0000	0,000000	0,00000	5,38569

Tabela 16. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca click 40 dB nHL

Click fala V natężenie 40 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartył.	Górny Kwartył.	Odch.std
Latencja	75	7,11133	7,100000	5,780000	8,4500	6,750000	7,48000	0,58052
Amplituda	75	0,23320	0,200000	0,050000	0,5500	0,160000	0,30000	0,10947
PP Ampl	76	0,47500	0,430000	0,250000	1,0000	0,360000	0,56500	0,16098
SNR	76	0,65145	0,570000	0,140000	1,9400	0,365000	0,79500	0,38451
RN	76	0,35316	0,305000	0,090000	1,3700	0,230000	0,46500	0,18701
Artefakty	76	1,52632	0,000000	0,000000	34,0000	0,000000	0,50000	4,88118

Tabela 17. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca click 60 dB nHL

Click fala V natężenie 60 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartył.	Górny Kwartył.	Odch.std
Latencja	76	6,34224	6,305000	5,100000	7,7300	5,955000	6,70000	0,53881
Amplituda	76	0,32711	0,320000	0,070000	0,6500	0,215000	0,42000	0,14869
PP Ampl	76	0,52882	0,515000	0,200000	1,4900	0,405000	0,61000	0,19714
SNR	76	0,84500	0,780000	0,190000	2,3900	0,530000	1,03000	0,43103
RN	76	0,35342	0,310000	0,070000	0,9900	0,235000	0,42000	0,17474
Artefakty	76	3,06579	0,000000	0,000000	91,0000	0,000000	1,50000	11,04818

Zmiana natężenia bodźca przy użyciu sygnału click wpłynęła na latencję i amplitudę fali V. Im większe natężenie bodźca, tym wyższa amplituda oraz krótsza latencja.

Uzyskano wysoki procent zgodności progu słyszenia pacjenta wyznaczonego badaniem ABR przy zastosowaniu sygnału click i audiometrią tonalną. Poziom natężenia

bodźca 20 dB nHL jest przyjęty jako próg słyszenia pacjenta, w 86,6% przypadków uzyskano zgodność z audiometrią tonalną.

7.3.1.2. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca BBChirp dla normy słuchowej w audiometrii tonalnej

W tabelach 18-20 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału BBChirp przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 18. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca BBchirp 20 dB nHL

BBChirp fala V natężenie 20 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	71	7,81042	7,680000	6,500000	9,7800	7,170000	8,38000	0,78337
Amplituda	71	0,17972	0,130000	0,010000	0,6700	0,100000	0,24000	0,12713
PP Ampl	76	0,39803	0,380000	0,100000	1,0600	0,285000	0,47500	0,16520
SNR	76	0,64447	0,490000	0,120000	2,0400	0,365000	0,80000	0,45246
RN	76	0,25171	0,205000	0,070000	1,3200	0,150000	0,30500	0,17851
Artefakty	76	9,66667	0,000000	0,000000	160,0000	0,000000	3,00000	29,50370

Tabela 19. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca BBchirp 40 dB nHL

BBChirp fala V natężenie 40 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	74	6,79662	6,730000	5,450000	8,4500	6,330000	7,20000	0,62255
Amplituda	74	0,17838	0,150000	0,010000	0,6500	0,100000	0,24000	0,11362
PP Ampl	76	0,47724	0,450000	0,220000	1,1800	0,360000	0,56000	0,17500
SNR	76	1,00934	0,725000	0,190000	3,5700	0,445000	1,39000	0,76569
RN	76	0,22250	0,180000	0,060000	0,6700	0,140000	0,29000	0,12230
Artefakty	76	3,46667	0,000000	0,000000	61,0000	0,000000	2,00000	9,87672

Tabela 20. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca BBchirp 60 dB nHL

BBChirp fala V natężenie 60 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	74	6,09027	5,900000	5,030000	7,3500	5,650000	6,55000	0,55631
Amplituda	74	0,18595	0,165000	0,040000	0,5600	0,120000	0,22000	0,09705
PP Ampl	76	0,55763	0,520000	0,240000	1,2700	0,445000	0,62500	0,19723
SNR	76	0,74355	0,610000	0,140000	2,6600	0,420000	0,90000	0,45641
RN	76	0,24987	0,200000	0,080000	0,7000	0,145000	0,35000	0,13965
Artefakty	76	5,81333	0,000000	0,000000	80,0000	0,000000	4,00000	14,76912

Dla sygnału BBchirp, podobnie jak dla sygnału click, im mniejsze natężenie bodźca, tym dłuższa latencja. Dla amplitudy, przy natężeniu 20 dB nHL oraz 40 dB nHL uzyskano

podobny wynik. Natomiast przy natężeniu bodźca 60 dB nHL amplituda fali V tylko nieznacznie wzrosła.

Uzyskana bardzo wysoka wykrywalność fali V (93,4%) przy natężeniu 20 dB nHL wskazuje na zgodność uzyskanych wyników z progiem słuchu pacjenta.

7.3.1.3. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca ToneBurst500 dla normy słuchowej w audiometrii tonalnej

W tabelach 21-23 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału ToneBurst500 (TB500) przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 21. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB500 20 dB nHL

TB500 fala V natężenie 20 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	8	7,87375	7,915000	6,400000	9,4800	7,090000	8,55000	1,01356
Amplituda	8	0,20625	0,200000	0,060000	0,3400	0,120000	0,30500	0,10309
PP Ampl	76	0,38227	0,350000	0,160000	1,1000	0,240000	0,48000	0,17111
SNR	76	0,53813	0,450000	0,070000	1,8700	0,290000	0,70000	0,32710
RN	76	0,24467	0,200000	0,080000	0,7300	0,130000	0,32000	0,14213
Artefakty	76	13,13333	0,000000	0,000000	165,0000	0,000000	8,00000	29,71183

Tabela 22. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB500 40 dB nHL

TB500 fala V natężenie 40 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	19	7,35105	7,280000	6,000000	8,8800	6,700000	8,03000	0,85896
Amplituda	19	0,20895	0,200000	0,030000	0,5200	0,150000	0,27000	0,10806
PP Ampl	76	0,41507	0,350000	0,150000	1,6800	0,290000	0,46000	0,22495
SNR	76	0,61347	0,530000	0,130000	2,3800	0,330000	0,85000	0,39687
RN	76	0,22707	0,190000	0,070000	0,6400	0,140000	0,29000	0,11960
Artefakty	76	14,38667	0,000000	0,000000	174,0000	0,000000	6,00000	34,20996

Tabela 23. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB500 60 dB nHL

TB500 fala V natężenie 60 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	33	6,67788	6,900000	0,740000	8,2300	6,280000	7,42000	1,30336
Amplituda	33	0,23273	0,210000	0,080000	0,4700	0,150000	0,30000	0,10725
PP Ampl	76	0,41920	0,380000	0,210000	0,9100	0,320000	0,51000	0,14909
SNR	76	0,58280	0,500000	0,100000	2,5100	0,350000	0,73000	0,36620
RN	76	0,25813	0,220000	0,080000	1,5600	0,140000	0,30000	0,20169
Artefakty	76	20,86667	0,000000	0,000000	479,0000	0,000000	12,00000	64,28554

Badanie sygnałem Tone Burst przy częstotliwości 500 Hz wskazuje na bardzo dużą rozbieżność pomiędzy audiometrią tonalną a badaniem ABR. Jedynie w 8 przypadkach wyznaczono próg słuchu na poziomie 20 dB nHL. Świadczy to o małej wartości diagnostycznej tego badania. Zwiększenie natężenia bodźca nieznacznie polepszyło wykrywalność fali V.

Zwiększenie natężenia bodźca - zgodnie z oczekiwaniami - spowodowało skrócenie latencji. Dla parametru amplitudy uzyskano taką samą jej wielkość przy natężeniach bodźca 20 i 40 dB nHL. Natomiast dopiero zwiększenie natężenia do 60 dB nHL spowodowało zwiększenie amplitudy.

7.3.1.4. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca iChirp500 dla normy słuchowej w audiometrii tonalnej

W tabelach 24-26 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału iChirp500 przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 24. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca Chirp500 20 dB nHL

Chirp500 fala V natężenie 20 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	55	8,40564	8,350000	6,920000	10,0000	7,800000	9,10000	0,80131
Amplituda	55	0,17455	0,140000	0,050000	0,4500	0,090000	0,25000	0,10324
PP Ampl	76	0,38307	0,340000	0,140000	0,8600	0,250000	0,47000	0,18383
SNR	76	0,54747	0,540000	0,120000	1,2200	0,300000	0,77000	0,28851
RN	76	0,24147	0,190000	0,080000	0,8400	0,130000	0,31000	0,16399
Artefakty	76	10,06667	0,000000	0,000000	302,0000	0,000000	4,00000	37,59109

Tabela 25. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca Chirp500 40 dB nHL

Chirp500 fala V natężenie 40 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	66	7,41636	7,290000	5,880000	9,7800	6,850000	8,07000	0,87055
Amplituda	66	0,18530	0,155000	0,020000	0,7000	0,100000	0,24000	0,12035
PP Ampl	76	0,42895	0,395000	0,190000	1,7500	0,300000	0,51000	0,20757
SNR	76	0,58158	0,490000	0,130000	2,0300	0,310000	0,79000	0,37121
RN	76	0,26355	0,205000	0,080000	0,8400	0,130000	0,34500	0,17756
Artefakty	76	12,94737	0,000000	0,000000	113,0000	0,000000	12,00000	25,05349

Tabela 26. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca Chirp500 60 dB nHL

Chirp500 fala V natężenie 60 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	68	6,64250	6,650000	5,150000	8,4800	6,080000	7,19000	0,75720
Amplituda	68	0,21221	0,200000	0,010000	0,7200	0,100000	0,28000	0,13529
PP Ampl	76	0,46829	0,465000	0,140000	1,1900	0,345000	0,57000	0,16485
SNR	76	0,47474	0,430000	0,110000	1,7100	0,300000	0,60000	0,27001
RN	76	0,28237	0,225000	0,100000	1,0700	0,170000	0,37500	0,16104
Artefakty	76	7,82895	0,000000	0,000000	60,0000	0,000000	7,50000	15,32004

Zgodność progu słyszenia przy zastosowaniu bodźca Chirp500 z audiometrią tonalną wynosi 72,4%.

Stwierdzono również - zgodnie z oczekiwaniami - zmianę w latencji w stosunku do zmian natężenia bodźca (skrócenie latencji przy zwiększonym natężeniu bodźca). Amplituda fali V zwiększyła się wraz ze wzrostem natężenia bodźca, co również zgodne jest z fizjologią słyszenia.

7.3.1.5. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca ToneBurst1000 dla normy słuchowej w audiometrii tonalnej

W tabelach 27-29 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału ToneBurst1000 (TB1000) przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 27. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB1000 20 dB nHL

TB1000 fala V natężenie 20 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	17	8,75600	8,900000	7,200000	9,6000	8,880000	9,20000	0,91743
Amplituda	17	0,16600	0,180000	0,080000	0,2300	0,150000	0,19000	0,05595
PP Ampl	76	0,38500	0,350000	0,130000	1,0000	0,235000	0,47500	0,18991
SNR	76	0,52819	0,465000	0,120000	1,4900	0,330000	0,68000	0,27288
RN	76	0,36944	0,290000	0,100000	1,3800	0,190000	0,47000	0,24785
Artefakty	76	10,87500	0,000000	0,000000	137,0000	0,000000	12,00000	23,61483

Tabela 28. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB1000 40 dB nHL

TB1000 fala V natężenie 40 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	15	7,84706	7,900000	6,250000	8,9000	7,170000	8,38000	0,78235
Amplituda	15	0,21647	0,210000	0,070000	0,5300	0,160000	0,24000	0,11319

TB1000 fala V natężenie 40 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
PP Ampl	76	0,39708	0,370000	0,140000	1,3000	0,290000	0,46000	0,17525
SNR	76	0,54972	0,490000	0,120000	1,7200	0,355000	0,69500	0,28222
RN	76	0,34056	0,280000	0,120000	1,8500	0,210000	0,42000	0,23678
Artefakty	76	8,91667	0,000000	0,000000	108,0000	0,000000	7,50000	19,85635

Tabela 29. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB1000 60 dB nHL

TB1000 fala V natężenie 60 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	21	7,03750	6,980000	5,380000	8,2500	6,615000	7,68000	0,73426
Amplituda	21	0,25075	0,220000	0,021000	0,6000	0,155000	0,33000	0,13088
PP Ampl	76	0,44575	0,430000	0,190000	0,8500	0,330000	0,55000	0,15974
SNR	76	0,62110	0,570000	0,170000	1,6100	0,370000	0,80000	0,33008
RN	76	0,39699	0,330000	0,110000	1,9800	0,200000	0,49000	0,28255
Artefakty	76	11,41096	1,000000	0,000000	222,0000	0,000000	4,00000	31,18130

Sygnal Tone Burst zastosowany do określenia progu słyszenia w zakresie częstotliwości 1000 Hz odznaczył się bardzo małą skutecznością. Wykrywalność fali V przy poziomie natężenia bodźca 20 dB nHL to zaledwie 22,4%. Oznacza to, że tylko w nielicznych przypadkach uzyskano spójny wynik progu słuchu z audiometrią tonalną pacjenta.

W większości przypadków, bez znajomości progu słuchu pacjenta wyznaczonego poprzez audiometrię tonalną, fałszywie stwierdzono by niedosłuch.

7.3.1.6. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca iChirp1000 dla normy słuchowej w audiometrii tonalnej

W tabelach 30-32 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału iChirp1000 przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 30. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca chirp1000 20 dB nHL

Chirp1000 fala V natężenie 20 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	57	8,54228	8,450000	6,500000	10,5500	7,900000	9,25000	0,97279
Amplituda	57	0,17404	0,150000	0,050000	0,4000	0,110000	0,23000	0,08339
PP Ampl	76	0,37882	0,345000	0,150000	0,7800	0,265000	0,47000	0,14469
SNR	76	0,53474	0,430000	0,110000	2,1100	0,325000	0,68500	0,32617
RN	76	0,34711	0,320000	0,110000	0,9500	0,220000	0,45000	0,16199
Artefakty	76	10,49333	0,000000	0,000000	172,0000	0,000000	9,00000	25,89030

Tabela 31. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca chirp1000 40 dB nHL

Chirp1000 fala V natężenie 40 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	68	7,53235	7,410000	5,830000	9,0700	6,925000	8,26000	0,84312
Amplituda	68	0,18765	0,160000	0,020000	0,8900	0,105000	0,23000	0,12969
PP Ampl	76	0,43632	0,410000	0,180000	0,9300	0,290000	0,54000	0,18249
SNR	76	0,58434	0,525000	0,090000	1,4200	0,380000	0,74500	0,27903
RN	76	0,38211	0,325000	0,140000	1,5400	0,235000	0,47500	0,22087
Artefakty	76	9,09333	0,000000	0,000000	92,0000	0,000000	13,00000	18,25212

Tabela 32. Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca Chirp1000 60 dB nHL

Chirp1000 fala V natężenie 60 dB	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja	72	6,73375	6,650000	5,330000	8,4000	6,140000	7,40000	0,75181
Amplituda	72	0,25375	0,225000	0,010000	0,7200	0,145000	0,35000	0,15255
PP Ampl	76	0,52132	0,500000	0,240000	1,1300	0,385000	0,59000	0,17561
SNR	76	0,75118	0,680000	0,090000	2,6700	0,520000	0,92500	0,43384
RN	76	0,38026	0,310000	0,120000	1,5000	0,240000	0,42500	0,22830
Artefakty	76	11,00000	0,000000	0,000000	181,0000	0,000000	6,00000	28,36252

Wykrywalność fali V dla bodźca iChirp1000, dla natężenia 20 dB nHL wynosiła 75%. Jest to wynik bardziej istotny diagnostycznie niż w przy zastosowaniu bodźca ToneBurst1000, przy którym odnotowano wykrywalność fali V na poziomie zaledwie 22,4%.

7.3.2. Zestawienie wyników badania ABR dla ucha z ubytkiem słuchu

Poniżej przedstawiono wyniki badania ABR dla ucha z ubytkiem słuchu, osobno dla każdego analizowanego bodźca. W tabelach zawarto informacje o omawianych w niniejszej pracy parametrach, zarówno o średniej wartości, jak i medianie, minimum, maksimum, odchyleniu standardowym i górnym i dolnym kwartylu.

W całej grupie badanej (N=76) wykonano pomiary uzależniając natężenie bodźca od progu słyszenia pacjenta wyznaczonego w audiometrii tonalnej. Wybrane poziomy natężenia 10 dB SL oraz 0 dB SL są wartościami okołoprogowymi, dodatkowy pomiar o natężeniu -20 dB SL rejestruje odpowiedź układu słuchowego przy natężeniu bodźca mniejszym niż próg słuchu pacjenta. Spośród wszystkich pacjentów wyłoniono grupę 33 osób, u których ubytek słuchu wynosił powyżej 90 dB HL. Oznacza to, że wykonane badania o natężeniu bodźca 10 dB SL i 0 dB SL nie były możliwe do wykonania. Natomiast natężenie bodźca -20 dB SL zastosowano u wszystkich pacjentów.

7.3.2.1. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca Click w uchu z ubytkiem słuchu w audiometrii tonalnej

W tabelach 33-35 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału Click przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 33. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca click 10 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja Click fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	31	6,55871	6,55000	5,450000	7,4800	6,23000	6,95000	0,52775
Amplituda Click fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	31	0,23323	0,21000	0,100000	0,5800	0,13000	0,28000	0,12776
PP Ampl Click fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,41958	0,38000	0,180000	1,3100	0,30500	0,48000	0,19003
SNR Click fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,62146	0,57000	0,160000	1,4800	0,44000	0,71000	0,28525
RN Click fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,35125	0,28500	0,130000	1,2700	0,19000	0,39000	0,23456
Artefakty Click fala V Ubytek natężenie 10 SL	43	5,10417	0,00000	0,000000	99,0000	0,00000	0,50000	17,56355

Tabela 34. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca click 0 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja Click fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	14	6,69000	6,74000	5,800000	7,6300	6,15000	7,40000	0,64273
Amplituda Click fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	14	0,27000	0,26500	0,130000	0,4600	0,15000	0,33000	0,11435
PP Ampl Click fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,41549	0,38000	0,190000	1,2300	0,26000	0,52000	0,19815
SNR Click fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,49000	0,45000	0,110000	1,3400	0,29000	0,63000	0,24606
RN Click fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,41392	0,32000	0,130000	1,2300	0,27000	0,46000	0,25487
Artefakty Click fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	5,47059	0,00000	0,000000	97,0000	0,00000	0,00000	16,84322

Tabela 35. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca click -20 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja Click fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	6	6,79667	6,60000	5,550000	8,1000	6,30000	7,63000	0,93769
Amplituda Click fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	6	0,22833	0,24000	0,090000	0,3200	0,19000	0,29000	0,08134
PP Ampl Click fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,37467	0,35000	0,130000	1,1800	0,27000	0,46000	0,17129

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
SNR Click fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,56092	0,51500	0,140000	1,5000	0,32500	0,77000	0,29142
RN Click fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,34447	0,28000	0,100000	1,6800	0,19500	0,41000	0,25708
Artefakty Click fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	3,80263	0,00000	0,000000	99,0000	0,00000	0,00000	15,34060

Badając niedosłuch natężeniem bodźca click równym progowi słyszenia uzyskano liczbę 14 (32,6%) oznaczanych fal V. Zwiększając natężenie o 10 dB uzyskano wzrost wykrywalności do 31 osób, co stanowi 72,09% tej części grupy badanej, u której z założenia fala V powinna być wykryta.

7.3.2.2. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca BBChirp w uchu z ubytkiem słuchu w audiometrii tonalnej

W tabelach 36-38 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału BBchirp przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 36. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca BBChirp 10 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	22	6,70091	6,82500	5,400000	7,8000	6,08000	7,25000	0,69205
Amplituda BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	22	0,25318	0,19000	0,040000	0,5800	0,14000	0,32000	0,15493
PP Ampl BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,79345	0,49000	0,160000	6,0000	0,31000	0,64000	1,05561
SNR BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,67927	0,58000	0,250000	2,8500	0,37000	0,84000	0,45501
RN BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,22109	0,19000	0,080000	0,7600	0,13000	0,28000	0,12173
Artefakty BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	9,32727	0,00000	0,000000	218,0000	0,00000	2,00000	32,86902

Tabela 37. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca BBChirp 0 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	13	6,79615	6,60000	5,930000	7,9000	6,38000	7,20000	0,55365
Amplituda BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	13	0,20615	0,26000	0,040000	0,3200	0,10000	0,31000	0,10905
PP Ampl BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,48411	0,41500	0,120000	1,9200	0,26500	0,57000	0,33400
SNR BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,60732	0,54000	0,100000	3,6600	0,37000	0,68500	0,49450

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
RN BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,23625	0,20000	0,070000	0,5100	0,13500	0,29000	0,12166
Artefakty BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	8,39286	0,00000	0,000000	157,0000	0,00000	1,00000	26,98665

Tabela 38. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca BBChirp -20 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	2	7,30500	7,30500	7,230000	7,3800	7,23000	7,38000	0,10607
Amplituda BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	2	0,15000	0,15000	0,150000	0,1500	0,15000	0,15000	0,00000
PP Ampl BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,42541	0,35000	0,170000	1,6000	0,28000	0,51000	0,23284
SNR BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 SL	76	0,58851	0,51500	0,030000	2,4000	0,32000	0,73000	0,41234
RN BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,25135	0,18000	0,060000	1,6000	0,13000	0,29000	0,22589
Artefakty BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	7,08219	0,00000	0,000000	182,0000	0,00000	1,00000	23,69174

Badając sygnałem BBChirp odnotowano 22 oznaczenia fali V dla natężenia 10 dB SL oraz 13 dla natężenia 0 dB SL, co stanowi odpowiednio 51,16% oraz 30,23% grupy osób, u których fala V powinna być określona. Zarejestrowano również jedną odpowiedź na poziomie -20 dB SL świadczącą o zaistnieniu przesłuchu.

7.3.2.3. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca ToneBurst500 w uchu z ubytkiem słuchu w audiometrii tonalnej

W tabelach 39-41 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału ToneBurst500 (TB 500) przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 39. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB500 10 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja TB500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	6	7,55500	7,07500	6,080000	9,7800	7,00000	8,32000	1,30242
Amplituda TB500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	6	0,25500	0,23000	0,180000	0,3800	0,20000	0,31000	0,07791
PP Ampl TB500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,48481	0,39500	0,150000	4,5200	0,29000	0,52000	0,57970
SNR TB500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,63778	0,54500	0,060000	2,7800	0,41000	0,83000	0,42182
RN TB500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,24056	0,20000	0,080000	1,6600	0,15000	0,24000	0,21926

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Artefakty TB500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	18,60377	0,00000	0,000000	280,0000	0,00000	12,00000	46,73754

Tabela 40. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB500 0 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja TB500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	1	7,25000	7,25000	7,250000	7,2500	7,25000	7,25000	
Amplituda TB500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	1	0,21000	0,21000	0,210000	0,2100	0,21000	0,21000	
PP Ampl TB500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,39018	0,31000	0,120000	1,6700	0,26000	0,46000	0,23273
SNR TB500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,51291	0,47000	0,170000	1,2400	0,31000	0,63000	0,26580
RN TB500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,25709	0,20000	0,080000	1,4500	0,14000	0,26000	0,24495
Artefakty TB500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	10,67273	0,00000	0,000000	197,0000	0,00000	6,00000	32,10288

Tabela 41. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB500 -20 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
PP Ampl TB500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,37095	0,34000	0,140000	0,8200	0,27000	0,45000	0,15308
SNR TB500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,58946	0,48000	0,080000	2,9600	0,33000	0,80000	0,43389
RN TB500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,27270	0,21500	0,080000	1,3900	0,15000	0,30000	0,23627
Artefakty TB500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	13,66216	0,50000	0,000000	196,0000	0,00000	16,00000	31,48354

W badaniach uszu z normą słuchową sygnałem ToneBurst500 uzyskano małą zgodność z audiogramem (10,5%). Zastosowanie tego samego bodźca do badania uszu z ubytkiem słuchu wykazało jeszcze mniejszą zgodność z audiometrią tonalną. Dla natężenia bodźca 0 dB SL jest to jeden pacjent (1,31%).

7.3.2.4. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca iChirp500 w uchu z ubytkiem słuchu w audiometrii tonalnej

W tabelach 42-44 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału iChirp500 przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 42. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca Chirp500 10 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	15	7,22333	7,40000	5,220000	8,1300	7,00000	7,63000	0,67289
Amplituda Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	15	0,23267	0,26000	0,050000	0,4900	0,12000	0,31000	0,12250
PP Ampl Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,50404	0,43000	0,210000	2,4700	0,27000	0,60500	0,35274
SNR Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,66135	0,53000	0,120000	3,5600	0,36500	0,83000	0,58447
RN Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,25058	0,19000	0,080000	1,0400	0,14000	0,28500	0,18437
Artefakty Chirp500 fala V Ubytek natężenie dB 10 SL	43	15,76471	0,00000	0,000000	268,0000	0,00000	7,00000	45,78715

Tabela 43. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu, przy natężeniu bodźca Chirp500, 0 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	8	8,11250	8,12500	7,250000	8,9000	7,79000	8,46000	0,52093
Amplituda Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	8	0,27250	0,24000	0,110000	0,5400	0,18500	0,34000	0,13916
PP Ampl Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,43792	0,36000	0,130000	2,1100	0,27000	0,49000	0,29855
SNR Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,70717	0,62000	0,150000	2,4600	0,46000	0,85000	0,42992
RN Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,24358	0,20000	0,080000	1,1400	0,14000	0,29000	0,17518
Artefakty Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	9,35849	0,00000	0,000000	85,0000	0,00000	7,00000	20,70683

Tabela 44. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca Chirp500 -20 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
PP Ampl Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	43	0,43681	0,38000	0,120000	1,2200	0,27000	0,48500	0,24961
SNR Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	43	0,59653	0,48500	0,130000	3,5000	0,33500	0,74500	0,45614
RN Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	43	0,70819	0,19000	0,080000	35,0000	0,14000	0,29000	4,09981
Artefakty Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	43	11,35211	0,00000	0,000000	275,0000	0,00000	10,00000	35,18080

Badanie przy użyciu bodźca Chrip500 umożliwiło wykrycie fali V w 18,6% na poziomie progu słuchu pacjenta oraz w 34,88% na poziomie o 10 dB większym od progu słuchu pacjenta.

7.3.2.5. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca ToneBurst1000 w uchu z ubytkiem słuchu w audiometrii tonalnej

W tabelach 45-47 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału ToneBurst1000 (TB1000) przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 45. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB1000 10 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	8	6,88500	6,76500	6,180000	7,7300	6,43000	7,39000	0,56323
Amplituda TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	8	0,28250	0,28000	0,190000	0,3800	0,23000	0,33500	0,06606
PP Ampl TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,47473	0,39000	0,170000	3,7000	0,28000	0,52000	0,48086
SNR TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,64073	0,60000	0,170000	1,9900	0,43000	0,77000	0,32517
RN TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,32818	0,28000	0,090000	1,1400	0,21000	0,40000	0,18544
Artefakty TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	16,80000	0,00000	0,000000	234,0000	0,00000	8,00000	43,77104

Tabela 46. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB1000 0 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	4	7,76250	7,67500	6,900000	8,8000	7,22500	8,30000	0,78885
Amplituda TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	4	0,17500	0,16500	0,100000	0,2700	0,11500	0,23500	0,07594
PP Ampl TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,39927	0,37000	0,140000	1,4600	0,27000	0,49000	0,21008
SNR TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,52255	0,48000	0,140000	0,9300	0,40000	0,61000	0,19232
RN TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	0,34655	0,31000	0,100000	1,0200	0,24000	0,44000	0,16892
Artefakty TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL	43	13,98182	0,00000	0,000000	217,0000	0,00000	7,00000	37,10121

Tabela 47. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB1000 -20 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	2	7,66500	7,66500	7,230000	8,1000	7,23000	8,10000	0,61518

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Amplituda TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	2	0,22500	0,22500	0,160000	0,2900	0,16000	0,29000	0,09192
PP Ampl TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,40622	0,36000	0,140000	1,5400	0,26000	0,48000	0,21560
SNR TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,62649	0,53500	0,240000	1,2700	0,43000	0,79000	0,26249
RN TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,32419	0,29000	0,130000	1,0000	0,20000	0,38000	0,17114
Artefakty TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	12,56757	0,00000	0,000000	112,0000	0,00000	9,00000	25,41496

Badanie potencjałów z pnia mózgu dla częstotliwości 1 kHz sygnałem TB1000, podobnie do sygnału ToneBurst500, wykazało się niską skutecznością. Dla poziomu 0 dB SL równoznacznym z progiem słuchu pacjenta uzyskaliśmy w 9,3% zgodność z audiogramem.

Rozpoznano zarejestrowanie jednego przypadku przesłuchu.

7.3.2.6. Zestawienie wyników badania ABR dla bodźca iChirp1000 w uchu z ubytkiem słuchu w audiometrii tonalnej

W tabelach 48-50 przedstawiono wyniki badania ABR dla sygnału iChirp1000 przy trzech różnych natężeniach tego bodźca.

Tabela 48. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca Chirp1000 10 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	16	7,00313	7,04000	5,800000	8,0700	6,42500	7,71500	0,76769
Amplituda Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	16	0,24813	0,27500	0,070000	0,4400	0,16500	0,31000	0,10088
PP Ampl Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,70655	0,43000	0,170000	12,8900	0,31000	0,60000	1,69810
SNR Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,70145	0,59000	0,180000	3,1100	0,41000	0,79000	0,52856
RN Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	0,33327	0,30000	0,110000	0,9200	0,22000	0,40000	0,15824
Artefakty Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL	43	14,52727	0,00000	0,000000	315,0000	0,00000	9,00000	45,36023

Tabela 49. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca Chirp1000 0 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Latencja Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	9	7,28000	7,35000	6,280000	8,7000	6,58000	7,75000	0,78198
Amplituda Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	9	0,28333	0,21000	0,130000	0,7500	0,14000	0,27000	0,20199
PP Ampl Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	43	0,47500	0,40000	0,140000	4,3300	0,29000	0,51000	0,55133
SNR Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	43	0,61714	0,52500	0,200000	1,5900	0,39500	0,79500	0,30508
RN Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	43	0,32071	0,29500	0,120000	0,8200	0,20000	0,37500	0,16018
Artefakty Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	43	19,98214	0,00000	0,000000	403,0000	0,00000	6,50000	72,85315

Tabela 50. Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca Chirp1000 -20 dB SL

Zmienne	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
PP Ampl Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,40467	0,38000	0,130000	1,3600	0,28000	0,46000	0,19241
SNR Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,50427	0,49000	0,140000	1,1100	0,34000	0,64000	0,20277
RN Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	0,35507	0,32000	0,120000	1,0800	0,22000	0,43000	0,18058
Artefakty Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL	76	11,44000	0,00000	0,000000	457,0000	0,00000	4,00000	53,70773

Badając sygnałem Chirp1000 nie zarejestrowano fali V poniżej progu słyszenia pacjenta. Zgodność z progiem uzyskano w 20,93% dla poziomu 0 dB SL oraz 32,21% na poziomie 10 dB SL.

8. Analiza statystyczna wyników badań

W niniejszym rozdziale poddano analizie parametry: latencja i amplituda fali V oraz amplituda peak-to-peak, stosunek sygnału do szumu, szum reszkowy i artefakty, zarejestrowane dla zastosowanych sygnałów (Click, BBChirp, ToneBurst500, ToneBurst1000, iChirp500, iChirp1000).

Analiza wyników badań przedstawiona jest osobno dla uszu z normą słuchową oraz dla uszu z ubytkiem słuchu. Oddzielnie dla każdego z trzech zastosowanych natężeń bodźca.

8.1. Analiza wyników badań dla ucha z normą słuchową

Poddano analizie statystycznej wykrywalność fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami.

Istnieje statystycznie istotna różnica w zależności od natężenia bodźca $\chi^2(12) = 24,758$, $P=0,01601219$. Im większe natężenie, tym więcej oznaczonych fal V. Najlepszy wynik uzyskano w sygnałach szerokopasmowych (Click, BB iChirp).

Tabela 51. Liczba wykrytych przypadków zarejestrowania fali V dla ucha z normą słuchową

Rodzaj bodźca	N ważnych	Liczba (oraz procent) przypadków zarejestrowania fali V przy natężeniu bodźca 20 dB	Liczba (oraz procent) przypadków zarejestrowania fali V przy natężeniu bodźca 40 dB	Liczba (oraz procent) przypadków zarejestrowania fali V przy natężeniu bodźca 60 dB
Click	76	66 (86,8%)	75 (98,7%)	76 (100,0%)
BBChirp	76	71 (93,4%)	74 (97,4%)	74 (97,4%)
TB500	76	8 (10,5%)	19 (25,0%)	33 (43,4%)
Chirp500	76	55 (72,4%)	66 (86,8%)	68 (89,5%)
TB1000	76	17 (22,4%)	15 (19,7%)	21 (27,6%)
Chirp1000	76	57 (75,0%)	68 (89,5%)	72 (94,7%)

W wynikach zawartych w powyższej tabeli można odnotować wysoki procent wykrywalności fali V dla bodźców szerokopasmowych (Click, BBchirp). Jednocześnie, zgodnie z oczekiwaniami odnotowano, że im większe natężenie bodźca tym większa możliwość zarejestrowania fali odpowiedzi z pnia mózgu. W omawianym rozdziale przedstawiane wyniki dotyczą badań przeprowadzanych na uszach z wcześniej zdiagnozowaną normą słuchową. Dlatego przyjęto, że aby ocenić zgodność wyniku badania ABR z faktycznym progiem słuchu pacjenta, należy porównać wykrywalność fali V przy natężeniu 20 dB nHL z progiem słuchu pacjenta wyznaczonym poprzez audiometrię tonalną.

Badanie rejestracji potencjałów słuchowych w odpowiedzi na bodziec z zakresu niższych częstotliwości (500 Hz i 1000 Hz) wykazuje istotną różnicę w zależności od rodzaju bodźca (ToneBurst, czy iChirp). Z powyższej analizy wynika, że określenie progu słyszenia dla częstotliwości niższych (500 i 1000 Hz) jest obarczone granicą błędu. Nie uzyskano wysokiego procentu zgodności z audiogramem pacjenta w żadnym z przypadków. Jednak istnieje znacząca różnica pomiędzy bodźcami ToneBurst i Chirp. Różnica ta wskazuje na najniższą wartość diagnostyczną sygnału ToneBurst.

8.1.1. Fala V – natężenie 20 dB nHL

Poddano analizie statystycznej wykrywalność fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 20 dB nHL. W niniejszej analizie użyto test Chi2.

Stwierdzono statystycznie istotną różnicę w wykrywaniu fali V pomiędzy bodźcami – test Chi2(5) =226 p=0,0001. Najwięcej wykrytych fal V odnotowano przy sygnale BBChirp (93,4%), a najmniej przy sygnale ToneBurst500, który wykrył falę V tylko u 8 pacjentów (10,5%).

Z powyższych danych wynika, że największą wykrywalność fali V uzyskuje się przy stymulacji bodźcami Click i BBchirp. Natomiast rejestrując reakcje na bodźce specyficzne częstotliwościowo z grupy ToneBurst i iChirp, odnotowaliśmy znaczące różnice pomiędzy poszczególnymi sygnałami. Większą wykrywalność fali V uzyskano dla sygnałów iChirp1000 i iChirp500 niż ToneBurst1000 i ToneBurst500.

8.1.1.1. Latencja [ms]

Poddano analizie statystycznej długość latencji fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 20 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

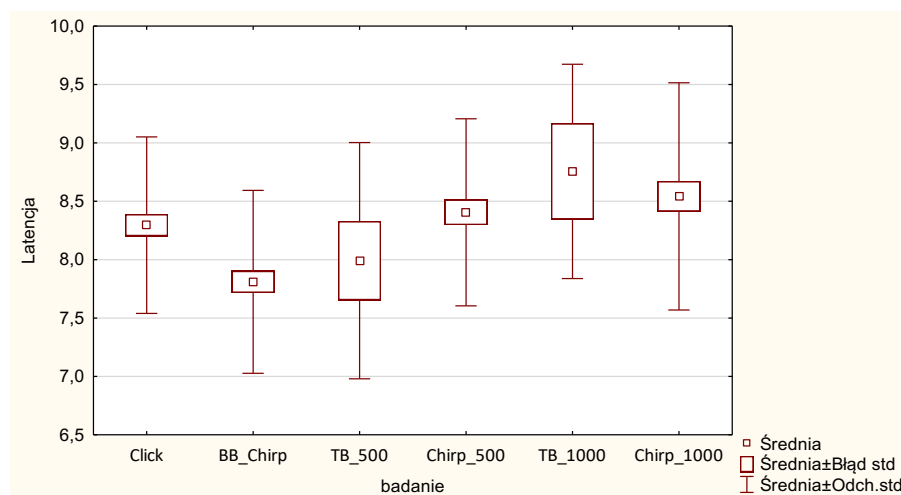
Odnotowano statystycznie istotną różnicę w wartościach latencji [ms] dla fali V dla poszczególnych rodzajów bodźców - Test Kruskala-Wallisa: H (5, N=275) =28,94; p=0,0001. Istotne statystycznie różnice w pomiarach istnieją pomiędzy sygnałami Click i BBChirp – p=0,005347, pomiędzy BBChirp a Chirp500 – p=0,001775 oraz pomiędzy BBChirp a Chirp1000 – p=0,000067.

Szczegóły przedstawiają tabela 52 oraz rycina 18.

Tabela 52. Analiza statystyczna długości latencji fali V przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Latencja [ms]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartył.	Górny Kwartył.	Odch.std
Click	66	8,29	8,35	5,90	10,00	7,88	8,80	0,75
BB_Chirp	71	7,81	7,68	6,50	9,78	7,17	8,38	0,78

Latencja [ms]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
TB_500	9	7,99	8,18	6,40	9,48	7,28	8,75	1,01
Chirp_500	55	8,40	8,35	6,92	10,00	7,80	9,10	0,80
TB_1000	17	7,81	7,68	6,25	10,95	6,90	8,65	1,19
Chirp_1000	57	8,54	8,45	6,50	10,55	7,90	9,25	0,97



Ryc. 18. Latencja fali V przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Różnica latencji fali V przy stymulacji bodźcem o tej samej częstotliwości może wynikać z charakteru bodźca. Odnotowano znaczącą różnicę pomiędzy sygnałami BBchirp oraz Click. Latencja sygnału BBChirp jest krótsza, dodatkowo przy obydwu sygnałach mamy do czynienia z małymi wartościami odchylen standardowych oraz błędu statystycznego. To oznacza, że wszystkie uzyskane wyniki mają podobną wartość.

Przy zastosowaniu sygnałów o częstotliwości 500 Hz i 1000 Hz, odnotowujemy większe wartości błędu statystycznego oraz odchylenia standardowego. Dodatkowo warto zwrócić uwagę na małą liczbę N ważnych dla sygnałów ToneBurst, świadczy to o małej przydatności bodźca.

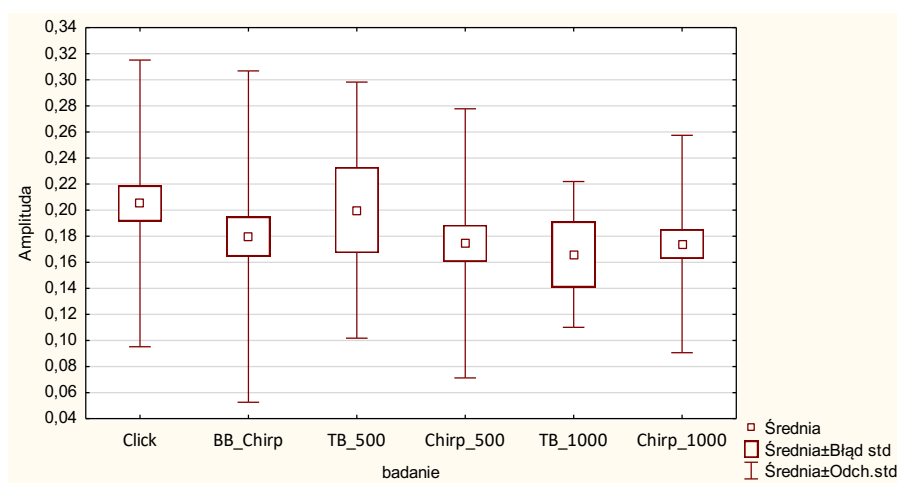
8.1.1.2. Amplituda [μ V]

Poddano analizie statystycznej amplitudę fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 20 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Różnice w wartościach amplitudy [μ V] nie są istotne statystycznie dla analizowanej fali V dla poszczególnych sygnałów - Test Kruskala-Wallisa: $H(5, N=456) = 5,41$; $p=0,3676$. Szczegóły przedstawiają tabela 53 oraz rycina 19.

Tabela 53. Analiza statystyczna wysokości Amplitudy fali V przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Amplituda [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	66	0,21	0,19	0,01	0,48	0,12	0,29	0,11
BB_Chirp	71	0,18	0,13	0,01	0,67	0,10	0,24	0,13
TB_500	9	0,20	0,20	0,06	0,34	0,13	0,29	0,10
Chirp_500	55	0,17	0,14	0,05	0,45	0,09	0,25	0,10
TB_1000	17	0,21	0,19	0,021	0,60	0,14	0,24	0,13
Chirp_1000	57	0,17	0,15	0,05	0,40	0,11	0,23	0,08



Ryc. 19. Amplituda fali V przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Zarejestrowane amplitudy fali V wykazują podobną wielkość, niezależnie od bodźca zastosowanego w badaniu. Świadczy to o podobnej interpretacji zapisu szeregu natężeniowego. Oznaczenie poszczególnych fal w szeregu natężeniowym jest subiektywną oceną osoby badającej. Zależy w dużej mierze od wiedzy i doświadczenia. Dlatego tak istotnym jest dokładne sprawdzenie otrzymanego zapisu wraz z ustalonymi oznaczeniami fali V.

Średnia wartość amplitudy przy bodźcu o natężeniu okołoprogowym jest najmniejsza spośród wszystkich trzech zastosowanych w niniejszej pracy natężeń (20 dB nHL, 40 dB nHL, 60 dB nHL).

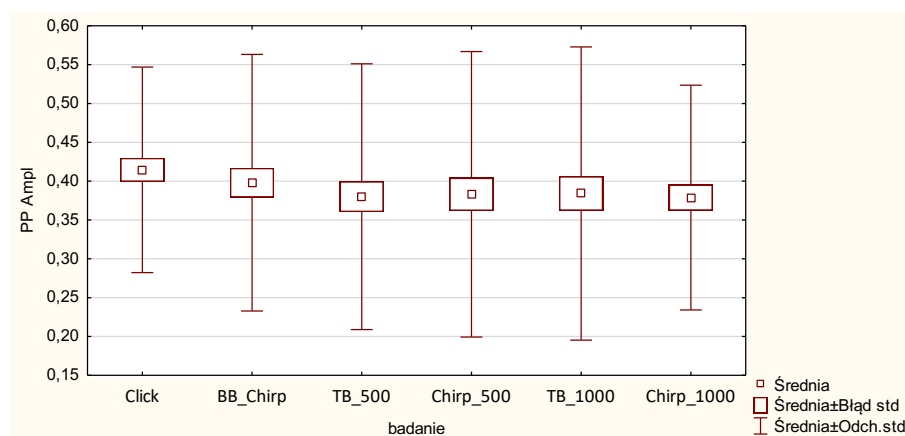
8.1.1.3. PP Ampl [μV]

Poddano analizie statystycznej wielkość PP Ampl. pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 20 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Przy natężeniu bodźca 20 dB nHL nie odnotowano statystycznie istotnych różnic dla poszczególnych badań - Test Kruskala-Wallisa: $H(5, N=456) = 7,02$; $p=0,2195$. Szczegóły przedstawiają tabela 54 oraz rycina 20.

Tabela 54. Analiza statystyczna dotycząca Amplitudy Peak-to-Peak przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

PP Ampl [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch. std
Click	76	0,41	0,39	0,17	0,71	0,32	0,52	0,13
BB_Chirp	76	0,39	0,38	0,10	1,06	0,29	0,48	0,17
TB_500	76	0,38	0,35	0,16	1,10	0,24	0,48	0,17
Chirp_500	76	0,38	0,34	0,14	0,86	0,25	0,47	0,18
TB_1000	76	0,39	0,36	0,14	0,84	0,26	0,47	0,17
Chirp_1000	76	0,38	0,35	0,15	0,78	0,27	0,47	0,14



Ryc. 20. Amplituda Peak-to-Peak przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Wartości parametrów w amplitudzie Peak-to-Peak są niezależne od oceny subiektywnej badacza. PP Amplituda pozostała na tym samym poziomie niezależnie od zmiany bodźca. Dla natężenia bodźca stymulującego 20 dB nHL wynik amplitud w zarejestrowanej krzywej jest niezależny od zastosowanego bodźca, tak samo jak amplituda fali V.

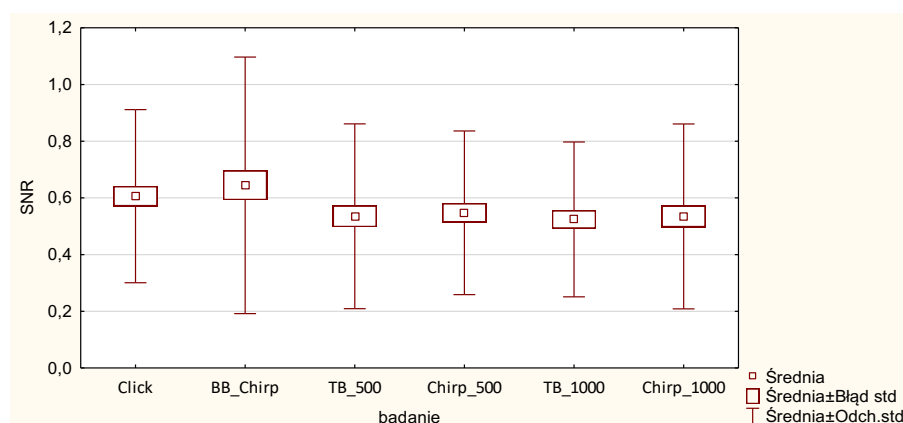
8.1.1.4. SNR

Poddano analizie statystycznej wartość SNR pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 20 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Nie odnotowano statystycznie istotnych różnic dla poszczególnych sygnałów - Test Kruskala-Wallisa: $H(5, N=456) = 5,57$; $p=0,3501$. Szczegóły przedstawiają tabela 55 oraz rycina 21.

Tabela 55. Analiza statystyczna dotycząca stosunku sygnału do szumu SNR przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

SNR	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	0,61	0,54	0,16	1,64	0,39	0,80	0,31
BB_Chirp	76	0,64	0,49	0,12	2,04	0,37	0,80	0,45
TB_500	76	0,54	0,45	0,07	1,87	0,30	0,70	0,33
Chirp_500	76	0,55	0,54	0,12	1,22	0,30	0,77	0,29
TB_1000	76	0,53	0,47	0,12	1,42	0,37	0,69	0,25
Chirp_1000	76	0,53	0,43	0,11	2,11	0,33	0,69	0,33



Ryc. 21. Stosunek sygnału do szumu SNR przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Stwierdzono, że dla normy słuchowej stosunek sygnału do szumu pozostawał na podobnym poziomie dla każdego z zastosowanych w niniejszej pracy bodźców.

Bodziec zastosowany w niniejszej analizie ma małe natężenie na poziomie progu słyszenia pacjenta 20 dB nHL. Bodziec o takim poziomie nie powoduje nadmiernej reakcji powodującej powstanie szumu resztkowego. Jednocześnie wykrywany pożądany sygnał (czyli reakcja układu słuchowego) utrzymuje się na podobnym poziomie dla każdego z analizowanych bodźców.

8.1.1.5. RN [μ V]

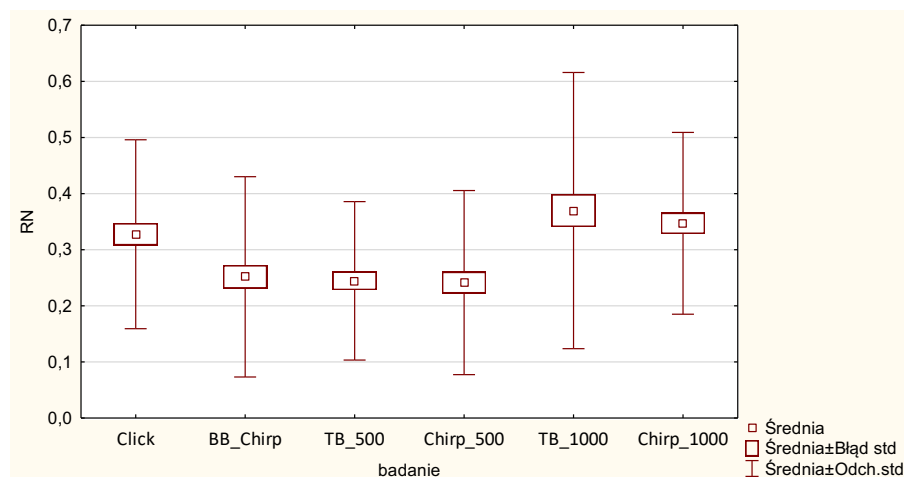
Poddano analizie statystycznej szum resztkowy RN pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 20 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Stwierdzono statystycznie istotne różnice w wartościach RN [μ] dla bodźca o natężeniu 20 dB nHL dla poszczególnych sygnałów - Test Kruskala-Wallisa H (5, N=456) =51,38; p=0,0001. Najwyższe wartości zarejestrowano w badaniu metodą TB1000, a najniższe w badaniu metodą TB500 i Chirp500. Zauważono statystycznie

istotne różnice pomiędzy pomiarami w badaniu Click a: BBChirp, TB500 i Chirp500 – odpowiednio $p=0,008022$, $p=0,006425$, $p=0,000739$, statystycznie istotne różnice w pomiarach pomiędzy TB1000 a: BBChirp, TB500 i Chirp500 – odpowiednio $p=0,002046$, $p=0,001610$, $p=0,000159$ oraz statystycznie istotną różnicę w pomiarach pomiędzy Chirp1000 a: BBChirp, TB500 i Chirp500 – odpowiednio $p=0,000218$, $p=0,000166$, $p=0,000012$. Szczegóły przedstawiają tabela 56 oraz rycina 22.

Tabela 56. Analiza statystyczna dotycząca szumu reszkowego przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

RN [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	0,33	0,28	0,10	0,89	0,20	0,44	0,17
BB_Chirp	76	0,25	0,21	0,07	1,32	0,15	0,31	0,18
TB_500	76	0,24	0,20	0,08	0,73	0,13	0,32	0,14
Chirp_500	76	0,24	0,19	0,08	0,84	0,13	0,31	0,16
TB_1000	76	0,36	0,29	0,12	1,08	0,20	0,44	0,21
Chirp_1000	76	0,35	0,32	0,11	0,95	0,22	0,45	0,16



Ryc. 22. RN przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Największą wartość RN obserwujemy dla sygnału TB1000, nieznacznie mniejsza wartość RN jest dla sygnału o tej samej częstotliwości - Chirp1000. Dla sygnałów o częstotliwości 500 Hz, czyli iChirp500 i TB500, również możemy odnotować bardzo zbliżoną wartość SNR. Istotna statystycznie różnica jest jedynie pomiędzy sygnałem Click i BBChirp. W tym przypadku wartość średnia RN znacząco różni się pomiędzy szerokopasmowymi sygnałami.

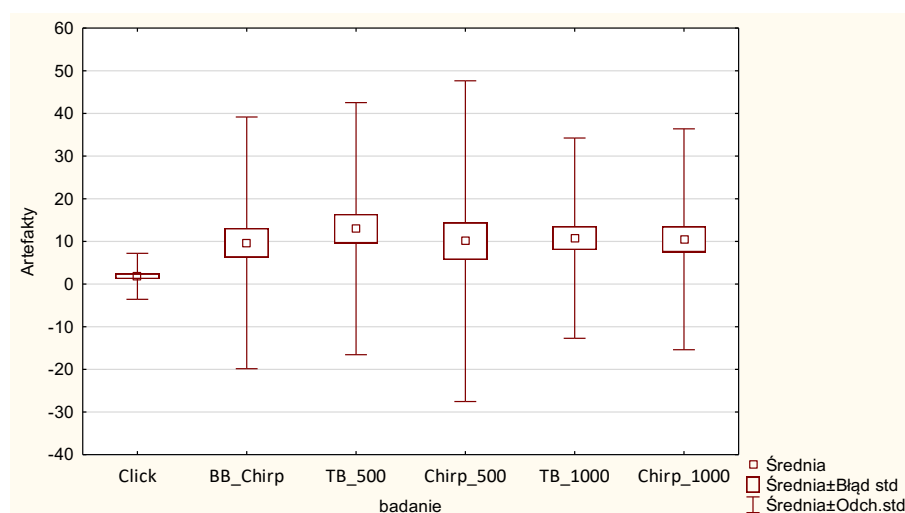
8.1.1.6. Artefakty

Poddano analizie statystycznej liczbę zarejestrowanych artefaktów pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 20 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Statystycznie istotne różnice stwierdzono w liczbie artefaktów na poziomie bodźca 20 dB nHL dla poszczególnych badań - Test Kruskala-Wallisa $H(5, N=456) = 15,14392$ $p=0,0098$. Najmniejszą średnią liczbę artefaktów oraz najmniejsze odchylenia odnotowano w badaniu metodą Click, a największą w badaniu TB500. Zauważono statystycznie istotną różnicę w pomiarach pomiędzy badaniem metodą Click a badaniem TB1000 – $p=0,046388$. Szczegóły przedstawiają tabela 57 oraz rycina 23.

Tabela 57. Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Artefakty	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	1,82	0,00	0,00	34,00	0,00	0,00	5,39
BB_Chirp	76	9,67	0,00	0,00	160,00	0,00	3,00	29,50
TB_500	76	12,99	0,00	0,00	165,00	0,00	8,00	29,54
Chirp_500	76	10,07	0,00	0,00	302,00	0,00	4,00	37,59
TB_1000	76	10,25	0,00	0,00	137,00	0,00	12,00	22,17
Chirp_1000	76	10,49	0,00	0,00	172,00	0,00	9,00	25,89



Ryc. 23. Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Średnia liczba artefaktów zmienia się w zależności od użytego bodźca, jednak mediana pozostaje stała w każdym przypadku - ma wartość 0.

8.1.2. Fala V – natężenie 40 dB nHL

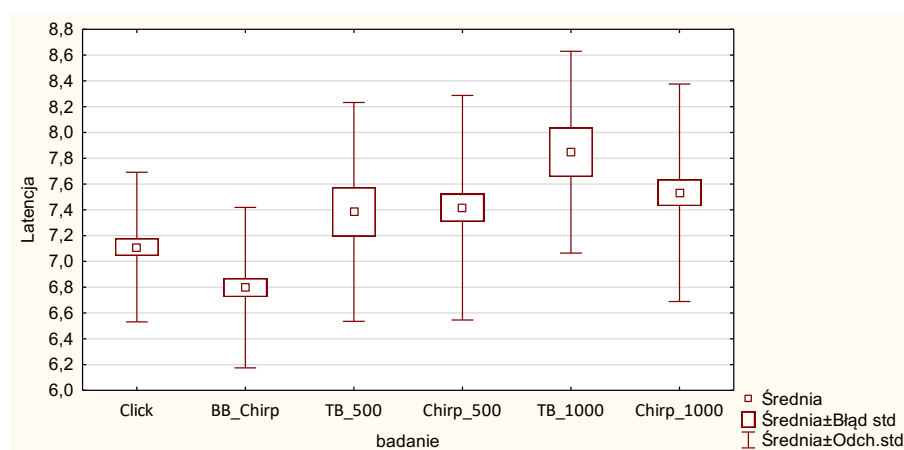
8.1.2.1. Latencja [ms]

Poddano analizie statystycznej długość latencji fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 40 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Stwierdzono statystycznie istotną różnicę w wartościach latencji dla fali V na poziomie 40 dB dla poszczególnych badań – H (5, N=318) =43,42; $p=0,0001$. Zarejestrowano statystycznie istotne różnice pomiędzy pomiarami w badaniach Click oraz TB1000 – $p=0,028605$ oraz pomiędzy Chirp500 a: BBChirp, TB1000 oraz Chirp1000 – odpowiednio $p=0,000140$, $p=0,000038$, $p=0,000002$.

Tabela 58. Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Latencja [ms]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	75	7,11	7,10	5,78	8,45	6,75	7,48	0,58
BB_Chirp	74	6,80	6,73	5,45	8,45	6,33	7,20	0,62
TB_500	20	7,38	7,36	6,00	8,88	6,74	8,02	0,85
Chirp_500	66	7,42	7,29	5,88	9,78	6,85	8,07	0,87
TB_1000	15	7,74	7,50	6,25	9,60	6,98	8,88	0,96
Chirp_1000	68	7,53	7,41	5,83	9,07	6,93	8,26	0,84



Ryc. 24. Latencja fali V przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Analizując zebrane dane przy natężeniu bodźca 40 dB nHL możemy porównywać większą grupę badawczą (liczba N ważnych wzrasta niż dla 20 dB nHL). Liczba wykrytych fal V w tym zapisie jest większa od liczba wykrytych fal V przy natężeniu bodźca okołoprogowego. Dzięki temu mogliśmy dokonać pełniejszej analizy i wykazać

tendencję mniejszej długości latencji dla sygnału BBchirp w porównaniu z odpowiedzią na sygnał click.

Podobnie, analizując odpowiedź na bodziec z zakresu 1000 Hz krótszą latencję fali V zarejestrowaliśmy dla sygnału Chirp1000 niż TB1000.

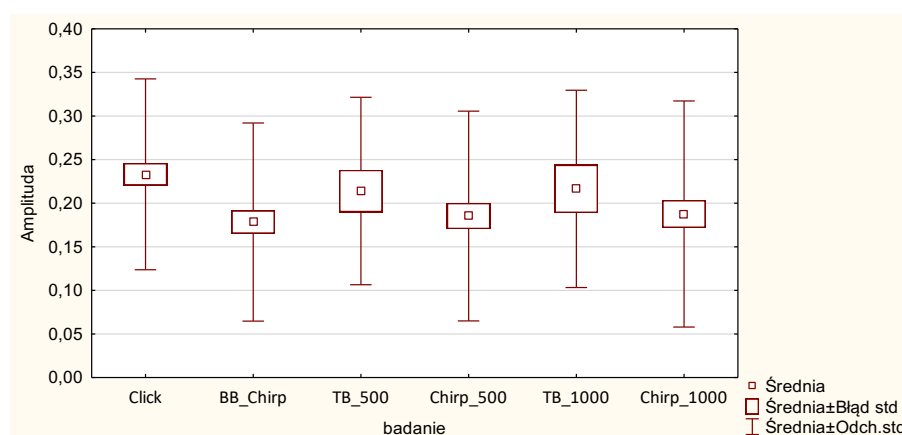
8.1.2.2. Amplituda [μV]

Poddano analizie statystycznej Amplitudę fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 40 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Stwierdzono statystycznie istotną różnicę dla poszczególnych badań -H (5, N=318) =16,88; $p=0,0047$. Statystycznie istotne różnice stwierdzono w pomiarach pomiędzy badaniem Click a: BBChirp, Chirp500 oraz Chirp 1000 – odpowiednio $p=0,011423$, $p=0,049384$ i $p=0,041696$. Szczegóły przedstawiają tabela 59 oraz rycina 25.

Tabela 59. Analiza statystyczna dotycząca amplitudy fali V przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Amplituda [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartył.	Górny Kwartył.	Odch.std
Click	75	0,23	0,20	0,05	0,55	0,16	0,30	0,11
BB_Chirp	74	0,18	0,15	0,01	0,65	0,10	0,24	0,11
TB_500	20	0,21	0,21	0,03	0,52	0,16	0,28	0,11
Chirp_500	66	0,19	0,16	0,02	0,70	0,10	0,24	0,12
TB_1000	15	0,22	0,21	0,08	0,53	0,17	0,31	0,11
Chirp_1000	68	0,19	0,16	0,02	0,89	0,11	0,23	0,13



Ryc. 25. Amplituda fali V przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

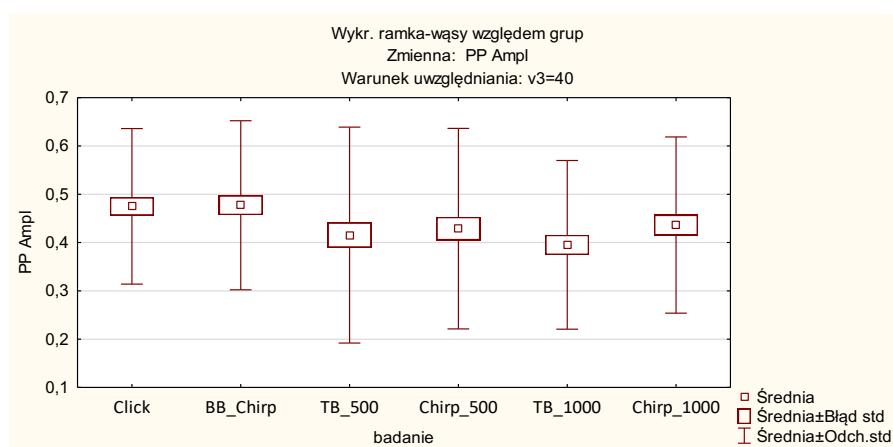
Zwiększone natężenie bodźca spowodowało zwiększoną amplitudę zapisu. Jak wykazano w powyższym zestawieniu amplituda fali V zmienia się w zależności od sygnału, który ją wywołał. Zdecydowanie największą wielkość amplitudy fali V uzyskano stymulując sygnałem click.

8.1.2.3. PP Ampl [μV]

Poddano analizie statystycznej wielkość PP Ampl. pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 40 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa (Test Kruskala-Wallisa H (5, N=456) =22,33; $p=0,0005$). Dostrzeżono statystycznie istotne różnice w wynikach pomiarów pomiędzy badaniami Click a TB500 i TB1000 – odpowiednio $p=0,019338$ i $p=0,013791$ oraz pomiędzy BBChirp a TB500 i TB1000 – odpowiednio $p=0,015485$ i $p=0,011006$.

Tabela 60. Analiza statystyczna dotycząca PP Ampl. przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

PP Ampl. [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartył.	Górny Kwartył.	Odch.std
Click	76	0,48	0,43	0,25	1,00	0,36	0,56	0,16
BB_Chirp	76	0,48	0,45	0,22	1,18	0,36	0,56	0,18
TB_500	76	0,42	0,36	0,15	1,68	0,30	0,46	0,22
Chirp_500	76	0,43	0,40	0,19	1,75	0,30	0,51	0,21
TB_1000	76	0,41	0,38	0,15	1,30	0,29	0,48	0,17
Chirp_1000	76	0,44	0,41	0,18	0,93	0,29	0,54	0,18



Ryc. 26. Peak-to-Peak Amplituda przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

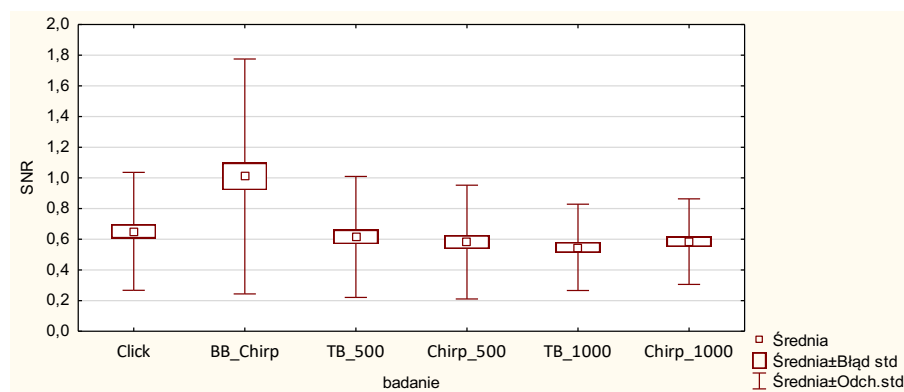
Zwiększone natężenie bodźca zmieniło również wartości Amplitudy Peak-to-Peak. Odnotowano istotną statystycznie różnicę pomiędzy badaniem sygnałami wysokoczęstotliwościowymi (click, BBChirp) a sygnałami o niższej częstotliwości (TB1000, Chirp1000, TB500, Chirp500). Natomiast pomiędzy poszczególnymi parami bodźców o podobnej częstotliwości nie odnotowano różnic istotnych statystycznie.

8.1.2.4. SNR

Poddano analizie statystycznej wartość SNR pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 40 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa $H(5, N=456) = 22,75; p=0,0004$. Badanie metodą BBChirp różniło się wynikami od badań metodą TB500, Chirp500, TB1000, Chirp1000 – odpowiednio $p=0,011043$, $p=0,001004$, $p=0,00077$ oraz $p=0,019151$. Szczegóły przedstawiają tabela 61 oraz rycina 27.

Tabela 61. Analiza statystyczna dotycząca SNR przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

SNR	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	0,65	0,57	0,14	1,94	0,36	0,80	0,38
BB_Chirp	76	1,01	0,73	0,19	3,57	0,45	1,39	0,77
TB_500	76	0,62	0,54	0,13	2,38	0,33	0,83	0,39
Chirp_500	76	0,58	0,49	0,13	2,03	0,31	0,79	0,37
TB_1000	76	0,57	0,49	0,12	1,72	0,35	0,74	0,29
Chirp_1000	76	0,58	0,53	0,09	1,42	0,38	0,75	0,28



Ryc. 27. SNR przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Średnia współczynnika SNR dla poszczególnych bodźców jest podobna. Zawiera się w ramach od 0,54 do 0,65. Jedynie sygnał BBChirp (podobnie jak przy natężeniu bodźca 20 dB nHL) spowodował zwiększenie średniej wartości współczynnika SNR do 1,01.

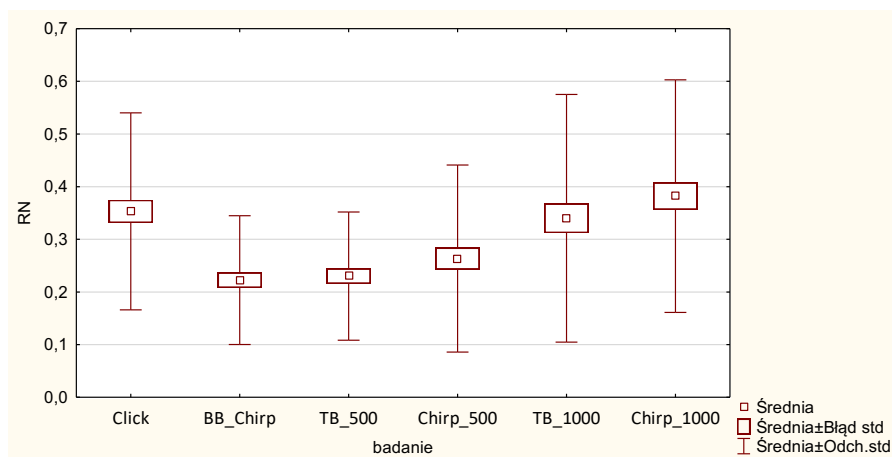
8.1.2.5. RN [μV]

Poddano analizie statystycznej szum resztkowy RN pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 40 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa $H(5, N=456) = 70,99; p=0,0001$. Odnotowano statystycznie istotne różnice w wartościach RN pomiędzy badaniami Click a: BBChirp,

TB500 i Chirp500 – odpowiednio $p=0,000001$, $p=0,000007$, $p=0,000273$, pomiędzy TB1000 a: BBChirp, TB500 i Chirp500 – odpowiednio $p=0,000136$, $p=0,000892$, $p=0,016555$ oraz pomiędzy Chirp1000 a: BBChirp, TB500 i Chirp500 – odpowiednio $p=0,000000$, $p=0,000001$, $p=0,000037$. Szczegóły przedstawiają tabela 62 oraz rycina 28.

Tabela 62. Analiza statystyczna dotycząca RN przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

RN [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	0,35	0,31	0,09	1,37	0,23	0,47	0,19
BB_Chirp	76	0,22	0,18	0,06	0,67	0,14	0,29	0,12
TB_500	76	0,23	0,20	0,07	0,64	0,14	0,30	0,12
Chirp_500	76	0,26	0,21	0,08	0,84	0,13	0,35	0,18
TB_1000	76	0,34	0,29	0,11	1,85	0,21	0,51	0,24
Chirp_1000	76	0,38	0,33	0,14	1,54	0,24	0,48	0,22



Ryc. 28. RN przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Porównując wartości RN dla bodźców o podobnych częstotliwościach przy różnych natężeniach (20 dB i 40 dB) bodźca możemy zauważyć, że zmiana natężenia nie zmieniła znacząco szumu resztkowego. Szum resztkowy ma dużą wartość dla częstotliwości 1000 Hz (TB1000 i Chirp1000). Natomiast analizując szum resztkowy dla bodźców o natężeniu 40 dB można odnotować wzrost RN dla sygnału click.

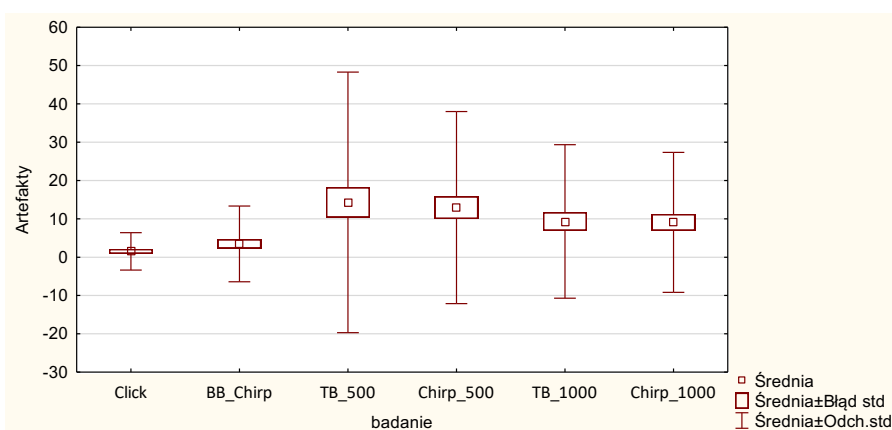
8.1.2.6. Artefakty

Poddano analizie statystycznej ilość zarejestrowanych artefaktów pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 40 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa $H(5, N=456) = 17,87$; $p=0,0031$), wychwycono statystycznie istotną różnicę w liczbie artefaktów pomiędzy badaniami Click oraz

Chirp500 – $p=0,026226$. Badanie metodą Click miało najmniejszą średnią liczbę artefaktów oraz najmniejsze odchylenia.

Tabela 63. Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Artefakty	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	1,53	0,00	0,00	34,00	0,00	0,50	4,88
BB_Chirp	76	3,47	0,00	0,00	61,00	0,00	2,00	9,88
TB_500	76	14,30	0,00	0,00	174,00	0,00	7,00	33,99
Chirp_500	76	12,95	0,00	0,00	113,00	0,00	12,00	25,05
TB_1000	76	9,33	1,00	0,00	108,00	0,00	9,00	20,46
Chirp_1000	76	9,09	0,00	0,00	92,00	0,00	13,00	18,25



Ryc. 29. Artefakty przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Analiza statystyczna wykazała, że mediana artefaktów wynosi 0. Jednak już wartość średnia pokazuje różnice pomiędzy odpowiedziami. Sygnał click ma najmniejszą liczbę artefaktów, dodatkowo ma również najmniejszy błąd statystyczny i odchylenie standardowe.

Niska liczba artefaktów powtarza się dla sygnału click dla różnych natężeń bodźca. Zwiększa to wartość diagnostyczną tego sygnału. Przewidywalność i stałość reakcji ułatwiają ocenę szeregu natężeniowego.

8.1.3. Fala V – natężenie 60 dB nHL

W badaniu pacjenta, którego słuch jest w normie, zastosowanie bodźca o natężeniu 60 dB nHL powinno zapewnić jednoznaczną ocenę zarejestrowanej odpowiedzi z pnia mózgu. Im większe natężenie bodźca, tym silniejsza odpowiedź ze strony układu słuchowego. Morfologia fali V w szeregu natężeniowym w tym przypadku jest łatwiejsza do odczytu niż przy zastosowaniu bodźca okołoprogowego.

Analiza wykazała wysoką wykrywalność fali V stosując sygnał click oraz Chirp. Wykrywalność odpowiedzi pnia mózgu na stymulację sygnałem ToneBurst jest dużo mniejsza.

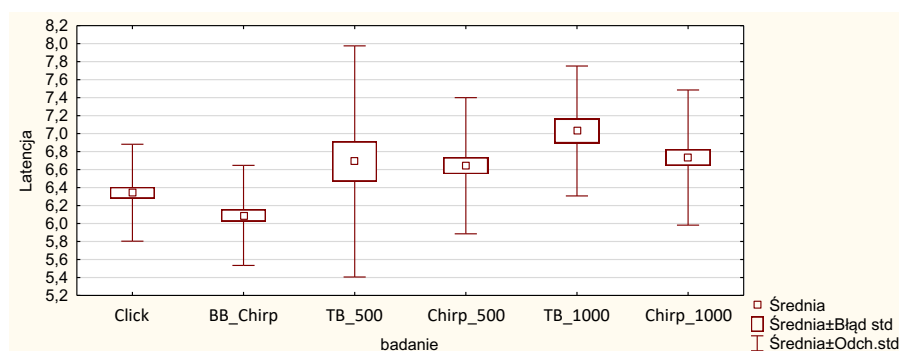
Poddano analizie statystycznej wykrywalność fali V na poziomie sygnału 60 dB nHL pomiędzy poszczególnymi analizowanymi w niniejszej pracy bodźcami – test $\chi^2(5) = 169,92$; $p=0,0001$. Najwięcej wykrytych fal V odnotowano przy zastosowaniu bodźca Click i BBChirp, przy których odnotowano falę V w odpowiednio 100% i 97,4%, a najmniej przy bodźcach TB1000 i TB500, które wykryły falę V jedynie u 21 i 33 pacjentów – odpowiednio 27,6% i 43,4%.

8.1.3.1. Latencja [ms]

Poddano analizie statystycznej długość latencji fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 60 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa $H(5, N=345) = 55,57$; $p=0,0001$. Statystycznie istotne różnice istnieją w wynikach latencji pomiędzy badaniem Click a: TB500, TB1000 i Chirp1000 – odpowiednio $p=0,035000$, $p=0,000503$ i $p=0,035601$. Dodatkowo statystycznie istotne różnice w wynikach pomiędzy badaniem BBChirp a: TB500, Chirp500, TB1000 i Chirp1000 – odpowiednio $p=0,000026$, $p=0,000114$, $p=0,000000$, $p=0,000003$. Szczegóły przedstawiają tabela 64 oraz rycina 30.

Tabela 64. Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Latencja [ms]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	6,34	6,31	5,10	7,73	5,96	6,70	0,54
BB_Chirp	74	6,09	5,90	5,03	7,35	5,65	6,55	0,56
TB_500	34	6,69	6,92	0,74	8,23	6,28	7,42	1,29
Chirp_500	68	6,64	6,65	5,15	8,48	6,08	7,19	0,76
TB_1000	21	7,28	7,13	5,38	9,30	6,70	8,07	0,98
Chirp_1000	72	6,73	6,65	5,33	8,40	6,14	7,40	0,75



Ryc. 30. Latencja fali V przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Analizując odpowiedzi na poszczególne częstotliwości sygnał chirp wykazuje najkrótsze wartości latencji fali V. Odpowiedź na sygnały szerokopasmowe click oraz BBchirp ma krótsze latencje niż przy pozostałych analizowanych bodźcach. Natomiast różnica pomiędzy tymi dwoma sygnałami wykazuje tendencję mniejszej latencji dla sygnału BBchirp.

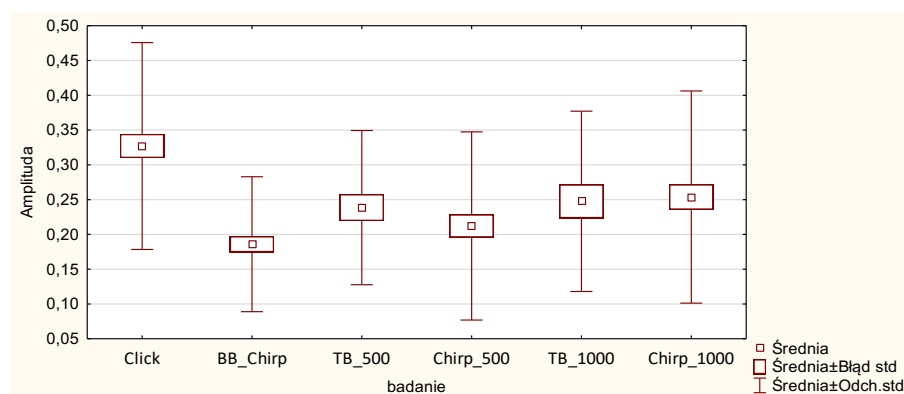
Podobne spostrzeżenia stwierdzono przy pozostałych bodźcach. Zaobserwowano krótszą latencję fali V dla bodźca chirp1000 niż ToneBurst1000, jak również pomiędzy latencją fali V dla sygnałów chirp500 oraz ToneBurst500.

8.1.3.2. Amplituda [μV]

Poddano analizie statystycznej Amplitudę fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 60dBnHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa $H(5, N=345) = 44,70; p=0,0001$. Statystycznie istotne różnice istnieją również w pomiarach pomiędzy badaniem Click a badaniami BBChirp, Chirp500 i Chirp1000 odpowiednio $p=0,000001$, $p=0,000008$ i $p=0,018535$ oraz statystycznie istotna różnica w pomiarach pomiędzy badaniem BBChirp a Chirp1000 $p=0,048579$. Szczegóły przedstawiają tabela 65 oraz rycina 31.

Tabela 65. Analiza statystyczna dotycząca amplitudy fali V przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Amplituda [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	0,33	0,32	0,07	0,65	0,22	0,42	0,15
BB_Chirp	74	0,19	0,17	0,04	0,56	0,12	0,22	0,10
TB_500	34	0,24	0,21	0,08	0,47	0,15	0,33	0,11
Chirp_500	68	0,21	0,20	0,01	0,72	0,10	0,28	0,14
TB_1000	21	0,25	0,19	0,09	0,48	0,16	0,30	0,10
Chirp_1000	72	0,25	0,23	0,01	0,72	0,15	0,35	0,15



Ryc. 31. Amplituda fali V przy natężeniu bodźca 60 dB nHL, dla ucha z normą słuchową

Podobnie jak w analizie przy natężeniu bodźca 40 dB nHL, również przy natężeniu 60dB nHL średnia amplituda dla sygnału click jest największa spośród wszystkich omawianych sygnałów.

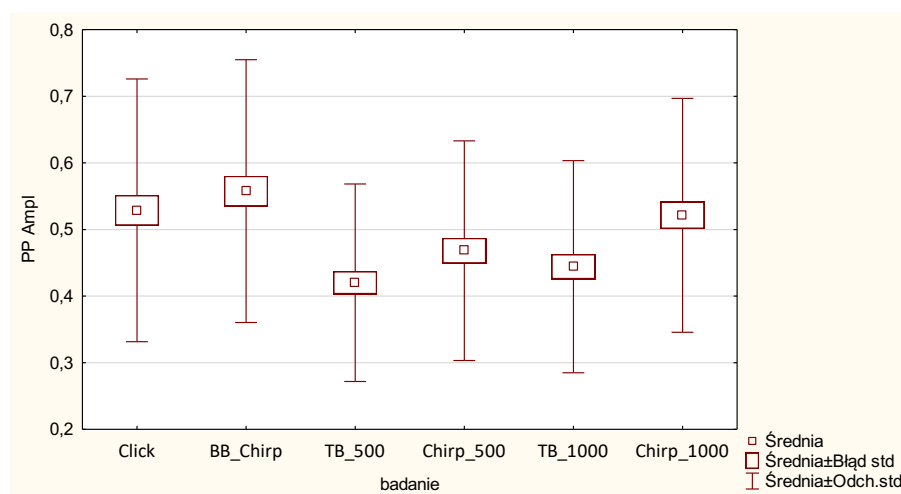
8.1.3.3. PP Ampl [μV]

Poddano analizie statystycznej wielkość PP Ampl. pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 60 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Test Kruskala-Wallisa: $H(5, N=456) = 37,51; p=0,0001$. Dostrzeżono statystycznie istotne różnice w pomiarach pomiędzy badaniem Click a badaniami TB500 i TB1000 odpowiednio $p=0,000790$ i $0,042534$, odnotowano statystycznie istotne różnice w pomiarach pomiędzy badaniem BBChirp a badaniami TB500, Chirp500 i TB1000 odpowiednio $p=0,000009$, $p=0,044196$, $p=0,001264$ oraz różnicę w wynikach pomiędzy badaniem TB500 a Chirp1000 – $p=0,002061$. Szczegóły przedstawiają tabela 66 oraz rycina 32.

Tabela 66. Analiza statystyczna dotycząca PP amplitudy przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową

PP Ampl [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	0,53	0,52	0,20	1,49	0,41	0,61	0,20
BB_Chirp	76	0,56	0,52	0,24	1,27	0,45	0,63	0,20
TB_500	76	0,42	0,39	0,21	0,91	0,32	0,51	0,15
Chirp_500	76	0,47	0,47	0,14	1,19	0,35	0,57	0,16
TB_1000	76	0,44	0,38	0,13	1,00	0,31	0,49	0,16
Chirp_1000	76	0,52	0,50	0,24	1,13	0,39	0,59	0,18



Ryc. 32. PP Amplituda przy natężeniu bodźca 60 dB nHL, dla ucha z normą słuchową

Zwiększenie natężenia bodźca spowodowało zwiększoną wartość Peak-to-Peak Amplitudy dla wszystkich bodźców.

Wartość PP Ampl., dla pary sygnałów click – BBchirp, jest porównywalna.

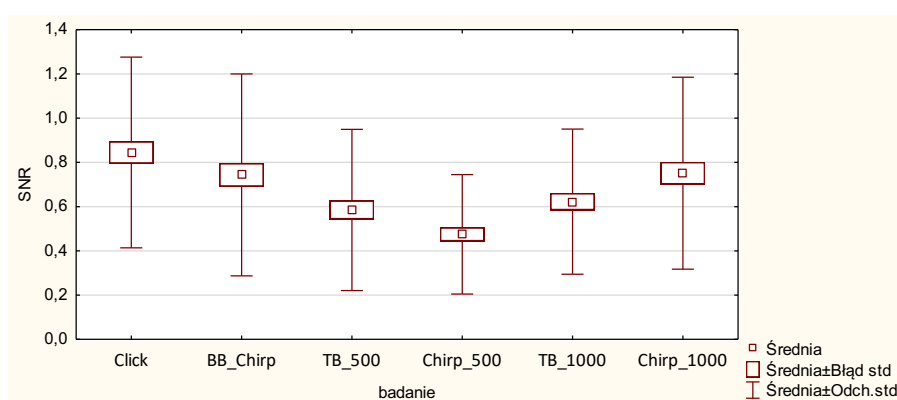
W pozostałych przypadkach sygnały Chirp powodują większy wzrost PP Ampl. w porównaniu z sygnałami ToneBurst.

8.1.3.4. SNR

Poddano analizie statystycznej wartość SNR pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 60dBnHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa. Test Kruskala-Wallisa: $H(5, N=456) = 52,78$; $p=0,0001$. Również statystycznie istotne różnice istnieją w pomiarach pomiędzy badaniem Click a badaniami TB500, Chirp500 i TB1000 odpowiednio $p=0,000208$, $p=0,000000$ i $p=0,007027$. Odnotowano statystycznie istotną różnicę pomiędzy badaniem BBChirp a Chirp500 – $p=0,000128$ oraz pomiędzy badaniem Chirp1000 a badaniami TB500 i Chirp500 odpowiednio $p=0,040066$ i $p=0,000007$. Szczegóły przedstawiają tabela 67 oraz rycina 33.

Tabela 67. Analiza statystyczna dotycząca SNR przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową

SNR	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	0,85	0,78	0,19	2,39	0,53	1,03	0,43
BB_Chirp	76	0,74	0,61	0,14	2,66	0,42	0,90	0,46
TB_500	76	0,59	0,50	0,10	2,51	0,35	0,73	0,36
Chirp_500	76	0,47	0,43	0,11	1,71	0,30	0,60	0,27
TB_1000	76	0,62	0,55	0,17	1,61	0,35	0,70	0,32
Chirp_1000	76	0,75	0,68	0,09	2,67	0,52	0,93	0,43



Ryc. 33. SNR przy natężeniu bodźca 60 dB nHL, dla ucha z normą słuchową

Średnia wartość parametru SNR waha się pomiędzy 0,47 a 0,85, w zależności od użytego bodźca. Zwiększone natężenie bodźca stymulującego do 60dBnHL polepszyło stosunek sygnału do szumu dla sygnałów Click oraz BBChirp. Najmniejszy stosunek sygnału do szumu uzyskano dla częstotliwości 500Hz (zarówno dla sygnału chirp, jak i TB).

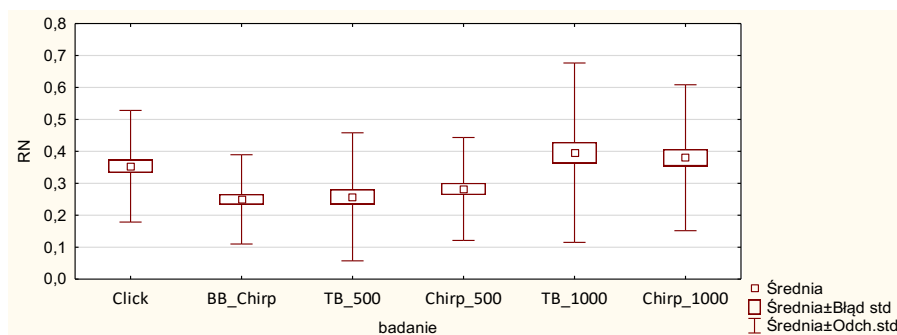
8.1.3.5. RN [μ V]

Poddano analizie statystycznej szum resztkowy RN, pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 60 dB nHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Test Kruskala-Wallisa (5, N=456) =53,44; p=0,0001 wykazała istotną różnicę w wartościach RN na poziomie 60 dB dla poszczególnych badań. Odnotowano statystycznie istotne różnice w pomiarach pomiędzy badaniem Click a badaniami BBChirp, TB500 oraz Chirp500 odpowiednio p=0,000206, p=0,000100, p=0,031677, spostrzeżono statystycznie istotne różnice pomiędzy badaniem TB1000 a badaniami BBChirp, TB500 i Chirp500 odpowiednio p=0,000204, p=0,000099, p=0,030539 oraz pomiędzy badaniem Chirp1000 a badaniami BBChirp, TB500 i Chirp500 odpowiednio p=0,000030, p=0,000014, p=0,007559. Szczegóły przedstawiają tabela 68 oraz rycina 34.

Tabela 68. Analiza statystyczna dotycząca RN przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową

RN [μ V]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartył.	Górny Kwartył.	Odch.std
Click	76	0,35	0,31	0,07	0,99	0,24	0,42	0,17
BB_Chirp	76	0,25	0,20	0,08	0,70	0,15	0,35	0,14
TB_500	76	0,26	0,22	0,08	1,56	0,14	0,30	0,20
Chirp_500	76	0,28	0,23	0,10	1,07	0,17	0,38	0,16
TB_1000	76	0,37	0,28	0,10	1,98	0,20	0,47	0,29
Chirp_1000	76	0,38	0,31	0,12	1,50	0,24	0,43	0,23



Ryc. 34. RN przy natężeniu bodźca 60 dB nHL, dla ucha z normą słuchową

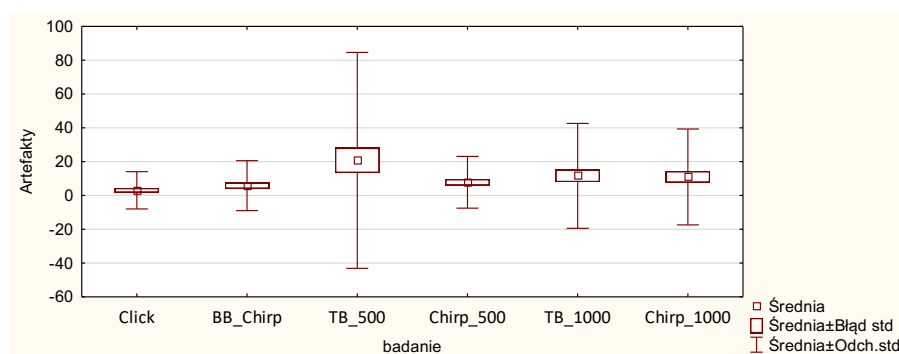
Szum resztkowy zarejestrowany przy natężeniu bodźca 60 dB nHL wykazał takie same wartości jak przy poprzednich analizowanych natężeniach. Świadczy to o znikomym wpływie poziomu głośności sygnału na ten parametr.

8.1.3.6. Artefakty

Poddano analizie statystycznej ilość zarejestrowanych artefaktów pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 60dBnHL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa : $H(5, N=456) = 9,06, p=0,1068$. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w średniej ilości artefaktów pomiędzy zastosowanymi w niniejszej pracy bodźcami przy natężeniu 60 dB nHL. Szczegóły przedstawiają tabela 69 oraz rycina 35.

Tabela 69. Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową

Artefakty	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	3,07	0,00	0,00	91,00	0,00	1,50	11,05
BB_Chirp	76	5,81	0,00	0,00	80,00	0,00	4,00	14,77
TB_500	76	20,79	0,00	0,00	479,00	0,00	13,50	63,86
Chirp_500	76	7,83	0,00	0,00	60,00	0,00	7,50	15,32
TB_1000	76	11,59	0,00	0,00	222,00	0,00	3,00	31,01
Chirp_1000	76	11,00	0,00	0,00	181,00	0,00	6,00	28,36



Ryc. 35. Artefakty przy natężeniu bodźca 60 dB nHL, dla ucha z normą słuchową

Analiza liczby artefaktów wskazuje podobne wartości, jak przy poprzednich analizowanych natężeniach bodźca. Mediana we wszystkich przypadkach wynosi 0, dopiero średnia ilość artefaktów zmienia się w zależności od bodźca. Jednak są to różnice nieistotne statystycznie.

8.2. Analiza wyników badań dla ucha z ubytkiem słuchu

Poddano analizie statystycznej wykrywalność fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami.

Istnieje statystycznie istotna różnica w wykrywaniu fali V pomiędzy poszczególnymi badaniami w zależności od natężenia bodźca. Im większe natężenie, tym więcej oznaczonych fal V. Największą wykrywalność fali V uzyskano w sygnałach szerokopasmowych (click, BBChirp).

Tabela 70. Wykrywalność fali V dla ucha z ubytkiem słuchu dla poszczególnych bodźców przy różnych natężeniach

Rodzaj badania	N ważnych	Liczba (oraz procent) przypadków zarejestrowania fali V przy natężeniu bodźca 10 dB SL	Liczba (oraz procent) przypadków zarejestrowania fali V przy natężeniu bodźca 0 dB SL	Liczba (oraz procent) przypadków zarejestrowania fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL
Click	76	31 (40,79%)	14 (18,42%)	5 (6,58%)
BBChirp	76	22 (28,95%)	13 (17,10%)	1 (1,31%)
TB500	76	6 (7,89%)	1 (1,31%)	0 (0%)
Chirp500	76	15 (19,74%)	8 (10,53%)	0 (0%)
TB1000	76	8 (10,53%)	4 (5,26%)	1 (1,31%)
Chirp1000	76	16 (21,05%)	9 (11,84%)	0 (0%)

W tabeli 70 zawarto wyniki zarejestrowanych fal V w odniesieniu do wszystkich przebadanych pacjentów (N=76), również dla pacjentów z ubytkiem głębokim (>90 dB HL), tak aby wykazać również te fale, które wskazują na przesłuch.

8.2.1. Fala V – natężenie 10 dB SL

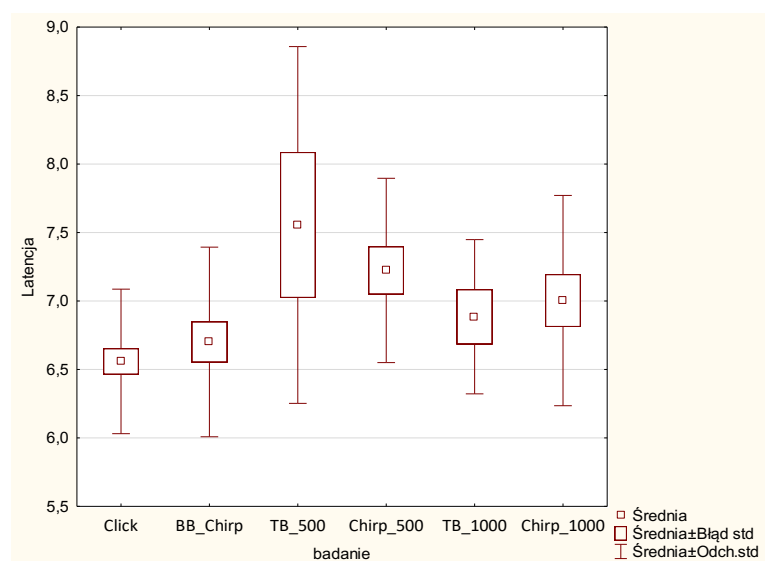
8.2.1.1. Latencja [ms]

Poddano analizie statystycznej długość latencji fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 10 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Stwierdzono statystycznie istotną różnicę w długości latencji fali dla poszczególnych bodźców - $H(5, N=98) = 14,96$; $p=0,0106$. Najkrótszą latencję fali V i najmniejsze odchylenia odnotowano w badaniu metodą Click, natomiast najdłuższą latencję fali V i najwyższe odchylenia stwierdzono w badaniu TB500. Szczegóły przedstawiają tabela 71 oraz rycina 36.

Tabela 71. Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Latencja [ms]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	31	6,56	6,55	5,45	7,48	6,23	6,95	0,53
BB_Chirp	22	6,70	6,83	5,40	7,80	6,08	7,25	0,69
TB_500	6	7,56	7,08	6,08	9,78	7,00	8,32	1,30
Chirp_500	15	7,22	7,40	5,22	8,13	7,00	7,63	0,67
TB_1000	8	6,89	6,77	6,18	7,73	6,43	7,39	0,56
Chirp_1000	16	7,00	7,04	5,80	8,07	6,43	7,72	0,77



Ryc. 36. Latencja fali V przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Zmiana częstotliwości bodźca stymulującego zmienia miejsce pobudzenia błony podstawnej. Aby uzyskać informację o zmianach, które wprowadza zmiana charakteru sygnału przy zachowaniu tej samej częstotliwości, przeanalizowano uzyskane wyniki również w parach bodźców tej samej częstotliwości (Click-BBChirp, ToneBurst500-iChirp500, ToneBurst1000-iChirp1000).

Porównując wyniki uzyskane dla par bodźców o podobnym spektrum częstotliwości, ale odmiennej strukturze akustycznej wykorzystano Test kolejności par Wilcozona (tabela 72).

Tabela 72. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcozona)

	N Ważnych	Średnia Click	Średnia BBChirp	Z	p
Latencja Click fala V Ubytek natężenie 10 SL & Latencja BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 SL	18	6,56	6,70	1,306511	0,191380

	N Ważnych	Średnia Click	Średnia BBChirp	Z	p
Latencja TB500 fala V Ubytek natężenie 10 SL & Latencja Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 SL	4	7,56	7,22	0,730297	0,465209
Latencja TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL & Latencja Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL	4	6,89	7,00	0,730297	0,465209

Zgodnie z oczekiwaniami, najmniejszą latencję ma para sygnałów click-BBChirp, natomiast największą TB500 i Chirp500.

Analizując zmiany latencji fali V pomiędzy poszczególnymi sygnałami w obrębie jednej częstotliwości nie odnotowano statystycznie istotnych różnic pomiędzy wynikami.

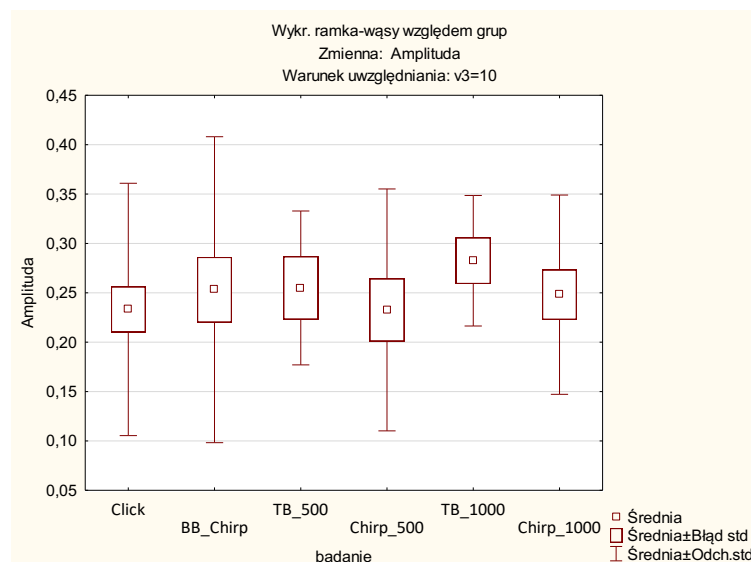
8.2.1.2. Amplituda [μ V]

Poddano analizie statystycznej amplitudę fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 10 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa: $H(5, N=98) = 3,31; p = 0,6524$.

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w wartościach amplitudy fali V na poziomie 10 dB SL dla poszczególnych bodźców. Szczegóły przedstawiają tabela 73 oraz rycina 37.

Tabela 73. Analiza statystyczna dotycząca amplitudy fali V przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Amplituda [μ V]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	31	0,23	0,21	0,10	0,58	0,13	0,28	0,13
BB_Chirp	22	0,25	0,19	0,04	0,58	0,14	0,32	0,15
TB_500	6	0,26	0,23	0,18	0,38	0,20	0,31	0,08
Chirp_500	15	0,23	0,26	0,05	0,49	0,12	0,31	0,12
TB_1000	8	0,28	0,28	0,19	0,38	0,23	0,34	0,07
Chirp_1000	16	0,25	0,28	0,07	0,44	0,17	0,31	0,10



Ryc. 37. Amplituda fali V przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 74. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
Amplituda Click fala V Ubytek natężenie 10 SL & Amplituda BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 SL	17	71,00000	0,260360	0,794587
Amplituda TB500 fala V Ubytek natężenie 10 SL & Amplituda Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 SL	4	2,000000	1,095445	0,273323
Amplituda TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL & Amplituda Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL	4	3,500000	0,547723	0,583883

Amplituda fali V dla natężenia bodźca o 10 dB większego od progu słuchowego pacjenta nie wykazuje różnic pomiędzy poszczególnymi sygnałami.

Podobnie jak w analizie wartości amplitudy dla ucha z prawidłowym słuchem, przy wartościach okołoprogowych amplituda odpowiedzi ze strony pnia mózgu jest porównywalna we wszystkich przypadkach.

Analiza pomiędzy poszczególnymi parami sygnałów w obrębie danej częstotliwości pokazuje podobne rezultaty.

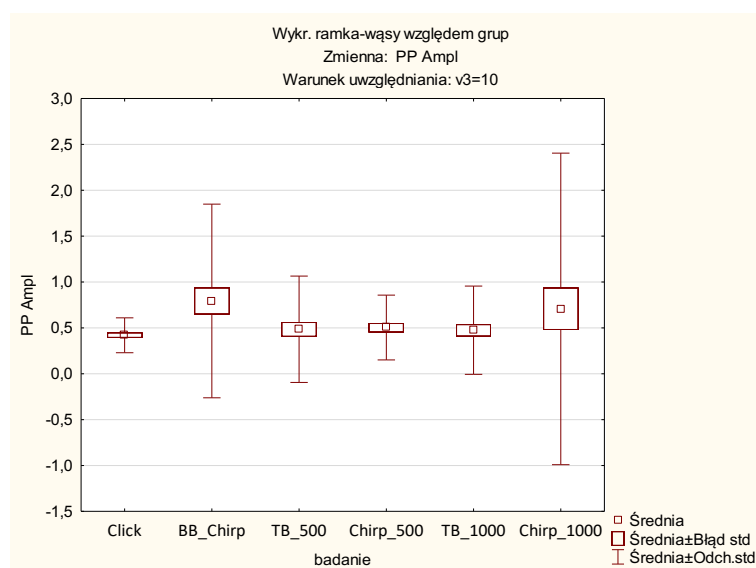
8.2.1.3. PP Ampl [μ V]

Poddano analizie statystycznej wielkość PP Ampl. pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 10 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Nie odnotowano statystycznie istotnych różnic w wartościach PP Ampl. na poziomie bodźca 10 dB SL pomiędzy poszczególnymi badaniami wykonanymi różnymi bodźcami - Test Kruskala-Wallisa: $H(5, N=262) = 7,08$; $p = 0,2146$. Szczegóły przedstawiają tabela 75 oraz rycina 38.

Tabela 75. Analiza statystyczna dotycząca PP Ampl. przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

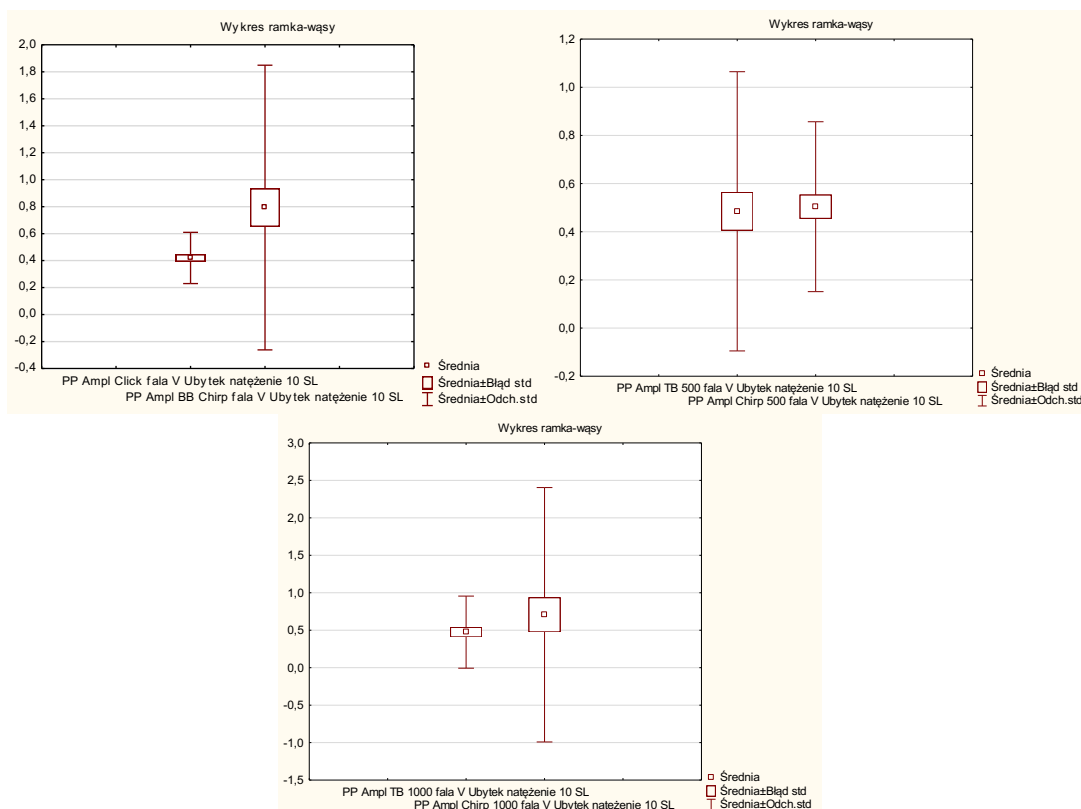
PP Ampl [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	43	0,42	0,38	0,18	1,31	0,30	0,48	0,19
BB_Chirp	43	0,79	0,49	0,16	6,00	0,31	0,64	1,06
TB_500	45	0,48	0,39	0,15	4,52	0,29	0,52	0,58
Chirp_500	45	0,50	0,43	0,21	2,47	0,27	0,61	0,35
TB_1000	43	0,47	0,39	0,17	3,70	0,28	0,52	0,48
Chirp_1000	43	0,71	0,43	0,17	12,89	0,31	0,60	1,69



Ryc. 38. PP Ampl. przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 76. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
PP Ampl Click fala V Ubytek natężenie 10 SL & PP Ampl BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 SL	43	318,5000	2,425433	0,015291
PP Ampl TB500 fala V Ubytek natężenie 10 SL & PP Ampl Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 SL	45	368,0000	2,256440	0,024044
PP Ampl TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL & PP Ampl Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL	43	421,0000	2,268379	0,023307



Ryc. 39. PP Ampl. przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Analiza porównawcza wyników nie wykazuje wpływu zmiany bodźca na wartość PP Ampl. Natomiast spojrzenie bardziej szczegółowe na analizę pomiędzy bodźcami w obrębie pary bodźców o tej samej częstotliwości zwraca uwagę na istotne statystycznie różnice. Mediana średniej wartości Amplitudy Peak-to-Peak jest mniejsza przy sygnale click, niż przy BBChirp. Podobnie przy częstotliwości 500 Hz (TB500 mniejsza Ampl. PP niż przy Chirp500) oraz 1000 Hz (TB500 mniejsza Ampl. PP niż przy Chirp500).

8.2.1.4. SNR

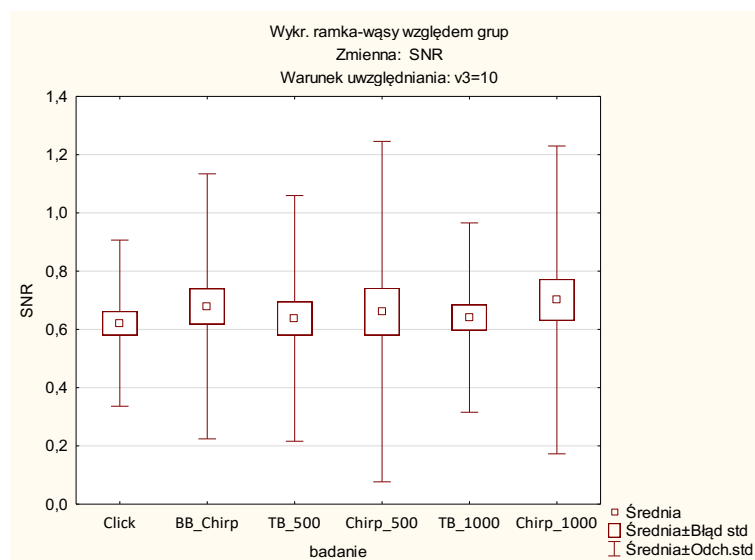
Poddano analizie statystycznej wartość SNR pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 10 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Nie ustalono statystycznie istotnych różnic w wartościach: $H(5, N=262) = 1,26$; $p = 0,9392$. Szczegóły przedstawiają tabela 77 oraz rycina 40.

Tabela 77. Analiza statystyczna dotycząca SNR przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

SNR	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	43	0,62	0,57	0,16	1,48	0,44	0,71	0,29
BB_Chirp	43	0,68	0,58	0,25	2,85	0,37	0,84	0,46

SNR	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
TB_500	45	0,64	0,55	0,06	2,78	0,41	0,83	0,42
Chirp_500	45	0,66	0,53	0,12	3,56	0,37	0,83	0,58
TB_1000	43	0,64	0,60	0,17	1,99	0,43	0,77	0,33
Chirp_1000	43	0,70	0,59	0,18	3,11	0,41	0,79	0,53



Ryc. 40. SNR przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 78. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
SNR Click fala V Ubytek natężenie 10 SL & SNR BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 SL	43	581,5000	0,066668	0,946846
SNR TB500 fala V Ubytek natężenie 10 SL & SNR Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 SL	45	576,5000	0,117950	0,906107
SNR TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL & SNR Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL	43	711,5000	0,266917	0,789533

Stosunek sygnału do szumu pozostaje podobny niezależnie od zastosowanego w badaniu bodźca. Niezależnie od przeprowadzonej analizy nie zmieniła się istotność statystyczna.

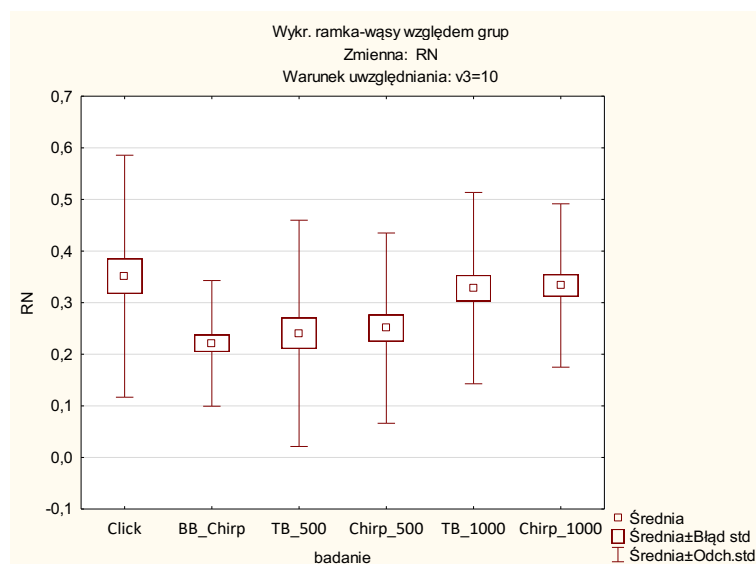
8.2.1.5. RN [μ V]

Poddano analizie statystycznej szum resztkowy RN pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 10 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa: $H(5, N=262) = 45,60$; $p=0,0000$. Najwyższe

wartości zarejestrowano w badaniu metodą Click, a najniższe w badaniu metodą BBChirp. Szczegóły przedstawiają tabela 79 oraz rycina 41.

Tabela 79. Analiza statystyczna dotycząca RN przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

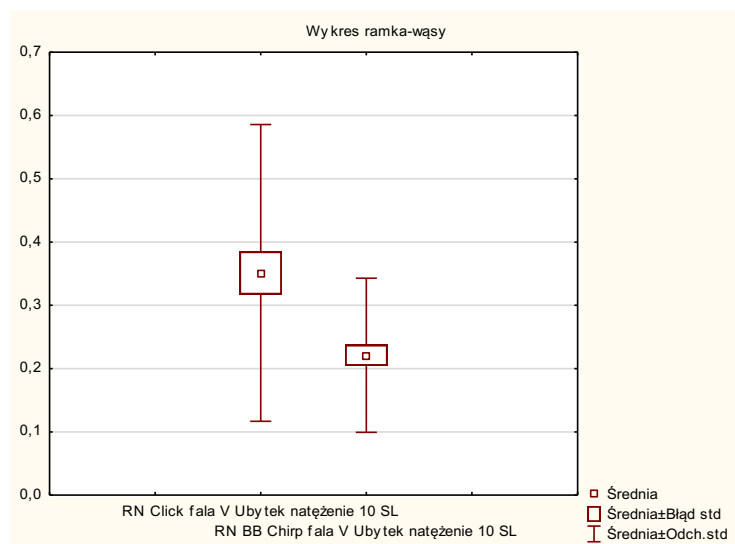
RN [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	43	0,35	0,29	0,13	1,27	0,19	0,39	0,23
BB_Chirp	43	0,22	0,19	0,08	0,76	0,13	0,28	0,12
TB_500	45	0,24	0,20	0,08	1,66	0,15	0,24	0,22
Chirp_500	45	0,25	0,19	0,08	1,04	0,14	0,29	0,18
TB_1000	43	0,33	0,28	0,09	1,14	0,21	0,40	0,19
Chirp_1000	43	0,33	0,30	0,11	0,92	0,22	0,40	0,16



Ryc. 41. RN przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 80. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxon)

	N Ważnych	T	Z	p
RN Click fala V Ubytek natężenie 10 SL & RN BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 SL	43	161,5000	4,259319	0,000021
RN TB500 fala V Ubytek natężenie 10 SL & RN Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 SL	45	553,5000	0,586890	0,557278
RN TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL & RN Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL	43	652,5000	0,332402	0,739586



Ryc. 42. RN przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Zarejestrowany szum resztkowy wykazuje podobną wartość dla poszczególnych bodźców zarówno przy badaniu ucha z normą słuchową, jak i ucha z ubytkiem słuchu. Dla danych częstotliwości zachowane są porównywalne wartości.

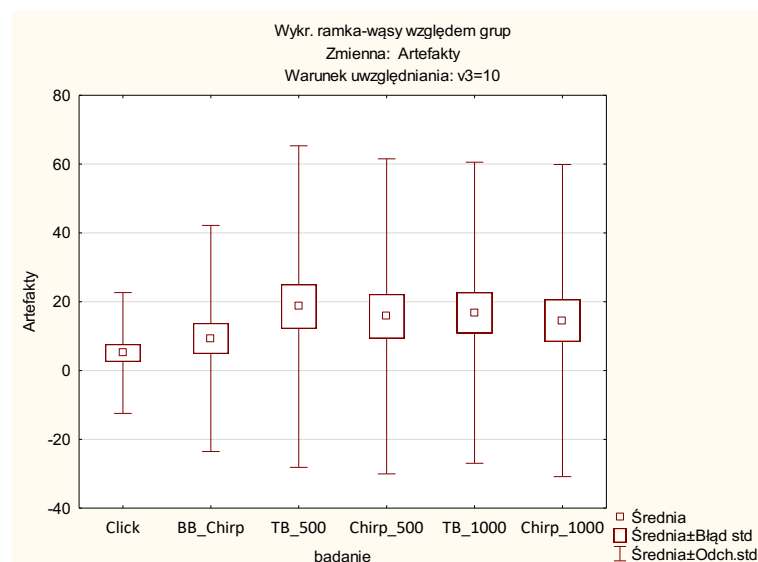
8.2.1.6. Artefakty

Poddano analizie statystycznej ilość zarejestrowanych artefaktów pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 10 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w średniej liczbie dla poszczególnych badań - Test Kruskala-Wallisa: $H(5, N=262) = 10,70$; $p = 0,0576$. Szczegóły przedstawiają tabela 81 oraz rycina 43.

Tabela 81. Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Artefakty	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	43	5,10	0,00	0,00	99,00	0,00	0,50	17,56
BB_Chirp	43	9,33	0,00	0,00	218,00	0,00	2,00	32,87
TB_500	45	18,60	0,00	0,00	280,00	0,00	12,00	46,74
Chirp_500	45	15,76	0,00	0,00	268,00	0,00	7,00	45,79
TB_1000	43	16,80	0,00	0,00	234,00	0,00	8,00	43,77
Chirp_1000	43	14,53	0,00	0,00	315,00	0,00	9,00	45,36



Ryc. 43. Artefakty przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 82. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
Artefakty Click fala V Ubytek natężenie 10 SL & Artefakty BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 SL	22	72,00000	1,769378	0,076832
Artefakty TB500 fala V Ubytek natężenie 10 SL & Artefakty Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 SL	30	215,5000	0,349662	0,726593
Artefakty TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL & Artefakty Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 SL	40	386,5000	0,315870	0,752101

Średnia mediana liczby artefaktów były takie same w każdym z badanych przypadków i wynosiły 0. Natomiast różnice odnotowane zostały w wartości średniej, odchyleniu standardowym oraz błędzie statystycznym. Są to jednak różnice nieistotne statystycznie.

8.2.2. Fala V – natężenie 0 dB SL

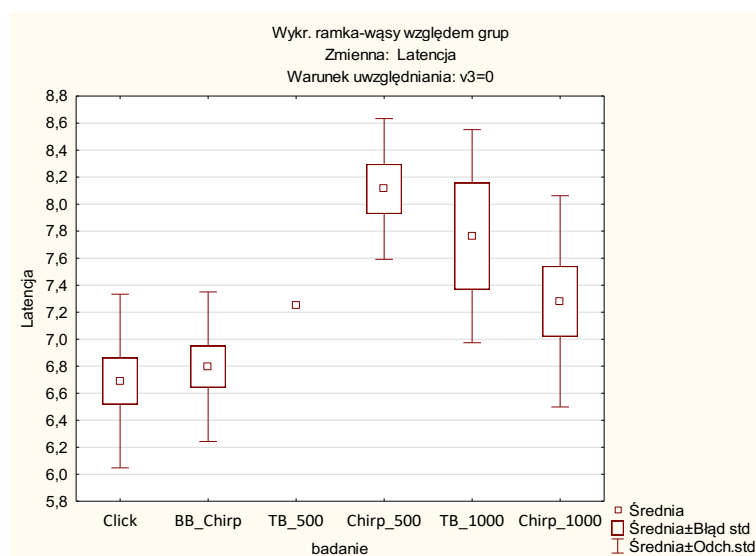
8.2.2.1. Latencja [ms]

Poddano analizie statystycznej długość latencji fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 0 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Stwierdzono statystycznie istotną różnicę w długości latencji fali - Test Kruskala-Wallisa: $H(5, N=49) = 20,60$; $p = 0,0010$. Najniższą latencję zarejestrowano w badaniu metodą Click, natomiast najwyższą latencje w Chirp500. Szczegóły przedstawiają tabela 83 oraz rycina 44.

Tabela 83. Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Latencja [ms]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	14	6,69	6,74	5,80	7,63	6,15	7,40	0,64
BB_Chirp	13	6,78	6,60	5,93	7,90	6,38	7,20	0,55
TB_500	1	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	
Chirp_500	8	8,11	8,13	7,25	8,90	7,79	8,46	0,52
TB_1000	4	7,76	7,68	6,90	8,80	7,23	8,30	0,79
Chirp_1000	9	7,28	7,35	6,28	8,70	6,58	7,75	0,78



Ryc. 44. Latencja fali V przy natężeniu bodźca 0 dB SL, dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 84. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
Latencja Click fala V Ubytek natężenie 0 SL & Latencja BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 SL	7	7,000000	1,183216	0,236724
Latencja TB500 fala V Ubytek natężenie 0 SL & Latencja Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 SL	0	-	-	-
Latencja TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL & Latencja Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	3	1,000000	1,069045	0,285050

Badanie bodźcem progowym (0 dB SL) zmienia znacząco stopień wykrywalności fali V. Analiza latencji fali V wskazuje (jak w poprzednich analizowanych przypadkach), że najkrótsze latencje uzyskano dla bodźców szerokopasmowych (click, BBChirp), natomiast najniższe dla częstotliwości 500 Hz (TB500, Chirp500). Analiza badań wykonanych przy jednakowej częstotliwości nie wykazała istotnych statystycznie różnic.

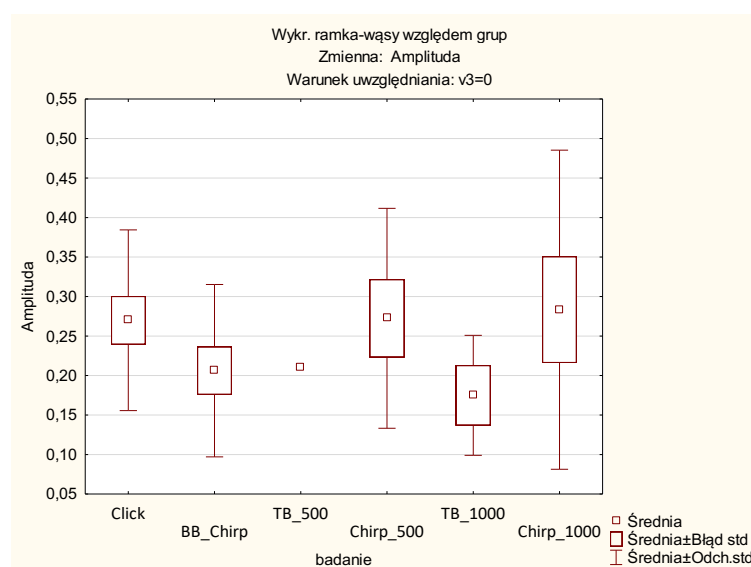
8.2.2.2. Amplituda [μV]

Poddano analizie statystycznej amplitudę fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 0 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Nie odnotowano statystycznie istotnych różnic w wartościach amplitudy fali V - Test Kruskala-Wallisa: $H(5, N=49) = 3,51$; $p = 0,6215$. Szczegóły przedstawiają tabela 85 oraz rycina 45.

Tabela 85. Analiza statystyczna dotycząca amplitudy fali V przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Amplituda [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	14	0,27	0,27	0,13	0,46	0,15	0,33	0,11
BB_Chirp	13	0,21	0,26	0,04	0,32	0,10	0,31	0,11
TB_500	1	0,21	0,2	0,21	0,21	0,21	0,21	
Chirp_500	8	0,27	0,24	0,11	0,54	0,19	0,34	0,14
TB_1000	4	0,18	0,17	0,10	0,27	0,12	0,24	0,08
Chirp_1000	9	0,28	0,21	0,13	0,75	0,14	0,27	0,20



Ryc. 45. Amplituda fali V przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 86. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
Amplituda Click fala V Ubytek natężenie 0 SL & Amplituda BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 SL	7	11,00000	0,507093	0,612090
Amplituda TB500 fala V Ubytek natężenie 0 SL & Amplituda Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 SL	0	-	-	-

	N Ważnych	T	Z	p
Amplituda TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL & Amplituda Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	2	0,00	1,341641	0,179713

Analiza porównawcza pomiędzy poszczególnymi parami bodźców nie wykazała różnic istotnych statystycznie. Wykazała jednak tendencję do mniejszej wartości amplitudy dla sygnału BBchirp niż dla sygnału click.

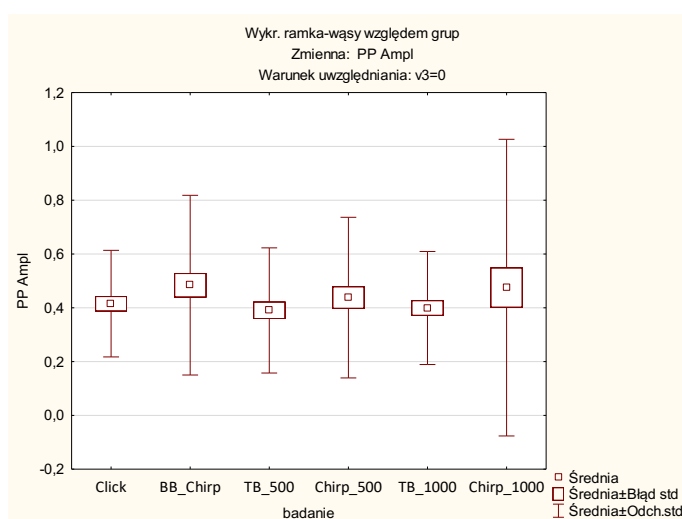
8.2.2.3. PP Ampl [μV]

Poddano analizie statystycznej wielkość PP Ampl. pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 0 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w wartościach PP Ampl dla fali V na poziomie 0 dB SL dla poszczególnych badań - Test Kruskala-Wallisa: H (5, N= 258) =3,21; p =0,6679. Szczegóły przedstawiają tabela 87 oraz rycina 46.

Tabela 87. Analiza statystyczna dotycząca PP Ampl. przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

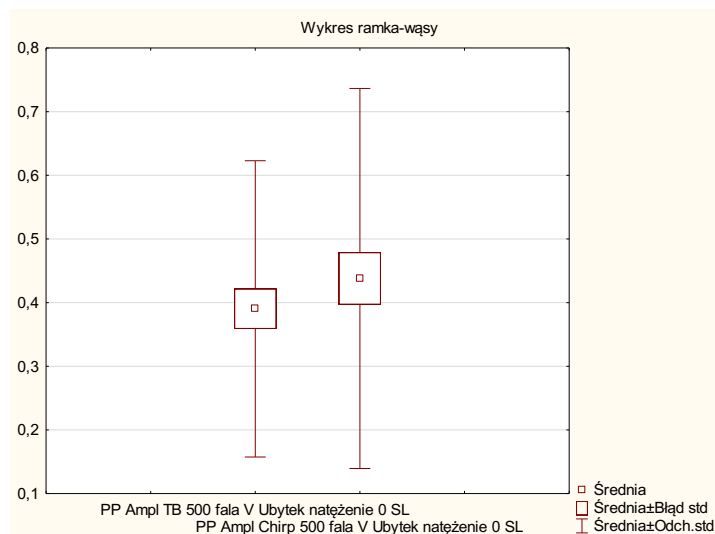
PP Ampl [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	43	0,42	0,38	0,19	1,23	0,26	0,52	0,19
BB_Chirp	43	0,48	0,42	0,12	1,92	0,27	0,57	0,33
TB_500	45	0,39	0,31	0,12	1,67	0,26	0,46	0,23
Chirp_500	45	0,44	0,36	0,13	2,11	0,27	0,49	0,29
TB_1000	43	0,39	0,37	0,14	1,46	0,27	0,49	0,21
Chirp_1000	43	0,48	0,40	0,14	4,33	0,29	0,51	0,55



Ryc. 46. PP Ampl. przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 88. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
PP Ampl Click fala V Ubytek natężenie 0 SL & PP Ampl BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 SL	43	432,0000	1,600021	0,109595
PP Ampl TB500 fala V Ubytek natężenie 0 SL & PP Ampl Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 SL	45	388,0000	2,233168	0,025539
PP Ampl TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL & PP Ampl Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	43	554,5000	1,224880	0,220621



Ryc. 47. PP Ampl. przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

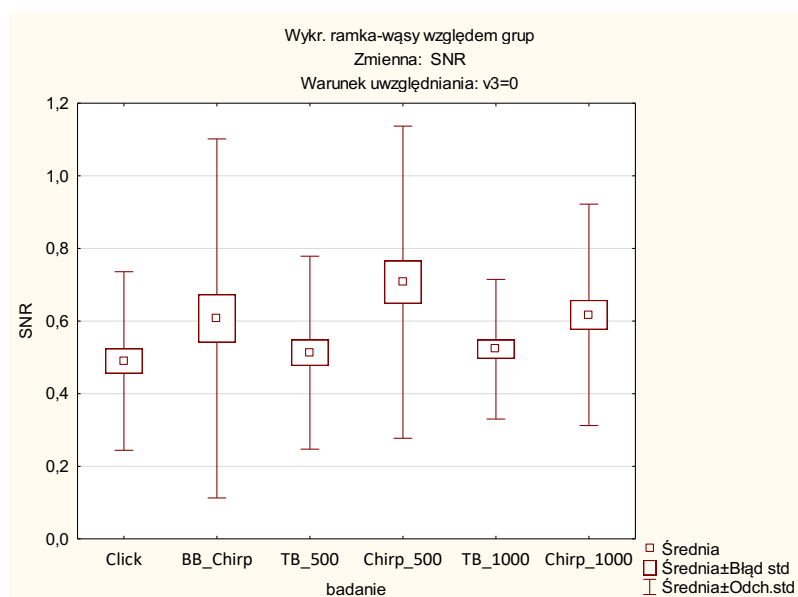
Wartość Amplitudy Peak-to-Peak nie wykazuje istotnych statystycznie różnic przy analizie wszystkich bodźców jednocześnie. Skupiając się jednak na porównaniu par sygnałów dla takiej samej częstotliwości dla częstotliwości 500 Hz odnotowano mniejsze wartości Amplitudy PP dla sygnału TB500 niż dla Chirp500. W pozostałych przypadkach wartości są porównywalne.

8.2.2.4. SNR

Poddano analizie statystycznej wartość SNR pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 0dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa: $H(5, N=262) = 14,02$; $p=0,0155$. Najniższe średnie wartości zanotowano dla badania Click, a najwyższe dla Chirp500. Szczegóły przedstawiają tabela 89 oraz rycina 48.

Tabela 89. Analiza statystyczna dotycząca SNR przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

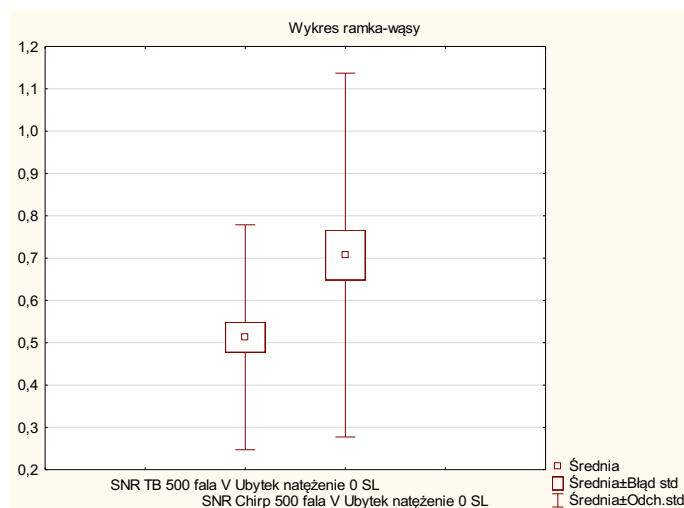
SNR	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	43	0,49	0,45	0,11	1,34	0,29	0,63	0,25
BB_Chirp	43	0,61	0,54	0,10	3,66	0,37	0,69	0,49
TB_500	45	0,51	0,47	0,17	1,24	0,31	0,63	0,27
Chirp_500	45	0,71	0,62	0,15	2,46	0,46	0,85	0,43
TB_1000	43	0,52	0,48	0,14	0,93	0,40	0,61	0,19
Chirp_1000	43	0,62	0,53	0,20	1,59	0,39	0,79	0,31



Ryc. 48. SNR przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 90. Porównanie bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (Test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
SNR Click fala V Ubytek natężenie 0 SL & SNR BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 SL	43	458,0000	1,732764	0,083139
SNR TB500 fala V Ubytek natężenie 0 SL & SNR Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 SL	45	314,5000	2,964294	0,003034
SNR TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL & SNR Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	43	552,0000	1,640247	0,100955



Ryc. 49. SNR przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

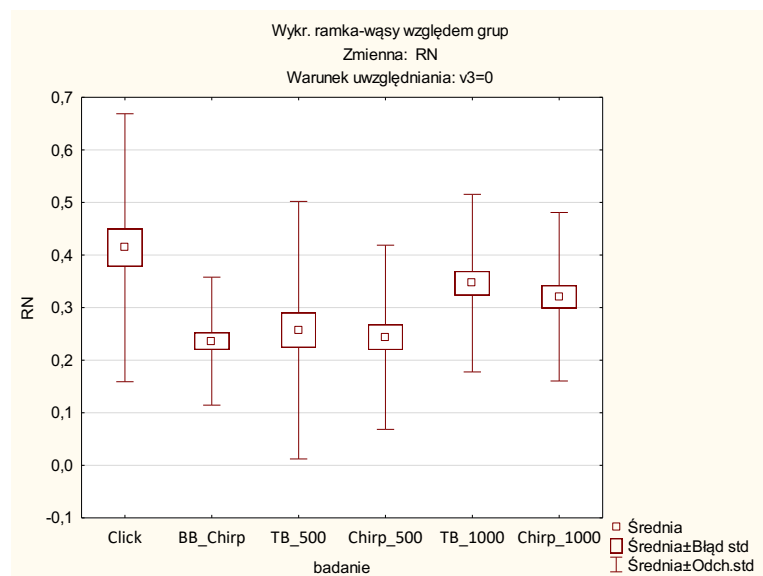
Stosunek sygnału do szumu ma największą wartość dla sygnału Chirp500. Analizując różnice w wartości SNR pomiędzy poszczególnymi parami sygnałów, sygnał chirp generuje większe wartości.

8.2.2.5. RN

Poddano analizie statystycznej szum resztkowy RN, pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 0 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa. Odnotowano statystycznie istotne różnice w wartościach RN dla fali V na poziomie 0 dB SL dla poszczególnych badań - Test Kruskala-Wallisa: $H(5, N=262) = 57,14; p=0,0000$. Najniższe średnie wartości zanotowano dla badania Chirp500 i BBChirp, a najwyższe dla Click. Szczegóły przedstawiają tabela 91 oraz rycina 50.

Tabela 91. Analiza statystyczna dotycząca RN przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

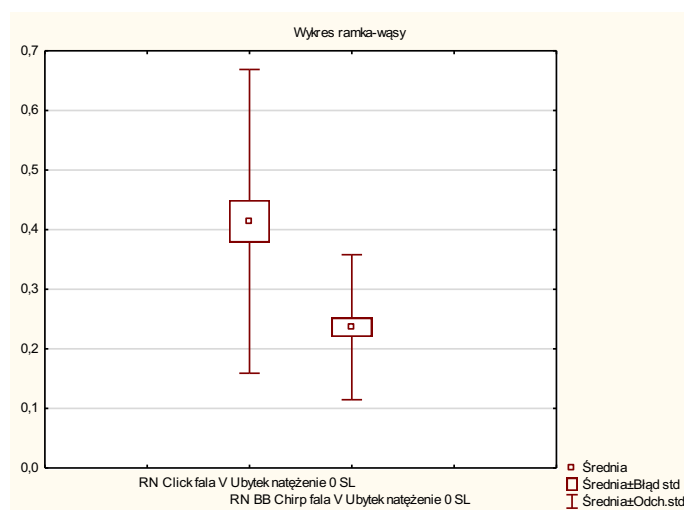
RN	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartył.	Górny Kwartył.	Odch.std
Click	43	0,41	0,32	0,13	1,23	0,27	0,46	0,25
BB_Chirp	43	0,24	0,20	0,07	0,51	0,14	0,29	0,12
TB_500	45	0,26	0,20	0,08	1,45	0,14	0,26	0,24
Chirp_500	45	0,24	0,20	0,08	1,14	0,14	0,29	0,18
TB_1000	43	0,35	0,31	0,10	1,02	0,24	0,44	0,17
Chirp_1000	43	0,32	0,29	0,12	0,82	0,20	0,38	0,16



Ryc. 50. RN przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 92. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
RN Click fala V Ubytek natężenie 0 SL & RN BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 SL	43	80,50000	5,205197	0,000000
RN TB500 fala V Ubytek natężenie 0 SL & RN Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 SL	45	570,5000	0,646770	0,517781
RN TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL & RN Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	43	538,0000	1,171683	0,241325



Ryc. 51. RN przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Istotna statystycznie różnica została wykazana w parze sygnałów Click-BBchirp. Szum resztkowy zarejestrowano najniższy dla sygnału BBchirp.

Analizując pozostałe sygnały wartość RN pozostaje na podobnym poziomie. Najmniejsze różnice wykazano w obrębie danej częstotliwości sygnału.

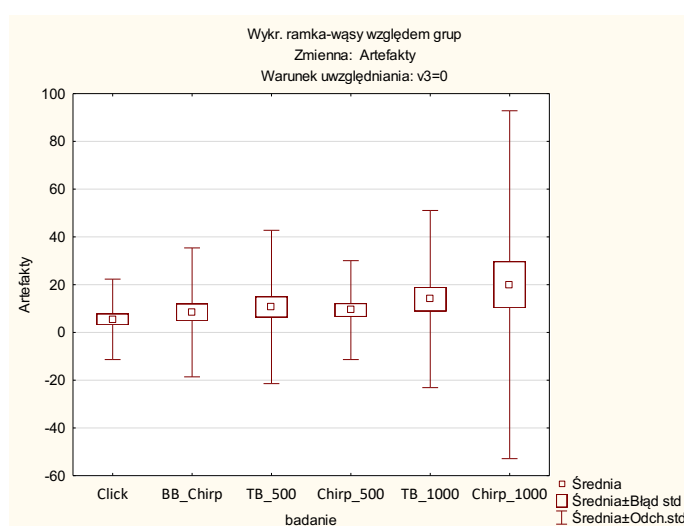
8.2.2.6. Artefakty

Poddano analizie statystycznej ilość zarejestrowanych artefaktów pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu 0 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w liczbie artefaktów na poziomie natężenia bodźców 0 dBSL dla poszczególnych badań - Test: $H(5, N=262) = 6,65$; $p = 0,2478$. W badaniu metodą Click zarejestrowano najmniejszą średnią liczbę artefaktów oraz najmniejsze odchylenie od średniej. Szczegóły przedstawiają tabela 93 oraz rycina 52.

Tabela 93. Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Artefakty	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	43	5,47	0,00	0,00	97,00	0,00	0,00	16,84322
BB_Chirp	43	8,39	0,00	0,00	157,00	0,00	1,00	26,98665
TB_500	45	10,67	0,00	0,00	197,00	0,00	6,00	32,10288
Chirp_500	45	9,36	0,00	0,00	85,00	0,00	7,00	20,70683
TB_1000	43	13,98	0,00	0,00	217,00	0,00	7,00	37,10121
Chirp_1000	43	19,98	0,00	0,00	403,00	0,00	6,50	72,85315



Ryc. 52. Artefakty przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 94. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcozona)

	N Ważnych	T	Z	p
Artefakty Click fala V Ubytek natężenie 0 SL & Artefakty BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 SL	19	63,50000	1,267629	0,204931
Artefakty TB500 fala V Ubytek natężenie 0 SL & Artefakty Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 SL	26	129,5000	1,168307	0,242684
Artefakty TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL & Artefakty Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 SL	32	257,0000	0,130893	0,895860

8.2.3. Fala V – natężenie -20 dB SL

Zastosowanie w niniejszej pracy natężenia bodźca poniżej progu słyszenia pacjenta ma na celu wykrycie ewentualnych przesłuchów. Poniżej zestawiono parametry rejestracji odpowiedzi z pnia mózgu (latencja fali V, amplituda fali V, ale również PPAmpl., SNR, RN, artefakty) dla poszczególnych sygnałów. W rozdziale 8.4. omówiono poszczególne przypadki przesłuchu.

8.2.3.1. Latencja [ms]

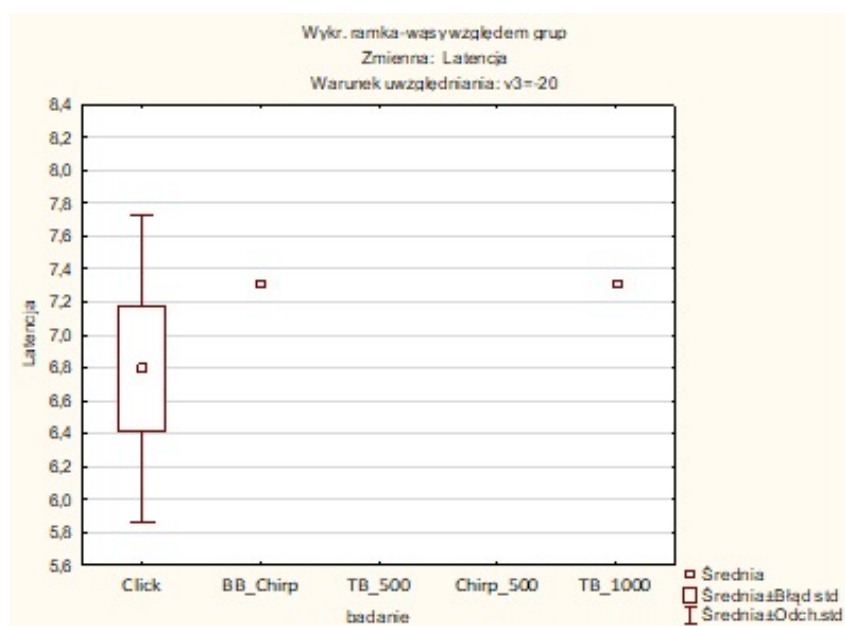
Poddano analizie statystycznej długość latencji fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu -20 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Nie dopatrzono się statystycznie istotnej różnicy w wartościach latencji - Test: H (5, N=7) =0,00; p=1,000. Szczegóły przedstawiają tabela 95 oraz rycina 53.

Tabela 95. Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Latencja [ms]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	5	6,79	6,60	5,55	8,10	6,30	7,63	0,94
BB_Chirp	1	7,23	7,23	7,23	7,23	7,23	7,23	
TB_500	0							
Chirp_500	0							
TB_1000	1	7,23	7,23	7,23	7,23	7,23	7,23	
Chirp_1000	0							

Stwierdzono rejestracje sugerujące przesłuch ze względu na występowanie fali V w 5 przypadkach dla bodźca click, w 1 dla bodźca BBChirp oraz w 1 dla TB1000.



Ryc. 53. Latencja fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 96. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
Latencja Click fala V Ubytek natężenie -20 SL & Latencja BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 SL	0	-	-	-
Latencja TB500 fala V Ubytek natężenie -20 SL & Latencja Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 SL	0	-	-	-
Latencja TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL & Latencja Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL	0	-	-	-

Badanie przy natężeniu -20 dB SL miało na celu sprawdzenie czy zarejestrowano przesłuch, czyli odpowiedź będącą reakcją ucha niebadanego. Latencje fali V w tym przypadku wykazują większą wartość. Są dłuższe niż przy wcześniej zastosowanych natężeniach.

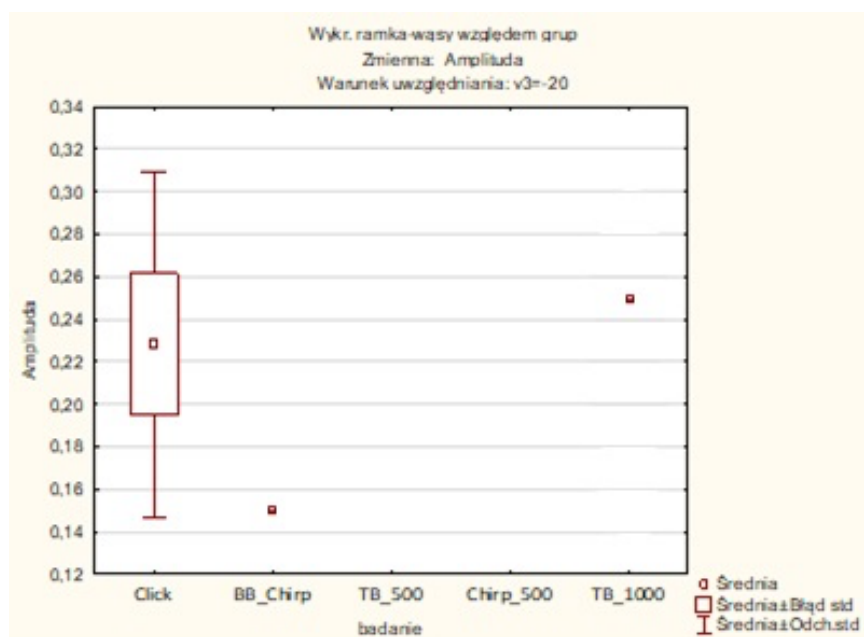
8.2.3.2. Amplituda [μ V]

Poddano analizie statystycznej amplitudę fali V pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu -20 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy w wartościach amplitudy dla fali V na poziomie -20 SL dla poszczególnych badań - Test Kruskala-Wallisa: $H(5, N=7) = 0,00$; $p = 1,000$. Szczegóły przedstawiają tabela 97 oraz rycina 54.

Tabela 97. Analiza statystyczna dotycząca amplitudy fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Amplituda [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartył.	Górny Kwartył.	Odch.std
Click	5	0,23	0,24	0,09	0,32	0,19	0,29	0,08
BB_Chirp	1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
TB_500	0							
Chirp_500	0							
TB_1000	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Chirp_1000	0							



Ryc. 54. Amplituda fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 98. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxon)

	N Ważnych	T	Z	p
Amplituda Click fala V Ubytek natężenie -20 SL & Amplituda BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 SL	0	-	-	-
Amplituda TB500 fala V Ubytek natężenie -20 SL & Amplituda Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 SL	0	-	-	-
Amplituda TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL & Amplituda Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL	0	-	-	-

Amplituda fali V przy natężeniu -20 dB SL nie odbiega wartością od wartości amplitud przy natężeniu 0 dB SL.

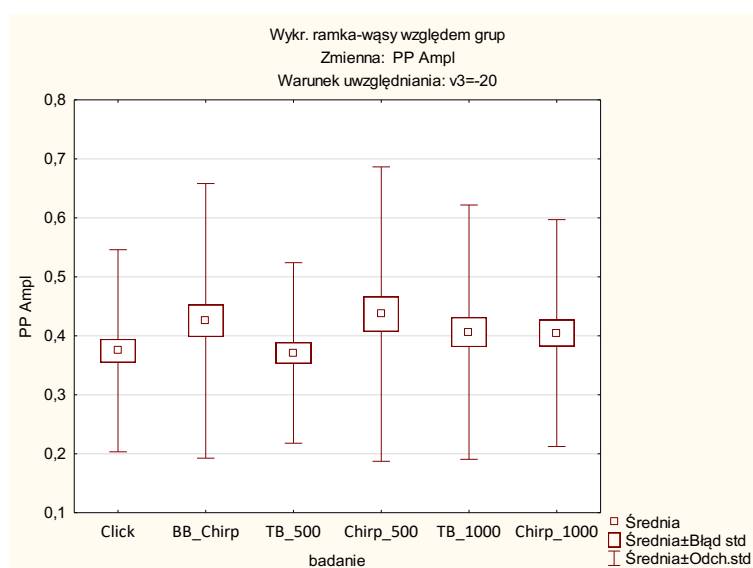
8.2.3.3. PP Ampl [μV]

Poddano analizie statystycznej wielkość PP Ampl. pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu -20 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy w wartościach PP Ampl: $H(5, N=456) = 3,11$; $p=0,6823$. Szczegóły przedstawiają tabela 99 oraz rycina 55.

Tabela 99. Analiza statystyczna parametru PP Amplitudy przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

PP Ampl [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	0,37	0,35	0,13	1,18	0,27	0,46	0,17
BB_Chirp	76	0,43	0,35	0,17	1,60	0,28	0,51	0,23
TB_500	76	0,37	0,34	0,14	0,82	0,27	0,45	0,15
Chirp_500	76	0,44	0,38	0,12	1,22	0,27	0,49	0,25
TB_1000	76	0,40	0,36	0,14	1,54	0,26	0,48	0,21
Chirp_1000	76	0,40	0,38	0,13	1,36	0,28	0,46	0,19

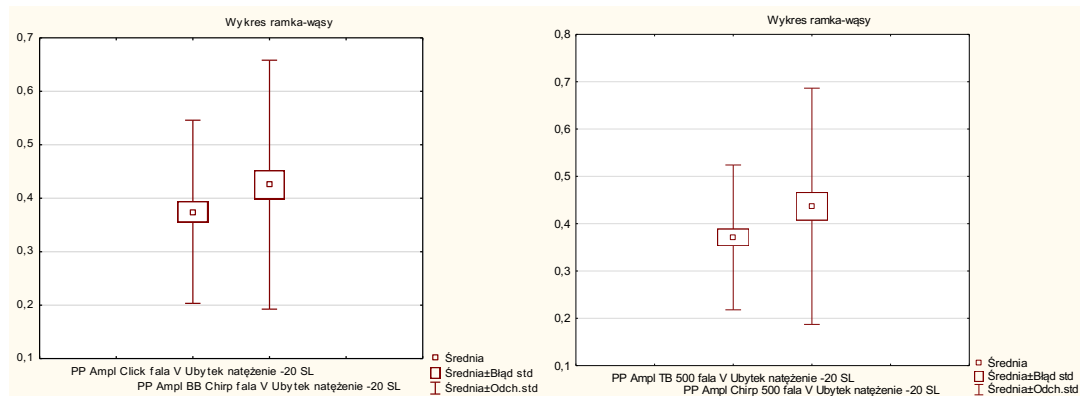


Ryc. 55. Latencja fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 100. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
PP Ampl Click fala V Ubytek natężenie -20 SL & PP Ampl BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 SL	73	983,0000	2,020352	0,043348
PP Ampl TB500 fala V Ubytek natężenie -20 SL & PP Ampl Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 SL	67	822,5000	1,977063	0,048035

	N Ważnych	T	Z	p
PP Ampl TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL & PP Ampl Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL	72	1269,000	0,252526	0,800635



Ryc. 56. Latencja fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Wartość PP Ampl. przy analizie wszystkich sygnałów razem nie wykazała różnic istotnych statystycznie. Jednak przy bliższym spojrzeniu na poszczególne częstotliwości sygnału odnotowano większą wartość PP Ampl. dla sygnału BBchirp niż click oraz Chirp500 niż TB500. Podobny wynik analizy uzyskano dla bodźców o większym natężeniu.

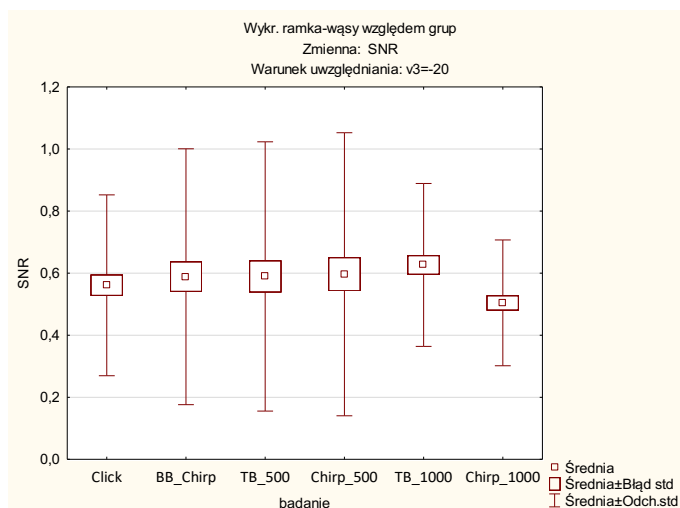
8.2.3.4. SNR

Poddano analizie statystycznej wartość SNR pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu -20 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Nie odnotowano statystycznie istotnej różnicy w wartościach SNR: $H(5, N=456) = 7,38$; $p=0,1934$. Szczegóły przedstawiają tabela 101 oraz rycina 57.

Tabela 101. Analiza statystyczna dotycząca SNR przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

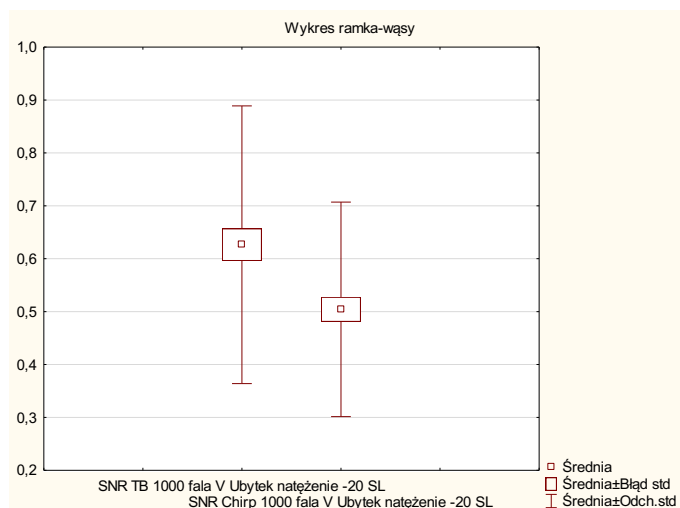
SNR	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartył.	Górny Kwartył.	Odch.std
Click	76	0,56	0,52	0,14	1,50	0,33	0,77	0,29
BB_Chirp	76	0,59	0,52	0,03	2,40	0,32	0,73	0,41
TB_500	76	0,58	0,48	0,08	2,96	0,33	0,80	0,43
Chirp_500	76	0,59	0,49	0,13	3,50	0,34	0,75	0,46
TB_1000	76	0,63	0,54	0,24	1,27	0,43	0,79	0,26
Chirp_1000	76	0,50	0,49	0,14	1,11	0,34	0,64	0,20



Ryc. 57. SNR przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 102. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
SNR Click fala V Ubytek natężenie -20 SL & SNR BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 SL	73	1344,500	0,032985	0,973686
SNR TB500 fala V Ubytek natężenie -20 SL & SNR Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 SL	68	1171,000	0,012221	0,990250
SNR TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL & SNR Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL	73	852,5000	2,737783	0,006186



Ryc. 58. SNR przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

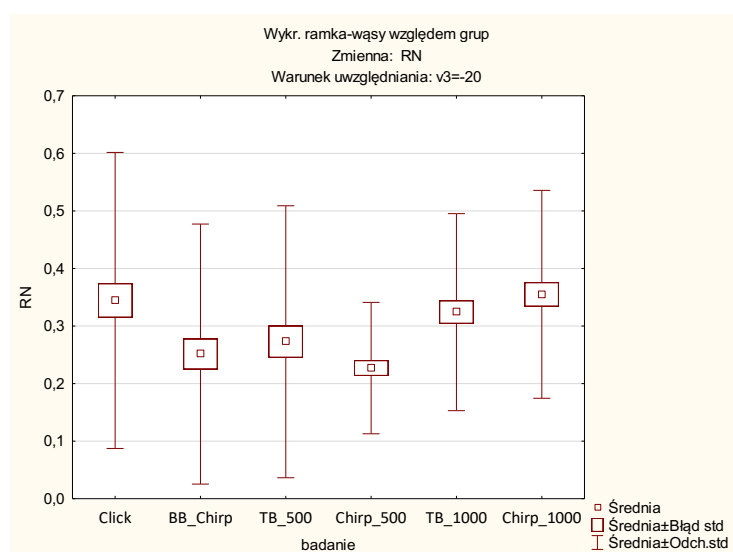
Stosunek sygnału do szumu dla bodźców szerokopasmowych (click, BBChirp) oraz o niskich częstotliwościach (TB500 i Chirp500) jest na takim samym poziomie. Istotną statystycznie różnicę zauważono pomiędzy sygnałami TB1000 i Chirp1000. Dla sygnału Chirp1000 średnia wartość, jak i mediana, są niższe od pozostałych sygnałów.

8.2.3.5. RN [μV]

Poddano analizie statystycznej szum resztkowy RN pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu -20 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa. Stwierdzono statystycznie istotną różnicę w wartościach RN: $H(5, N=456) = 52,37$; $p=0,0000$. Najniższą średnią wartość RN zanotowano dla badania metodą Chirp500, a najwyższą dla Chirp1000. Szczegóły przedstawiają tabela 103 oraz rycina 59.

Tabela 103. Analiza statystyczna dotycząca RN przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

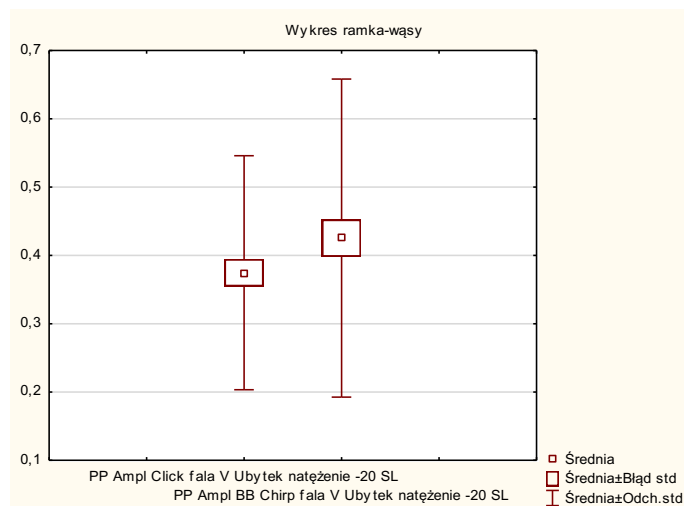
RN [μV]	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	0,34	0,28	0,10	1,68	0,20	0,41	0,26
BB_Chirp	76	0,25	0,18	0,06	1,60	0,13	0,29	0,23
TB_500	76	0,27	0,22	0,08	1,39	0,15	0,30	0,24
Chirp_500	76	0,23	0,19	0,08	0,58	0,14	0,29	0,11
TB_1000	76	0,32	0,29	0,13	1,00	0,20	0,38	0,17
Chirp_1000	76	0,36	0,32	0,12	1,08	0,22	0,43	0,18



Ryc. 59. RN przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 104. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)

	N Ważnych	T	Z	p
RN Click fala V Ubytek natężenie -20 SL & RN BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 SL	70	535,5000	4,137493	0,000035
RN TB500 fala V Ubytek natężenie -20 SL & RN Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 SL	68	1072,500	0,614091	0,539156
RN TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL & RN Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL	73	1080,000	1,487089	0,136992



Ryc. 60. RN przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Wykazano istotne statystycznie różnice pomiędzy wartościami szumu resztkowego dla poszczególnych bodźców.

Największą wartość uzyskujemy dla sygnału Chirp1000, najmniejszą dla Chirp500.

Jednak to w parze sygnałów click-BBChirp uzyskano największą różnicę istotną statystycznie. Sygnał BBChirp ma w tym przypadku większą wartość RN.

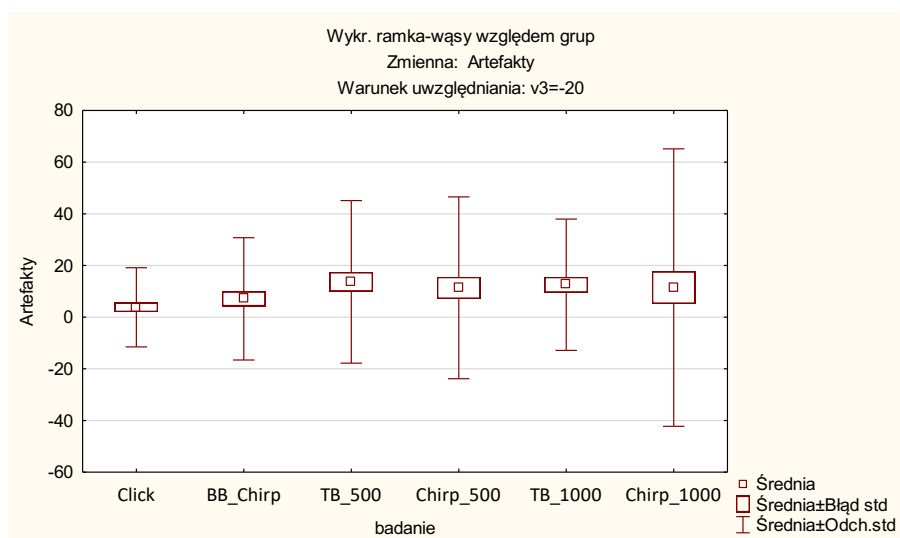
8.2.3.6. Artefakty

Poddano analizie statystycznej ilość zarejestrowanych artefaktów pomiędzy badaniami przeprowadzonymi poszczególnymi bodźcami przy natężeniu -20 dB SL. W niniejszej analizie użyto testu Kruskala-Wallisa.

Zauważono statystycznie istotną różnicę w liczbie artefaktów: $H(5, N=456) = 27,70973$; $p = 0,0000$. Najniższą średnią liczbę artefaktów zanotowano dla badania metodą Click, a najwyższą dla TB500. Szczegóły przedstawiają tabela 105 oraz rycina 61.

Tabela 105. Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

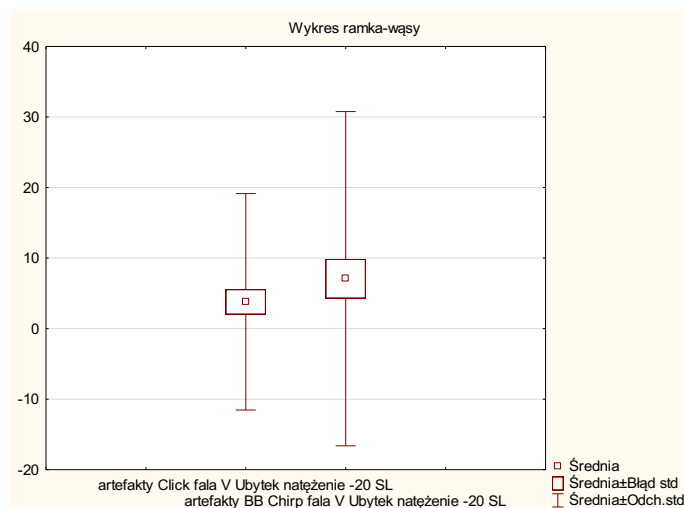
Artefakty	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Odch.std
Click	76	3,80	0,00	0,00	99,00	0,00	0,00	15,34
BB_Chirp	76	7,08	0,00	0,00	182,00	0,00	1,00	23,69
TB_500	76	13,66	0,50	0,00	196,00	0,00	16,00	31,48
Chirp_500	76	11,35	0,00	0,00	275,00	0,00	10,00	35,18
TB_1000	76	12,50	0,00	0,00	112,00	0,00	9,00	25,41
Chirp_1000	76	11,44	0,00	0,00	457,00	0,00	4,00	53,71



Ryc. 61. Artefakty przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tabela 106. Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxon)

	N Ważnych	T	Z	p
Artefakty Click fala V Ubytek natężenie -20 SL & Artefakty BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 SL	26	72,00000	2,628691	0,008572
Artefakty TB500 fala V Ubytek natężenie -20 SL & Artefakty Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 SL	46	472,0000	0,748388	0,454227
Artefakty TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL & Artefakty Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 SL	43	347,0000	1,521444	0,128149



Ryc. 62. Artefakty przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu

Tak jak we wszystkich przeprowadzonych powyżej analizach mediana artefaktów wynosia 0. Różnice pomiędzy poszczególnymi bodźcami pojawiły się przy analizie średniej wartości, jak i odchylenia standardowego. Różnicę istotną statystycznie stwierdzono dla pary sygnałów Click-BBChirp.

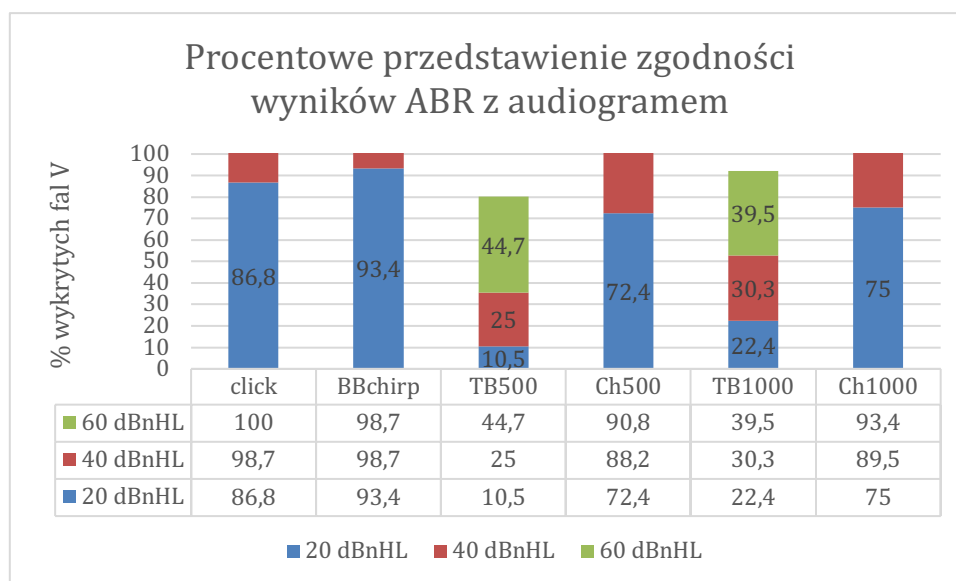
8.3. Zgodność wyników badań ABR z audiogramem pacjenta

8.3.1. Zgodność wyników badań ABR z audiogramem pacjenta dla ucha z normą słuchową

Analizując falę V dla ucha z normą słuchową dokonano pomiarów przy trzech natężeniach 20, 40 i 60 dB nHL. Natężenie 20 dB nHL przyjęto jako równe z progiem słyszenia pacjenta. Wynika to z średniej wartości obliczonej na podstawie audiometrii tonalnej dla częstotliwości 500, 1000, 2000, 4000 Hz.

Z dokonanych pomiarów wynika, że wiarygodność wyników różni się w zależności od zastosowanego bodźca.

Zestawienie wyników przedstawia rycina 63.



Ryc. 63. Zgodność wyniku badania ABR z audiogramem pacjenta (ucho z normą słuchową)

Z uzyskanych danych wynika, że uzyskano spójny z audiometrią tonalną wynik badania dla sygnału Click (86,8%) oraz BBChirp (93,4%). Z 76 przebadanych pacjentów sygnałem click 66 miało określony spójny z audiometrią tonalną próg słuchu na poziomie 20 dB nHL. Sygnał BBChirp wykazał większą skuteczność, ponieważ 71 pacjentów miało spójny z audiometrią tonalną określony próg słuchu.

Przy częstotliwości bodźca 500 Hz oznaczenie progu zgodne z audiometrią tonalną uzyskano tylko w 8 przypadkach dla sygnału ToneBurst500, a w 55 przypadkach dla Chirp500. Ta znacząca różnica wskazuje na małe znaczenie diagnostyczne sygnału ToneBurst.

Analizując wyniki badań dla częstotliwości 1000 Hz możemy zauważyć podobne zależności. Spójne z audiometrią tonalną wyznaczenie progu słuchu pacjenta uzyskano tylko w 17 przypadkach przy zastosowaniu sygnału ToneBurst1000 i 57 przypadkach przy zastosowaniu sygnału Chirp1000.

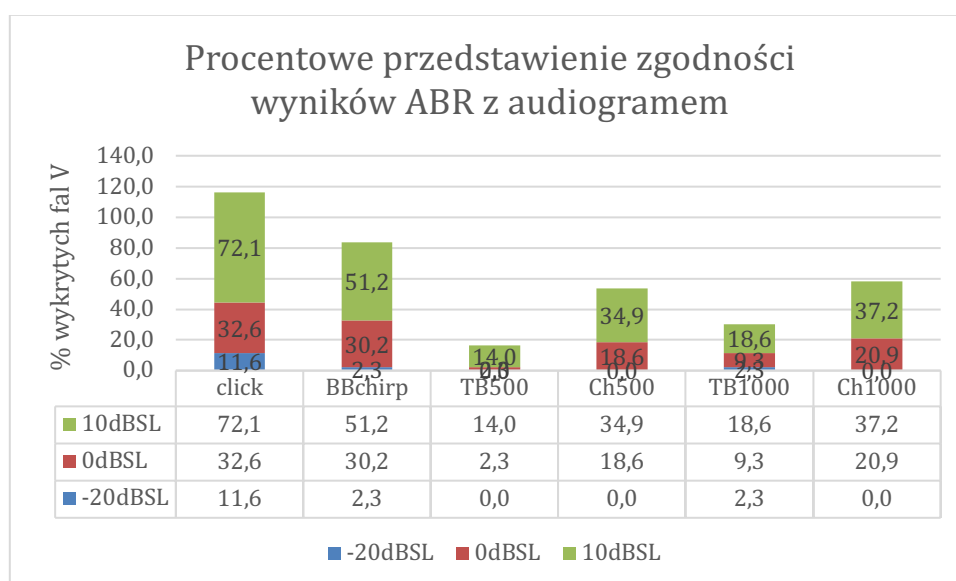
8.3.2. Zgodność wyników badań ABR z audiogramem pacjenta dla ucha z ubytkiem słuchu

Natężenie bodźca dla pacjentów z ubytkiem słuchu ustalano w odniesieniu do audiometrii tonalnej. Dlatego przy analizie wyników zastosowano z decybele Sensation Level (dB SL), gdzie 0 dB SL jest równe z progiem słuchu pacjenta.

Pomiary wykonano dla trzech natężeń 10 dB SL, 0 dB SL oraz -20 dB SL. Ten ostatni pomiar wykonano w celu wykrycia przesłuchu, czyli odpowiedzi z ucha przeciwnego. Wyniki dotyczące przesłuchu omówiono dokładniej w następnym rozdziale.

Z dokonanych pomiarów wynika (podobnie jak przy normy słuchowej), że wiarygodność badań różni się w zależności od zastosowanego bodźca.

Zestawienie wyników przedstawia rycina 64.



Ryc. 64. Zgodność wyniku ABR z audiogramem pacjenta (ucho z ubytkiem słuchu)

Ocena skuteczności badania musi uwzględniać faktyczny próg słuchu. W badanej grupie 76 osób u części (33 osoby) odnotowano niedosłuch głęboki >90 dB HL. U tych pacjentów nie powinno się uzyskać rejestracji fali V.

Badając sygnałem click uzyskano 14 oznaczeń fali V na poziomie 0 dB SL oraz 31 na poziomie 10 dB SL.

Badanie przy zastosowaniu bodźca BBChirp oznaczono prawidłowo (dla 0 dB SL) dla 13 pacjentów. Zwiększenie natężenia do 10 dB SL spowodowało wykrycie fali V dla 22 pacjentów.

Przy obydwu sygnałach zarejestrowano fale V interpretowane jako przesłuch, 5 dla sygnału click oraz 1 dla sygnału BBChirp.

Badając sygnałem ToneBurst500 dla 1 pacjenta oznaczono próg słyszenia na poziomie 0 dB SL oraz dla 6 na poziomie 10 dB SL. Natomiast badanie sygnałem Chirp500, który jest bodźcem podobnym częstotliwościowo, miało większą skuteczność. Oznaczono spójnie z audiometrią tonalną próg słyszenia dla 8 pacjentów, natomiast zwiększenie natężenia dźwięku o 10 dB spowodowało wykrycie u 15 pacjentów fali V.

Badanie progu słuchu dla częstotliwości 1000 Hz wykazało większą skuteczność sygnału Chirp1000 niż odpowiadającemu mu sygnałowi ToneBurst1000.

Próg słuchu dla 0 dB SL oznaczono dla 4 pacjentów badając sygnałem ToneBurst1000 oraz 9 pacjentów badając sygnałem Chirp1000. Zwiększenie natężenia bodźca o 10 dB spowodowało wykrycie fali V u 8 pacjentów w przypadku sygnału

ToneBurst1000 oraz u 16 pacjentów w przypadku sygnału Chirp1000. Dla natężenia bodźca 0 dB SL oznaczone progi słuchowe były dla tych samych pacjentów (zarówno dla bodźca TB1000 i Chirp1000).

8.4. Wykrywanie przesłuchu

Spośród wszystkich zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu wyłoniono 7 rejestrów, w których oznaczono falę V tam, gdzie się jej nie spodziewano ze względu na wcześniej wykonaną audiometrię tonalną. Były to odpowiedzi, które powodowały fałszywy obraz stanu słuchu pacjenta.

W tabelach 107, 108 przedstawiono zestawienie danych dla wszystkich wykrytych przesłuchów razem.

Tabela 107. Wyniki badań dotyczące przesłuchu dla N ważnych

Przesłuch	N ważnych	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Odch.std
Latencja	7	6,91	7,04	5,55	8,1	0,82
Amplituda	7	0,24	0,25	0,09	0,38	0,09
PP Amp	7	0,49	0,45	0,13	1,18	0,31
SNR	7	0,54	0,47	0,21	0,94	0,29
RN	7	0,47	0,32	0,16	1,68	0,5
artefakty	7	10	0	0	74	25,92

Tabela 108. Procentowy rozkład zarejestrowanych przesłuchów dla poszczególnych bodźców

Przesłuch	Click	BBChirp	TB500	Chirp500	TB1000	Chirp1000
Tak	5 (6,58%)	1 (1,32%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	1 (1,32%)	0 (0,00%)
Nie	71 (93,42%)	75 (98,68%)	76 (100%)	76 (100%)	75 (98,68%)	76 (100%)

Stwierdzono statystycznie istotną różnicę w występowaniu przesłuchu pomiędzy badaniami (test Chi-kwadrat z poprawką Yatesa $\chi^2(5) = 11,08$; $p = 0,04989$). Największy odsetek przesłuchów uchwycono w badaniu metodą click.

Związane jest to z wysokim procentem wykrywalności fali V. Zgodność wyznaczonego progu słuchowego za pomocą sygnału click i audiometrii tonalnej jest największy, pozostałe sygnały mają mniejszą skuteczność progową.

Poniżej przedstawiono w tabeli 109 poszczególne przypadki.

Tabela 109. Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla wszystkich zarejestrowanych przypadków przesłuchu

Rodzaj sygnału	Numer danego pacjenta	Natężenie dB SL	Latencja Fali V [ms]	Amplituda Fali V [μ V]	PP Ampl. [μ V]	SNR	RN	Artefakty
click	7	-20	6,85	0,09	0,13	0,42	0,16	0

Rodzaj sygnału	Numer danego pacjenta	Natężenie dB SL	Latencja Fali V [ms]	Amplituda Fali V [μV]	PP Ampl. [μV]	SNR	RN	Artefakty
click	24	-20	6,78	0,38	0,43	0,9	0,34	5
click	32	-20	6,3	0,32	0,42	0,52	0,48	0
click	53	-20	8,1	0,24	1,18	0,21	1,68	74
click	76	-20	5,55	0,19	0,58	0,34	0,45	1
BBChirp	28	-20	7,23	0,15	0,25	0,25	0,18	0
TB1000	12	-20	6,83	0,25	0,47	0,94	0,17	0

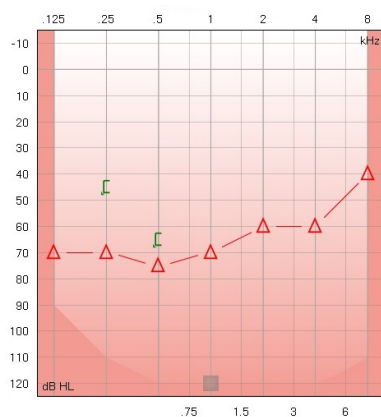
W 7 przypadkach analiza wyników wykryła rejestrację przesłuchu, to znaczy że uzyskane wyniki pochodziły z ucha przeciwnego. Poniżej przedstawiono analizę poszczególnych przypadków.

• Pacjent nr 7

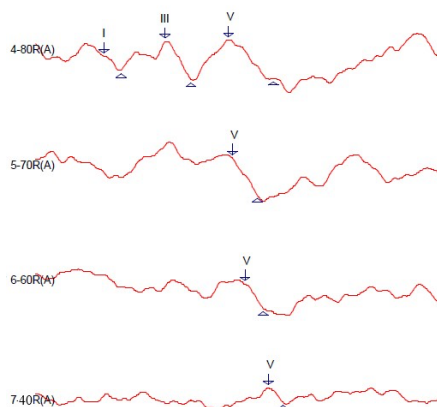
Pacjent w wieku 65 lat z niedosłuchem typu odbiorczego w uchu prawym, rodzinie obciążony – matka z niedosłuchem. Pacjent przebył nagłą głuchotę w 2019 roku (5 miesięcy przed wykonanym badaniem ABR na potrzeby niniejszej pracy). Od tamtej pory pacjent nosi aparat słuchowy, chętnie z niego korzysta odczuwając subiektywnie dużą korzyść z zaprotezowania.

Podczas wykonywanych badań zarejestrowano cechy odpowiedzi sugerujące przesłuch dla sygnału szerokopasmowego click, gdzie zakres odpowiedzi pnia mózgu zarejestrowany jest dla częstotliwości 2-4 kHz.

Amplituda zarejestrowanej fali V dla natężenia bodźca -20 dB SL jest dużo niższa od pozostałych amplitud zarejestrowanych dla tego pacjenta (0,09 μV). Natomiast latencja jest w granicach normy (6,85 ms).



Ryc. 65. Audiogram ucha prawego pacjenta nr 7 [dB HL]



Ryc. 66. Wynik badania ABR dla pacjenta nr 7 [dB nHL]

Wartość korekty do oszacowania zamiany jednostki stosowanej w badaniu ABR (dB nHL) na jednostki stosowane w audiometrii tonalnej (dB HL) dla bodźca click wynosi 2 dB.

Tabela 110. Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 7

Rodzaj sygnału	Numer danego pacjenta	Natężenie dB SL	Latencja Fali V [ms]	Amplituda Fali V [μV]	PP Ampl. [μV]	SNR	RN	Artefakty
click	7	-20	6,85	0,09	0,13	0,42	0,16	0

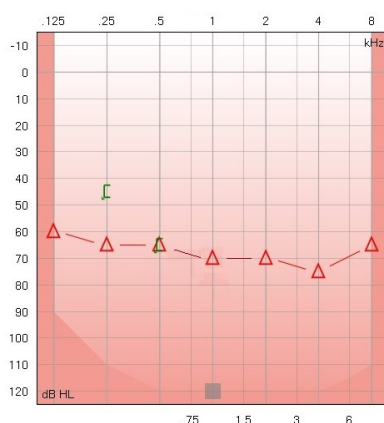
• Pacjent nr 12

Pacjentka w wieku 32 lat, w roku 2019 przebyła nagłą głuchotę ucha prawego. Po przebytym leczeniu pacjentka próbowała nosić aparat typu transcranial cros, jednak bez efektu poprawy słyszenia. Brak poczucia dźwięku ze strony aparatu może sugerować wysoką wartość tłumienia międzysznego. W badaniu stroikami stwierdzono brak poczucia dźwięku po stronie prawej.

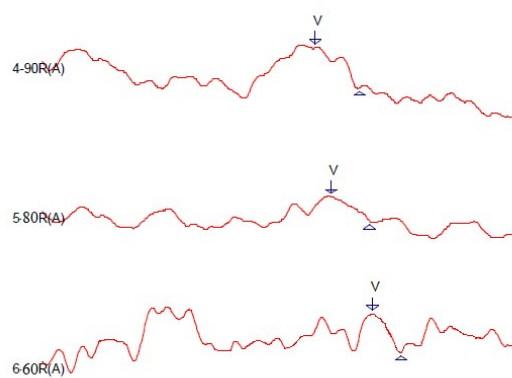
W zapisie ABR zarejestrowano przesłuch dla bodźca o ToneBurst 1000 Hz.

Obserwując morfologię zapisu fali można zauważyć mało czytelny zapis krzywej o natężeniu 60 dB nHL w szeregu natężeniowym.

Kształt audiogramu wskazuje na podobną głębokość niedosłuchu dla wszystkich częstotliwości.



Ryc. 67. Audiogram ucha prawego pacjenta nr 12 [dB HL]



Ryc. 68. Wynik badania ABR dla pacjenta nr 12 [dB nHL]

Wartość korekty do oszacowania zamiany jednostki stosowanej w badaniu ABR (dB nHL) na jednostki stosowane w audiometrii tonalnej (dB HL) dla bodźca TB1000 wynosi -13 dB.

Tabela 111. Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 12

Rodzaj sygnału	Numer danego pacjenta	Natężenie dB SL	Latencja Fali V [ms]	Amplituda Fali V [μ V]	PP Ampl. [μ V]	SNR	RN	Artefakty
TB1000	12	-20	6,83	0,25	0,47	0,94	0,17	0

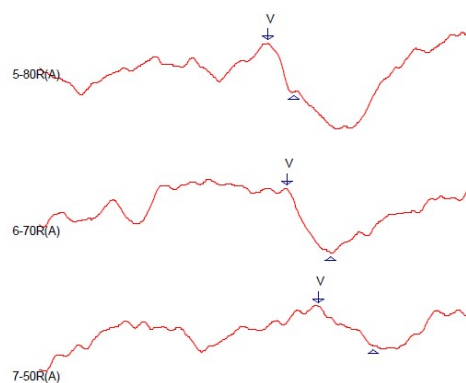
• Pacjent nr 24

Pacjentka w wieku 55 lat z niedosłuchem ucha prawego od około 20 r.ż. Od 40 r.ż pacjentka korzysta z aparatu słuchowego.

Zarejestrowano przesłuch dla sygnału click. Latencja fali V dla natężenia -20 dB SL jest wydłużona w stosunku do latencji fali V w uchu prawidłowo słyszającym (porównując podobne natężenia bodźca). Natomiast morfologia zapisu jest bardzo czytelna i jednoznaczna przy oznaczaniu fali V.



Ryc. 69. Audiogram ucha prawego pacjenta nr 24



Ryc. 70. Wynik badania ABR pacjenta nr 24

Wartość korekty do oszacowania zamiany jednostki stosowanej w badaniu ABR (dB nHL) na jednostki stosowane w audiometrii tonalnej (dB HL) dla bodźca Click wynosi 2 dB.

Tabela 112. Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 24

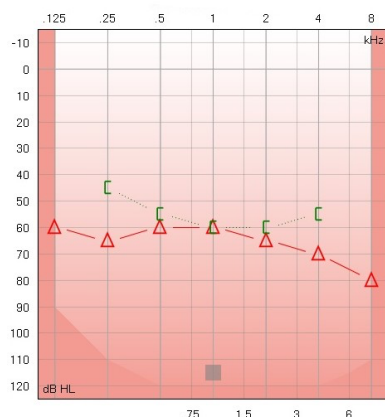
Rodzaj sygnału	Numer danego pacjenta	Natężenie dB SL	Latencja Fali V [ms]	Amplituda Fali V [μ V]	PP Ampl. [μ V]	SNR	RN	Artefakty
click	24	-20	6,78	0,38	0,43	0,9	0,34	5

• Pacjent nr 28

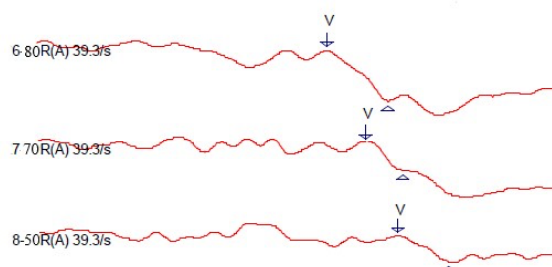
Pacjentka lat 54 zgłosiła się do poradni audiologicznej z poczuciem niedosłuchu w prawym uchu wykrytym przypadkowo podczas rozmowy telefonicznej. W badaniu stroikami, w próbie Webera lateralizacja w stronę ucha lewego. W wywiadzie pacjentka

zgłosiła uporczywe bóle głowy oraz epizody utraty przytomności rok wcześniej. Wynik rezonansu magnetycznego głowy wskazywał na liczne wieloogniskowe zmiany niedokrwienne. Wynik tomografii komputerowej piramid kości skroniowych nie wykazał znaczących zmian.

W zapisie ABR zarejestrowano przesłuch dla sygnału BBChirp.



Ryc. 71. Audiogram ucha prawego pacjenta nr 28



Ryc. 72. Wynik badania ABR pacjenta nr 28

Wartość korekty do oszacowania zamiany jednostki stosowanej w badaniu ABR (dB nHL) na jednostki stosowane w audiometrii tonalnej (dB HL) dla bodźca BBChirp wynosi -7 dB.

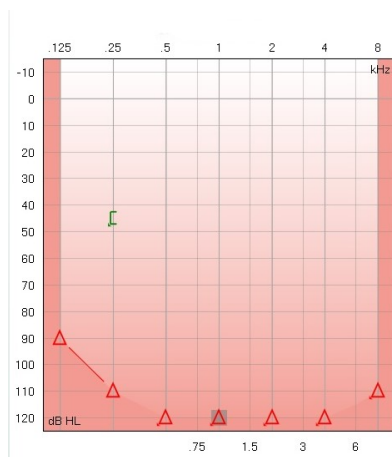
Tabela 113. Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 28

Rodzaj sygnału	Numer danego pacjenta	Natężenie dB SL	Latencja Fali V [ms]	Amplituda Fali V [μV]	PP Ampl. [μV]	SNR	RN	Artefakty
BBChirp	28	-20	7,23	0,15	0,25	0,25	0,18	0

• Pacjent nr 32

Pacjentka lat 53 z głuchotą ucha prawego niewiadomego pochodzenia wykrytego dwa lata wcześniej, chociaż kłopoty ze słuchem subiektywnie obserwowane były przez pacjentkę od około 1999 r. W wywiadzie stwierdzono liczne czynniki ryzyka, obciążenie genetyczne - w rodzinie matka miała niedosłuch. Dodatkowo praca w hałasie o bardzo dużym natężeniu, praca na krośnię. Leczona na nadciśnienie. W badaniu otoskopowym stwierdzono perforację błony bębenkowej ucha prawego. Brak poczucia dźwięku po stronie prawej w badaniu stroikami.

W badaniu ABR zarejestrowano przesłuch dla bodźca typu click.



Ryc. 73. Audiogram ucha prawego pacjenta nr 32



Ryc. 74. Wynik badania ABR pacjenta nr 32

Wartość korekty do oszacowania zamiany jednostki stosowanej w badaniu ABR (dB nHL) na jednostki stosowane w audiometrii tonalnej (dB HL) dla bodźca click wynosi 2 dB.

Tabela 114. Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 32

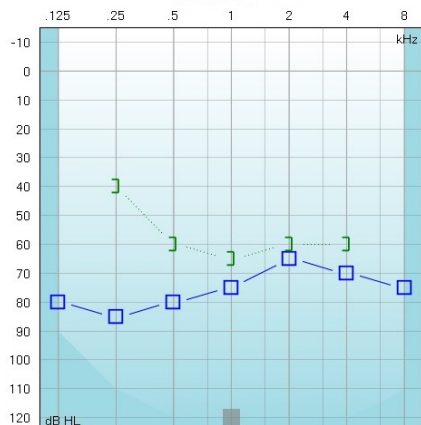
Rodzaj sygnału	Numer danego pacjenta	Natężenie dB SL	Latencja Fali V [ms]	Amplituda Fali V [μ V]	PP Ampl. [μ V]	SNR	RN	Artefakty
click	32	-20	6,3	0,32	0,42	0,52	0,48	0

• Pacjent nr 53

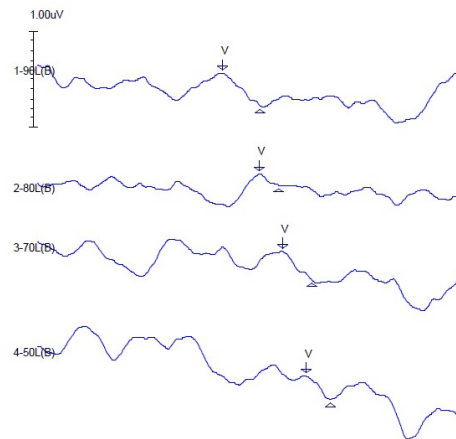
Pacjent lat 39 z rozpoznaną chorobą Ménière'a w uchu lewym. W 2010 roku po przebytych nagłym pogorszeniu słuchu również w uchu lewym, leczony na oddziale Foniatrii i Audiologii z powodu nagłego pogorszenia się słuchu. Epizody nagłych pogorszeń słuchu powtarzały się później kilkakrotnie. Za każdym razem wdrażane było leczenie farmakologiczne na oddziale Foniatrii i Audiologii, jak i w komorze hiperbarycznej.

Audiogram w dniu wykonania badania ABR wskazuje na niedosłuch typu odbiorczego o głębokości 70 dB HL w uchu lewym, z zachowaną normą słuchową w uchu prawym.

W badaniu potencjałów słuchowych z pnia mózgu zarejestrowano przesłuch przy użyciu bodźca typu click.



Ryc. 75. Audiogram ucha lewego pacjenta nr 53



Ryc. 76. Wynik badania ABR dla pacjenta nr 53

Wartość korekty do oszacowania zamiany jednostki stosowanej w badaniu ABR (dB nHL) na jednostki stosowane w audiometrii tonalnej (dB HL) dla bodźca click wynosi 2 dB.

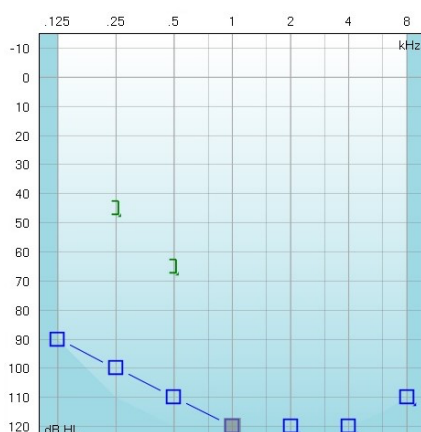
Tabela 115. Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 53

Rodzaj sygnału	Numer danego pacjenta	Natężenie dB SL	Latencja Fali V [ms]	Amplituda Fali V [μ V]	PP Ampl. [μ V]	SNR	RN	Artefakty
click	53	-20	8,1	0,24	1,18	0,21	1,68	74

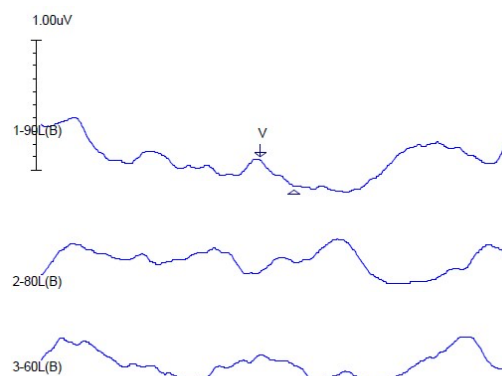
• Pacjent nr 76

Pacjentka lat 11 z niedosłuchem odbiorczym ucha lewego od urodzenia. Niedosłuch głębokiego stopnia, w badaniu audiometrią tonalną wykazana głuchota. Dziewczynka posługuje się aparatem słuchowym w systemie cros.

W badaniu ABR zarejestrowano przesłuch badając sygnałem typu click.



Ryc. 77. Audiogram ucha lewego pacjenta nr 76



Ryc. 78. Wynik badania ABR pacjenta nr 76

Wartość korekty do oszacowania zamiany jednostki stosowanej w badaniu ABR (dB nHL) na jednostki stosowane w audiometrii tonalnej (dB HL) dla bodźca click wynosi 2 dB.

Tabela 116. Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 76

Rodzaj sygnału	Numer danego pacjenta	Natężenie dB SL	Latencja Fali V [ms]	Amplituda Fali V [μV]	PP Ampl. [μV]	SNR	RN	Artefakty
	76	-20	5,55	0,19	0,58	0,34	0,45	1

W audiometrii tonalnej maskowanie stosowane jest zawsze, kiedy różnica pomiędzy progiem słuchu ucha niebadanego a poziomem tonu zastosowanego do badania ucha słabszego jest większa od 50 dB. Asymetria wyników pomiędzy uszami jest czynnikiem ryzyka zarejestrowania fałszywej odpowiedzi po stronie ucha badanego.

Dodatkowym czynnikiem, który powinien zwiększyć uwagę osoby badającej pacjenta z jednostronnym niedosłuchem, jest kształt uzyskanego audiogramu dla ucha słabszego. Jeżeli odzwierciedla on kształt audiogramu ucha lepszego, to istnieje możliwość uzyskania tak zwanej krzywej cieniowej, a nie faktycznego stanu słuchu pacjenta.

W niniejszej pracy wyłoniono grupę 33 osób, u których w audiometrii tonalnej stwierdzono jednostronną głuchotę oraz grupę 10 osób u których ubytek słuchu wyznaczony poprzez audiometrię tonalną wynosił pomiędzy 71 a 90 dB HL.

Dokonano odrębnej analizy wyników badań dotyczących osób, u których nie ma podejrzenia przesłuchu w audiometrii tonalnej oraz analizy przypadków, gdzie głębokość niedosłuchu przewyższa próg 60 dB HL, przez co zwiększa ryzyko ewentualnego przesłuchu.

Wśród wykrytych przesłuchów tylko dwie rejestracje dotyczyły osób z jednostronną głuchotą. Pozostałe 5 przypadków dotyczyło jednostronnych ubytków, których głębokość w audiometrii tonalnej nie przekraczała 80 dB HL.

Dodatkowej analizie poddano wyniki pacjentów z jednostronnym niedosłuchem przewodzeniowym (grupa 11 osób). W omawianej grupie niedosłuchów przewodzeniowych są 3 osoby z atrezią lub mikrocią, 4 osoby z wysiękowym zapaleniem ucha środkowego oraz 4 osoby z niedosłuchem indukowanym (masa otoplastyczna w przewodzie słuchowym zewnętrznym). W każdym z przypadków próg słyszenia pacjenta wyznaczony poprzez badanie ABR zgodny był z progiem wyznaczonym poprzez audiometrię tonalną.

W przebadanej grupie badanej 76 osób każdy pacjent miał wykonane badanie 6 razy, za każdym razem przy użyciu innego rodzaju bodźca. W każdym uchu dokonano co najmniej trzech rejestracji na różnych poziomach natężenia uzależnionych od progu

słuchowego pacjenta. Biorąc pod uwagę wszystkie te zmienne, dokonano 1368 rejestracji fal w grupie z ubytkiem słuchu.

Wśród tylu danych uzyskanych przy różnych parametrach bodźców stymulujących uzyskano tylko 7 zapisów świadczących o niezgodności progu wyznaczonego poprzez audiometrię tonalną oraz badanie ABR.

Wskazuje to na wysoką wiarygodność badania potencjałów słuchowych z pnia mózgu. Zastosowane maskowanie - zgodne z wytycznymi producenta sprzętu - jednocześnie zgodne z ogólnymi wytycznymi stosowanymi w różnych ośrodkach audiologicznych na świecie, jest maskowaniem skutecznym.

Ponieważ analiza statystyczna w grupie 7 N ważnych nie daje możliwości istotnej oceny statystycznej, dokonano szczegółowej analizy poszczególnych przypadków.

Próba odzwierciedlenia audiogramu w badaniu ABR najczęściej ogranicza się do zakresu częstotliwości wyznaczonego przy użyciu bodźca click (2-4 kHz) oraz częstotliwości 500 Hz i 1000 Hz przy użyciu bodźca ToneBurst (lub innego podobnego wąskoczęstotliwościowego). To znaczy, że osoba oceniająca wynik badania nie ma danych dotyczących progu słuchu pacjenta wyznaczonego dla pozostałych częstotliwości. Dodatkowo określenie progu słyszenia metodą ABR dla niskich częstotliwości, jak choćby 500 Hz, jest często obarczone dużą granicą błędu.

Dlatego w pierwszej kolejności w ośrodkach audiologicznych stosowany jest sygnał typu click, tak aby zwiększyć wiarygodność badania.

9. Analiza statystyczna wpływu płci i wieku pacjenta na parametry zapisu ABR dla badanych sygnałów w normie słuchowej

9.1. Zależności pomiędzy płcią

Poddano analizie statystycznej testem Manna-Whitneya zależności parametrów zapisu ABR od płci pacjenta.

Badanie to w zdecydowanej większości przypadków nie wykazało statystycznie istotnych różnic w średnich wynikach pomiarów latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na płeć. Szczegóły przedstawiają poniższe tabele 117-122. Statystycznie istotne różnice oznaczono kolorem.

Tabela 117. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału click

Click natężenie 20 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	8,202093	8,471304	0,149891	43	23
Amplituda	0,225116	0,167826	0,050228	43	23
PP Ampl	0,416939	0,410370	0,790310	49	27
SNR	0,630408	0,562222	0,302508	49	27
RN	0,332449	0,318889	0,961047	49	27
Artefakty	1,367347	2,629630	0,849361	49	27

Click natężenie 40 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,001458	7,306667	0,052730	48	27
Amplituda	0,252083	0,199630	0,056194	48	27
PP Ampl	0,481429	0,463333	0,708076	49	27
SNR	0,716939	0,532593	0,086376	49	27
RN	0,350204	0,358519	0,463801	49	27
Artefakty	1,795918	1,037037	0,263611	49	27

Click natężenie 60 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,235510	6,535926	0,041308	49	27
Amplituda	0,314082	0,350741	0,268275	49	27
PP Ampl	0,518163	0,548148	0,594854	49	27
SNR	0,816327	0,897037	0,463801	49	27
RN	0,361633	0,338519	0,939440	49	27

Click natężenie 60 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Artefakty	3,571429	2,148148	0,554179	49	27

Tabela 118. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału BBChirp

BBChirp natężenie 20 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,749783	7,922000	0,376246	46	25
Amplituda	0,193478	0,154400	0,228645	46	25
PP Ampl	0,423061	0,352593	0,147359	49	27
SNR	0,698980	0,545556	0,617599	49	27
RN	0,261837	0,233333	0,969698	49	27
Artefakty	9,645833	9,703704	0,476505	48	27

BBChirp natężenie 40 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,834468	6,730741	0,445135	47	27
Amplituda	0,194255	0,150741	0,291199	47	27
PP Ampl	0,501020	0,434074	0,155087	49	27
SNR	1,032245	0,967778	0,956723	49	27
RN	0,229388	0,210000	0,769491	49	27
Artefakty	4,083333	2,370370	0,304651	48	27

BBChirp natężenie 60 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,111250	6,051538	0,646542	48	26
Amplituda	0,189583	0,179231	0,842929	48	26
PP Ampl	0,560612	0,552222	0,652411	49	27
SNR	0,746939	0,737407	0,991340	49	27
RN	0,258163	0,234815	0,995670	49	27
Artefakty	5,479167	6,407407	0,304651	48	27

Tabela 119. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB500

TB500 natężenie 20 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,94625	8,35000	1,000000	7	1
Amplituda	0,18250	0,34000	1,000000	7	1
PP Ampl	0,39490	0,35296	0,114474	48	27
SNR	0,50980	0,58111	0,907735	48	27

TB500 natężenie 20 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
RN	0,24245	0,24852	0,890263	48	27
Artefakty	11,26531	16,11111	0,392315	48	27

TB500 natężenie 40 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,441429	7,25000	0,826444	13	6
Amplituda	0,197857	0,25167	0,357098	13	6
PP Ampl	0,436939	0,37667	0,073758	48	27
SNR	0,666531	0,52222	0,044551	48	27
RN	0,222041	0,24481	0,529249	48	27
Artefakty	8,775510	24,33333	0,825283	48	27

TB500 natężenie 60 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,54174	7,00091	0,330141	22	11
Amplituda	0,25087	0,21273	0,674424	22	11
PP Ampl	0,43796	0,38778	0,146651	48	27
SNR	0,61714	0,52704	0,820988	48	27
RN	0,25429	0,26407	0,178108	48	27
Artefakty	21,59184	19,33333	0,674898	48	27

Tabela 120. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp500

Chirp500 natężenie 20 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	8,39441	8,423810	0,979269	34	21
Amplituda	0,17971	0,166190	0,482916	34	21
PP Ampl	0,40729	0,340000	0,404647	48	27
SNR	0,55188	0,539630	0,872844	48	27
RN	0,26313	0,202963	0,202359	48	27
Artefakty	14,77083	1,703704	0,077390	48	27

Chirp500 natężenie 40 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,35550	7,510000	0,684143	40	26
Amplituda	0,18300	0,188846	0,474480	40	26
PP Ampl	0,43776	0,412963	0,732440	49	27
SNR	0,56653	0,608889	0,672090	49	27
RN	0,27939	0,234815	0,453928	49	27

Chirp500 natężenie 40 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Artefakty	16,34694	6,777778	0,568812	49	27

Chirp500 natężenie 60 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,573953	6,760400	0,476293	43	25
Amplituda	0,218372	0,201600	0,736072	43	25
PP Ampl	0,461020	0,481481	0,982682	49	27
SNR	0,499184	0,430370	0,504464	49	27
RN	0,286531	0,274815	0,370572	49	27
Artefakty	9,714286	4,407407	0,483901	49	27

Tabela 121. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB1000

TB1000 natężenie 20 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	8,560000	9,05000	0,772830	3	2
Amplituda	0,150000	0,19000	0,772830	3	2
PP Ampl	0,370426	0,40885	0,569629	46	26
SNR	0,505106	0,55846	0,553821	46	26
RN	0,360000	0,38731	0,883491	46	26
Artefakty	9,680851	12,73077	0,707544	46	26

TB1000 natężenie 40 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,724667	8,765000	0,086471	15	2
Amplituda	0,227333	0,135000	0,179713	15	2
PP Ampl	0,411489	0,366154	0,213976	46	26
SNR	0,535319	0,567692	0,345295	46	26
RN	0,357447	0,308462	0,267912	46	26
Artefakty	9,744681	8,576923	0,058309	46	26

TB1000 natężenie 60 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,89304	7,551667	0,046855	22	6
Amplituda	0,24439	0,260000	0,484012	22	6
PP Ampl	0,44064	0,450370	0,886423	46	27
SNR	0,57681	0,702222	0,099884	46	27
RN	0,42894	0,338148	0,071015	46	27
Artefakty	13,10638	8,962963	0,394617	46	27

Tabela 122. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp1000.

Chirp1000 natężenie 20 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	8,70333	8,26619	0,106757	36	21
Amplituda	0,19194	0,14333	0,029600	36	21
PP Ampl	0,39878	0,34259	0,069074	49	27
SNR	0,53367	0,53667	0,909269	49	27
RN	0,37469	0,29704	0,049477	49	27
Artefakty	10,66667	10,18519	0,371291	48	27

Chirp1000 natężenie 40 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,643571	7,35269	0,198016	42	26
Amplituda	0,191190	0,18192	0,934624	42	26
PP Ampl	0,455510	0,40148	0,115548	49	27
SNR	0,610816	0,53630	0,568812	49	27
RN	0,384898	0,37704	0,836624	49	27
Artefakty	8,062500	10,92593	0,964784	48	27

Chirp1000 natężenie 60 dB vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,78696	6,63962	0,446038	46	26
Amplituda	0,28913	0,19115	0,020913	46	26
PP Ampl	0,54286	0,48222	0,226221	49	27
SNR	0,72082	0,80630	0,467118	49	27
RN	0,41510	0,31704	0,022655	49	27
Artefakty	11,08333	10,85185	0,547469	48	27

Analiza wyników badań w zależności od płci dla normy słuchowej w większości przypadków nie wykazała różnic istotnych statystycznie.

Porównując jednak wartości poszczególnych badanych parametrów stwierdzono, że średnia wartość amplitudy fali V, ale również amplitudy Peak-to-Peak, jest większa dla kobiet.

Podobne proporcje uzyskano badając szum resztkowy. Większą średnią wartość RN oznaczono dla kobiet.

9.2. Wiek vs pomiary fali V – korelacje Spearmana

Poddano analizie statystycznej testem Spearmana zależności parametrów zapisu ABR dla badanych bodźców od wieku pacjenta.

Badanie zależności w zdecydowanej większości przypadków nie wykazało statystycznie istotnych zależności. Szczegóły przedstawiają poniższe tabele 123-128. Statystycznie istotne różnice oznaczono kolorem.

Tabela 123. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału click

Wiek vs. click natężenie 20 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	66	0,158885	1,28743	0,202579
Amplituda	66	-0,031227	-0,24994	0,803437
PP Ampl	76	0,053767	0,46319	0,644585
SNR	76	-0,127034	-1,10171	0,274158
RN	76	0,088489	0,76421	0,447171
Artefakty	76	-0,050869	-0,43816	0,662545

Wiek vs. click natężenie 40 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	75	0,106038	0,91113	0,365228
Amplituda	75	0,059350	0,50798	0,612996
PP Ampl	76	-0,067674	-0,58350	0,561334
SNR	76	0,060438	0,52086	0,604020
RN	76	-0,118246	-1,02438	0,308994
Artefakty	76	-0,149194	-1,29794	0,198338

Wiek vs. click natężenie 60 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	76	0,021103	0,18157	0,856414
Amplituda	76	-0,113911	-0,98632	0,327189
PP Ampl	76	-0,175384	-1,53247	0,129671
SNR	76	-0,267161	-2,38489	0,019647
RN	76	0,147483	1,28272	0,203593
Artefakty	76	-0,198425	-1,74155	0,085743

Tabela 124. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału BBChirp

Wiek vs. BBChirp natężenie 20 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	71	-0,021788	-0,18103	0,856878
Amplituda	71	0,223428	1,90407	0,061072
PP Ampl	76	0,045235	0,38952	0,698007

Wiek vs. BBChirp natężenie 20 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
SNR	76	-0,186970	-1,63725	0,105824
RN	76	0,050266	0,43295	0,666307
Artefakty	75	-0,136469	-1,17700	0,243018

Wiek vs. BBChirp natężenie 40 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	74	0,167124	1,43832	0,154676
Amplituda	74	-0,000423	-0,00359	0,997147
PP Ampl	76	-0,159192	-1,38711	0,169572
SNR	76	0,018786	0,16163	0,872037
RN	76	-0,064706	-0,55779	0,578673
Artefakty	75	-0,207268	-1,81020	0,074380

Wiek vs. BBChirp natężenie 60 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	74	0,211938	1,84016	0,069866
Amplituda	74	-0,064341	-0,54708	0,586014
PP Ampl	76	-0,148063	-1,28788	0,201800
SNR	76	0,142034	1,23434	0,220982
RN	76	-0,147945	-1,28683	0,202164
Artefakty	75	-0,150761	-1,30299	0,196672

Tabela 125. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału TB500

Wiek vs. TB500 natężenie 20 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	9	-0,167365	-0,44914	0,666905
Amplituda	9	0,058824	0,15590	0,880511
PP Ampl	76	0,048480	0,41753	0,677497
SNR	76	0,088961	0,76831	0,444746
RN	76	-0,127662	-1,10725	0,271771
Artefakty	76	-0,139822	-1,21472	0,228333

Wiek vs. TB500 natężenie 40 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	20	-0,009804	-0,04160	0,967278
Amplituda	20	0,014350	0,06089	0,952118
PP Ampl	76	0,121014	1,04871	0,297726
SNR	76	-0,008587	-0,07387	0,941312
RN	76	0,143123	1,24400	0,217426
Artefakty	76	-0,132681	-1,15155	0,253214

Wiek vs. TB500 natężenie 60 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	34	-0,243442	-1,41983	0,165327
Amplituda	34	-0,033458	-0,18938	0,850995
PP Ampl	76	-0,026061	-0,22426	0,823175
SNR	76	-0,103957	-0,89914	0,371494
RN	76	0,108004	0,93455	0,353060
Artefakty	76	-0,118608	-1,02756	0,307504

Tabela 126. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału Chirp500

Wiek vs. Chirp500 natężenie 20 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	55	-0,069369	-0,506233	0,614792
Amplituda	55	0,278831	2,113752	0,039260
PP Ampl	75	0,087828	0,753311	0,453686
SNR	75	-0,015207	-0,129942	0,896969
RN	75	0,096179	0,825585	0,411729
Artefakty	75	-0,032523	-0,278023	0,781781

Wiek vs. Chirp500 natężenie 40 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	66	-0,183465	-1,49306	0,140336
Amplituda	66	0,012700	0,10161	0,919383
PP Ampl	76	0,025214	0,21697	0,828829
SNR	76	-0,082011	-0,70787	0,481252
RN	76	0,089151	0,76998	0,443765
Artefakty	76	-0,099120	-0,85688	0,394276

Wiek vs. Chirp500 natężenie 60 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	68	-0,143290	-1,17623	0,243729
Amplituda	68	0,002218	0,01802	0,985681
PP Ampl	76	-0,035355	-0,30432	0,761736
SNR	76	-0,049773	-0,42870	0,669390
RN	76	0,209568	1,84371	0,069229
Artefakty	76	-0,059730	-0,51474	0,608269

Tabela 127. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału TB1000

Wiek vs. TB1000 natężenie 20 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	5	-0,564288	-1,18387	0,321723
Amplituda	5	0,872082	3,08666	0,053854

PP Ampl	73	-0,141807	-1,20709	0,231406
SNR	73	-0,089594	-0,75798	0,450971
RN	73	0,025250	0,21283	0,832072
Artefakty	73	-0,072163	-0,60965	0,544042

Wiek vs. TB1000 natężenie 40 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	17	-0,487400	-2,16186	0,047201
Amplituda	17	-0,339483	-1,39783	0,182495
PP Ampl	73	-0,085844	-0,72602	0,470216
SNR	73	-0,111530	-0,94567	0,347526
RN	73	-0,026674	-0,22484	0,822750
Artefakty	73	0,013278	0,11189	0,911226

Wiek vs. TB1000 natężenie 60 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	29	-0,035287	-0,18347	0,855800
Amplituda	29	-0,302383	-1,64840	0,110861
PP Ampl	74	0,024447	0,20750	0,836205
SNR	74	-0,132802	-1,13693	0,259336
RN	74	0,047477	0,40331	0,687916
Artefakty	74	0,025740	0,21848	0,827673

Tabela 128. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału Chirp1000

Wiek vs. Chirp1000 natężenie 20 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	57	-0,091819	-0,68384	0,496948
Amplituda	57	-0,038110	-0,28283	0,778366
PP Ampl	76	-0,011622	-0,09999	0,920626
SNR	76	0,029105	0,25047	0,802915
RN	76	0,022230	0,19128	0,848832
Artefakty	75	-0,183115	-1,59144	0,115831

Wiek vs. Chirp1000 natężenie 40 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	68	-0,140451	-1,15245	0,253292
Amplituda	68	-0,096176	-0,78498	0,435275
PP Ampl	76	0,111589	0,96595	0,337213
SNR	76	-0,043168	-0,37169	0,711183
RN	76	0,075741	0,65342	0,515508
Artefakty	75	-0,159305	-1,37871	0,172194

Wiek vs. Chirp1000 natężenie 60 dB	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	72	-0,166677	-1,41431	0,161704
Amplituda	72	-0,209456	-1,79219	0,077424
PP Ampl	76	-0,076526	-0,66023	0,511154
SNR	76	-0,007150	-0,06151	0,951121
RN	76	0,016933	0,14568	0,884568
Artefakty	75	-0,102667	-0,88185	0,380754

Zgodnie z analizą Spearmana mało jest korelacji istotnych statystycznie. Analizując uzyskane wyniki zauważono, że dla szumu resztkowego korelacja jest w większości dodatnia. Oznacza to, że wraz z wiekiem zwiększa się wpływ RN na zapis badania. Natomiast odwrotną tendencję otrzymano dla liczby artefaktów, która zmniejsza się wraz z wiekiem. Może to być spowodowane większym spokojem osób starszych oraz zrozumieniem istoty badania. Przy najmłodszych pacjentach trudno uzyskać bezruch i rozluźnienie podczas całego czasu pomiarów.

10. Analiza statystyczna wpływu płci i wieku pacjenta, wieku wystąpienia niedosłuchu i jego głębokości oraz typu i strony występowania ubytku na parametry zapisu ABR dla badanych sygnałów przy ubytku słuchu

10.1. Zależności pomiędzy płcią

Poddano analizie statystycznej testem Manna-Whitneya zależności parametrów zapisu ABR dla badanych bodźców od płci pacjenta.

Badanie zależności w zdecydowanej większości przypadków nie wykazało statystycznie istotnych różnic w średnich wynikach pomiarów. Dla PP Ampl TB1000 w natężeniu -20 dB SL, RN TB1000 w natężeniu -20 dB SL, RN TB500 w natężeniu 10 dB SL oraz SNR Chirp1000 w natężeniu 0 dB SL wykazano statystycznie istotną różnicę. Szczegóły przedstawiają poniższe tabele 129-134. Statystycznie istotne różnice oznaczono kolorem.

Tabela 129. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału click

Click fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N waż. Grupa 1 (kobiety)	N waż. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,52227	6,64778	0,459404	22	9
Amplituda	0,22955	0,24222	0,913362	22	9
PP Ampl	0,42088	0,41643	0,918701	34	14
SNR	0,60676	0,65714	0,794210	34	14
RN	0,35000	0,35429	0,683066	34	14
Artefakty	5,61765	3,85714	0,864917	34	14

Click fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N waż. Grupa 1 (kobiety)	N waż. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,67818	6,73333	0,937948	11	3
Amplituda	0,26727	0,28000	0,755497	11	3
PP Ampl	0,41743	0,41125	0,791858	35	16
SNR	0,53457	0,39250	0,093985	35	16
RN	0,41057	0,42125	0,281974	35	16
Artefakty	6,25714	3,75000	0,618943	35	16

Click fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N waż. Grupa 1 (kobiety)	N waż. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,45750	7,47500	0,247161	4	2

Click fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Amplituda	0,26000	0,16500	0,354540	4	2
PP Ampl	0,35875	0,40296	0,554842	48	27
SNR	0,55020	0,58037	0,421888	49	27
RN	0,34571	0,34222	0,550550	49	27
Artefakty	4,24490	3,00000	0,819708	49	27

Tabela 130. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału BBChirp

BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,66667	6,77429	0,646816	15	7
Amplituda	0,25667	0,24571	0,832519	15	7
PP Ampl	0,89769	0,53938	0,308100	39	16
SNR	0,67436	0,69125	0,623372	39	16
RN	0,22923	0,20125	0,795298	39	16
Artefakty	12,82051	0,81250	0,204303	39	16

BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,95667	6,43500	0,189663	9	4
Amplituda	0,17111	0,28500	0,315875	9	4
PP Ampl	0,51590	0,41118	0,492681	39	17
SNR	0,61103	0,59882	0,624108	39	17
RN	0,22718	0,25706	0,212264	39	17
Artefakty	10,38462	3,82353	0,172822	39	17

BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,30500		1,000000	2	0
Amplituda	0,15000		1,000000	2	0
PP Ampl	0,46396	0,35423	0,109119	48	26
SNR	0,58896	0,58769	0,842929	48	26
RN	0,27250	0,21231	0,353166	48	26
Artefakty	9,06250	3,28000	0,637782	48	25

Tabela 131. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB500

TB500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,55500		1,000000	6	0
Amplituda	0,25500		1,000000	6	0
PP Ampl	0,50947	0,42625	0,761818	38	16
SNR	0,64000	0,63250	0,683801	38	16
RN	0,23342	0,25750	0,046696	38	16
Artefakty	17,08108	22,12500	0,077886	37	16

TB500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,25000		1,000000	0	0
Amplituda	0,21000		1,000000	0	0
PP Ampl	0,40526	0,35647	0,798738	38	17
SNR	0,50263	0,53588	0,770740	38	17
RN	0,27447	0,21824	0,749934	38	17
Artefakty	13,05263	5,35294	0,841213	38	17

TB500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
PP Ampl	0,38396	0,34692	0,383289	48	26
SNR	0,52146	0,71500	0,160313	48	26
RN	0,30333	0,21615	0,170671	48	26
Artefakty	14,64583	11,84615	0,374091	48	26

Tabela 132. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp500

Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,31900	7,03200	1,000000	10	5
Amplituda	0,25700	0,18400	0,391268	10	5
PP Ampl	0,49000	0,53563	0,487733	36	16
SNR	0,64056	0,70813	0,873976	36	16
RN	0,25222	0,24688	0,804267	36	16
Artefakty	14,14286	19,31250	0,737664	35	16

Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,92600	8,42333	0,833973	36	17

Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Amplituda	0,33400	0,17000	0,101051	5	3
PP Ampl	0,42028	0,47529	0,606906	36	17
SNR	0,67611	0,77294	0,335901	36	17
RN	0,25167	0,22647	0,647434	36	17
Artefakty	11,08333	5,70588	0,504812	36	17

Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
PP Ampl	0,41500	0,47538	0,569629	46	26
SNR	0,59826	0,59346	0,245788	46	26
RN	0,23413	0,21423	0,589688	46	26
Artefakty	14,64444	5,65385	0,187222	45	26

Tabela 133. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB1000

TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	6,97143	6,28000	1,000000	7	1
Amplituda	0,27286	0,35000	1,000000	7	1
PP Ampl	0,50179	0,40875	1,000000	39	16
SNR	0,60641	0,72438	0,108946	39	16
RN	0,33538	0,31063	0,610326	39	16
Artefakty	20,94872	6,68750	0,745714	39	16

TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	8,05000	6,90000	1,000000	3	1
Amplituda	0,14333	0,27000	1,000000	3	1
PP Ampl	0,42526	0,34118	0,169108	38	17
SNR	0,53605	0,49235	0,367301	38	17
RN	0,35447	0,32882	0,278512	38	17
Artefakty	15,78947	9,94118	0,898552	38	17

TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,23000	8,10000	1,000000	1	1
Amplituda	0,16000	0,29000	1,000000	1	1
PP Ampl	0,44208	0,34000	0,042686	48	26
SNR	0,61083	0,65538	0,289747	48	26

TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
RN	0,34167	0,29192	0,030136	48	26
Artefakty	13,97917	9,96154	0,454881	48	26

Tabela 134. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp1000

Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,10600	6,83167	0,480796	10	6
Amplituda	0,24200	0,25833	0,956750	10	6
PP Ampl	0,77333	0,54375	0,889463	39	16
SNR	0,62359	0,89125	0,176127	39	16
RN	0,34769	0,29813	0,610326	39	16
Artefakty	14,23077	15,25000	0,704027	39	16

Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
Latencja	7,24200	7,32750	0,902523	5	4
Amplituda	0,27400	0,29500	0,220672	5	4
PP Ampl	0,50641	0,40294	0,900732	39	17
SNR	0,56333	0,74059	0,047933	39	17
RN	0,32641	0,30765	0,427796	39	17
Artefakty	16,12821	28,82353	0,858570	39	17

Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs Płeć	Średnia Kobiety	Średnia Mężczyźni	p	N ważn. Grupa 1 (kobiety)	N ważn. Grupa 2 (mężczyźni)
PP Ampl	0,42020	0,37538	0,476162	49	26
SNR	0,49980	0,51269	0,964481	49	26
RN	0,36571	0,33500	0,616393	49	26
Artefakty	15,36735	4,03846	0,717493	49	26

Średnia wartość RN obliczona dla ucha z normą słuchową w większości pomiarów była większa dla kobiet (wyjątkiem stanowiły tu jedynie pomiary dla sygnału TB500). Podobne różnice pomiędzy średnimi wartościami RN wykazano dla ucha z ubytkiem słuchu.

Stwierdzono, że w szeregu natężeniowym zarejestrowanym dla sygnału TB500 u mężczyzn nie wykazano fal V. Wszystkie uzyskane wyniki z zarejestrowaną falą V dla sygnału TB500 dotyczyły jedynie kobiet.

10.2. Wiek vs pomiary fali V – korelacje Spearmana

Poddano analizie statystycznej testem Spearmana zależności parametrów zapisu ABR dla badanych bodźców od wieku pacjenta.

Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów w zdecydowanej większości przypadków nie wykazało statystycznie istotnych zależności.

Statystycznie istotne korelacje odnotowano w kilku przypadkach dla wielkości amplitudy fali V, artefaktów oraz SNR. Nie jest to jednak stała tendencja, występuje jedynie dla poszczególnych rodzajów bodźca i konkretnych natężeń.

Szczegóły przedstawiają poniższe tabele 135-140. Statystycznie istotne różnice oznaczono kolorem.

Tabela 135. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału click

Wiek vs. click natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	P
Latencja	31	0,035541	0,191516	0,320652
Amplituda	31	0,252122	1,403044	0,849456
PP Ampl	48	0,023720	0,160919	0,171220
SNR	48	-0,103971	-0,709006	0,872862
RN	48	0,230424	1,606029	0,481899
Artefakty	48	-0,006686	-0,045347	0,115112

Wiek vs. click natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	14	0,119074	0,415440	0,685152
Amplituda	14	0,174973	0,615622	0,549642
PP Ampl	51	0,150857	1,068224	0,290654
SNR	51	0,055247	0,387321	0,700196
RN	51	0,049649	0,347969	0,729354
Artefakty	51	-0,091037	-0,639915	0,525209

Wiek vs. click natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	6	0,200000	0,40825	0,704000
Amplituda	6	0,231908	0,47682	0,658374
PP Ampl	75	0,202836	1,76982	0,080933
SNR	76	0,025240	0,21719	0,828655
RN	76	0,131325	1,13957	0,258142
Artefakty	76	-0,126163	-1,09404	0,277486

Tabela 136. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału BBChirp

Wiek vs. BBChirp natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	22	-0,120148	-0,541237	0,594322
Amplituda	22	-0,024100	-0,107809	0,915221
PP Ampl	55	0,008670	0,063122	0,949906
SNR	55	0,074311	0,542492	0,589754
RN	55	0,157531	1,161345	0,250706
Artefakty	55	-0,048306	-0,352082	0,726173

Wiek vs. BBChirp natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	13	-0,266671	-0,917678	0,378469
Amplituda	13	0,657314	2,892800	0,014632
PP Ampl	56	0,036869	0,271115	0,787336
SNR	56	0,050889	0,374441	0,709543
RN	56	0,050608	0,372365	0,711078
Artefakty	56	-0,061017	-0,449220	0,655071

Wiek vs. BBChirp natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	2			
Amplituda	2			
PP Ampl	74	0,192985	1,668907	0,099479
SNR	74	0,008739	0,074157	0,941091
RN	74	-0,034647	-0,294162	0,769480
Artefakty	73	-0,060319	-0,509184	0,612202

Tabela 137. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału TB500

Wiek vs. TB500 natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	6	0,200000	0,40825	0,704000
Amplituda	6	-0,898645	-4,09708	0,014889
PP Ampl	54	-0,002711	-0,01955	0,984479
SNR	54	-0,021606	-0,15584	0,876763
RN	54	0,172956	1,26629	0,211053
Artefakty	53	-0,209137	-1,52731	0,132862

Wiek vs. TB500 natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	1			
Amplituda	1			

Wiek vs. TB500 natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
PP Ampl	55	-0,048582	-0,35410	0,724668
SNR	55	-0,022474	-0,16366	0,870624
RN	55	0,078724	0,57490	0,567791
Artefakty	55	-0,189985	-1,40877	0,164742

Wiek vs. TB500 natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	1			
Amplituda	1			
PP Ampl	74	0,006354	0,05392	0,957149
SNR	74	-0,228116	-1,98805	0,050609
RN	74	0,127555	1,09125	0,278799
Artefakty	74	-0,162985	-1,40172	0,165296

Tabela 138. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału Chirp500

Wiek vs. Chirp500 natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	15	0,200717	0,738729	0,473199
Amplituda	15	0,315365	1,198209	0,252224
PP Ampl	52	-0,006693	-0,047329	0,962440
SNR	52	-0,123581	-0,880601	0,382747
RN	52	0,118843	0,846344	0,401394
Artefakty	51	-0,130974	-0,924781	0,359612

Wiek vs. Chirp500 natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	8	-0,261905	-0,66474	0,530923
Amplituda	8	-0,011976	-0,02934	0,977547
PP Ampl	53	0,095791	0,68725	0,495041
SNR	53	0,056709	0,40563	0,686709
RN	53	0,024985	0,17849	0,859048
Artefakty	53	-0,138823	-1,00108	0,321512

Wiek vs. Chirp500 natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja				
Amplituda				
PP Ampl	72	-0,077048	-0,64655	0,520039
SNR	72	0,043596	0,36510	0,716141
RN	72	0,011340	0,09489	0,924677
Artefakty	71	-0,237751	-2,03320	0,045881

Tabela 139. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału TB1000

Wiek vs. TB1000 natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	8	0,373521	0,98632	0,362063
Amplituda	8	-0,590404	-1,79182	0,123342
PP Ampl	55	0,041965	0,30578	0,760972
SNR	55	0,158611	1,16951	0,247432
RN	55	-0,032751	-0,23856	0,812366
Artefakty	55	-0,097987	-0,71681	0,476639

Wiek vs. TB1000 natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	4	0,632456	1,15470	0,367544
Amplituda	4	-0,632456	-1,15470	0,367544
PP Ampl	55	-0,094994	-0,69471	0,490273
SNR	55	0,034171	0,24891	0,804392
RN	55	-0,040229	-0,29311	0,770583
Artefakty	55	-0,027833	-0,20271	0,840139

Wiek vs. TB1000 natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	2			
Amplituda	2			
PP Ampl	74	-0,129064	-1,10438	0,273106
SNR	74	-0,079427	-0,67610	0,501146
RN	74	-0,039603	-0,33631	0,737617
Artefakty	74	-0,095254	-0,81195	0,419498

Tabela 140. Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału Chirp1000

Wiek vs. Chirp1000 natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	16	0,042678	0,15983	0,875295
Amplituda	16	-0,076583	-0,28739	0,778022
PP Ampl	55	-0,021050	-0,15328	0,878761
SNR	55	-0,040511	-0,29517	0,769020
RN	55	-0,092136	-0,67363	0,503476
Artefakty	55	-0,192417	-1,42749	0,159303

Wiek vs. Chirp1000 natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	9	-0,266667	-0,73204	0,487922
Amplituda	9	0,033615	0,08899	0,931585

Wiek vs. Chirp1000 natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
PP Ampl	56	-0,057137	-0,42056	0,675748
SNR	56	0,098744	0,72918	0,469041
RN	56	-0,136334	-1,01129	0,316388
Artefakty	56	-0,222726	-1,67886	0,098957

Wiek vs. Chirp1000 natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja				
Amplituda				
PP Ampl	75	-0,127608	-1,09927	0,275262
SNR	75	0,232583	2,04322	0,044641
RN	75	-0,106558	-0,91564	0,362870
Artefakty	75	-0,277508	-2,46797	0,015932

Analiza wpływu wieku na zapis odpowiedzi z pnia mózgu wykonana testem Spearmana wskazuje w większości przypadków na brak istotności statystycznej.

Przy porównaniu poszczególnych wyników warto zwrócić uwagę na korelację dodatnią przy zależności szumu resztkowego występującą w większości omawianych sygnałów. Podobne rezultaty uzyskano w badaniu uszu z normą słuchową. Oznacza to, że w obydwu przypadkach wartość RN wzrasta wraz z wiekiem.

Natomiast liczba artefaktów wraz z wiekiem maleje. Również zgadza się to z obserwacją dotyczącą ucha z normą słuchową. Ponieważ tendencje te nie wykazują wysokiej istotności statystycznej mogą się różnić osobniczo.

10.3. Wiek wystąpienia niedosłuchu vs pomiary fali V – korelacje Spearmana

Poddano analizie statystycznej testem Spearmana zależności parametrów zapisu ABR dla badanych bodźców od wieku wystąpienia niedosłuchu.

Szczegóły przedstawiają poniższe tabele 141-146. Statystycznie istotne różnice oznaczono kolorem.

Tabela 141. Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału click

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. click natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	31	-0,009232	-0,049719	0,960687
Amplituda	31	0,349380	2,008009	0,054038
PP Ampl	48	0,020093	0,136303	0,892176
SNR	48	-0,094503	-0,643829	0,522884

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. click natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
RN	48	0,199723	1,382437	0,173513
Artefakty	48	0,072279	0,491505	0,625407

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. click natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	14	0,089404	0,310950	0,761173
Amplituda	14	0,065410	0,227074	0,824188
PP Ampl	51	0,103295	0,726955	0,470712
SNR	51	0,098104	0,690060	0,493412
RN	51	0,016916	0,118427	0,906213
Artefakty	51	-0,045039	-0,315593	0,753651

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. click natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	6	0,371429	0,800095	0,468478
Amplituda	6	-0,057977	-0,116150	0,913132
PP Ampl	75	0,051892	0,443965	0,658381
SNR	76	0,031120	0,267831	0,789575
RN	76	0,046381	0,399412	0,690740
Artefakty	76	-0,016222	-0,139564	0,889384

Tabela 142. Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału BBChirp

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. BBChirp natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	22	-0,160431	-0,726886	0,475719
Amplituda	22	-0,175837	-0,798813	0,433783
PP Ampl	55	-0,124099	-0,910494	0,366685
SNR	55	0,111762	0,818768	0,416585
RN	55	0,027319	0,198962	0,843054
Artefakty	55	0,014708	0,107090	0,915122

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. BBChirp natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	13	-0,322315	-1,12927	0,282811
Amplituda	13	0,490298	1,86579	0,088943
PP Ampl	56	-0,073893	-0,54449	0,588344
SNR	56	0,086243	0,63612	0,527384
RN	56	-0,131190	-0,97245	0,335163
Artefakty	56	-0,090602	-0,66853	0,506642

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. BBChirp natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	2			
Amplituda	2			
PP Ampl	74	0,104973	0,895673	0,373412
SNR	74	-0,075119	-0,639211	0,524714
RN	74	-0,057002	-0,484467	0,629525
Artefakty	73	-0,065674	-0,554577	0,580927

Tabela 143. Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału TB500

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. TB500 natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	6	0,434828	0,96573	0,388865
Amplituda	6	-0,794118	-2,61324	0,059218
PP Ampl	54	-0,059573	-0,43035	0,668717
SNR	54	-0,124968	-0,90827	0,367923
RN	54	0,079398	0,57436	0,568199
Artefakty	53	-0,229091	-1,68074	0,098929

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. TB500 natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	1			
Amplituda	1			
PP Ampl	55	-0,083881	-0,61282	0,542615
SNR	55	-0,072101	-0,52627	0,600894
RN	55	0,139866	1,02835	0,308457
Artefakty	55	-0,138595	-1,01882	0,312918

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. TB500 natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	1			
Amplituda	1			
PP Ampl	74	-0,042992	-0,36513	0,716082
SNR	74	-0,268871	-2,36867	0,020538
RN	74	0,193395	1,67259	0,098749
Artefakty	74	-0,067103	-0,57067	0,569997

Tabela 144. Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału Chirp500

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. Chirp500 natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	15	0,181578	0,66576	0,517207

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. Chirp500 natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Amplituda	15	0,391310	1,53314	0,149210
PP Ampl	52	-0,099982	-0,71054	0,480669
SNR	52	-0,155073	-1,10996	0,272328
RN	52	-0,004410	-0,03118	0,975249
Artefakty	51	-0,149262	-1,05667	0,295845

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. Chirp500 natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	8	-0,479051	-1,33680	0,229741
Amplituda	8	0,204819	0,51257	0,626569
PP Ampl	53	-0,030607	-0,21868	0,827770
SNR	53	0,161882	1,17152	0,246835
RN	53	-0,135164	-0,97421	0,334553
Artefakty	53	-0,086249	-0,61825	0,539164

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. Chirp500 natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja				
Amplituda				
PP Ampl	72	-0,211965	-1,81466	0,073861
SNR	72	-0,109475	-0,92147	0,359968
RN	72	-0,032930	-0,27566	0,783618
Artefakty	71	-0,136760	-1,14679	0,255429

Tabela 145. Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału TB1000

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. TB1000 natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	8	0,268373	0,68241	0,520441
Amplituda	8	-0,536745	-1,55823	0,170189
PP Ampl	55	-0,061312	-0,44720	0,656552
SNR	55	0,277862	2,10579	0,039977
RN	55	-0,197544	-1,46705	0,148271
Artefakty	55	-0,097951	-0,71654	0,476805

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. TB1000 natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	4	0,600000	1,06066	0,400000
Amplituda	4	0,200000	0,28868	0,800000
PP Ampl	55	-0,221300	-1,65205	0,104438
SNR	55	0,003576	0,02603	0,979330
RN	55	-0,106919	-0,78287	0,437187

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. TB1000 natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Artefakty	55	-0,043758	-0,31887	0,751080

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. TB1000 natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	2			
Amplituda	2			
PP Ampl	74	-0,103426	-0,88233	0,380533
SNR	74	-0,132314	-1,13268	0,261107
RN	74	-0,046145	-0,39197	0,696237
Artefakty	74	-0,155386	-1,33471	0,186177

Tabela 146. Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału Chirp1000

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. Chirp1000 natężenie 10 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	16	0,057565	0,21575	0,832297
Amplituda	16	-0,155835	-0,59029	0,564401
PP Ampl	55	-0,084047	-0,61404	0,541815
SNR	55	-0,173726	-1,28427	0,204633
RN	55	0,008893	0,06475	0,948619
Artefakty	55	-0,046057	-0,33566	0,738455

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. Chirp1000 natężenie 0 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja	9	-0,410045	-1,18947	0,273030
Amplituda	9	0,046414	0,12293	0,905616
PP Ampl	56	-0,222393	-1,67622	0,099476
SNR	56	0,025310	0,18605	0,853105
RN	56	-0,190240	-1,42398	0,160206
Artefakty	56	-0,200812	-1,50635	0,137806

Wiek wystąpienia niedosłuchu vs. Chirp1000 natężenie -20 dB SL	N Ważnych	R Spearman	t(N-2)	p
Latencja				
Amplituda				
PP Ampl	75	-0,231951	-2,03736	0,045240
SNR	75	0,142830	1,23298	0,221539
RN	75	-0,234045	-2,05681	0,043279
Artefakty	75	-0,243908	-2,14885	0,034963

Badając testem Spearmana zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami a wiekiem wystąpienia niedosłuchu nie wykazano znaczących różnic. W grupie badanej

znajdowały się osoby, które niedosłuch jednostronny nabyły prelingwalnie oraz osoby u których zdiagnozowano nagłą głuchotę parę miesięcy przed wykonanym badaniem ABR. Pomimo tak szerokiego zakresu czas nabycia niedosłuchu nie wpłynął znacząco na rozpatrywane parametry.

10.4. Zależności pomiędzy typem niedosłuchu

Poddano analizie statystycznej testem Manna-Whitneya zależności parametrów zapisu ABR dla badanych bodźców od typu niedosłuchu.

Średnia latencja fali V była dłuższa w niedosłuchu przewodzeniowym. Szczegóły przedstawiają poniższe [tabele 147-152](#). Statystycznie istotne różnice oznaczono kolorem.

Tabela 147. Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału click

Click fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Odbiorczy	N ważn. Przewodzeniowy
Latencja	6,44524	6,79700	0,182975	21	10
Amplituda	0,26143	0,17400	0,133107	21	10
PP Ampl	0,44730	0,32636	0,042825	37	11
SNR	0,60459	0,67818	0,233861	37	11
RN	0,37243	0,28000	0,147384	37	11
Artefakty	4,91892	5,72727	0,686676	37	11

Click fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	6,58500	6,95250	0,395625	10	4
Amplituda	0,30600	0,18000	0,075477	10	4
PP Ampl	0,44075	0,32364	0,057141	40	11
SNR	0,50125	0,44909	0,203412	40	11
RN	0,43575	0,33455	0,124669	40	11
Artefakty	5,55000	5,18182	0,758088	40	11

Click fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	6,79667		1,000000	6	0
Amplituda	0,22833		1,000000	6	0
PP Ampl	0,38406	0,32000	0,148149	64	11
SNR	0,55754	0,58091	0,717504	65	11
RN	0,35723	0,26909	0,274346	65	11
Artefakty	3,81538	3,72727	0,163076	65	11

Tabela 148. Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału BBChirp

BBChirp fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	6,46938	7,31833	0,013446	16	6
Amplituda	0,28375	0,17167	0,237522	16	6
PP Ampl	0,88955	0,40909	0,029379	44	11
SNR	0,66432	0,73909	0,226201	44	11
RN	0,23250	0,17545	0,129225	44	11
Artefakty	11,43182	0,90909	0,079395	44	11

BBChirp fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	6,65909	7,55000	0,074853	11	2
Amplituda	0,22727	0,09000	0,133316	11	2
PP Ampl	0,51889	0,34182	0,092624	45	11
SNR	0,61311	0,58364	0,439192	45	11
RN	0,24956	0,18182	0,145246	45	11
Artefakty	10,08889	1,45455	0,551400	45	11

BBChirp fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	7,30500		1,000000	2	0
Amplituda	0,15000		1,000000	2	0
PP Ampl	0,44048	0,33909	0,138221	63	11
SNR	0,58889	0,58636	0,563560	63	11
RN	0,26492	0,17364	0,188118	63	11
Artefakty	7,85484	2,72727	0,401226	62	11

Tabela 149. Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB500

TB500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	7,40200	8,32000	1,000000	5	1
Amplituda	0,26600	0,20000	1,000000	5	1
PP Ampl	0,52000	0,34727	0,083683	43	11
SNR	0,65233	0,58091	0,931519	43	11
RN	0,25116	0,19909	0,306030	43	11
Artefakty	22,33333	4,36364	0,111918	42	11

TB500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	7,25000		1,000000	0	0
Amplituda	0,21000		1,000000	0	0
PP Ampl	0,39705	0,36273	0,673615	44	11
SNR	0,48273	0,63364	0,158420	44	11
RN	0,27318	0,19273	0,221521	44	11
Artefakty	12,47727	3,45455	0,295980	44	11

TB500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
PP Ampl	0,38127	0,31182	0,257360	63	11
SNR	0,61476	0,44455	0,207039	63	11
RN	0,28349	0,21091	0,460764	63	11
Artefakty	13,14286	16,63636	0,526347	63	11

Tabela 150. Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp500

Chirp500 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	7,18700	7,29600	0,902350	10	5
Amplituda	0,27100	0,15600	0,096747	10	5
PP Ampl	0,56390	0,28091	0,000166	41	11
SNR	0,70098	0,51364	0,406972	41	11
RN	0,26805	0,18545	0,116339	41	11
Artefakty	20,05000	0,18182	0,052634	40	11

Chirp500 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	8,00000	8,90000	1,000000	7	1
Amplituda	0,29571	0,11000	1,000000	7	1
PP Ampl	0,47595	0,29273	0,021829	42	11
SNR	0,73048	0,61818	0,272707	42	11
RN	0,25857	0,18636	0,322535	42	11
Artefakty	11,80952	0,00000	0,018153	42	11

Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
PP Ampl	0,46574	0,27636	0,005316	61	11
SNR	0,61803	0,47727	0,240306	61	11
RN	0,22705	0,22636	0,599658	61	11

Chirp500 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Artefakty	12,08333	7,36364	0,424677	60	11

Tabela 151. Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB1000

TB1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	6,91143	6,70000	1,000000	7	1
Amplituda	0,28143	0,29000	1,000000	7	1
PP Ampl	0,51182	0,32636	0,055431	44	11
SNR	0,63295	0,67182	0,728384	44	11
RN	0,34614	0,25636	0,046565	44	11
Artefakty	20,00000	4,00000	0,945460	44	11

TB1000 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	7,76250		1,000000	4	0
Amplituda	0,17500		1,000000	4	0
PP Ampl	0,41386	0,34091	0,181312	44	11
SNR	0,53705	0,46455	0,273578	44	11
RN	0,35409	0,31636	0,643172	44	11
Artefakty	14,84091	10,54545	0,077466	44	11

TB1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	7,66500		1,000000	2	0
Amplituda	0,22500		1,000000	2	0
PP Ampl	0,41286	0,36818	0,589420	63	11
SNR	0,62857	0,61455	0,766934	63	11
RN	0,32921	0,29545	0,778461	63	11
Artefakty	13,80952	5,45455	0,510357	63	11

Tabela 152. Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp1000

Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	6,87091	7,29400	0,364775	11	5
Amplituda	0,27545	0,18800	0,192312	11	5
PP Ampl	0,79864	0,33818	0,016391	44	11
SNR	0,73068	0,58455	0,752144	44	11

Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 10 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
RN	0,34818	0,27364	0,164649	44	11
Artefakty	17,00000	4,63636	0,044185	44	11

Chirp1000 fala V Ubytek natężenie 0 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
Latencja	7,10250	8,70000	1,000000	8	1
Amplituda	0,26125	0,46000	1,000000	8	1
PP Ampl	0,51444	0,31364	0,031868	45	11
SNR	0,62533	0,58364	0,991771	45	11
RN	0,33200	0,27455	0,166705	45	11
Artefakty	24,40000	1,90909	0,028004	45	11

Chirp1000 fala V Ubytek natężenie -20 dB SL vs typ niedosłuchu	Średnia n. Odbiorczy	Średnia n. Przewodzeniowy	p	N ważn. Grupa 1	N ważn. Grupa 2
PP Ampl	0,40844	0,38273	0,674816	64	11
SNR	0,51563	0,43818	0,202800	64	11
RN	0,36328	0,30727	0,308185	64	11
Artefakty	11,64063	10,27273	0,673803	64	11

W omawianej statystyce potwierdzono, że średnia latencja fali V jest dłuższa dla ubytku przewodzeniowego. Jest to zgodne z ogólną wiedzą na temat niedosłuchów przewodzeniowych.

Dodatkowo odnotowano, że uśredniona wysokość amplitud fali V jest wyższa przy ubytku odbiorczym. Również analiza wszystkich amplitud w analizowanych zapisach (PP Ampl.) jest większa dla ubytku odbiorczego.

10.5. Głębokość niedosłuchu

Poddano analizie statystycznej testem Kruskala-Wallisa zależności parametrów zapisu ABR dla badanych bodźców, od głębokości niedosłuchu.

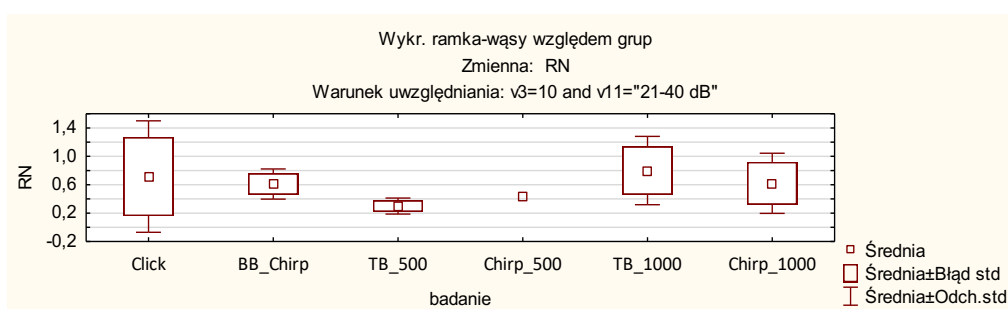
W większości przypadków nie wykazało statystycznie istotnych różnic. Badanie metodą click dawało wyższe wartości RN niż pozostałe badania. Szczegóły przedstawiają tabela 153 oraz ryciny 79-90.

Tabela 153. Porównanie wyników badań na poszczególnych poziomach natężenia dB SL testem Kruskala-Wallisa dla sygnału click

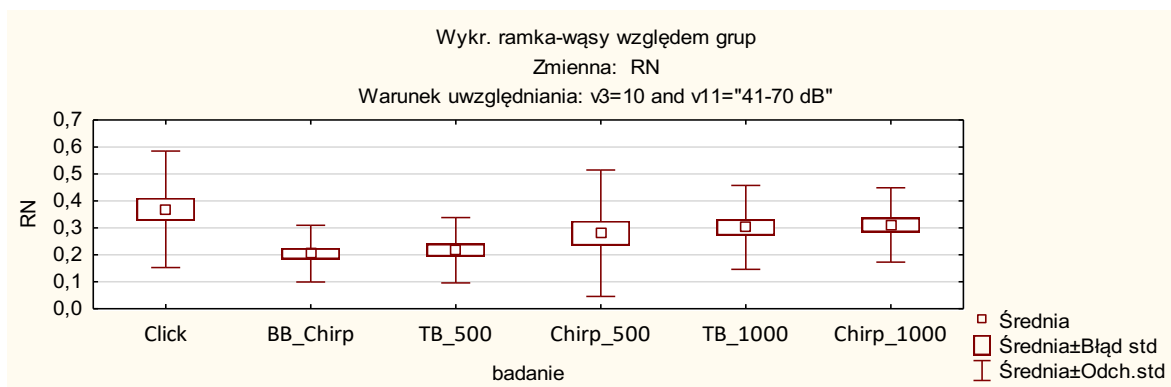
Porównanie badań na poziomie natężenia 10 dB SL vs głębokość niedosłuchu	21-40 dB		41-70 dB		71-90 dB		> 90 dB	
	Średnia wartość	p	Średnia wartość	p	Średnia wartość	p	Średnia wartość	p
Latencja	6,455	0,1907	6,615	0,0040	6,443	0,4111	6,227	1,0000
Amplituda	0,340	0,4856	0,235	0,7727	0,163	0,2393	0,243	1,0000
PP Ampl	0,745	0,9078	0,430	0,5607	0,333	0,5213	0,430	0,2935
SNR	0,570	0,5172	0,661	0,2086	0,580	0,3155	0,566	0,8405
RN	0,715	0,7084	0,363	0,0001	0,288	0,0284	0,322	0,0154
Artefakty	49,500	0,7419	5,000	0,2410	0,778	0,4234	2,147	0,2376

Porównanie badań na poziomie natężenia 0 dB SL vs głębokość niedosłuchu	21-40 dB		41-70 dB		71-90 dB		> 90 dB	
	Średnia wartość	p	Średnia wartość	p	Średnia wartość	p	Średnia wartość	p
Latencja	0	1,0000	6,600	1,0000	6,937	1,0000	6,850	1,0000
Amplituda	0	1,0000	0,248	1,0000	0,290	1,0000	0,430	1,0000
PP Ampl	0,750	0,6580	0,421	0,7880	0,336	0,2061	0,385	0,8524
SNR	0,420	0,9943	0,513	0,0275	0,465	0,4024	0,578	0,3216
RN	0,705	0,6710	0,376	0,0000	0,455	0,0101	0,334	0,0555
Artefakty	48,500	0,9822	2,464	0,7672	5,182	0,4951	3,257	0,5011

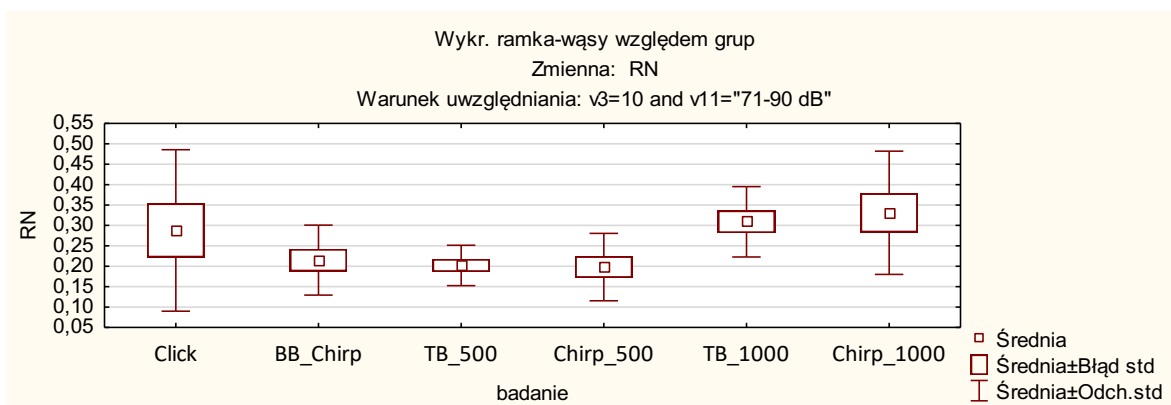
Porównanie badań na poziomie natężenia -20 dB SL vs głębokość niedosłuchu	21-40 dB		41-70 dB		71-90 dB		> 90 dB	
	Średnia wartość	p	Średnia wartość	p	Średnia wartość	p	Średnia wartość	p
Latencja	0	1,0000	6,903	1,0000	8,100	1,0000	0	1,0000
Amplituda	0	1,0000	0,250	1,0000	0,240	1,0000	0	1,0000
PP Ampl	0,625	0,6330	0,358	0,4334	0,373	0,6604	0,392	0,0773
SNR	0,375	0,1613	0,610	0,6677	0,343	0,0388	0,574	0,2991
RN	0,800	0,4215	0,301	0,0055	0,495	0,0338	0,325	0,0000
Artefakty	49,500	0,9822	3,207	0,4261	7,182	0,5066	0,857	0,0002



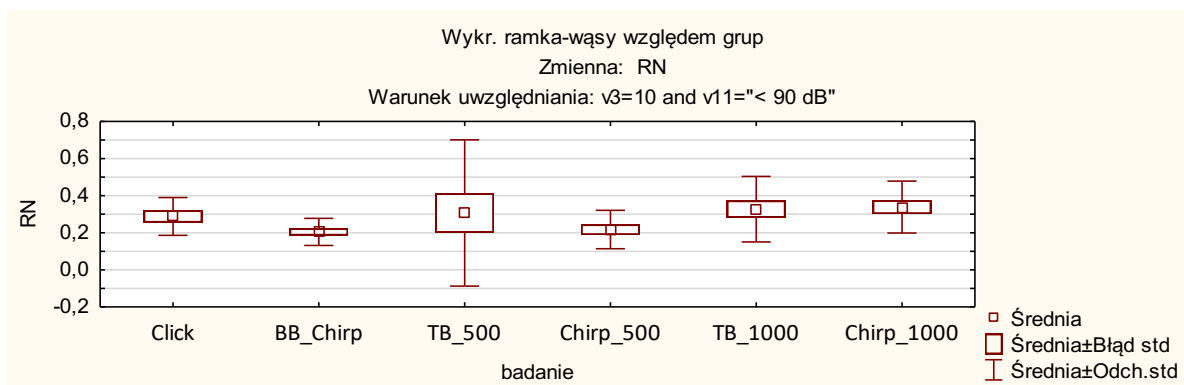
Ryc. 79. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 21-40 dB HL przy natężeniu bodźca 10 dB SL



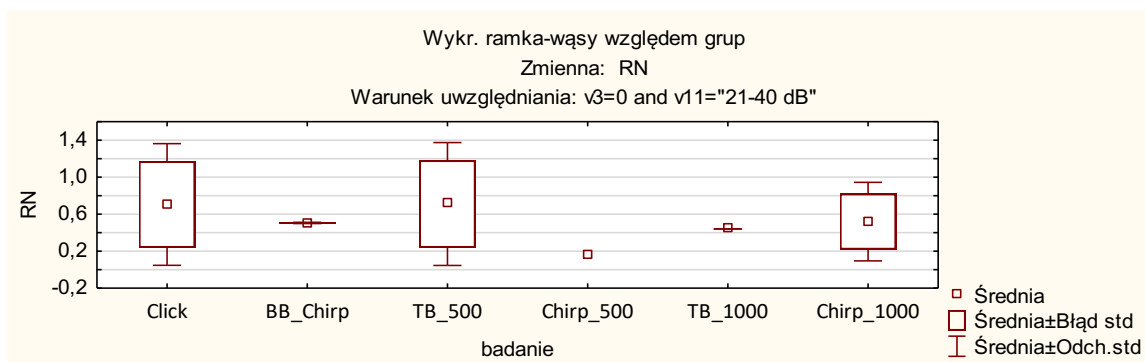
Ryc. 80. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 41-70 dB HL przy natężeniu bodźca 10 dB SL



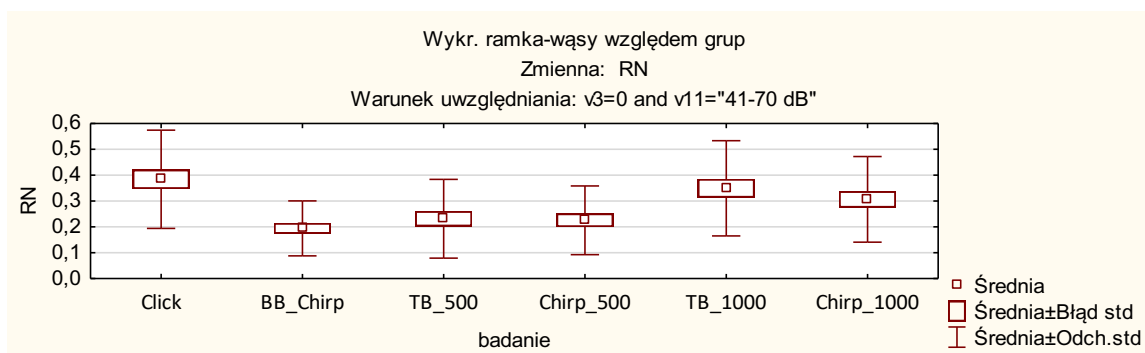
Ryc. 81. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 71-90 dB HL przy natężeniu bodźca 10 dB SL



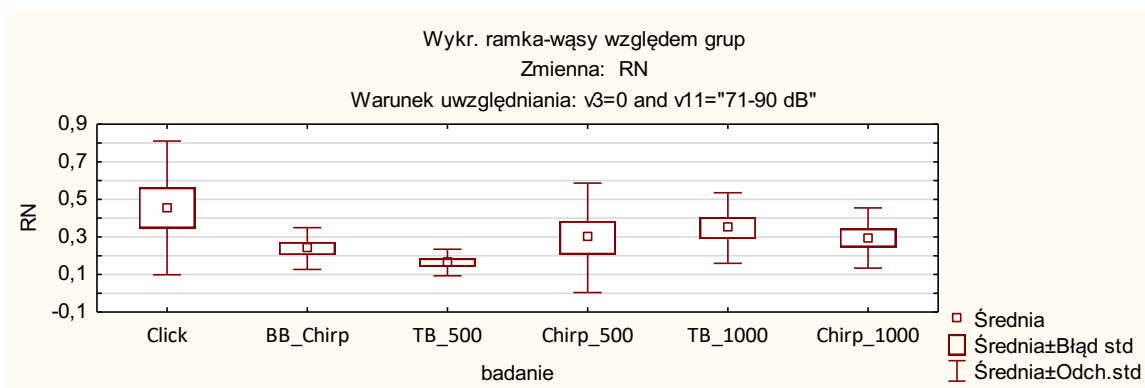
Ryc. 82. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu >90 dB HL przy natężeniu bodźca 10 dB SL



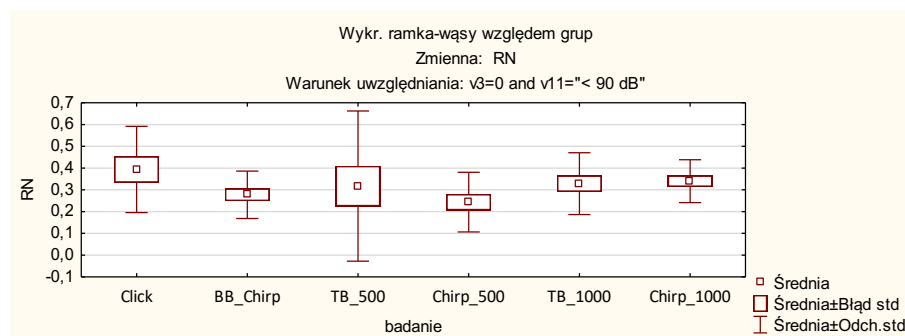
Ryc. 83. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 21-40 dB HL przy natężeniu bodźca 0 dB SL



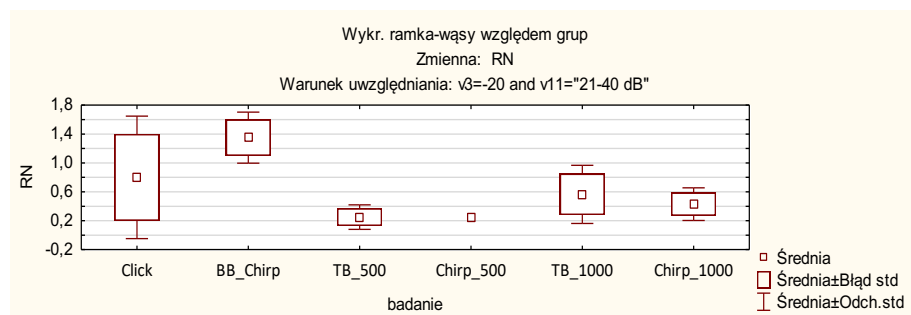
Ryc. 84. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 41-70 dB HL przy natężeniu bodźca 0 dB SL



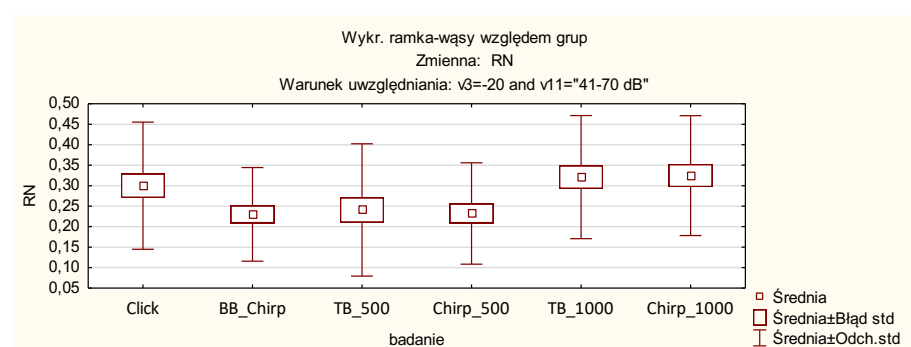
Ryc. 85. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 71-90 dB HL przy natężeniu bodźca 0 dB SL



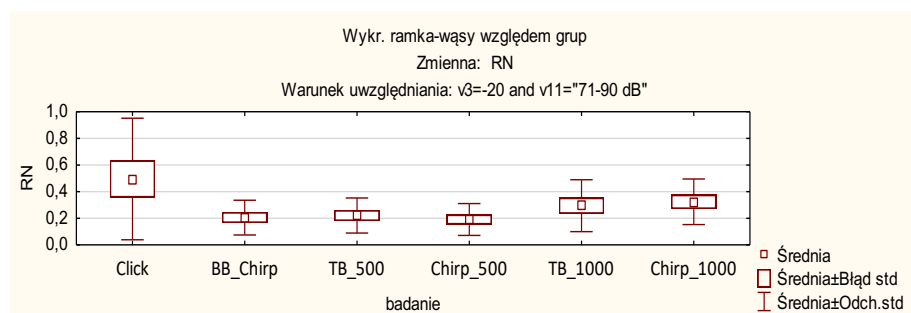
Ryc. 86. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu >90 dB HL przy natężeniu bodźca 0 dB SL



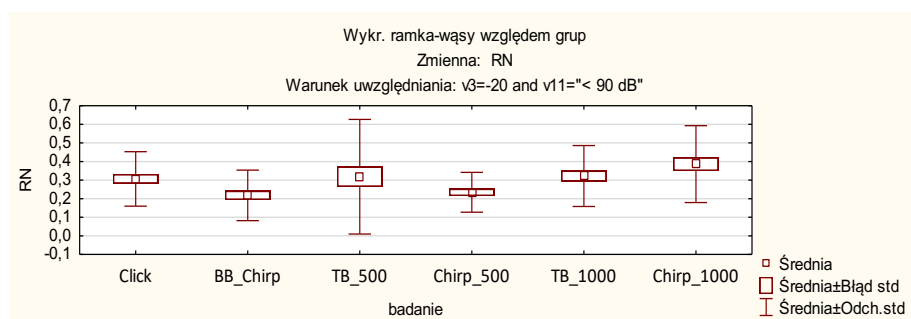
Ryc. 87. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 21-40 dB HL przy natężeniu bodźca -20 dB SL



Ryc. 88. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 41-70 dB HL przy natężeniu bodźca -20 dB SL



Ryc. 89. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 71-90 dB HL przy natężeniu bodźca -20 dB SL



Ryc. 90. Wykres RN dla głębokości niedosłuchu >90 dB HL przy natężeniu bodźca -20 dB SL

Najmniejszą wartość RN uzyskano przy głębszych niedosłuchach, natomiast najwyższą wartość dla niedosłuchu lekkiego (21-40 dB HL).

Podobnie dla sygnałów BBChirp, TB1000, Chirp1000 wartość szumu resztkowego była największa w ubytkach 21-40 dB HL.

10.6. Zależność pomiędzy zapisami ABR lewego i prawego ucha

Poddano analizie statystycznej testem Manna-Whitneya zależności parametrów zapisu ABR dla badanych bodźców od lewego i prawego ucha.

Dla niektórych sygnałów (click, BBChirp, TB500) wykazano istotną statystycznie zależność dla określonych parametrów (SNR, amplituda).

Szczegóły przedstawiają poniższe tabele 154-159. Statystycznie istotne różnice oznaczono kolorem.

Tabela 154. Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału click

Porównanie strony niedosłuchu dla click 10 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	P
Latencja	6,63471	6,46643	0,211166
Amplituda	0,24000	0,22500	0,936724
PP Ampl	0,46348	0,37920	0,124172
SNR	0,69696	0,55200	0,048737
RN	0,33130	0,36960	0,694974
Artefakty	4,47826	5,68000	0,173174

Porównanie strony niedosłuchu dla click 0 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	6,56000	6,82000	0,482203
Amplituda	0,20000	0,34000	0,021451
PP Ampl	0,44348	0,39250	0,448935
SNR	0,50522	0,47750	0,519827
RN	0,38304	0,43929	0,820301
Artefakty	5,391304	5,535714	0,798297

Porównanie strony niedosłuchu dla click -20 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	6,78250	6,82500	1,000000
Amplituda	0,23500	0,21500	0,643429
PP Ampl	0,36875	0,37907	0,863914
SNR	0,61212	0,52163	0,257710
RN	0,32000	0,36326	0,512475
Artefakty	3,09091	4,34884	0,582189

Tabela 155. Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału BBChirp

Porównanie strony niedosłuchu dla BBChirp 10 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	6,62333	6,79400	0,448279
Amplituda	0,26917	0,23400	0,597844
PP Ampl	0,90464	0,67815	0,428778
SNR	0,68679	0,67148	0,474285
RN	0,23071	0,21111	0,820203
Artefakty	10,39286	8,22222	0,833318

Porównanie strony niedosłuchu dla BBChirp 0 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	6,76125	6,85200	0,941653
Amplituda	0,17375	0,25800	0,379776
PP Ampl	0,52071	0,44750	0,634632
SNR	0,63643	0,57821	0,664106
RN	0,24393	0,22857	0,694110
Artefakty	7,53571	9,25000	0,863389

Porównanie strony niedosłuchu dla BBChirp -20 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	7,30500		1,000000
Amplituda	0,15000		1,000000
PP Ampl	0,40156	0,44357	0,952148
SNR	0,43438	0,70595	0,003108
RN	0,30000	0,21429	0,109945
Artefakty	9,40625	5,26829	0,537220

Tabela 156. Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB500

Porównanie strony niedosłuchu dla TB500 10 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	7,63667	7,47333	1,000000
Amplituda	0,21333	0,29667	0,275234
PP Ampl	0,45148	0,51815	0,143784
SNR	0,77556	0,50000	0,019518
RN	0,22889	0,25222	0,951718
Artefakty	21,80769	15,51852	0,152071

Porównanie strony niedosłuchu dla TB500 0 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p

Porównanie strony niedosłuchu dla TB500 0 dB SL			
Latencja		7,25000	1,000000
Amplituda		0,21000	1,000000
PP Ampl	0,41333	0,36786	0,104236
SNR	0,49704	0,52821	0,711093
RN	0,29111	0,22429	0,178023
Artefakty	15,00000	6,50000	0,385917

Porównanie strony niedosłuchu dla TB500 -20 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja			1,000000
Amplituda			1,000000
PP Ampl	0,38500	0,36024	0,488409
SNR	0,66875	0,52905	0,336976
RN	0,27344	0,27214	0,596682
Artefakty	11,25000	15,50000	0,323430

Tabela 157. Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp500

Porównanie strony niedosłuchu dla Chirp500 10 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	7,45000	6,96429	0,297622
Amplituda	0,21500	0,25286	0,354540
PP Ampl	0,59231	0,41577	0,113410
SNR	0,72577	0,59692	0,992699
RN	0,30231	0,19885	0,260368
Artefakty	28,20000	3,80769	0,033241

Porównanie strony niedosłuchu dla Chirp500 0 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	8,04714	8,57000	1,000000
Amplituda	0,27714	0,24000	1,000000
PP Ampl	0,50192	0,37630	0,179177
SNR	0,70846	0,70593	0,715308
RN	0,25462	0,23296	0,533469
Artefakty	7,69231	10,96296	0,742041

Porównanie strony niedosłuchu dla Chirp500 -20 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja			1,000000
Amplituda			1,000000
PP Ampl	0,43484	0,43829	0,780532

Porównanie strony niedosłuchu dla Chirp500 -20 dB SL			
SNR	0,72355	0,50049	0,064598
RN	0,23290	0,22244	0,936549
Artefakty	16,30000	7,73171	0,385823

Tabela 158. Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB1000

Porównanie strony niedosłuchu dla TB1000 10 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	6,98571	6,18000	1,000000
Amplituda	0,26857	0,38000	1,000000
PP Ampl	0,46714	0,48259	0,082902
SNR	0,67679	0,60333	0,939609
RN	0,36571	0,28926	0,178023
Artefakty	17,53571	16,03704	0,127598

Porównanie strony niedosłuchu dla TB1000 0 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	7,76250		1,000000
Amplituda	0,17500		1,000000
PP Ampl	0,39519	0,40321	0,428778
SNR	0,50296	0,54143	0,372232
RN	0,37370	0,32036	0,228681
Artefakty	16,55556	11,50000	0,453739

Porównanie strony niedosłuchu dla TB1000 -20 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	7,66500		1,000000
Amplituda	0,22500		1,000000
PP Ampl	0,39875	0,41190	0,831512
SNR	0,59719	0,64881	0,183147
RN	0,34750	0,30643	0,223771
Artefakty	16,18750	9,80952	0,179584

Tabela 159. Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp1000

Porównanie strony niedosłuchu dla Chirp1000 10 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	P
Latencja	6,93444	7,09143	0,672000
Amplituda	0,26667	0,22429	0,289823
PP Ampl	0,54536	0,87370	0,145310
SNR	0,79179	0,60778	0,125507

Porównanie strony niedosłuchu dla Chirp1000 10 dB SL			
RN	0,32429	0,34259	0,277518
Artefakty	20,28571	8,55556	0,590061

Porównanie strony niedosłuchu dla Chirp1000 0 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja	7,36200	7,17750	0,540292
Amplituda	0,19800	0,39000	0,391268
PP Ampl	0,42214	0,52786	0,712349
SNR	0,58786	0,64643	0,465871
RN	0,34607	0,29536	0,398714
Artefakty	31,03571	8,92857	0,818546

Porównanie strony niedosłuchu dla Chirp1000 -20 dB SL			
Test U Manna-Whitneya	Średnia UP	Średnia UL	p
Latencja			1,000000
Amplituda			1,000000
PP Ampl	0,41273	0,39833	0,657805
SNR	0,46848	0,53238	0,205945
RN	0,36000	0,35119	0,793709
Artefakty	18,84848	5,61905	0,773208

Analiza statystyczna wykonanych pomiarów dla lewego i prawego ucha z ubytkiem słuchu nie wykazała znaczących różnic.

Szczegółowa analiza średnich wartości wskazała, że dla pomiarów z ucha prawego częściej uzyskiwano większą wartość SNR. Nie były to jednak istotne różnice.

11. Dyskusja

Badanie słuchu za pomocą potencjałów słuchowych wywołanych z pnia mózgu jest szeroko opisane w literaturze i od wielu lat stanowi podstawę diagnostyki audiologicznej.

W badaniu potencjałów słuchowych wywołanych z pnia mózgu uzyskuje się obiektywny zapis odpowiedzi słuchowych, który potem interpretowany daje podstawy do obiektywnego wyznaczonego progu słuchowego. Pomimo wielu różnych bodźców zaprojektowanych na potrzeby tego badania, to właśnie sygnał click jest najczęściej stosowany w praktyce audiologicznej. Tsun-Min i in. badali zgodność progu słuchu wyznaczonego poprzez audiometrię tonalną oraz badanie potencjałów słuchowych wywołanych z pnia mózgu przy zastosowaniu sygnału Click. Stwierdzili, że sygnał Click jest niezawodnym narzędziem do dokładnego oszacowania progu słuchowego (50). Również na łamach polskiego czasopisma Skarżyński i in. potwierdzili, że najczęściej stosowanym bodźcem w obiektywnych badaniach słuchu jest Click (51).

Olbrzymią zaletą stosowania tego samego sygnału we wszystkich ośrodkach diagnostyki audiologicznej jest unifikacja odpowiedzi ze strony pnia mózgu. Wszystkie parametry określające szereg natężeniowy mogą być wówczas porównywalne niezależnie od zastosowanego sprzętu, jak również od rodzaju bodźca stymulującego.

Jednak celem nadrzędnym obiektywnych badań słuchu jest prawidłowe określenie progu słuchowego pacjenta. Dlatego współczesne badania nad ulepszeniem procedury ABR stwarzają konieczność walidacji stosowanych powszechnie bodźców, tak aby odkryte spostrzeżenia pomogły przy konstruowaniu kolejnych, doskonalszych systemów do wykrywania odpowiedzi ze strony pnia mózgu. Wiadomo, że charakterystyka bodźca może wpływać na poszczególne parametry rejestrowanej fali V, takie jak amplituda czy latencja, jednak nie powinna wpływać na wiarygodność odpowiedzi i zgodność określonego progu słuchowego z faktycznym progiem słuchowym pacjenta. Kochanek i in. oraz Dzulkarnain i in. zwracają uwagę między innymi na polaryzację bodźca oraz wpływ szerokości pasma wzmacniacza (20) (21). Natomiast Gorga i in. przedstawiają badania wykonane przy zastosowaniu czasowego okna Blackmana (30) W swojej publikacji Teralandur i Moushegian zwracają uwagę na wpływ ilości powtórzeń bodźca na sekundę, ale również jego częstotliwości i intensywności (52). Wiele czynników może wpłynąć na odpowiedź ze strony układu słuchowego. Tym bardziej każdy z nowopowstałych sygnałów wprowadzających zmiany we wcześniej zbadanych procedurach badania ABR powinien podlegać walidacji i być szeroko opisany w literaturze.

Koncepcja sygnału Chirp została po raz pierwszy przedstawiona przez Shore i Nuttal już w 1985 roku. Opublikowanie nowego podejścia rozpoczęło szereg badań nad koncepcją bodźca Chirp (53) (54) (55) (21) Nowe rodzaje tego sygnału przedstawiano w

oparciu o różne modele opóźnienia poszczególnych częstotliwości w stworzonym bodźcu.

Wraz z rozpowszechnieniem sygnałów Chirp zaczęto wykorzystywać go nie tylko w badaniu potencjałów słuchowych wywołanych z pnia mózgu. Jędrzejczak i in. przedstawili pracę nad sygnałem Chirp zastosowanym z powodzeniem w badaniu otoemisji akustycznej (56). Również w badaniu ASSR uzyskano bardzo obiecujące rezultaty. Śpiewak i Adamek przedstawili badania wskazujące na szybszy czas wykonania badania ASSR przy użyciu bodźca CE-Chirp (57).

W niniejszej pracy przeprowadzono walidację stosowanych bodźców, takich jak Click i ToneBurst oraz dokonano porównania z nowym rodzajem bodźca jakim jest iChirp.

Do grupy badanej włączono pacjentów z jednostronnym niedosłuchem, tak aby porównać odpowiedzi dla normy słuchowej oraz niedosłuchu w identycznych warunkach metodycznych.

Przebadano 76 osób, każdą przy zastosowaniu bodźców Click, ToneBurst 500 i 1000, iChirp Broad Band oraz 500 i 1000 dla trzech różnych natężeń tych bodźców.

W dokonanej analizie uwzględniono takie parametry szeregu natężeniowego, jak: amplituda i latencja fali V, Peak-to-Peak Amplitude, SNR, RN oraz artefakty. Każdy z parametrów analizowany był niezależnie dla każdego natężenia bodźca.

Dokonano próby określenia wpływu na szereg natężeniowy takich zmiennych, jak: płeć, wiek pacjenta, wiek wystąpienia niedosłuchu oraz jego typ, głębokość i strona występowania.

Dzięki tak przyjętej metodyce analiza badań wykonanych na uchu z normą słuchową mogła stanowić grupę kontrolną niniejszej pracy. Wyniki tej analizy porównano z zarejestrowanymi odpowiedziami w uchu z niedosłuchem.

W osobnym rozdziale omówiono zarejestrowane wyniki badań wskazujące na rejestrację przesłuchu.

11.1. Zgodność wyników badań ABR z audiometrią tonalną

Celem pracy była ocena wpływu wybranych bodźców na spójność lub rozbieżność wyników ABR z audiometrią tonalną. Wykazano, że na zgodność uzyskanego progu słuchowego z wynikami audiometrii tonalnej znaczący wpływ ma rodzaj zastosowanego bodźca

Dla normy słuchowej wysoki procent zgodności z audiogramem uzyskano jedynie dla sygnałów Click (88,8%) oraz BBChirp (93,4%). Tak wysoki procent zgodności wskazuje na dużą wartość diagnostyczną wykonanych badań.

Stwierdzono dużą rozbieżność pomiędzy wynikami progu słuchowego wyznaczonego w audiometrii tonalnej a progiem detekcji fali V zarejestrowanym dla sygnałów ToneBurst i iChirp.

Dla częstotliwości 500 Hz zgodność progu słuchowego w badaniu ABR i audiometrii tonalnej wynosi odpowiednio 10,5% dla sygnału ToneBurst500 oraz 72,4% dla sygnału iChirp500.

Natomiast dla bodźca o częstotliwości 1000 Hz sygnał ToneBurst1000 wykazał zgodność z audiogramem na poziomie 22,4%, a sygnał iChirp1000 na poziomie 75%.

Powyższe dane wskazują na dużą zmienność uzyskanych wyników dla sygnałów wąskopasmowych z zakresu częstotliwości 500 i 1000 Hz. Uzyskane wyniki świadczą o tym, że badanie słuchowych potencjałów przy zastosowaniu sygnałów z grupy ToneBurst może być obarczone dużą granicą błędu. Zmniejsza to wartość diagnostyczną tych sygnałów w obiektywnych badaniach progu słuchowego, np. u dzieci.

Podobne proporcje możemy obserwować dla ucha z ubytkiem słuchu.

Omawiane wyniki podzielono osobno na analizę ucha z normą słuchową i ucha z niedosłuchem. Wśród zdiagnozowanych wcześniej niedosłuchów znajduje się grupa 33 osób z jednostronnym ubytkiem głębokim (>90 dB). U tych pacjentów - dla ucha gorzej słyszącego - nie spodziewamy się zarejestrować fali V. Dlatego w procentowym przedstawieniu wykrywalności fali V dla ucha z ubytkiem słuchu - przy poziomie natężenia zgodnym z progiem słuchowym wyznaczonym w audiometrii tonalnej - nie ujęto tych osób ($N=43$). Osobno omówiono zarejestrowane odpowiedzi świadczące o zaistnieniu przesłuchu. Wśród 7 przypadków rejestracji odpowiedzi z ucha przeciwnego dwa dotyczyły ubytków głębokich (>90 dB).

Największą skuteczność, czyli zgodność wyniku z audiogramem w badaniu ucha z niedosłuchem, uzyskano dla sygnałów Click (72,09%) oraz BBChirp (51,16%), natomiast dla sygnałów ToneBurst500 (13,95%), iChirp500 (34,88%), ToneBurst1000 (18,6%), iChirp1000 (37,2%).

W literaturze można znaleźć dużo opracowań odnośnie sygnału Click. Większość z nich wskazuje na wiarygodność uzyskanych wyników i wyznacza stosowanie sygnału Click jako złoty standard postępowania w diagnostyce audiologicznej. Tsun-Min i in. (50) raportują o silnej korelacji pomiędzy wynikami badań ABR przy użyciu sygnału Click a behawioralnym progiem słuchu audiometrii tonalnej. Spośród 44101 noworodków objętych przesiewowym badaniem słuchu w latach 1999-2011 badacze wyłonili grupę 104 dzieci, które miały wykonane badanie ABR przy użyciu sygnału click. Wiarygodność uzyskanych wyników potwierdzano poprzez porównanie z behawioralnym progiem słuchu (BOA, VRA, PTA). Dzięki długoletniemu obserwowaniu progu słuchowego w wybranej grupie pacjentów badacze mogli porównać uzyskane wyniki w badaniu ABR z późniejszymi wynikami audiometrii tonalnej, kiedy wiek i rozwój dziecka był wystarczający do wykonania subiektywnego badania.

Natomiast Yaprak i in. badali skuteczność metody ABR przy użyciu sygnału Click przy zaburzeniach układu nerwowego i stwierdzili niezawodność tej metody badania słuchu (58). Omawiana przez badaczy grupa pacjentów liczyła tylko 38 osób w wieku od 2-16 lat, grupę kontrolną stanowiło 18 zdrowych dzieci w tym samym przedziale wiekowym co grupa badana.

Fávero i in. przedstawili Click jako sygnał najczęściej stosowany w diagnostyce audiologicznej zarówno w badaniu przewodnictwa powietrznego, jak i kostnego (59). Badania przez nich prowadzone na grupie 59 pacjentów miały na celu sprawdzenie zmian parametrów sygnału Click (takich jak zmiana częstotliwości podawanego bodźca i jego polaryzacji). Autorzy artykułu wykazali w swoim eksperymencie naukowym dużą wartość diagnostyczną sygnału Click, niezależnie od zmiany omawianych przez nich parametrów.

Steinhoff i in. opublikowali badania na dużej grupie 713 pacjentów i stwierdzili doskonałość metody badania ABR przy zastosowaniu sygnału Click (23).

Wymienione powyżej publikacje to tylko nieliczne przykłady literatury, której tematyka obejmuje analizę sygnału Click. Jednak w najnowszej literaturze (2021 rok) obok powszechnie stosowanego szerokopasowego sygnału Click, sygnały z grupy Broad Band Chirp omawiane są przez Kochanka i wsp. (60) jako równoważnościowe i szeroko rozpowszechnione. Ta zmiana podejścia pokazuje nowe trendy w audiologii.

Sygnał ToneBurst został opracowany z myślą o diagnostyce słuchu dla poszczególnych częstotliwości. Choć wielu badaczy podkreśla utrudnienia dotyczące wyznaczania progu słuchu dla niższych częstotliwości, takich jak 500 Hz oraz 1000 Hz, to jest to dźwięk o powszechnym zastosowaniu. Canale i in. stwierdzili, że szeroka morfologia zapisu fal i mała jej powtarzalność odpowiedzi są ogólnie znaną wadą bodźców o niskiej częstotliwości typu ToneBurst. Może to utrudniać identyfikację fali V. Mimo wszystko sygnał ToneBurst został przez autorów publikacji uznany za ważne narzędzie do przewidywania progu słuchu przy niskich częstotliwościach (31).

Analizy odpowiedzi drogi słuchowej na bodziec o częstotliwości 500 Hz dokonał Kochanek i in. (61). Poddano badaniu trzy grupy pacjentów: z normą słuchową, resztkami słuchowymi oraz częściową głuchotą dla wysokich częstotliwości, powyżej 1 kHz. Stwierdzili, że zgodność progu słuchowego dla niskiej częstotliwości bodźca (500 Hz) jest największa dla normy słuchowej. Związane jest to z mniejszą desynchronizacją odpowiedzi. Natomiast próg słuchu był najbardziej zawyżony w grupie pacjentów z częściową głuchotą. Kochanek tłumaczy to szeroką specyfiką widma mocy bodźca. Ze względu na zmniejszenie stopnia synchronizacji wraz ze spadkiem częstotliwości odpowiedzi w pojedynczych włóknach nerwu słuchowego, opadający charakter audiogramu powoduje, że przy szerokim pobudzeniu błony podstawnej bardzo istotna będzie aktywność ślimaka dla częstotliwości wyższych od częstotliwości nominalnej bodźca.

Natomiast Dagna i in. badali wykrywalność fali V dla częstotliwości bodźca 1000 Hz ToneBurst. Stwierdzono, że zastosowanie okna Blackman poprawia wynik i korelację pomiędzy audiometrią tonalną i zastosowanym sygnałem w badaniu ABR (32). Pinto i Matas opublikowali badania nad wyznaczaniem progu za pomocą sygnału ToneBurst i stwierdzili mniejszą zgodność z audiometrią tonalną dla niższych częstotliwości, poniżej 1000 Hz (34). Hurley i in. w swojej publikacji wyznaczali czas latencji fali V dla sygnałów ToneBurst. Zgodnie z ich doniesieniami sygnał ToneBurst pozwala na wiarygodne oszacowanie progu słyszenia pacjenta zwłaszcza dla częstotliwości powyżej 1000 Hz (35).

Interesujące badania nad sygnałami tonalnymi w badaniu ABR, przedstawia Kochanek i in. (22) tłumacząc zmniejszoną amplitudę fali V desynchronizacją odpowiedzi spowodowaną długim czasem narastania sygnału. Dodatkowo zwrócono uwagę na większą desynchronizację odpowiedzi przy występowaniu patologii układu słuchowego, czyli ubytku słuchu. Jest to zgodne z wnioskami przedstawionymi w niniejszej pracy. Sygnał ToneBurst, którego czas narastania jest dłuższy, cechuje się mniejszą amplitudą fali V oraz mniejszą jej wykrywalnością. Wyniki badań wskazują na mniejszą zgodność z audiogramem pacjenta wśród badań przeprowadzonych na ubytkach słuchu niż na normie słuchowej.

Dotychczas powstało wiele odmian sygnału Chirp, jak na przykład M-Chirp, O-Chirp, Ce Chirp, LS Ce Chirp, iChirp. Należy pamiętać, że sygnały z grupy Chirp, pomimo zachowania jednakowych podstawowych zasad konstruowania sygnału, różnią się pomiędzy sobą znacząco. Możemy odnotować nie tylko różne czasy trwania tych sygnałów, ale przede wszystkim różny czas opóźnienia emisji poszczególnych składowych częstotliwościowych. Tak duże różnice pomiędzy sygnałami należącymi do jednej grupy powodują, że dla każdego z nich analiza powinna być wykonana osobno. Mało doniesień zostało opublikowanych o skuteczności sygnału iChirp. Zarówno jego szerokopasmowej wersji BBChirp, jak i jego wąskopasmowych odpowiednikach NBChirp. W literaturze podjęto dyskusję nad sygnałami z grupy iChirp w dwóch artykułach i jednej rozprawie doktorskiej (37) (38) (39). Badanie porównujące komercyjnie dostępne na rynku bodźce stymulujące wykonali Keesling i in. (37) w 2017 roku. Badano wówczas sygnał szerokopasmowy BroadBandiChirp na grupie osób z normą słuchową (43 pacjentów) i porównano do skuteczności sygnału Click. Badania dokonano przy jednym natężeniu bodźca 85 dB nHL. W ich opinii sygnał iChirp wykazał mniej czytelną morfologię zapisu i mniejszą wykrywalność fali V. Autorzy artykułu wiążą to z dużym natężeniem bodźca, który powodował pogorszenie morfologii zapisu fali. Pomimo spostrzeżeń nie podjęto próby poszerzenia rozpoczętych badań o mniejsze natężenia sygnału, tak aby sprawdzić skuteczność bodźca przy jego natężeniu okołoprogowym. Zgodnie z przyjętą przez tych autorów metodologią badania całość grupy stanowiły osoby z prawidłowym słuchem.

Drugi z wymienionych artykułów o sygnale iChirp autorstwa da Silva Rosa i in. z 2018 (38) opisuje wyniki badań przeprowadzonych na 11 prawidłowo słyszających pacjentach. W badaniu wykorzystano dwa bodźce: Click i iChirp, każdy przy 4 różnych natężeniach od 20 dB nHL do 80 dB nHL. Przy tak małej grupie badanej autorzy artykułu nie stwierdzili istotnych różnic pomiędzy amplitudą fal V uzyskanych przy stymulacji bodźcami Click i iChirp. Większą uwagę badaczy zwróciła uwaga latencja fali V, wydłużona przy zastosowaniu bodźca iChirp, szczególnie przy natężeniu 60 dB nHL.

Wspomniana rozprawa doktorska z roku 2016 omawiająca sygnał iChirp autorstwa Michelle Cargnelutti (39) opisuje badania wykonane na grupie 30 noworodków. Sygnał iChirp porównywano w pracy do sygnału Click. Zgodnie z założeniami autorki pracy każdy pacjent miał wykonane badanie ABR przy użyciu dwóch sygnałów (Click i iChirp) na trzech różnych natężeniach bodźca (20 dB nHL, 40 dB nHL i 60 dB nHL). W pracy przedstawiono tezę, że amplituda fali V jest większa przy zastosowaniu sygnału iChirp.

Śpiewak i in. poddali badaniu progu słuchu metodą ASSR CE-Chirp 11 dzieci u których nie odnaleziono odpowiedzi z ośrodków drogi słuchowej w badaniu ABR Click, tak aby sprawdzić skuteczność bodźca CE-Chirp przy głębokich niedosłuchach (62). Autorzy artykułu zwracają uwagę na istotność specyficznej budowy bodźca, w widmie którego niższe częstotliwości pojawiają się przed wyższymi. Dodatkowo zachowanie tzw. częstotliwości obocznych powoduje zaangażowanie w odpowiedź większych obszarów błony podstawnej, a to pozwala na zaangażowanie większej liczby komórek rzęsatych. Zgodnie z przeprowadzoną analizą wykonanych badań Śpiewak i in. stwierdzają większą skuteczność i zgodność z progiem dla sygnału CE-Chirp.

11.2. Parametry opisujące szereg natężeniowy

Analiza poszczególnych parametrów w niniejszej pracy dostarczyła szczegółowych informacji na temat wpływu wybranych bodźców na zapis szeregu natężeniowego.

11.2.1. Latencja fali V

Latencja fali V określona na podstawie grupy z normą słuchową wskazuje na krótszą latencję fali V przy pobudzeniu bodźcem wyższej częstotliwości i analogicznie latencja wydłuża się przy pobudzeniu bodźcem o niższej częstotliwości. Jest to zgodne z fizjologią słyszenia oraz doniesieniami. Według literatury cechy te wykazują uporządkowanie ślimakowe odbioru sygnałów a także specyfikację bodźca wykorzystywanego do przeprowadzenia ABR. Kochanek zwraca uwagę na istotność czasu utajenia poszczególnych fal oraz zależność parametru latencji od częstotliwości oraz natężenia bodźca (63). Zwiększenie natężenia sygnału powoduje zmianę latencji. Im

większe natężenie bodźca, tym krótsza latencja. Również jest to oczekiwany rezultat, zgodny z badaniami podstawowymi.

W innej pracy Kochanek i in. zwrócili uwagę na konieczność prowadzenia poprawki IT5 dotyczącej różnicy międzysusznej latencji fali V w zależności od głębokości ubytku słuchu (64). Stwierdzili znaczny wpływ głębokości niedosłuchu na wydłużenie latencji fali V w ubytkach jednostronnych typu ślimakowego o niedosłuchu większym od 50-60 dB HL.

Analizując zmianę latencji bodźców o podobnej charakterystyce częstotliwościowej można zauważyć, że w parze sygnałów szerokopasmowych (Click-BBChirp) krótszą latencję fali V uzyskałam dla sygnału iChirp. Warto jednak zwrócić uwagę, że zmiana natężenia bodźca w różny sposób wpływa na różnice latencji pomiędzy poszczególnymi bodźcami. Dla natężenia 20 dB nHL latencja fali V dla iChirp jest dłuższa o 0,48 ms niż dla sygnału Click. Natomiast już dla natężenia 60 dB nHL różnica ta wynosi tylko 0,25 ms. Oznacza to, że zwiększenie natężenia bodźca w nieznaczny sposób spowodowało skrócenie latencji fali V dla sygnału iChirp, natomiast w większym stopniu wpłynęło na rejestrację fali przy zastosowaniu sygnału Click.

Analiza latencji przy zastosowaniu bodźców ToneBurst jest utrudniona poprzez mniejszą wykrywalność fali V. Uzyskano małą spójność wyników, a uzyskane dane są trudniejsze do analizy. Zgodność z audiogramem dla ToneBurst 500 wynosił 10,5%, natomiast dla ToneBurst1000 – 22,4%. Zapisane pomiary wskazują na małą wartość diagnostyczną tego bodźca.

W parze sygnałów ToneBurst500 i iChirp500 różnice pomiędzy latencjami są znikome – rzędu 0,05 ms. Wyjątkiem jest jedynie odpowiedź na sygnał o najmniejszym natężeniu – 20 dB nHL. W tym przypadku sygnał ToneBurst spowodował pojawienie się fali V o krótszej latencji o 0,41 ms od sygnału iChirp500. Jak już wspomniano wcześniej, wykrywalność fali V dla sygnału ToneBurst500 przy najmniejszym zastosowanym natężeniu (20 dB nHL) jest bardzo mała, co utrudnia wykonanie wiarygodnej analizy statystycznej.

Sygnały ToneBurst1000 i iChirp1000 podlegają podobnej analogii, jak sygnały Click/BBChirp, to znaczy im większe natężenie bodźca tym krótsza latencja fali V. Analizując odpowiedź na bodziec z zakresu 1000 Hz mniejszą latencję fali V uzyskaliśmy dla sygnału Chirp1000 niż TB1000.

Rodrigues i in. opisali krótszą latencję fali V w przypadku bodźca CE-Chirp niż ToneBurst (65). Jednak już dla sygnału LS CE-Chirp Cargneluttia i in. (66) przedstawili odwrotne spostrzeżenia. Według nich sygnał LS CE_Chirp dociera do ślimaka 1,5 ms później niż odpowiadające im składowe sygnały Click. Przedstawili również badania nad zmienioną wersją sygnału LS CEChirp (przy użyciu sprzętu Eclipse), gdzie zmieniono sposób prezentacji bodźca, wykorzystując jako punkt zerowy lokalizację odpowiedzi odpowiadającą częstotliwości 2500 Hz, zamiast lokalizacji końcowej 10 000 Hz. Zmiana

ta skutkowała odpowiedziami z opóźnieniami równymi z tymi uzyskanymi dla sygnału Click.

Natomiast Keesling i in. (37) również opisali dłuższą latencję iChirp w porównaniu z sygnałem Click. Tłumaczą to dłuższym czasem trwania bodźca. Czas trwania bodźca dla iChirp wynosił w omawianym artykule 3,95 ms, a sygnału Click 0,1 ms. Pojawienie się I fali odnotowano z opóźnieniem 3 ms, natomiast interlatencje pomiędzy pozostałymi falami (I-III, III-V) przy obydwu sygnałach pozostały takie same. To oznacza, że fala V została zarejestrowana odpowiednio o 3 ms później przy zastosowaniu sygnału iChirp.

Powyższe doniesienia dotyczą badań nad pacjentami z normą słuchową.

W większości publikacji przedstawiany jest pogląd, że latencja fali V sygnałów z grupy Chirp jest dłuższa od latencji sygnału Click. Inne wyniki zarejestrowano w niniejszej pracy. Zwrócono jednak uwagę na wpływ natężenia bodźca na latencję fali. Większość opracowań analizuje reakcję układu słuchowego na bodziec o jednym wybranym dużym natężeniu (pomiędzy 60 a 85 dB nHL). W niniejszej pracy przy sygnale okołoprogowym (20 dB nHL) latencja sygnału z grupy iChirp jest krótsza, natomiast przy większych natężeniach bodźca (60 dB nHL) latencje obydwu sygnałów (BBChirp vs. Click, ToneBurst1000 vs. iChirp1000, ToneBurst500 vs. iChirp500) zaczynają się zrównywać. Podobny wniosek przedstawiono w publikacji Rodrigues i in. (65), gdzie również w badaniach uwzględniono zmianę natężenia bodźca (od 20 dB nHL do 80 dB nHL).

Analizując wyniki zarejestrowanych latencji fali V w grupie osób z ubytkiem słuchu brano pod uwagę natężenie bodźca 10 dB SL oraz 0 dB SL. Trzeci pomiar wykonany przy natężeniu bodźca -20 dB SL zostanie omówiony osobno, jako rejestracja przesłuchu.

Zastosowano 10 dB różnicy pomiędzy wykonanymi pomiarami wpływa - podobnie jak w badaniach nad normą słuchową - na latencję fali V.

W parze sygnałów Click/BBChirp zauważa się, że różnice latencji pomiędzy poszczególnymi bodźcami są nieznaczne – odpowiednio 0,14 ms dla natężenia bodźca 10 dB SL i 0,09 ms dla natężenia bodźca 0 dB SL. Przedstawione wartości są średnimi z wszystkich wykonanych rejestracji. Tak mała różnica pomiędzy dokonanymi pomiarami świadczy o podobnym czasie utajenia fali V dla bodźców o podobnym zakresie widma częstotliwościowego. Jest to odmienna obserwacja - w porównaniu z badaniami wykonanymi na uszach z normą słuchową - gdzie latencja dla sygnałów z grupy iChirp była krótsza dla natężenia bodźca okołoprogowego.

Analiza latencji fali V przy bodźcach o niższych natężeniach jest znacznie utrudniona. Mały procent wykrywalności fali V sygnału ToneBurst dodatkowo cechuje się dużą niejednorodnością odpowiedzi. Duża średnia odchylenia standardowego świadczy o małej przewidywalności odpowiedzi ze strony układu słuchowego. W literaturze brakuje opracowań dotyczących pomiaru latencji fali V przy różnych

zastosowanych bodźcach - zwłaszcza z grupy Chirp - zastosowanych na grupie pacjentów z ubytkiem słuchu.

Cargnelutti i in. w swoim opracowaniu, cytowanym już w niniejszej dyskusji, zwracają uwagę na dłuższą latencję fali V dla większości sygnałów z grupy Chirp (66). Podobne wnioski przedstawiają Keesling i in. (37). W niniejszej pracy nie potwierdzono tej zależności.

11.2.2. Amplituda fali V

Amplituda progowa fali V w grupie pacjentów z normą słuchową wskazuje na niewielkie różnice w wielkości amplitudy pomiędzy poszczególnymi bodźcami. Pomimo, że badanie ABR zaklasyfikowane jest jako badanie obiektywne, to jednak ocena szeregu natężeniowego jest dość subiektywna. Określenie amplitudy progowej fali V związane jest z doświadczeniem osoby badającej, tak aby ocenić dane wychylenie w zarejestrowanej odpowiedzi i zaklasyfikować jako artefakt albo właśnie interesującą nas falę. Amplituda fali V przy natężeniu bodźca okołoprogowym powinna mieć wartość mierzoną w μV .

Zwiększenie natężenia bodźca stymulującego zwiększa amplitudę rejestrowanej fali, co zgodne jest z wcześniej poznanymi w literaturze zależnościami. W cytowanym już wcześniej w niniejszej pracy podręczniku Pruszevicza i Obrębowskiego dokładnie opisana została zmiana amplitudy sygnału w rozdziale *Audiometria odpowiedzi elektrycznych* (67).

Amplituda pary sygnałów Click/BBChirp jest porównywalna. Wykazano, że dla natężeń 20 dB nHL i 40 dB nHL różnice pomiędzy wyznaczonymi wielkościami amplitud wynoszą odpowiednio 0,03 μV oraz 0,05 μV . Jedynie dla natężenia 60 dB nHL ta różnica zwiększa się do 0,14 μV . W tym przypadku amplituda sygnału BBChirp jest niższa. Podane powyżej wartości są średnimi wielkościami wszystkich zarejestrowanych amplitud.

Amplitudy fal V dla pozostałych par sygnałów (ToneBurst500/Chirp500 i ToneBurst1000/Chirp1000) są do siebie porównywalne w ramach danego natężenia bodźca.

Porównanie wielkości amplitud fal V dla natężenia bodźca okołoprogowego, pomiędzy uchem z normą słuchową a uchem z ubytkiem słuchu, wskazuje na podobne jej wartości. Nie wykazano różnic pomiędzy grupą badaną a grupą kontrolną.

Podobne rezultaty uzyskano w badaniu uszu z ubytkiem słuchu. Analiza wyników uzyskanych w niedosłuchu wskazuje na małe, nieznaczące różnice w wielkości amplitud fali V pomiędzy poszczególnymi bodźcami.

W swoich badaniach da Silva Rosa i in. podkreślili, że spodziewano się większych amplitud uzyskanych przy zastosowaniu bodźca Chirp, ze względu na pobudzenie większego rejonu błony podstawnej jednocześnie (38).

Stwierdzona tendencja zmniejszenia amplitudy przy zwiększonym natężeniu bodźca Chirp jest opisana również przez innych badaczy. Keesling i in. (37) podejrzewają, że przyczyną jest zmniejszona synchronizacja neuronalna. Przy mniejszych natężeniach bodźca sygnał Chirp ułatwia detekcję fali V dzięki zaangażowaniu większego regionu błony podstawnej. Jednak przy większych natężeniach powoduje to desynchronizację wyładowań potencjałów. Opisana przez nich zależność wpływa na latencję, amplitudę oraz jakość zapisu (morfologię).

Oznaczenie progowej amplitudy i latencji fali V jest wykonywane przez osobę badającą. Celność oznaczenia będzie wpływała na zmianę odczytywanych parametrów. To właśnie morfologia zapisu oraz doświadczenie osoby badającej determinują poprawność przyjętych oznaczeń. Przy sygnałach o niższych częstotliwościach (500 Hz i 1000 Hz) wierzchołek fali V często nie jest jednoznacznie zarysowany. Wpływa to na precyzyjność miejsca oznaczenia poszczególnych potencjałów. W swojej pracy Zaitouni in. badali wpływ doświadczenia klinicysty na odczyt badania ABR. Pracę rozszerzono o badanie na grupie klinicystów, którzy zapoznali się z historią medyczną pacjenta oraz na grupie klinicystów, którzy nie mieli wglądu do historii medycznej swojego pacjenta. Badania wykazały, że doświadczenie osoby badającej wystarcza do poprawnej oceny analizowanego szeregu natężeniowego (68).

11.2.3. Amplituda Peak-to-Peak, SNR, RN

Sposobem kontrolowania poprawności przyjętych oznaczeń poszczególnych potencjałów jest weryfikacja odczytów poprzez analizę pozostałych parametrów, takich jak: amplituda Peak-to-Peak, SNR, RN, niezależnych od oceny osoby badającej.

Trzy omawiane w niniejszej pracy parametry Amplituda Peak-to-Peak, Residual Noise, Signal to Noise Ratio, są ze sobą bezpośrednio związane.

Pierwszym takim parametrem omawianym w niniejszej pracy jest Amplituda Peak-to-Peak.

W uchu z normą słuchową wartość Amplitudy Peak-to-Peak zwiększa się wraz z natężeniem bodźca stymulującego. Zależność ta dotyczy w szczególności sygnałów Click oraz BBChirp.

Analiza tego samego parametru dla ucha z ubytkiem słuchu również wskazuje na wzrost Amplitudy Peak-to-Peak wraz ze wzrostem natężenia bodźca. Różnice pomiędzy poszczególnymi bodźcami są na tyle małe, że nieistotne statystycznie.

Analiza szumu resztkowego (RN) wskazuje znikomy wpływ zmiany natężenia bodźca stymulującego na ten parametr. Zarejestrowany szum resztkowy wykazano

największy dla częstotliwości bodźca 1000 Hz, zarówno dla TB1000, jak i iChirp1000, dla uszu z normą słuchową oraz ubytkiem słuchu. Wysokie natężenie szumu resztkowego odnotowano również dla sygnału click.

Stosunek sygnału do szumu (SNR) jest parametrem, który program oblicza na podstawie danych zarejestrowanych dla Peak-to-Peak Amplitude oraz szumu resztkowego. Można zatem spodziewać się zaistnienia korelacji pomiędzy tymi danymi. Polepszenie stosunku sygnału do szumu odbywa się między innymi poprzez zwiększenie liczby uśrednień. Sygnał powtarzający się przy każdej akwizycji będzie wówczas wyraźnie odznaczał się na uzyskanej krzywej w szeregu natężeniowym. W niniejszej pracy zastosowano taką samą liczbę uśrednień dla każdego pomiaru. Mimo to, badając uszy z normą słuchową stwierdzono najlepszy stosunek sygnału do szumu dla sygnałów Click oraz BBChirp, czyli dla bodźców szerokopasmowych.

W analizie wyników grupy z ubytkiem słuchu SNR pozostawał na podobnym poziomie dla wszystkich bodźców. Jedynie sygnał iChirp1000 o natężeniu 10 dB SL oraz iChirp500 o natężeniu okołoprogowym 0 dB SL miały większą wartość. Taki wynik jest spowodowany mniejszą wykrywalnością fali V oraz mniejszą zgodnością z audiometrią tonalną niż na przykład sygnał Click czy iChirp. Warto jednak zwrócić uwagę na duże odchylenie standardowe wyników uzyskanych przy zastosowaniu bodźców iChirp1000 i iChirp500.

Monitorowanie szumu resztkowego, stosunku sygnału do szumu oraz amplitudy Peak-to-Peak ułatwia osobie badającej ocenę czy są spełnione prawidłowe warunki do przeprowadzenia badania. Zawyżona wartość szumu resztkowego oznaczać będzie większy wpływ czynności elektrycznej mięśni i spontanicznej elektrycznej aktywności mózgu. Analogicznie, pogorszenie stosunku sygnału do szumu (SNR) również powinno zwrócić uwagę osoby przeprowadzającej badanie. Zapis amplitudy Peak-to-Peak spełnia podobną rolę w monitorowaniu zapisu szeregu natężeniowego.

W doniesieniu Keesling i in. (37) stwierdzono korelację pomiędzy wartościami SNR i RN. Rejestracje z wysokim SNR miały jednocześnie niskie poziomy RN i odwrotnie. Równocześnie zwrócono uwagę, że niski poziom RN dla sygnału Click nie oznaczał takiego samego poziomu RN dla BBChirp u tego samego pacjenta. Stwierdzono, że bodziec BBChirp, pomimo mniejszych wartości SNR, nie powoduje nadmiernego szumu fizjologicznego. Przedstawione badania dotyczyły analizy na grupie 43 osób z normą słuchową przy zastosowaniu bodźca Click oraz BBChirp, dla jednego natężenia (85 dB nHL). Przedstawiona powyżej praca analizowała jedno natężenie bodźca zastosowane do badania pacjentów z normą słuchową. W niniejszej pracy podobne analogie uzyskano badając normę słuchową, jak i ubytek słuchu.

11.3. Analiza statystyczna wpływu płci i wieku pacjenta oraz wieku, głębokości niedosłuchu, jego typu i strony występowania na zapis badania ABR

Omówienie wyników badań uzyskanych na dużej grupie zarówno dla ucha prawidłowo słyszącego, jak i z ubytkiem słuchu wzbogacono o analizy czynników dodatkowych, które teoretycznie mogłyby wpłynąć na dany parametr. W niniejszej pracy zbadano takie zależności jak wpływ płci, głębokości ubytku, wieku, czasu trwania niedosłuchu oraz strony wystąpienia niedosłuchu.

11.3.1. Płeć pacjenta

Analizując wpływ płci nie odnotowano w większości różnic istotnych statystycznie. To oznacza, że większość parametrów zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn była porównywalna. Zwrócono jednak uwagę, że średnia amplituda fali V, jak i Amplituda Peak-to-Peak, zarówno dla normy słuchowej, jak i ubytku słuchu, były wyższe dla kobiet. Różnice pomiędzy wynikami badań u kobiet i mężczyzn Miller tłumaczy długością przewodu ślimakowego, która u kobiet wynosi średnio 33 mm, a u mężczyzn 34 mm (69). W literaturze można znaleźć doniesienia o wpływie płci na latencje. Postawiono hipotezę o wpływie różnic pomiędzy płciami związanymi z rozmiarem głowy, temperaturą ciała, cechami hormonalnych oraz długością ślimaka (70). Wyższą amplitudę fali V zauważono również przy badaniu Speech-ABR (71).

11.3.2. Wiek pacjenta

Analiza wpływu wieku pacjenta wykonana korelacją Spearmana nie wykazała różnic istotnych statystycznie. Wykazano jedynie, że dla szumu resztkowego RN korelacja jest w większości dodatnia, zarówno dla ucha z normą słuchową, jak i ubytkiem słuchu. Oznacza to, że wartość RN wzrasta wraz z wiekiem.

Natomiast badania przeprowadzone przez Ng i in. na małpach wskazują, że wraz z wiekiem zwiększa się latencja i zmniejsza amplituda przy jednoczesnym zaburzeniu jej morfologii zapisu (72). Podobne badania przeprowadzili Konrad-Martin i in. (73) na grupie prawidłowo słyszących mężczyzn, zauważając podobne zależności.

11.3.3. Wiek wystąpienia niedosłuchu

Wiek wystąpienia niedosłuchu nie wpłynął istotnie na omawiane parametry zapisu szeregu natężeniowego. Oznacza to, że uzyskany zapis ABR opisuje aktualny stan układu słuchowego pacjenta. Natomiast czas wystąpienia i trwania niedosłuchu nie ma wpływu na zapis ABR.

11.3.4. Głębokość niedosłuchu

Analizując wpływ głębokości niedosłuchu podzielono omawianą grupę pacjentów na 4 grupy (21-40 dB; 41-70 dB; 71-90 dB; >90 dB). Najmniejszą wartość RN uzyskano przy głębszych niedosłuchach, natomiast najwyższą wartość dla niedosłuchu lekkiego (21-40 dB HL).

11.3.5. Strona występowania niedosłuchu

Analiza statystyczna wykonanych pomiarów dla lewego i prawego ucha z ubytkiem słuchu nie wykazała znaczących różnic.

11.4. Wykrywanie przesłuchu

Celem szczegółowym niniejszej pracy było rozpoznanie rejestracji „cieniowych” w jednostronnych ubytkach. Zarejestrowanie przesłuchu, tzn. fali V będącej odpowiedzią z ucha przeciwnego, może znacząco zaburzyć prawidłową diagnozę pacjenta.

Wśród wszystkich 76 analizowanych rejestracji odnotowano 7 przypadków przesłuchu. Wszystkie pomiary wykonano przy użyciu szumu maskującego kontrlateralnie o poziomie 30 dB niższym niż poziom bodźca.

Nie ustalono wspólnych zależności ani cech rejestrowanych przesłuchów.

5 rejestracji dotyczyło tego samego sygnału – Click, dwa następne – BBChirp i TB1000. Trudno zatem określić, że fałszywa rejestracja fali V dotyczy konkretnego rodzaju bodźca czy grupy bodźców. Sygnał Click oraz BBChirp wykazały największą skuteczność w wykrywaniu fali V. Oznacza to możliwość większego prawdopodobieństwa oznaczenia przesłuchu. Przy natężeniu bodźca 10 dB SL falę V oznaczono przy zastosowaniu sygnału Click u 31 pacjentów (40,79% grupy badanej) z wszystkich 76 badanych, natomiast dla sygnału BBChirp – u 22 pacjentów (28,95% grupy badanej), a dla sygnału TB1000 – u 8 pacjentów (10,53% grupy badanej). Oznacza to, że największą liczbę przesłuchów wykryto dla dwóch bodźców z największą wykrywalnością fali V. Wyjątek stanowi tutaj jedynie bodziec TB1000 (jeden wykryty przesłuch).

Rozpatrując parametry uzyskanych fałszywych fal również trudno dopatrzeć się jednakowego trendu.

Latencja fali V określonej jako przesłuch zmienia się w zakresie od 5,55 do 8,1 ms. Amplituda fali również nie zachowuje jednakowej wartości dla wszystkich rejestracji. Wielkość amplitudy wynosi od 0,9 do 0,38 μ V. Również dodatkowe parametry, takie jak: PPAmplituda, SNR, RN, artefakty, nie wykazują wspólnych trendów.

Przyjrzenie się dokładniej pacjentom, u których zarejestrowano przesłuch, nie wykazuje cech wspólnych i dotyczy zarówno mężczyzn i kobiet, w różnym wieku i z różnymi typami schorzeń. Natomiast zgodnie z wykonaną wcześniej audiometrią tonalną, u dwojga pacjentów zdiagnozowano jednostronną głuchotę. Natomiast u pozostałych pacjentów średnia głębokość niedosłuchu wahała się od 63,75 do 75 dB HL. Kształt audiogramu we wszystkich przypadkach jest płaski, to znaczy że nie było różnic pomiędzy progiem słyszenia dla poszczególnych częstotliwości.

To właśnie może sugerować, żeby zachować szczególną ostrożność w wyznaczaniu progu słyszenia zarówno za pomocą badania audiometrią tonalną, jak i badania słuchowych potencjałów wywołanych z pnia mózgu, przy uzyskaniu jednakowych wyników dla wszystkich badanych częstotliwości, odwzorowujących próg słuchu ucha przeciwnego.

Przeprowadzono badania na grupie 76 osób przy użyciu 6 odmiennych bodźców. Wśród tych 456 rejestracji uzyskano 7 fałszywie oznaczonych, co daje razem 1,53%.

Powyższe ustalenia pokazują, że pomimo małego prawdopodobieństwa przesłuchu osoba wykonująca badanie powinna zachować szczególną ostrożność.

Już w literaturze opublikowanej w roku 1981 Ozdamar i Stein (45) wskazali konieczność maskowania w trakcie badania potencjałów wywołanych z pnia mózgu. Wyznaczono poziom natężenia 60 dB, powyżej którego można odnotować odpowiedź z ucha przeciwnego. Badano wówczas wartość tłumienia międzyusznego dla różnych częstotliwości bodźca oraz zastosowanych przetworników. Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników badań 7 pacjentów z ubytkiem jednostronnym badacze potwierdzili konieczność maskowania ucha niebadanego, ale dopiero kiedy różnica międzyuszna jest większa od 60 dB.

W raporcie opublikowanym przez Lightfoot i in. w 2010 roku (74) przedstawiono wzór do obliczenia właściwego poziomu szumu maskującego osobno dla słuchawek powietrznych, nasznych, wewnątrzusznych oraz kostnych. Zwrócono uwagę, że pomimo wyznaczenia wzoru, każdy ośrodek powinien sprawdzić skuteczność tej metody na własnym sprzęcie. Uzależnione to jest od użytego przetwornika, ale również od jednostek jakie używane są w danym urządzeniu (np. dB nHL, dB SPL). Bardzo często poziom bodźca podawany jest w dB nHL, jednak poziom maskera w dB SPL. Jeżeli osoba wykonująca badanie nie zwróci uwagi na kalibrację jednostek, może zastosować niewłaściwy poziom szumu maskującego. Zwrócono również uwagę na badania noworodków, u których występuje niedojrzałość objętości czaszki i kanału słuchowego. W artykule opisującym przewodzenie dźwięku na drodze kostnej Baliński i in. (12) zwracają uwagę, że dźwięk może dotrzeć do płynów ucha wewnętrznego poprzez drogę powietrzną, kostną oraz tkanki miękkie. Biorąc pod uwagę trzy możliwe drogi może dojść do stymulacji receptora słuchowego ucha niebadanego, powodując tym samym powstanie przesłuchu.

Ważnym aspektem jest znajomość wartości tłumienia międzyusznego (*ang.* interaural attenuation, AI), specyficznego dla danego przetwornika. Słuchawki nauszne ze względu na większą powierzchnię styku będą szybciej doprowadzały do pobudzenia ucha przeciwnego drogą kostną (40) (42). Również zmiana charakterystyki częstotliwościowej wpłynie na inny sposób pobudzenia do drgań kości czaszki. Brannstrom i Lantz w swojej pracy przedstawiają wartość tłumienia międzyusznego na poszczególnych częstotliwości bodźca (41). Również Humes i Ochs przedstawili potrzebę zastosowania maskowania w badaniu ABR (49).

11.5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania i ich analiza wskazują na użyteczność nowo wprowadzonego sygnału iChirp. Szczególnie jego wąskopasmowa wersja pozwalająca na dość wiarygodne określenie progu słuchowego pacjenta w zakresie częstotliwości 500 Hz (dla ucha z normą słuchową zgodność z audiogramem wynosiła 72,4%, dla ucha z ubytkiem słuchu 34,88% i 1000 Hz (dla ucha z normą słuchową zgodność z audiogramem wynosiła 75%, dla ucha z ubytkiem słuchu 37,2%).

Sygnał BBChirp - pomimo zastosowania nowego podejścia do charakterystyki bodźca - wydaje się nie stanowić lepszej opcji niż powszechnie używany Click.

Wykonane badania uwzględniły grupę osób z normą słuchową w jednym uchu i niedosłuchem w drugim uchu. Możliwości porównania zachowania się układu słuchowego przy tylu zmiennych sygnałach, ich natężeniach, ale i głębokości niedosłuchu nie były wcześniej opisane w literaturze.

Wprowadzenie wielu różnych sygnałów na rynek komercyjny poprzez producentów sprzętu do wykonania badania ABR powoduje, że wszelkie analizy powinny uwzględniać każdy nowopowstały bodziec.

Sygnały z grupy Chirp stanowią ciekawą alternatywę dla sygnałów ToneBurst. Jednak analizie walidacyjnej powinien poddany być każdy sygnał Chirp, w którym wprowadzono modyfikacje.

Niniejsza praca przedstawia szczegółową analizę zarejestrowanych wyników badania ABR przy zastosowaniu sześciu odmiennych bodźców. To właśnie przewidywalność odpowiedzi i regularna morfologia zapisu fali umożliwia prawidłową interpretację szeregu natężeniowego.

Przedstawienie wpływu zmiennych na uzyskany zapis ABR ma na celu upewnienie osoby badającej o poprawności wykonanego badania.

Kluczowym aspektem każdego badania ilościowego w audiologii jest poprawne określenie progu słyszenia pacjenta. W niniejszej pracy wykazano, że poziom szumu maskującego zalecany przez producenta IHS i jednocześnie wprowadzony do

powszechnego użycia jest wystarczający. Niski procent odnotowanych przesłuchów świadczy, że w większości przypadków uzyskujemy odpowiedź z prawidłowego ucha.

Istotność powyższego ustalenia staje się widoczna w przypadku, gdy osoba badająca słuch pacjenta staje przed koniecznością interpretacji zapisanego szeregu natężeniowego bez możliwości porównania go z audiometrią tonalną. Znakomitym przykładem są badania dużych grup noworodków, jak w przypadku programu przesiewowych badań słuchu w Polsce. Zgodnie z programem powszechnych przesiewowych badań słuchu w Polsce każdy noworodek, u którego nie wykryto otoemisji akustycznej oraz każdy noworodek będący w grupie ryzyka zgłaszany jest na drugi poziom ośrodka referencyjności, gdzie przeprowadza się u niego badanie ABR. W programie tym opisywanym przez Sekulę (75) oraz Radziszewską-Konopkę (76) jako podstawowe narzędzie wybrano sygnał Click (w literaturze polskiej określany mianem trzask). Również doniesienia z innych krajów świadczą o powszechności stosowania sygnału Click. Raport przedstawiający rekomendacje odnośnie oceny słuchu u niemowląt wydrukowany na łamach czasopisma American Academy of Pediatrics określa stosowanie sygnału Click jako podstawę diagnostyki (77).

Wyzwaniem skryningu słuchu jest poprawne określenie progu słyszenia pacjenta w odniesieniu do trudnych schorzeń takich, jak na przykład neuropatia, atrezja, czy jednostronny niedosłuch i głuchota. Nie mogąc odnieść uzyskanego w badaniu ABR wyniku do wyników uzyskanych w badaniu subiektywnym, osoba diagnozująca słuch musi w całości polegać na interpretacji zapisanego szeregu natężeniowego. Wszelkie badania wyposażające osobę wykonującą badanie w wiedzę o ewentualnych czynnikach utrudniających odczytanie wyniku (np. przesłuchów) są w tym kontekście bardzo potrzebne.

12. Wnioski

- 1) Przeprowadzona analiza zapisów ABR wykazała wysoki procent spójności progu słuchu z badaniem audiometrii tonalnej dla bodźca Click, zarówno dla normy słuchowej (86,8%) jak i ubytku słuchu (72,1%). Morfologia zapisu jest czytelna co umożliwia oznaczenie fali V w szeregu natężeniowym w jednoznaczny sposób.
- 2) Stwierdzono wysoką skuteczność badania ABR przy użyciu sygnału BBChirp. Wykazano 93,4% spójności progowej dla uszu z normą słuchową oraz 51,2% dla uszu z ubytkiem słuchu. Morfologia zapisu była jednak mniej czytelna od sygnału Click.
- 3) Bodźce typu ToneBurst dały najmniejszą spójność progową. Niski procent spójności progowej dla sygnału ToneBurst1000 wynosił dla uszu z normą słuchową 22,4%, natomiast dla ubytku słuchu 18,6%. Wyniki dla sygnału ToneBurst500 wynosiły 10,5% dla normy słuchowej oraz 14% dla ubytku słuchu.
- 4) W badaniu ABR bodźcami typu iChirp:
 - stwierdzono spójność z audiometrią tonalną w badaniu przeprowadzonym na uszach z normą słuchową sygnałem iChirp1000 w 75%, natomiast dla uszu z ubytkiem słuchu 37,2%;
 - sygnał iChirp500 dla normy słuchowej wykazał 72,4% zgodności z audiometrią tonalną oraz 34,9% dla ubytku słuchu.
- 5) Stwierdzono zarejestrowanie 7 zapisów o charakterze przesłuchu, co stanowi 1,53% wszystkich zapisanych fal. Uznano szum maskujący na poziomie 30 dB mniejszym od sygnału prezentowanego na drugie ucho za wystarczający do wykonania prawidłowego badania słuchu ABR. We wszystkich przypadkach zakwalifikowanych jako przesłuch audiogram pacjenta miał płaski przebieg.
- 6) Badanie wybranych cech i zależności wykazało, że:
 - amplituda fali jest większa w przypadku kobiet niż mężczyzn,
 - wiek pacjenta wpływa na zwiększenie się szumu resztkowego RN,
 - wiek wystąpienia niedosłuchu nie wpływa na zapis badania ABR,
 - głębokość niedosłuchu nie wpływa na zmianę parametrów zapisów ABR. Wyjątek stanowi zmniejszenie się szumu resztkowego RN dla ubytków głębokich (>90 dB HL),
 - strona występowania niedosłuchu nie wpływa na zapis badania ABR.

- 7) Potwierdzono, że zapis ABR uzyskany dla bodźców o różnej strukturze (Click, BBChirp, ToneBurst500, ToneBurst1000, iChirp500, iChirp1000) zawiera parametry opisujące szereg natężeniowy (amplituda i latencja fali V, amplituda Peak-to-Peak, RN, SNR, artefakty), które prowadzą do uzyskania prawidłowego wyniku określającego próg słuchu pacjenta.

13. Streszczenie

Audiometria tonalna stanowi powszechnie używany i uznany sposób określania progu słyszenia pacjenta. Jest ona jednak badaniem subiektywnym i wymaga współpracy oraz zaangażowania pacjenta. Istnieją liczne sytuacje, w których precyzyjne przeprowadzenie badań subiektywnych nie jest możliwe, jak np. badania noworodków. Dlatego też istotną rolę w określaniu progu słyszenia odgrywają badania obiektywne, wśród których najistotniejsze jest badanie wywołanych potencjałów słuchowych z pnia mózgu (ABR). Umożliwia ono prawidłowe określenie progu słyszenia u noworodków i osób niewspółpracujących, u których nie można wykonać audiometrii tonalnej. Dlatego tak wiele badań naukowych ma na celu udoskonalenie procedury wykorzystywanej w przeprowadzonym badaniu ABR.

Zmiana bodźca stymulującego w badaniu ABR jest jednym z kluczowych sposobów wpłynięcia na wynik badania. Zmiana częstotliwości sygnału akustycznego umożliwia odwzorowanie audiogramu danego pacjenta.

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu wybranych bodźców o odmiennej strukturze akustycznej na spójność lub rozbieżność wyników badania ABR z audiometrią tonalną poprzez analizę rejestrowanych parametrów potencjałów słuchowych z pnia mózgu u osób z jednostronnym niedosłuchem.

Wykonana analiza miała za zadanie walidację bodźca stymulującego o różnej strukturze akustycznej i sprawdzenie, czy daje on możliwość precyzyjnego określenia progu słyszenia pacjenta.

W zarejestrowanych zapisach potencjałów słuchowych wywołanych bodźcem Click, BroadBandiChirp, ToneBurst1000, ToneBurst500, iChirp1000, iChirp500 porównana została morfologia zapisu fali V, amplituda, latencje oraz poziom progu w odniesieniu do audiometrii tonalnej.

Celem szczegółowym było rozpoznanie rejestracji „cieniowych” w jednostronnych ubytkach.

Badania słuchu zostały wykonane w latach 2019-2020 w Katedrze i Klinice Foniatrii i Audiologii Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu oraz w Poradni Audiologicznej i Foniatrycznej KIND Poznań. Spośród przebadanych pacjentów wyłoniono grupę 76 osób, u których występował zdiagnozowany niedosłuch jednostronny.

W pracy potwierdzono wysoki procent spójności progu słuchu z badaniem audiometrii tonalnej dla bodźca Click, zarówno dla normy słuchowej (86,8%), jak i ubytku słuchu (72,1%).

Przeprowadzone badania wykazały wysoką skuteczność badania ABR przy użyciu sygnału BBChirp. Wykazano 93,4% spójności progowej dla uszu z normą słuchową oraz 51,2% dla uszu z ubytkiem słuchu.

Badania dowiodły, że badanie progu słuchu pacjenta dla częstotliwości 1000 Hz wskazuje na większą wykrywalność fali V i zgodność z audiogramem dla sygnału iChirp1000 (75% dla normy słuchowej i 37,2% dla ubytku słuchu) niż dla ToneBurst1000 (22,4% dla normy słuchowej i 18,6% dla ubytku słuchu).

Dla najniższej z analizowanych częstotliwości – 500 Hz – udowodniono, że sygnał iChirp500 w większej ilości przypadków umożliwiał wykrycie fali V na poziomie natężenia zgodnym z wykryciem progu słuchu w audiometrii tonalnej (odpowiednio 72,4% dla normy słuchowej i 34,9% dla ubytku słuchu) niż sygnał ToneBurst500 (10,5% dla normy słuchowej oraz 14% dla ubytku słuchu).

W pracy stwierdzono, że szum maskujący stosowany na poziomie o 30 dB mniejszym od sygnału prezentowanego na drugie ucho jest wystarczający do wykonania prawidłowego badania słuchu ABR. Nieliczne zarejestrowane zapisy świadczące o stymulacji ucha przeciwnego – niebadanego – stanowiły zaledwie 1,53% wszystkich zapisanych fal.

Dodatkowo badanie nie wykazało wpływu płci pacjenta na wynik badania. Średnia wartość amplitudy fali V była jednak większa dla kobiet niż dla mężczyzn.

Analiza wpływu wieku pacjenta wykazała dodatnią korelację współczynnika RN. Oznacza to, że wraz z wiekiem pacjenta utrudniona jest rejestracja potencjałów słuchowych z pnia mózgu poprzez zwiększenie szumu resztkowego.

W pracy wykazano, że czas trwania niedosłuchu oraz jego głębokość i strona występowania (lewe czy prawe ucho) nie wpływają na wynik badania.

14. Summary

The hearing influences human development from the very first days. Being able to hear ambient sounds is the basis for the development of a child's communication process. In recent years, a lot of effort has been put into the development of universal neonatal hearing screening tests in Poland, so as to ensure that all newborn children have access to the necessary audiological tests. Thanks to this program, in the first months of a child's life, the parent can be sure of their child's auditory sensitivity. In the case of hearing loss, early intervention enables the proper development of the little patient. Hence the importance of early diagnosis. It is the examination of the auditory brainstem auditory potentials (ABR) that allows the correct determination of the hearing threshold in newborns and non-cooperating people in whom pure tone audiometry cannot be performed. That is why so much research is aimed at refining the procedure used in the ABR study that is carried out.

Changing the stimulus in an ABR test is one of the key-points to influence the test result. Changing the frequency of the acoustic signal enables the mapping of the patient's audiogram.

The aim of the study was to assess the impact of selected stimuli with a different acoustic structure on the coherence or discrepancy of the ABR test results with pure tone audiometry by analyzing the recorded parameters of auditory brainstem potentials in patients with unilateral hearing loss.

The performed analysis was to validate a stimulus with a different acoustic structure and to check whether it allows for a precise determination of the patient's hearing threshold.

In the recordings of auditory potentials induced by the Click stimulus, BroadBandChirp, ToneBurst1000, ToneBurst500, iChirp1000, iChirp500, the morphology of the V wave, amplitude, latencies and the threshold level in relation to pure tone audiometry were compared.

The specific aim was to recognize "shadow" registrations in cases of unilateral hearing loss.

Hearing tests were performed in the years 2019-2020 at the Department of Phoniatrics and Audiology of the Poznan University of Medical Sciences and at the Audiological and Phoniatric Outpatient Clinic of KIND in Poznań. A group of 76 people diagnosed with unilateral hearing loss was selected from among the examined patients.

The study confirmed a high percentage of hearing threshold consistency with the pure tone audiometry for the test using Click stimulus, both for the auditory norm (86.8%) and for the hearing loss (72.1%).

The conducted research showed the high effectiveness of the ABR test using the BBChirp signal. The threshold consistency of 93.4% for ears with the auditory norm and 51.2% for ears with hearing loss was demonstrated.

The research proved that the examination of the patient's hearing threshold at 1000 Hz indicates a higher detectability of the V wave and compliance with the audiogram for the iChirp1000 signal (75% for the auditory norm and 37.2% for the hearing loss) than for the ToneBurst1000 (22.4% for the normal hearing loss and 18.6% for hearing loss).

For the lowest of the analyzed frequencies – 500 Hz – it was proved that the iChirp500 signal in more cases enabled the detection of the V wave at the intensity level consistent with the detection of the hearing threshold in pure tone audiometry (72.4% for the auditory norm and 34.9% for hearing loss, respectively) than the ToneBurst500 signal (10.5% for normal hearing and 14% for hearing loss).

The study found that the masking noise applied at a level 30 dB lower than the signal presented to the other ear is sufficient to perform a proper ABR hearing test. Few of the recorded records proving the stimulation of the opposite, unexamined ear, constituted only 1.53% of all recorded waves.

Additionally, the study did not show any influence of the patient's gender on the test result. However, the mean value of the V wave amplitude was higher for women than for men.

The analysis of the influence of the patient's age showed a positive correlation of the RN coefficient. This means that with the patient's age, it is more difficult to register auditory potentials from the brainstem by increasing the residual noise.

The study showed that the duration of hearing loss, its depth and the side of its occurrence (left or right ear), did not affect the test result.

15. Piśmiennictwo

1. Moore B.C.J.: Wprowadzenie do psychologii słyszenia. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa-Poznań 1999.
2. Pruszevicz A., Obrębowski A. (red.): Audiologia kliniczna. Zarys. Wyd. 3. Wydawnictwo Naukowe Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Poznań 2003.
3. Dallos P.: The active cochlea. *J Neurosci.* 1992; 12(12): 4575-4585.
4. Sęk A.: Percepcja dźwięku. *Forum Psychologiczne* 2000; 5(1): 5-26.
5. Jorasz U.: Wykłady z psychoakustyki. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 1998.
6. Ceylan S., Gümüflügün A., Feratlar F.: Comparison of CE-Chirp ABR and Click ABR methods in patients with bilateral sensorineural hearing loss. *ENT Updates* 2018; 8(1): 27-32.
7. Wade N.J.: The disparate histories of binocular vision and binaural hearing. *J Hist Neurosci.* 2018; 27(1): 10-35.
8. Hojan E.: Protetyka słuchu. Wyd. 1. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań 2017.
9. Makarewicz R.: Dźwięki i fale. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań 2004.
10. Willert V., Eggert J., Adamy J., Stahl R., Körner E.: A probabilistic model for binaural sound localization. *IEEE Trans Syst Man Cybern B Cybern.* 2006; 36(5): 982-994.
11. Stenfelt S.: Simultaneous cancellation of air and bone conduction tones at two frequencies: Extension of the famous experiment by von Békésy. *Hear Res.* 2007; 225: 105-116.
12. Baliński S., Morawska-Kochman M., Bochnia M.: Hearing and stomatognathic system: searching for a link. *Dental and Medical Problems* 2017; 54: 417-422.
13. Maciejewska-Szaniec Z.: Ocena współwystępowania zaburzeń czynnościowych układu stomatognatycznego i objawów otologicznych. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, 2014.
14. Kim C.J.: Objective measurements of skull vibration during bone conduction audiometry. University of Zurich, 2010.
15. Wright C.G.: Development of the human external ear. *J Am Acad Audiol.* 1997; 8(6): 379-382.
16. Kulewicz M.: Wzrost i rozwój twarzoczaszki. *Acta Clinica* 2002; 2: 168-178.
17. Remijn G., Hasuo E., Fujihira H., Morimoto S.: An introduction to the measurement of auditory event-related potentials (ERPs). *Acoust. Sci. & Tech.* 2014; 35(5): 229-242.
18. Woodman G.F.: A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Atten Percept Psychophys.* 2010; 72(8): 2031-2046.
19. Senderski A., Kochanek K., Wróbel B., Piłka A., Ogińska Z., Skarżyński H.: Wpływ szerokości pasma wzmacniacza biologicznego na parametry fali V słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu. *Audiofonologia* 1997; 11: 114-123.
20. Tacikowska G., Kochanek K., Piłka A., Jędrusik A.: Wpływ polaryzacji trzasku na parametry słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu u osób o słuchu normalnym i z ubytkami słuchu typu ślimakowego. *Audiofonologia* 1997; 11: 125-138.
21. Dzulkarnain A.A.A., Abdullah S.A., Ruzai M.A.M., Ibrahim S.H.M.N., Anuar N.F.A., Rahim 'E.A.: Effects of different electrode configurations on the narrow band level-specific ce-chirp and tone-burst auditory brainstem response at multiple intensity levels and frequencies in subjects with normal hearing. *Am J Audiol.* 2018; 27(3): 294-305.

22. Kochanek K., Piłka A., Orkan-Lęcka E., Śliwa L., Skarżyński H.: Koncepcja metody słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu z wykorzystaniem krótkich tonów dla potrzeb wykrywania zaburzeń pozaślimakowych słuchu. *Otorynolaryngologia* 2015; 14(3): 127-135.
23. Steinhoff H.J., Böhnke F., Janssen T.: Click ABR intensity-latency characteristics in diagnosing conductive and cochlear hearing losses. *Arch Otorhinolaryngol.* 1988; 245(5): 259-265.
24. Stapells D.R., Gravel J.S., Martin B.A.: Thresholds for auditory brain stem responses to tones in notched noise from infants and young children with normal hearing or sensorineural hearing loss. *Ear Hear.* 1995; 16(4): 361-371.
25. Laukli E., Burkard R.: Calibration/standardization of short-duration stimuli. *Semin Hear.* 2015; 36(1): 3-10.
26. Stapells D.R., Oates P.: Estimation of the pure-tone audiogram by the auditory brainstem response: a review. *Audiol Neurotol.* 1997; 2(5): 257-280.
27. Verhulst S., Jagadeesh A., Mauermann M., Ernst F.: Individual differences in auditory brainstem response wave characteristics: relations to different aspects of peripheral hearing loss. *Trends Hear.* 2016; 20: 2331216516672186.
28. Kochanek K.: Obiektywne badania słuchu u progu XXI wieku. *Audiofonologia* 2004; 25: 35-40.
29. Hyde M.L., Riko K., Malizia K.: Audiometric accuracy of the click ABR in infants at risk for hearing loss. *J Am Acad Audiol.* 1990; 1(2): 59-66.
30. Gorga M.P., Johnson T.A., Kaminski J.R., Beauchaine K.L., Garner C.A., Neely S.T.: Using a combination of click- and tone burst-evoked auditory brain stem response measurements to estimate pure-tone thresholds. *Ear Hear.* 2006; 27(1): 60-74.
31. Canale A., Dagna F., Lacilla M., Piumetto E., Albera R.: Relationship between pure tone audiometry and tone burst auditory brainstem response at low frequencies gated with Blackman window. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2012; 269(3): 781-785.
32. Dagna F., Canale A., Lacilla M., Albera R.: Tone burst stimulus for auditory brainstem responses: prediction of hearing threshold at 1 kHz. *Auris Nasus Larynx* 2014; 41(1): 27-30.
33. Mrugalska-Handke K., Stefaniak A., Piłka A., Kochanek K.: Porównanie progów i latencji fali V słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu dla stymulacji powietrznej i kostnej u dzieci z prawidłowym słuchem. *Otorynolaryngologia* 2011; 11(3): 115-122.
34. Pinto F.R., Matas C.G.: A comparison between hearing and tone burst electrophysiological thresholds. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2007; 73(4): 513-522.
35. Hurley R.M., Hurley A., Berlin C.I.: Development of low-frequency tone burst versus the click auditory brainstem response. *J Am Acad Audiol.* 2005; 16(2): 114-121.
36. Klaassen M.: Air- and Bone-conducted Brainstem Evoked Response Audiometry. Collection of normative data for the new-developed level- specific CE-chirp stimulus in normal-hearing adults. Radboud Universiteit Nijmegen 2016.
37. Keesling D.A., Parker J.P., Sanchez J.T.: A comparison of commercially available auditory brainstem response stimuli at a neurodiagnostic intensity level. *Audiology Research* 2017; 7(1): 15-22.
38. da Silva Rosa B.C., Cesar C.P., Cabral A., Santos M., Santos R.: Potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulos clique e Ichirp. *Distúrbios da Comunicação.* 2018; 30(1): 52-59.
39. Cargnelutti M. Potencial evocado auditivo de tronco encefálico com estímulos clique e iChirp em neonatos. Brainstem auditory evoked potentials for click and Chirp stimuli in newborns. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

40. Gumus N.M., Gumus M., Unsal S., Yuksel M., Gunduz M.: Examination of insert ear interaural attenuation (IA) values in audiological evaluations. *Clin Invest Med.* 2016; 39(6): 27507.
41. Brännström K.J., Lantz J.: Interaural attenuation for Sennheiser HDA 200 circumaural earphones. *Int J Audiol.* 2010; 49(6): 467-471.
42. Munro K.J., Contractor A.: Inter-aural attenuation with insert earphones. *Int J Audiol.* 2010; 49(10): 799-801.
43. Toma M.M.T., Matas C.G.: Auditory brainstem response (ABR): use of masking in unilateral hearing loss patients. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* 2003; 69(3): 56-62.
44. Heil N., Dong-Hee L.: Binaural electric-acoustic interactions recorded from the inferior colliculus of Guinea pigs: the effect of masking observed in the central nucleus of the inferior colliculus. *Clin Exp Otorhinolaryngol.* 2012; 5(3): 122-131.
45. Ozdamar O., Stein L.: Auditory brain stem response (ABR) in unilateral hearing loss. *Laryngoscope* 1981; 91(4): 565-574.
46. Lai J., Bartlett E.L.: Masking differentially affects envelope-following responses in young and aged animals. *Neuroscience* 2018; 386: 150-165.
47. Yilmaz M.S., Guven M., Cesur S., Oguz H.: The auditory brainstem responses in patients with unilateral cochlear hearing loss. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2013; 65(3): 203-209.
48. Silva B.C.S., Jacob-Corteletti L.C.B., Araújo E.S., Alvarenga K.F.: O uso do mascaramento contralateral na pesquisa do potencial evocado auditivo de tronco encefálico por condução aérea: revisão sistemática. Use of contralateral masking in air-conduction auditory brainstem response: systematic review. *Audiol Commun Res.* 2019; 24: e2108.
49. Humes L.E., Ochs M.G.: Use of contralateral masking in the measurement of the auditory brainstem response. *J Speech Hear Res.* 1982; 25(4): 528-535.
50. Tsun-Min L., Fang-Wei W., Hsiuwen C., Hung-Ching L.: Using click-evoked auditory brainstem response thresholds in infants to estimate the corresponding pure-tone audiometry thresholds in children referred from UNHS. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2017; 95: 57-62.
51. Skarżyński H., Mueller-Malesińska M., Kochanek K., Geremek A., Senderski A., Ratyńska J.: Metody stosowane do badań przesiewowych słuchu u noworodków. *Audiofonologia* 1997; 11: 139-146.
52. Teralandur K.P, Moushegian G.: Rate, frequency, and intensity effects on early auditory evoked potentials and binaural interaction component in humans. *J Am Acad Audiol.* 1993; 4(4): 229-237.
53. Elberling C., Don M.: Auditory brainstem responses to a chirp stimulus designed from derived-band latencies in normal-hearing subjects. *J Acoust Society Am.* 2008; 124(5): 3022-3037.
54. Reddy C., Reddy M., Suresh K.: Comparison of stacked tone-ABR and chirp ABR in individual with normal hearing and sensorineural hearing loss. *Int J Otorhinolaryngol Head Neck Surg.* 2018; 4(2): 550-554.
55. Elberling C., Callø J., Don M.: Evaluating auditory brainstem responses to different chirp stimuli at three levels of stimulation. *J Acoust Soc Am.* 2010; 128(1): 215-223.
56. Jędrzejczak W.W., Kochanek K., Śliwa L., Piłka E., Piotrowska A., Skarżyński H.: Chirp-evoked otoacoustic emissions in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2013; 77(1): 101-106.
57. Śpiewak P., Adamek J.: Badanie proggu słuchu przy użyciu ASSR CE-Chirp. *Otorinolaryngologia* 2015; 14(3): 157-162.
58. Yaprak N., Sayar E., Derin A.T., Bostancı A., Turhan M., Yılmaz A.: Hearing evaluation with ABR in pediatric patients with celiac disease. *Turk J Gastroenterol.* 2020; 31(2): 163-166.

59. Fávero M.L., Carvalho Silva F.L., Tabith A. Jr, Nicastro F.S., Gudmond M.C., Spinelli M.: Changes in click characteristics during ABR recording. *Braz J Otorhinolaryngol* 2007; 73(1): 7-11.
60. Kochanek K., Jędrzejczak WW, Śliwa L.: Evaluation of partial deafness patients by means of auditory evoked potentials, otoacoustic emissions, and wideband tympanometry. [W:] *Methods of partial deafness treatment*. Skarżyński H., Skarżyński P.H. (red.). Wyd 1. Tylor & Francis Group, 2021 London.
61. Kochanek K., Skarżyński H., Piłka A., Orkan-Lęcka E.: Ocena proggu słyszenia dla 500 Hz za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w resztkach słuchowych i częściowej głuchocie. *Audiofonologia* 2003; 24: 71-77.
62. Śpiewak P., Adamek J., Śpiewak B.: Różnicowanie niedosłuchów ciężkich od głębokich u niemowląt i małych dzieci przy użyciu ASSR „CE-Chirp”. *Pol. Przegl. Otorynolaryngol.* 2013; 2(4): 210-215.
63. Kochanek K.: Ocena czułości słuchu za pomocą rejestracji słuchowych potencjałów wywołanych z pnia mózgu. [W:] *Audiologia Kliniczna. Zarys*. Pruszewicz A., Obrębski A. (red.). Wyd. 3. Wydawnictwo Naukowe Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Poznań 2003.
64. Kochanek K., Orkan-Lęcka E., Piłka A., Śliwa L., Skarżyński H.: Wpływ ubytku słuchu typu ślimakowego na wartość różnicy międzysusznej latencji fali V - IT5 w odpowiedziach ABR dla krótkich tonów. Część I. Ubytek jednostronny. *Audiofonologia* 2006; 29: 31-36.
65. Rodrigues G.R.I., Ramos N., Lewis D.R.: Comparing auditory brainstem responses (ABRs) to toneburst and narrow band CE-chirp in young infants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2013; 77(9): 1555-1560.
66. Cargnelutti M., Cóser P.L., Biaggio E.P.V.: LS CE-Chirp® vs. Click in the neuroaudiological diagnosis by ABR. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2017; 83(3): 313-317.
67. Pruszewicz A.: Audiometria odpowiedzi elektrycznych. [W:] *Audiologia kliniczna*. Pruszewicz A., Obrębski A. (red.). Wyd. 3. Wydawnictwo Naukowe Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Ponań 2003.
68. Zaitoun M., Cumming S., Purcell A., O'Brien K.: The impact of clinical history on the threshold estimation of auditory brainstem response results for infants. *J Speech Lang Hear Res.* 2017; 60(3): 725-731.
69. Miller J.D.: Sex differences in the length of the organ of Corti in humans. *J Acoust Soc Am.* 2007; 121(4): EL151-155.
70. Corazzi V., Ciorba A., Skarżyński P.H., Skarżyńska M.B., Bianchini C., Stomeo F., Bellini T., Pelucchi S., Hatzopoulos S.: Gender differences in audio-vestibular disorders. *Int J Immunopathol Pharmacol.* 2020; 34: 2058738420929174.
71. Jalaei B., Azmi M.H.A.M., Zakaria M.N.: Gender differences in binaural speech-evoked auditory brainstem response: are they clinically significant? *Braz J Otorhinolaryngol* 2019; 85(4): 486-493.
72. Ng C.-W., Navarro X., Engle J.R., Recanzone G.H.: Age-related changes of auditory brainstem responses in nonhuman primates. *J Neurophysiology* 2015; 114(1): 455-467.
73. Konrad-Martin D., Dille M.F., McMillan G., Griest S., McDermott D., Fausti S.A., Austin D.F.: Age-related changes in the auditory brainstem response. *J Am Acad Audiol.* 2012; 23(1): 18-35.
74. Lightfoot G., Cairns A., Stevens J.: Noise levels required to mask stimuli used in auditory brainstem response testing. *Int J Audiol.* 2010; 49(10): 794-798.
75. Sekula A.: Badania przesiewowe słuchu. [W:] *Zarys foniatrii klinicznej*. Pruszewicz A., Obrębski A. (red.). Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Poznań 2019.

76. Radziszewska-Konopka M.: Program Powszechnych Przesiewowych Badań słuchu u Noworodków w Polsce organizowany przez Fundację Wielka Orkiestra Świątecznej Pomocy. *Audiofonologia* 2002; 21: 107-119.
77. Harlor A.D.B. Jr, Bower C.: Hearing assessment in infants and children: recommendations beyond neonatal screening. *Pediatrics* 2009; 124(4): 1252-1263.

16. Spis rycin i tabel

16.1. Spis rycin

Ryc. 1.	Schemat budowy ucha wewnętrznego	7
Ryc. 2.	Graficzne przedstawienie różnicy faz oraz międzyuszej różnicy czasu i międzyuszej różnicy natężenia	10
Ryc. 3.	Zapis fal audiometrii odpowiedzi elektrycznych (<i>ang.</i> electric response audiometry, ERA)	15
Ryc. 4.	Wykres latencji (ms) w funkcji natężenia bodźca (dB nHL)	16
Ryc. 5.	Zapis odpowiedzi z pnia mózgu z zaznaczonymi falami I, III, V	17
Ryc. 6.	Schemat czasowy sygnału click	19
Ryc. 7.	Schemat czasowy sygnału tone burst	20
Ryc. 8.	Schemat czasowy sygnału chirp	22
Ryc. 9.	Cztery różne modele opóźnienia ślimaka wyodrębnione z wąskopasmowego ACAP z (Eggermont, 1979), ton-burst ABR z (Neely i in., 1988), wąskopasmowy ABR (Don, Kwong i Tanaka, 2005) oraz model ślimakowy (de Boer, 1980). Przedrukowano z Elberling i in. (2007)	23
Ryc. 10.	Schemat połączenia dwukanałowego obu uszu (materiały Intelligent Hearing System)	31
Ryc. 11.	Schemat czasowy oraz widmo sygnału click (materiały Intelligent Hearing System)	33
Ryc. 12.	Schemat czasowy oraz widmo sygnału Tone Burst 500 Hz (materiały Intelligent Hearing System)	33
Ryc. 13.	Schemat czasowy oraz widmo sygnału Tone Burst 1000 Hz (materiały Intelligent Hearing System)	34
Ryc. 14.	Schemat czasowy oraz widmo sygnału BB iChirp (materiały Intelligent Hearing System)	34
Ryc. 15.	Schemat czasowy oraz widmo sygnału NB iChirp500 Hz (materiały Intelligent Hearing System)	35
Ryc. 16.	Schemat czasowy oraz widmo sygnału NB iChirp1000 Hz (materiały Intelligent Hearing System)	36
Ryc. 17.	Graficzne przedstawienie wszystkich zestawionych audiogramów dla ucha z ubytkiem słuchu. Osobno dla ucha lewego (kolor niebieski, strona prawa) i prawego	42
Ryc. 18.	Latencja fali V przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową	60
Ryc. 19.	Amplituda fali V przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową	61
Ryc. 20.	Amplituda Peak-to-Peak przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową	62
Ryc. 21.	Stosunek sygnału do szumu SNR przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową	63
Ryc. 22.	RN przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową	64
Ryc. 23.	Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową	65
Ryc. 24.	Latencja fali V przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową	66
Ryc. 25.	Amplituda fali V przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową	67
Ryc. 26.	Peak-to-Peak Amplituda przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową	68

Ryc. 27.	SNR przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	69
Ryc. 28.	RN przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową	70
Ryc. 29.	Artefakty przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową	71
Ryc. 30.	Latencja fali V przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	72
Ryc. 31.	Amplituda fali V przy natężeniu bodźca 60 dB nHL, dla ucha z normą słuchową	73
Ryc. 32.	PP Amplituda przy natężeniu bodźca 60 dB nHL, dla ucha z normą słuchową	74
Ryc. 33.	SNR przy natężeniu bodźca 60 dB nHL, dla ucha z normą słuchową.....	75
Ryc. 34.	RN przy natężeniu bodźca 60 dB nHL, dla ucha z normą słuchową	76
Ryc. 35.	Artefakty przy natężeniu bodźca 60 dB nHL, dla ucha z normą słuchową	77
Ryc. 36.	Latencja fali V przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	79
Ryc. 37.	Amplituda fali V przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	81
Ryc. 38.	PP Ampl. przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	82
Ryc. 39.	PP Ampl. przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	83
Ryc. 40.	SNR przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	84
Ryc. 41.	RN przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	85
Ryc. 42.	RN przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	86
Ryc. 43.	Artefakty przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	87
Ryc. 44.	Latencja fali V przy natężeniu bodźca 0 dB SL, dla ucha z ubytkiem słuchu.....	88
Ryc. 45.	Amplituda fali V przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	89
Ryc. 46.	PP Ampl. przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	90
Ryc. 47.	PP Ampl. przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	91
Ryc. 48.	SNR przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	92
Ryc. 49.	SNR przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	93
Ryc. 50.	RN przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	94
Ryc. 51.	RN przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	94
Ryc. 52.	Artefakty przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	95
Ryc. 53.	Latencja fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	97
Ryc. 54.	Amplituda fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	98
Ryc. 55.	Latencja fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	99
Ryc. 56.	Latencja fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	100
Ryc. 57.	SNR przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	101
Ryc. 58.	SNR przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	101
Ryc. 59.	RN przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	102
Ryc. 60.	RN przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	103
Ryc. 61.	Latencja fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	104
Ryc. 62.	Latencja fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	105
Ryc. 63.	Zgodność wyniku badania ABR z audiogramem pacjenta (ucho z normą słuchową).....	106
Ryc. 64.	Zgodność wyniku ABR z audiogramem pacjenta (ucho z ubytkiem słuchu)	107
Ryc. 65.	Audiogram ucha prawego pacjenta nr 7 [dB HL]	109
Ryc. 66.	Wynik badania ABR dla pacjenta nr 7 [dB nHL]	109
Ryc. 67.	Audiogram ucha prawego pacjenta nr 12 [dB HL]	110
Ryc. 68.	Wynik badania ABR dla pacjenta nr 12 [dB nHL]	110
Ryc. 69.	Audiogram ucha prawego pacjenta nr 24	111
Ryc. 70.	Wynik badania ABR pacjenta nr 24.....	111

Ryc. 71.	Audiogram ucha prawego pacjenta nr 28	112
Ryc. 72	Wynik badania ABR pacjenta nr 28.....	112
Ryc. 73.	Audiogram ucha prawego pacjenta nr 32	113
Ryc. 74	Wynik badania ABR pacjenta nr 32.....	113
Ryc. 75.	Audiogram ucha lewego pacjenta nr 53	114
Ryc. 76.	Wynik badania ABR dla pacjenta nr 53	114
Ryc. 77.	Audiogram ucha lewego pacjenta nr 76.....	114
Ryc. 78.	Wynik badania ABR pacjenta nr 76.....	114
Ryc. 79.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 21-40 dB HL przy natężeniu bodźca 10 dB SL..	146
Ryc. 80.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 41-70 dB HL przy natężeniu bodźca 10 dB SL..	147
Ryc. 81.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 71-90 dB HL przy natężeniu bodźca 10 dB SL..	147
Ryc. 82.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu >90 dB HL przy natężeniu bodźca 10 dB SL	147
Ryc. 83.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 21-40 dB HL przy natężeniu bodźca 0 dB SL	148
Ryc. 84.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 41-70 dB HL przy natężeniu bodźca 0 dB SL	148
Ryc. 85.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 71-90 dB HL przy natężeniu bodźca 0 dB SL	148
Ryc. 86.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu >90 dB HL przy natężeniu bodźca 0 dB SL.....	148
Ryc. 87.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 21-40 dB HL przy natężeniu bodźca -20 dB SL	149
Ryc. 88.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 41-70 dB HL przy natężeniu bodźca -20 dB SL	149
Ryc. 89.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu 71-90 dB HL przy natężeniu bodźca -20 dB SL	149
Ryc. 90.	Wykres RN dla głębokości niedosłuchu >90 dB HL przy natężeniu bodźca -20 dB SL	149

16.2. Spis tabel

Tabela 1.	Wartości przesłuchu międzysusznego w badaniu ABR przy zastosowaniu różnych przetworników (G_Lightfoot)	24
Tabela 2.	Wartość korekty do oszacowania zamiany jednostki stosowanej w badaniu ABR (dB nHL) na jednostki stosowane w audiometrii tonalnej (dB HL)	29
Tabela 3.	Sygnał click.....	32
Tabela 4.	Sygnał Tone burst	33
Tabela 5.	Sygnał BB iChirp	34
Tabela 6.	Pasmo częstotliwości sygnału NB iChirp	35
Tabela 7.	Sygnał NB iChirp	35
Tabela 8.	Głębokość niedosłuchu występująca u pacjentów w uchu z ubytkiem słuchu wykazany w audiometrii tonalnej.....	38
Tabela 9.	Podział grupy badanej ze względu na płeć pacjenta.....	38
Tabela 10.	Rodzaj niedosłuchu występujący u pacjentów po stronie ucha z ubytkiem słuchu	38
Tabela 11.	Podział grupy badanej ze względu na stronę występowania niedosłuchu.....	39
Tabela 12.	Wiek pacjenta, w którym wykryto niedosłuch.....	39
Tabela 13.	Czas występowania niedosłuchu u pacjenta	39
Tabela 14.	Wyniki audiometrii tonalnej dla poszczególnych pacjentów (dla ucha z niedosłuchem).....	40

Tabela 15.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca click 20 dB nHL	43
Tabela 16.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca click 40 dB nHL	43
Tabela 17.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca click 60 dB nHL	43
Tabela 18.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca BBchirp 20 dB nHL	44
Tabela 19.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca BBchirp 40 dB nHL	44
Tabela 20.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca BBchirp 60 dB nHL	44
Tabela 21.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB500 20 dB nHL	45
Tabela 22.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB500 40 dB nHL	45
Tabela 23.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB500 60 dB nHL	45
Tabela 24.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca Chirp500 20 dB nHL.....	46
Tabela 25.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca Chirp500 40 dB nHL.....	46
Tabela 26.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca Chirp500 60 dB nHL.....	47
Tabela 27.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB1000 20 dB nHL.....	47
Tabela 28.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB1000 40 dB nHL.....	47
Tabela 29.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca TB1000 60 dB nHL.....	48
Tabela 30.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca chirp1000 20 dB nHL	48
Tabela 31.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca chirp1000 40 dB nHL	49
Tabela 32.	Zestawienie wyników dla ucha z normą słuchową przy natężeniu bodźca chirp1000 60 dB nHL	49
Tabela 33.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca click 10 dB SL	50
Tabela 34.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca click 0 dB SL	50
Tabela 35.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca click -20 dB SL.....	50
Tabela 36.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca BBChirp 10 dB SL	51
Tabela 37.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca BBChirp 0 dB SL	51
Tabela 38.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca BBChirp -20 dB SL.....	52

Tabela 39.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB500 10 dB SL.....	52
Tabela 40.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB500 0 dB SL.....	53
Tabela 41.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB500 -20 dB SL	53
Tabela 42.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca Chirp500 10 dB SL	54
Tabela 43.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca Chirp500 0 dB SL.....	54
Tabela 44.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca Chirp500 -20 dB SL.....	54
Tabela 45.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB1000 10 dB SL	55
Tabela 46.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB1000 0 dB SL.....	55
Tabela 47.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca TB1000 -20 dB SL.....	55
Tabela 48.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca Chirp1000 10 dB SL.....	56
Tabela 49.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca Chirp1000 0 dB SL	57
Tabela 50.	Zestawienie wyników dla ucha z ubytkiem słuchu przy natężeniu bodźca Chirp1000 -20 dB SL	57
Tabela 51.	Liczba wykrytych przypadków zarejestrowania fali V dla ucha z normą słuchową	58
Tabela 52.	Analiza statystyczna długości latencji fali V przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	59
Tabela 53.	Analiza statystyczna wysokości Amplitudy fali V przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	61
Tabela 54.	Analiza statystyczna dotycząca Amplitudy Peak-to-Peak przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	62
Tabela 55.	Analiza statystyczna dotycząca stosunku sygnału do szumu SNR przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	63
Tabela 56.	Analiza statystyczna dotycząca szumu resztkowego przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	64
Tabela 57.	Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca 20 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	65
Tabela 58.	Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	66
Tabela 59.	Analiza statystyczna dotycząca amplitudy fali V przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	67
Tabela 60.	Analiza statystyczna dotycząca PP Ampl. przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	68
Tabela 61.	Analiza statystyczna dotycząca SNR przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową	69
Tabela 62.	Analiza statystyczna dotycząca RN przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową	70

Tabela 63.	Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca 40 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	71
Tabela 64.	Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	72
Tabela 65.	Analiza statystyczna dotycząca amplitudy fali V przy natężeniu bodźca 60 dB nHL, dla ucha z normą słuchową.....	73
Tabela 66.	Analiza statystyczna dotycząca PP amplitudy przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	74
Tabela 67.	Analiza statystyczna dotycząca SNR przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową	75
Tabela 68.	Analiza statystyczna dotycząca RN przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową	76
Tabela 69.	Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca 60 dB nHL dla ucha z normą słuchową.....	77
Tabela 70.	Wykrywalność fali V dla ucha z ubytkiem słuchu dla poszczególnych bodźców przy różnych natężeniach	78
Tabela 71.	Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	79
Tabela 72.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	79
Tabela 73.	Analiza statystyczna dotycząca amplitudy fali V przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	80
Tabela 74.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	81
Tabela 75.	Analiza statystyczna dotycząca PP Ampl. przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	82
Tabela 76.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	82
Tabela 77.	Analiza statystyczna dotycząca SNR przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	83
Tabela 78.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	84
Tabela 79.	Analiza statystyczna dotycząca RN przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	85
Tabela 80.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	85
Tabela 81.	Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca 10 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	86
Tabela 82.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	87
Tabela 83.	Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	88
Tabela 84.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	88
Tabela 85.	Analiza statystyczna dotycząca amplitudy fali V przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	89
Tabela 86.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	89

Tabela 87.	Analiza statystyczna dotycząca PP Ampl. przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	90
Tabela 88.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	91
Tabela 89.	Analiza statystyczna dotycząca SNR przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	92
Tabela 90.	Porównanie bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (Test kolejności par Wilcoxona)	92
Tabela 91.	Analiza statystyczna dotycząca RN przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	93
Tabela 92.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	94
Tabela 93.	Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca 0 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	95
Tabela 94.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	96
Tabela 95.	Analiza statystyczna dotycząca latencji fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	96
Tabela 96.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	97
Tabela 97.	Analiza statystyczna dotycząca amplitudy fali V przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	98
Tabela 98.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	98
Tabela 99.	Analiza statystyczna parametru PP Amplitudy przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	99
Tabela 100.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	99
Tabela 101.	Analiza statystyczna dotycząca SNR przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	100
Tabela 102.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	101
Tabela 103.	Analiza statystyczna dotycząca RN przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu	102
Tabela 104.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	103
Tabela 105.	Analiza statystyczna dotycząca artefaktów przy natężeniu bodźca -20 dB SL dla ucha z ubytkiem słuchu.....	104
Tabela 106.	Porównanie wyników analizy dla bodźców w zależności od częstotliwości bodźca (test kolejności par Wilcoxona)	104
Tabela 107.	Wyniki badań dotyczące przesłuchu dla N ważnych	108
Tabela 108.	Procentowy rozkład zarejestrowanych przesłuchów dla poszczególnych bodźców ..	108
Tabela 109.	Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla wszystkich zarejestrowanych przypadków przesłuchu.....	108
Tabela 110.	Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 7	110
Tabela 111.	Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 12	111
Tabela 112.	Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 24	111
Tabela 113.	Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 28	112

Tabela 114.	Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 32	113
Tabela 115.	Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 53	114
Tabela 116.	Parametry zarejestrowanych odpowiedzi z pnia mózgu dla pacjenta nr 76	115
Tabela 117.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału click.....	117
Tabela 118.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału BBChirp.....	118
Tabela 119.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB500	118
Tabela 120.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp500	119
Tabela 121.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB1000	120
Tabela 122.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp1000.....	121
Tabela 123.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału click	122
Tabela 124.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału BBChirp	122
Tabela 125.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału TB500.....	123
Tabela 126.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału Chirp500	124
Tabela 127.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału TB1000	124
Tabela 128.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od wieku pacjenta testem Spearmana dla sygnału Chirp1000.....	125
Tabela 129.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału click.....	127
Tabela 130.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału BBChirp.....	128
Tabela 131.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB500	129
Tabela 132.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp500	129
Tabela 133.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB1000	130
Tabela 134.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od płci testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp1000.....	131
Tabela 135.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału click	132
Tabela 136.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału BBChirp	133
Tabela 137.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału TB500.....	133
Tabela 138.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału Chirp500	134

Tabela 139.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału TB1000.....	135
Tabela 140.	Badanie zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów ze względu na wiek testem Spearmana dla sygnału Chirp1000	135
Tabela 141.	Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału click.....	136
Tabela 142.	Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału BBCirp.....	137
Tabela 143.	Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału TB500	138
Tabela 144.	Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału Chirp500.....	138
Tabela 145.	Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału TB1000.....	139
Tabela 146.	Badanie zależności pomiędzy wiekiem wystąpienia niedosłuchu u pacjentów a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem Spearmana dla sygnału Chirp1000	140
Tabela 147.	Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału click.....	141
Tabela 148.	Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału BBChirp.....	142
Tabela 149.	Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB500	142
Tabela 150.	Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp500....	143
Tabela 151.	Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB1000.....	144
Tabela 152.	Badanie zależności pomiędzy typem niedosłuchu a latencją, amplitudą, PP Ampl, SNR, RN oraz liczbą artefaktów testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp1000 .	144
Tabela 153.	Porównanie wyników badań na poszczególnych poziomach natężenia dB SL testem Kruskala-Wallis dla sygnału click	146
Tabela 154.	Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału click.....	150
Tabela 155.	Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału BBChirp.....	151
Tabela 156.	Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB500	151
Tabela 157.	Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp500.....	152
Tabela 158.	Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału TB1000.....	153
Tabela 159.	Analiza zależności latencji, amplitudy, PP Ampl, SNR, RN oraz liczby artefaktów od strony ubytku słuchu testem U Manna-Whitneya dla sygnału Chirp1000.....	153

17. Uchwała Komisji Bioetycznej



UNIwersytet Medyczny Im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

KOMISJA BIOETYCZNA PRZY UNIwersYTECIE MEDYCZNYM
IM. KAROLA MARCINKOWSKIEGO W POZNANIU

Collegium Stomatologicum
ul. Bukowska 70
60-812 Poznań

tel. (+48 61) 854 73 36
www.bioetyka.ump.edu.pl

Uchwała nr 329/19

Ustawa z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarzy i lekarzy dentysty (Dz. U. z 2018 r., poz. 617 z późn. zm.); Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11 maja 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad prowadzenia i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych (Dz. U. z 1999 r., Nr 47, poz. 488); Ustawa z dnia 4 września 2001 r. Prawo farmaceutyczne (t.j. Dz. U. z 2017 r., poz. 2211 z późn. zm.); Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 28 kwietnia 2004 r. w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej badacza i sponsora (Dz. U. z 2004 Nr 101, poz. 1034 z późn. zm.); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 maja 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej badacza i sponsora (Dz. U. z 2005 r., Nr 101, poz. 1455); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 28 kwietnia 2004 r. w sprawie sposobu prowadzenia badań klinicznych z udziałem małoletnich (Dz. U. z 2004 r., Nr 104, poz. 1188); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 28 kwietnia 2004 r. w sprawie zgłoszenia nieopodlegającego ociepleniemu przygotowanego do badania klinicznego wyrobu medycznego (Dz. U. z 2004 r., Nr 104, poz. 1187); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 lutego 2016 r. w sprawie sposobu wniosków zgłoszonych z badaniami klinicznymi wyrobu medycznego lub aktywnego wyrobu medycznego do implantacji oraz wywołanych opłat za złożenie tych podjęć (Dz. U. z 2016 r., poz. 200); Ustawa z dnia 20 maja 2018 r. o wyrobach medycznych (Dz. U. z 2018 r., poz. 1187); Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 6 października 2018 r. w sprawie obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej sponsora i badacza klinicznego w związku z prowadzeniem badania klinicznego wyrobu (Dz. U. z 2018 r., Nr 194, poz. 1296); Ustawa z dnia 18 marca 2011 r. o Urzędzie Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobiotycznych (Dz. U. z 2016 r., poz. 1718 z późn. zm.); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 maja 2012 r. w sprawie Dobrej Praktyki Klinicznej (Dz. U. z 2012 r., poz. 489); Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 12 października 2018 r. w sprawie sposobu dokonywania przedklinicznych w związku z badaniami klinicznymi produktu leczniczego oraz opłat za złożenie wniosku o rozpoczęcie badania klinicznego (Dz. U. z 2018 r., poz. 1994); w sprawie o Deklarację Helsińską - Zasad Etycznego Postępowania w Eksperymentach Medycznych i Udziałem Ludzi oraz przepisy RCH GCP.

Komisja Bioetyczna, na posiedzeniu w dniu **07 marca 2019 r.**

rozpatrzyła wniosek dotyczący prowadzenia badań naukowych.

Kierownicy projektu: **dr hab. n. med. Alicja Sekula**
dr n. med. Michał Karlik

Miejsce prowadzenia badań:
Katedra i Klinika Foniatrii i Audiologii
Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu

Główny badacz: **mgr Małgorzata Nowak**

Temat badań:

„Analiza rejestracji słuchowych potencjałów wywołanych z pnia mózgu u osób z jednostronnym niedosłuchem przy zastosowaniu różnych bodźców akustycznych”.

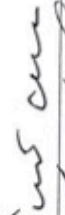
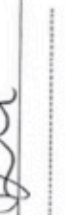
Okres prowadzenia badań: **marzec 2019 r. – marzec 2020r.**

Komisja wydała uchwałę o pozytywnym zaopiniowaniu tego wniosku

Przewodniczący Komisji

prof. zw. dr hab. med. Paweł Chęciński

Podpisy członków Komisji Bioetycznej podejmujących Uchwałę nr 329/19 z dnia 07.03.2019r.

Lp.	Imię i Nazwisko	Specjalność	Miejsce Pracy	Podpis
1.	Przewodniczący Komisji prof. dr hab. Paweł Chęciński	chirurgia ogólna, naczyniowa i angiologia	Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyniowej oraz Angiologii UMP, ZOZ MSWiA, ul. Dojazd 34, 60-631 Poznań.	
2.	Z-ca Przewodniczącego Komisji prof. dr hab. Janusz Wiśniewski	filozof	Wydział Nauk Politycznych i Dziennikarstwa UAM, ul. Umultowska 89A, 61-614 Poznań.	
3.	prof. dr hab. Zygmunt Adamski	dermatologia i wenerologia	Katedra i Klinika Dermatologii UMP, ul. Przybyszewskiego 49, 60-355 Poznań	
4.	dr Krystyna Babiak	prawnik	Kancelaria Rady Prawnego, dr Krystyna Babiak, ul. Czarotia 12, 61-102 Poznań.	
5.	ks. prof. UAM dr hab. Andrzej Bohdanowicz	teologia	Wydział Teologiczny Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Wieszowa 2/4, Poznań	
6.	prof. dr hab. Maciej Krawczyński	genetyka kliniczna, okulistyka	Katedra i Zakład Genetyki Medycznej UMP, ul. Rokietnicka 8, 60-806 Poznań.	
7.	mgr Jolanta Łojko-Kolodziejczak	pielęgniarka	Pielęgniarka Oddziałowa Izby Przyjęć Szpitala Klinicznego im. Karola Jonschera UMP, ul. Szpitalna 27/33, 60-572 Poznań.	
8.	mgr Krystyna Malingier	farmaceuta	Apteka Ginekologiczno-Położniczego Szpitala Klinicznego UMP, ul. Polna 33, 60-535 Poznań.	
9.	prof. dr hab. Andrzej Marszałek	patomorfologia	Katedra i Zakład Patologii i Profilaktyki Nowotworów UMP, ul. Garbary 15, 61-866 Poznań.	
10.	prof. dr hab. Maciej Owecki	choroby wewnętrzne, endokrynologia	Zakład Zdrowia Publicznego UMP, ul. Dąbrowskiego 79, 60-529 Poznań.	
11.	prof. dr hab. Wojciech Szulcowski	pediatria, neurologia dziecięca, choroby zakaźne	Klinika Chorób Zakaźnych i Neurologii Dziecięcej UMP, ul. Szpitalna 27/33, 60-572 Poznań.	
12.	prof. dr hab. Robert Spaczynski	ginekologia i położnictwo	Klinika Niepłodności i Endokrynologii Rozrodu UMP, ul. Polna 33, 60-535 Poznań.	
13.	dr med. Piotr Tomczak	onkologia kliniczna, radioterapia	Klinika Onkologii UMP, ul. Szamarzewskiego 82/84, 60-569 Poznań.	
14.	prof. dr hab. Joanna Twarowska- Hauser	psychiatria	Klinika Psychiatrii Dorosłych, Zakład Genetyki w Psychiatrii UMP, ul. Rokietnicka 8, 60-806 Poznań.	
15.	prof. dr hab. Henryk Wysocki	choroby wewnętrzne, kardiologia	Wyższa Szkoła Pedagogiki i Administracji im. Mieszka I w Poznaniu, ul. Bułgarska 55, 60-320 Poznań.	