

Magdalena Kanabus¹, Elżbieta Szeląg¹, Joanna Szuchnik²,
Iwona Kołodziejczyk¹, Lech Śliwa², Adam Walkowiak²

¹ Pracownia Neuropsychologii Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN, Warszawa
² Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

Percepcja czasu u pacjentów z implantami ślimakowymi: wyniki badań eksperymentalnych

Time perception in cochlear implant users:
the results of experimental studies

Słowa kluczowe: percepcja czasu, implanty ślimakowe, rozumienie mowy.
Key words: time perception, cochlear implants, auditory comprehension.

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki pięciu eksperymentów dotyczących percepcji czasu u pacjentów z jedno- i wielokanałowymi implantami ślimakowymi oraz u osób normalnie słyszących. Wykazano, że funkcjonowanie pacjentów w tym zakresie ma silny związek z ich poziomem rozumienia mowy, oszacowywanym przy pomocy testów logopedycznych. U pacjentów z implantami jednokanałowymi, którzy osiągnęli niskie wyniki w tych testach, stwierdzono zaburzenia mechanizmu postrzegania kolejności zdarzeń (poziom głoszek) oraz mechanizmu integracyjnego (poziom fraz). Deficyty te obserwowano albo dla modalności słuchowej i wzrokowej, albo jedynie dla uszkodzonej modalności słuchowej. Zaburzenia funkcjonowania dwu powyższych mechanizmów dotyczą różnych zakresów czasowych i mogą być przyczyną trudności w rozumieniu mowy przez pacjentów z implantami.

Zaburzeń w percepcji czasu nie stwierdzono w przypadku wykonywania sekwencyjnych aktów ruchowych, co może odzwierciedlać brak deficytów w zakresie ekspresji mowy. Uzyskane wyniki wskazują więc na wyraźną dysocjację pomiędzy działaniem mózgowych mechanizmów kontrolujących recepcję i ekspresję mowy – podczas gdy te leżące u podłoża odbioru mowy mogą być zaburzone u użytkowników implantów ślimakowych, to mechanizmy kształtujące produkcję mowy działają u nich podobnie jak u osób normalnie słyszących.

Summary

The paper presents the results of five experiments concerning time perception in mono- and multichannel cochlear implant recipients and in normally hearing subjects. We showed strong relationships between the observed results and the level of speech comprehension assessed with language tests. In monochannel implant users who demonstrated poor performance in these tests, we observed deficits in temporal order judgement (phoneme level) and in temporal integration mechanism (phrase level). These deficits may concern either both auditory and visual modalities or can be limited only to the impaired auditory modality. The disorders in these two mechanisms of time perception may be related to the poor auditory comprehension in cochlear implant recipients.

Temporal aspects of motor control were unimpaired which is in agreement with the observation that patients did not show any deficits in speech expression. The obtained results may point to the dissociation between functioning of brain mechanisms that control speech reception and expression. Whereas the mechanisms underlying speech reception may be impaired in cochlear implant users, these controlling speech production seem to function similarly as these in normally hearing subjects.

W ramach realizacji niniejszego cyklu badań przeprowadzono pięć następujących eksperymentów:

- 1) eksperyment 1 – próg postrzegania kolejności zdarzeń;
- 2) eksperyment 2 – reprodukcja interwałów o określonym czasie trwania;
- 3) eksperyment 3 – integracja uderzeń metronomu;
- 4) eksperyment 4 – sukcesywne naciskanie na przycisk (*tapping*) w tempie najszybszym;
- 5) eksperyment 5 – sukcesywne naciskanie na przycisk (*tapping*) w tempie wygodnym (tzw. personalnym).

W poprzednim artykule, zamieszczonym w tym tomie „Audiofonologii” [autorzy: Szelać, Szuchnik, Kanabus, Kołodziejczyk, Śliwa, Senderski, Walkowiak], obszernie omówiono założenia teoretyczne, cele poszczególnych eksperymentów oraz zastosowaną metodykę. W obecnej pracy zostaną omówione wyniki uzyskane w tych badaniach, przedyskutujemy również otrzymane zależności.

Ze względu na różną specyfikę poszczególnych eksperymentów przedstawionych w niniejszym artykule w toku analiz statystycznych zastosowano różne metody opracowania uzyskanych wyników. W eksperymencie 3 (integracja uderzeń metronomu) oraz eksperymentach 4 i 5 [sukcesywne naciskanie na przycisk (*tapping*)] w tempie najszybszym lub w tempie wygodnym) wykorzystano analizę wariancji (szczegółowy opis patrz Wyniki). Natomiast w przypadku eksperymentu 1 (próg postrzegania kolejności zdarzeń) oraz eksperymentu 2 (reprodukcja interwałów o określonym czasie trwania), do których udało nam się zakwalifikować jedynie niewielu pacjentów spełniających opracowane przez nas kryteria doboru, używano testów nieparametrycznych, a mianowicie testu znaków rangowanych Wilcoxon (test rang dla dwóch prób skorelowanych) oraz testu *U* Manna-

Whitneya (test rang dla dwóch prób niezależnych). Ponadto zastosowano korelację rangową Spearmana.

I. WYNIKI

1. Eksperyment 1 – próg postrzegania kolejności zdarzeń

W przeprowadzonym eksperymencie analizowano średni procent poprawnych odpowiedzi w zakresie percepcji słuchowej i wzrokowej, uzyskanych dla poszczególnych przerw pomiędzy dwoma bodźcami (metoda patrz artykuł [Szelać (i in.)] w tym tomie „Audiofonologii”). Analizę statystyczną wykonano przy użyciu testu znaków rangowanych Wilcoxon. Porównywano wyniki uzyskane przez pacjentów i osoby z grupy kontrolnej, oddzielnie dla zadania słuchowego i oddzielnie dla wzrokowego. Przedmiotem analiz była również wartość przerwy pomiędzy dwoma bodźcami, przy której badani osiągnęli 75% poprawnych odpowiedzi. Opierając się na danych literaturowych [Tallal (i in.) 1998], wartość tę przyjmuje się za próg, od którego osoba poprawnie podaje kolejność bodźców. Ponadto przy użyciu korelacji rangowej Spearmana badaliśmy związek pomiędzy uzyskiwanym procentem poprawnych odpowiedzi dla każdej przerwy między bodźcami a poziomem rozumienia mowy, oszacowywanym za pomocą testów logopedycznych.

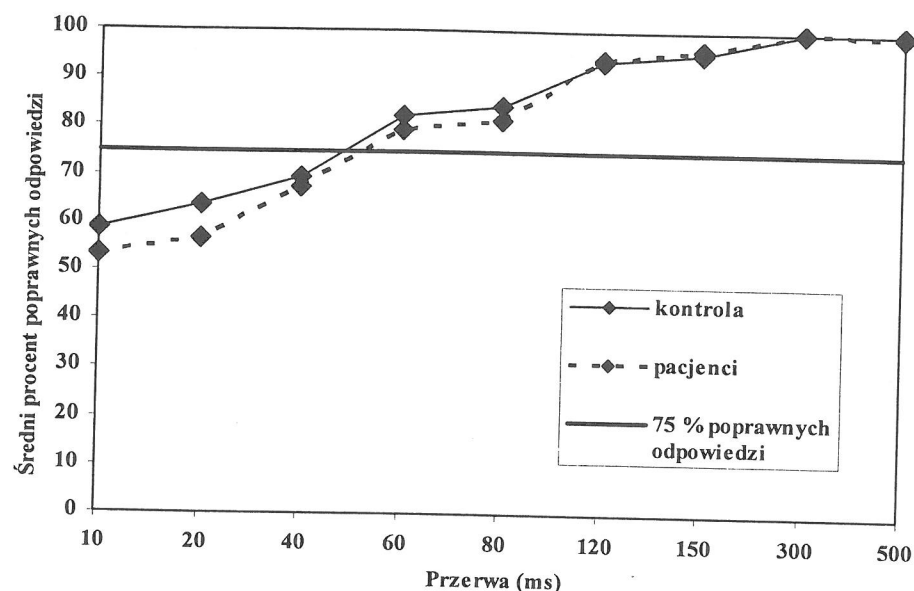
1.1. Próg postrzegania kolejności zdarzeń dla bodźców słuchowych

1.1.1. Pacjenci z implantami wielokanałowymi

Jak wspomniano w opisie metody, w przypadku tej grupy pacjentów zastosowano dwa sposoby ekspozycji bodźców: (1) w wolnym polu akustycznym i (2) bezpośrednią stymulację nerwu słuchowego przez elektrody implantu przy wykorzystaniu programowalnego interfejsu pomiarowego (*Research Interface Box* – RIB; szczegółowy opis patrz artykuły [Szelać (i in.)] oraz [Walkowiak, Śliwa] w tym tomie „Audiofonologii”).

W przypadku prezentacji tonów w wolnym polu akustycznym nie stwierdzono różnic w wykonaniu zadania pomiędzy pacjentami a osobami normalnie słyszającymi (rys. 1).

Zarówno osoby kontrolne, jak i osoby z implantami osiągały 75-procentowy próg poprawnych odpowiedzi, jeśli przerwa między dwoma bodźcami była dłuższa niż 40 milisekund (ms). Warto zaznaczyć, że obydwie grupy badanych już przy najkrótszej przerwie między dwoma bodźcami osiągały ok. 50-60% poprawnych odpowiedzi, przy przerwach zaś najdłuższych (300 i 500 ms) wykonywały to zadanie ze 100-procentową poprawnością.

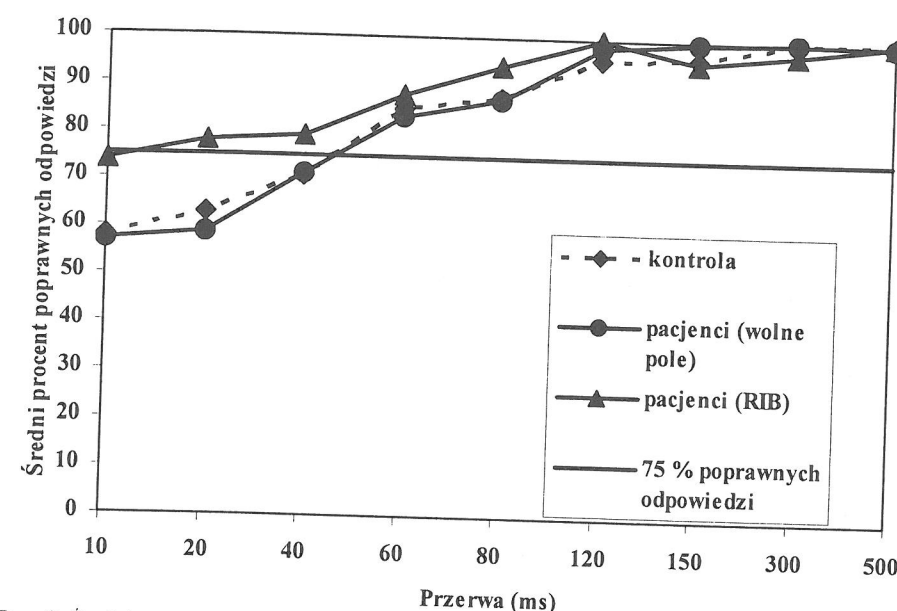


Rys. 1. Średni procent poprawnych odpowiedzi w zadaniu rozpoznawania kolejności bodźców słuchowych przez pacjentów z implantami wielokanałowymi (prezentacja bodźców w wolnym polu) oraz przez osoby normalnie słyszące

Natomiast w przypadku *bezpośredniej stymulacji nerwu słuchowego przez elektrody implantu* stwierdzono u pacjentów istotną poprawę w wykonaniu zadania w stosunku do stymulacji w *wolnym polu* dla przerw pomiędzy bodźcami 10, 20 i 120 ms ($p < .02$), natomiast różnice w stosunku do wyników uzyskanych w grupie kontrolnej były nieistotne z wyjątkiem przerwy 120 ms ($p < .05$ – rys. 2). W przypadku *bezpośredniej stymulacji nerwu słuchowego* pacjenci osiągnęli 75-procentowy próg poprawnych odpowiedzi już przy najkrótszej przerwie między bodźcami (10 ms).

Ponadto analiza korelacyjna wykazała związek pomiędzy wynikami przeprowadzonych testów logopedycznych a poziomem wykonania zadania słuchowego w sytuacji, kiedy bodźce podawane były w *wolnym polu* (tab. 1).

Ogólnie można stwierdzić, że w przypadkach wyróżnionych w tab. 1 wyższemu poziomowi wykonania w wymienionych podtestach logopedycznych towarzyszył wyższy procent poprawnych odpowiedzi przy danych przerwach między bodźcami. Jednocześnie nie stwierdzono istotnych korelacji pomiędzy wynikami uzyskanymi w tym zadaniu a poziomem inteligencji badanych osób oraz ich wiekiem.



Rys. 2. Średni procent poprawnych odpowiedzi w zadaniu rozpoznawania kolejności bodźców słuchowych przez osoby normalnie słyszące oraz pacjentów z implantami wielokanałowymi (prezentacja bodźców w wolnym polu i przy bezpośredniej stymulacji nerwu słuchowego przez elektrody implantu)

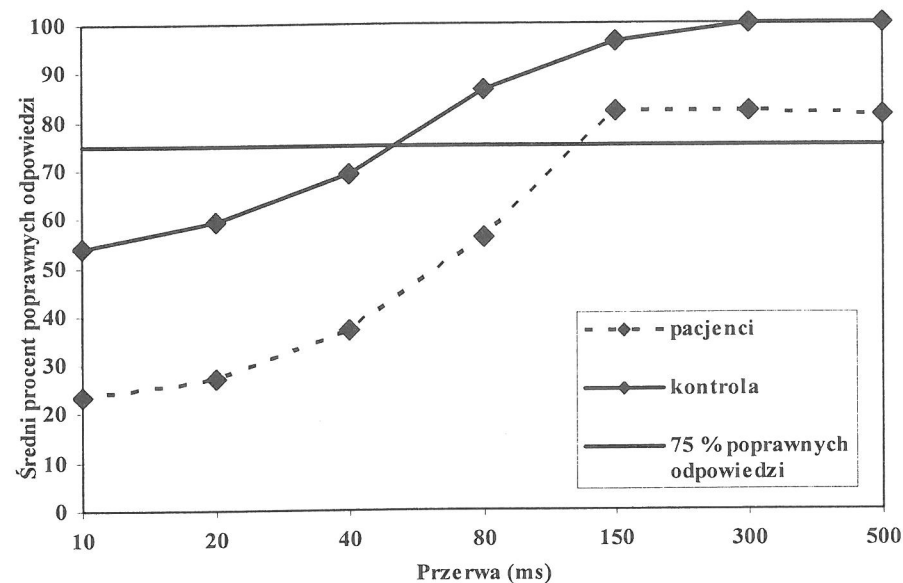
Tab. 1. Poziomy istotności współczynnika korelacji pomiędzy wynikami uzyskanymi w testach logopedycznych a procentem poprawnych odpowiedzi dla poszczególnych przerw pomiędzy bodźcami

	Przerwa pomiędzy bodźcami (ms)					
	10	20	40	60	80	120-500
Test Słuchowego Różnicowania Głosek	ns	ns	ns	ns	.03	ns
Identyfikacja samogłosek	.02	ns	ns	.06	ns	ns
Identyfikacja spółgłosek	.04	ns	.02	.06	.03	ns
Rozumienie słów jednosylabowych	.03	ns	ns	ns	.05	ns
Identyfikacja liczb w zakresie od 1 do 100	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Rozumienie zdań	.02	ns	ns	ns	ns	ns

Natomiast w przypadku *bezpośredniej stymulacji nerwu słuchowego przez elektrody implantu* korelacje w większości przypadków nie były istotne, a istotny związek stwierdzono jedynie pomiędzy wynikiem podtestu: „Identyfikacja samogłosek” a poziomem wykonania zadania dla przerw 10, 20, 40 i 60 ms.

1.1.2. Pacjenci z implantami jednokanałowymi

W eksperymencie tym zaobserwowano istotne różnice w wykonaniu zadania pomiędzy pacjentami a osobami normalnie słyszącymi (rys. 3).



Rys. 3. Średni procent poprawnych odpowiedzi w zadaniu rozpoznawania kolejności bodźców słuchowych przez pacjentów z implantami jednokanałowymi oraz osoby normalnie słyszące. Istotne różnice w wykonaniu zadania pomiędzy pacjentami a grupą kontrolną stwierdzono dla przerw 10, 20, 80, 150, 300 i 500 ms (odpowiednio: $p < .03$; $p < .04$; $p < .03$; $p < .05$; $p < .01$; $p < .02$) oraz różnicę na poziomie tendencji dla przerwy 40 ms ($p < .07$).

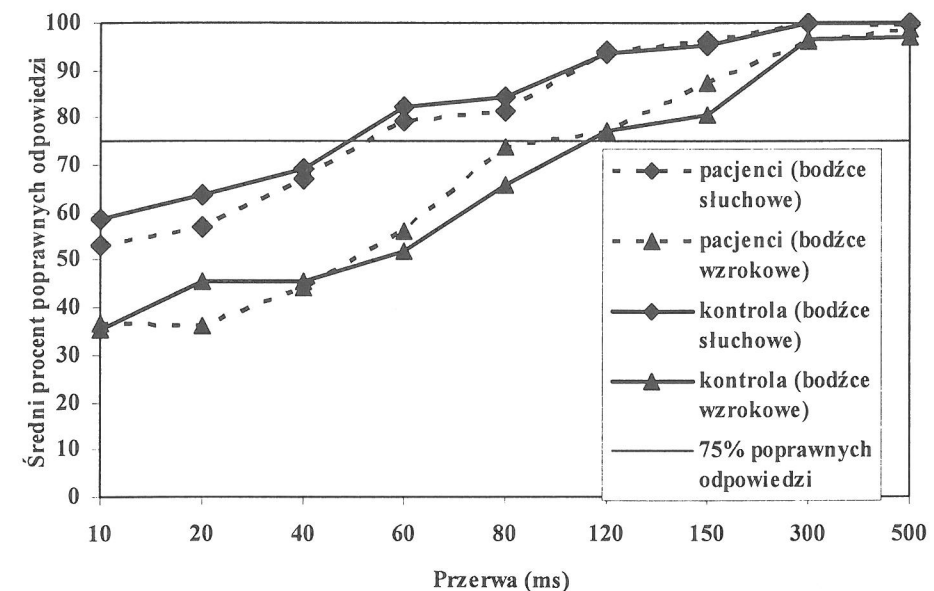
Dla wszystkich przerw między bodźcami pacjenci wykonywali to zadanie z mniejszą poprawnością niż osoby kontrolne. Istotne różnice w wykonaniu zadania stwierdzono dla wszystkich przerw pomiędzy bodźcami (poziomy istotności różnic zob. rys. 3) oprócz przerwy 40 ms, gdzie była ona na poziomie tendencji. Ponadto osoby kontrolne osiągały 75-procentowy próg poprawnych odpowiedzi dla przerwy między bodźcami dłuższej niż 40 ms, dla najkrótszej przerwy (10 ms) uzyskiwały ok. 50-60% poprawnych odpowiedzi, natomiast dla przerw najdłuższych (300 i 500 ms) wykonywały zadanie w zasadzie ze 100-procentową poprawnością. Wyniki w grupie osób z implantami były odmienne. Aby osiągnąć próg 75% poprawnych odpowiedzi, pacjenci potrzebowali przerwy między bodźcami powyżej 80 ms. Dla najkrótszej przerwy (10 ms) osiągnęli oni ok. 20% poprawnych odpowiedzi, ponadto nawet dla najdłuższych przerw nie uzyskali 100% poprawnych odpowiedzi.

Warto zaznaczyć, że w przypadku pacjentów z implantami jednokanałowymi nie stwierdzono korelacji pomiędzy poziomem wykonania tego zadania a wynikami testów logopedycznych, poziomem inteligencji oraz wiekiem badanych.

1.2. Próg postrzegania kolejności zdarzeń – porównania międzymodalne w zakresie percepcji wzrokowej i słuchowej*

1.2.1. Pacjenci z implantami wielokanałowymi

W wykonaniu zadania *wzrokowego* nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupą kontrolną a pacjentami dla żadnej z zastosowanych przerw między bodźcami (rys. 4).



Rys. 4. Średni procent poprawnych odpowiedzi w zadaniu rozpoznawania kolejności bodźców słuchowych i wzrokowych przez pacjentów z implantami wielokanałowymi oraz osoby normalnie słyszące. Istotne różnice pomiędzy wykonaniem zadania słuchowego i wzrokowego stwierdzono w kontroli dla przerw 10, 40, 60, 80 i 120 ms (odpowiednio: $p < .03$; $p < .02$; $p < .005$; $p < .01$; $p < .04$), a u pacjentów dla przerw od 10 do 150 ms (odpowiednio: $p < .05$; $p < .05$; $p < .02$; $p < .01$; $p < .03$; $p < .01$; $p < .02$).

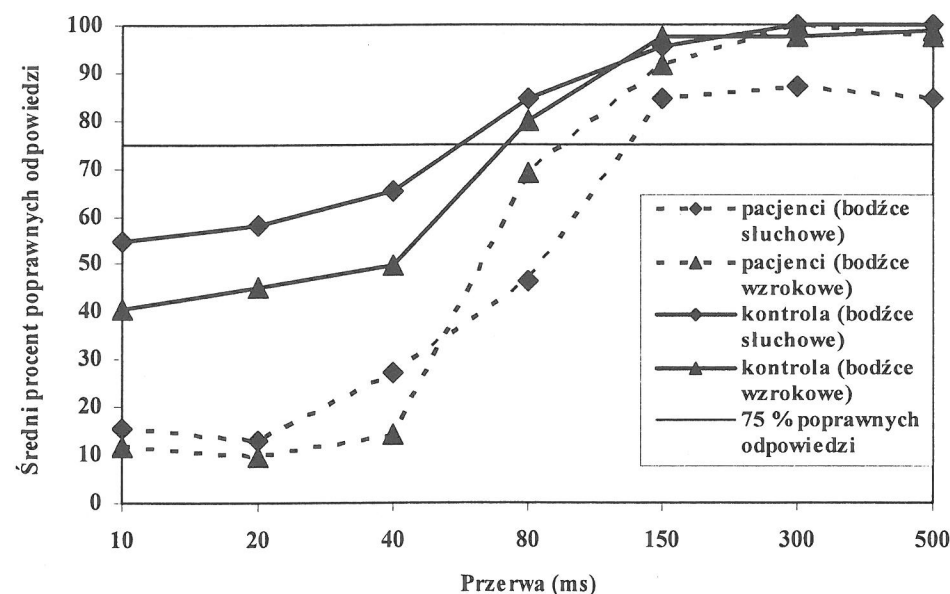
Natomiast w obydwu grupach zadanie *wzrokowe* wykonywane było z mniejszą poprawnością niż zadanie *słuchowe* (prezentacja bodźców w wolnym polu). W grupie kontrolnej istotne różnice pomiędzy poziomem wykonania zadania *wzrokowego* i *słuchowego* stwierdzono dla przerw: 10, 40, 60, 80 i 120 ms, natomiast dla pacjentów z implantami wielokanałowymi dla przerw od 10 do 150 ms (poziomy istotności różnic patrz rys. 4). Ponadto obie grupy osiągały 75-procentowy próg poprawnych odpowiedzi wcześniej w zadaniu *słuchowym* (przerwa dłuższa niż 40 ms) niż w zadaniu *wzrokowym* (przerwa dłuższa niż 80 ms).

* Porównanie międzymodalne dotyczyły tylko tych pacjentów, którzy spełniali kryterium prawidłowej ostrości wzroku.

1.2.2. Pacjenci z implantami jednokanałowymi

W przypadku tej grupy pacjentów różnice w wykonaniu zadania *sluchowego* i *wzrokowego* badano jedynie dla 7 osób z implantami ze względu na to, że pozostali pacjenci nie spełnili kryterium prawidłowej ostrości wzroku, co mogło wpływać w sposób zasadniczy na poziom wykonania zadania. Konsekwentnie grupa kontrolna liczyła w tym badaniu 7 osób.

Zarówno w grupie kontrolnej, jak i u pacjentów nie stwierdzono różnic pomiędzy wykonaniem zadania *sluchowego* i *wzrokowego* (rys. 5). Osoby normalnie słyszące osiągały 75-procentowy próg poprawnych odpowiedzi w obydwu zadaniach przy przerwie dłuższej niż 40 ms, natomiast pacjenci – przy przerwie dłuższej niż 80 ms.



Rys. 5. Średni procent poprawnych odpowiedzi w zadaniu rozpoznawania kolejności bodźców słuchowych i wzrokowych przez pacjentów z implantami jednokanałowymi oraz osoby normalnie słyszące. Istotne różnice pomiędzy pacjentami a grupą kontrolną zaobserwowano w zadaniu słuchowym dla przerw 10, 20, 80 i 300 ms (odpowiednio: $p < .04$, $p < .03$, $p < .05$, $p < .05$), a różnice na poziomie tendencji dla przerw 40 i 500 ms ($p < .07$). W zadaniu wzrokowym stwierdzono istotne różnice dla przerw 10 i 40 ms (odpowiednio: $p < .02$, $p < .03$) oraz różnicę na poziomie tendencji dla przerwy 20 ms ($p < .07$).

Z rys. 5 wynika jednakże, że zwłaszcza w grupie kontrolnej procent poprawnych odpowiedzi jest nieco niższy w zadaniu wzrokowym niż w zadaniu słuchowym. Zarówno w przypadku zadania *sluchowego*, jak i zadania *wzrokowego* zaobserwowano istotne różnice w poziomie wykonania pomiędzy pacjentami a osobami normalnie słyszącymi. Osoby z implantami osiągały wyraźnie niższy

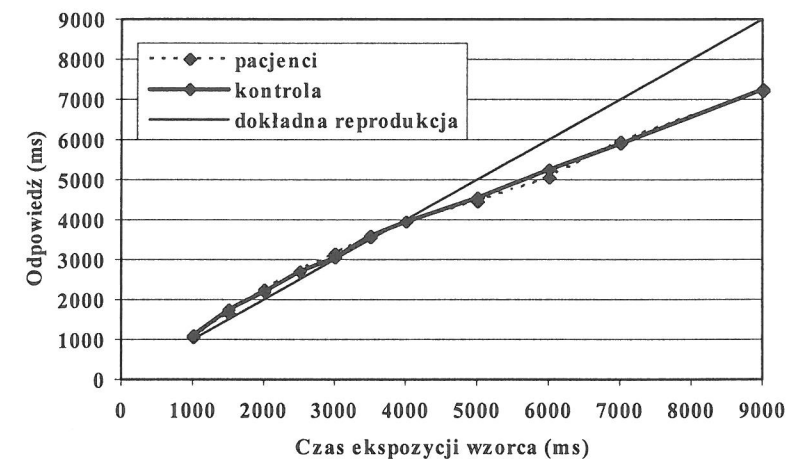
procent poprawnych odpowiedzi niż osoby normalnie słyszące, zarówno dla zadania *sluchowego* jak i dla zadania *wzrokowego* (poziomy istotności różnic patrz rys. 5). W zadaniu *sluchowym* zaobserwowano istotne różnice między grupami dla przerw 10, 20, 80 i 300 ms oraz różnice na poziomie tendencji dla przerw 40 i 500 ms. Natomiast w zadaniu *wzrokowym* stwierdzono istotne różnice między grupami dla przerw 10 i 40 ms oraz różnicę na poziomie tendencji dla przerwy 20 ms.

2. Eksperyment 2 – reprodukcja interwałów o określonym czasie trwania

Za wskaźnik dokładności reprodukcji przyjęto różnicę pomiędzy odpowiedzią badanej osoby a prezentowanym wzorcem słuchowym lub wzrokowym. Analizy statystyczne wykonano przy użyciu testu *U* Manna-Whitneya. Porównano wyniki uzyskane przez pacjentów i osoby z grupy kontrolnej, oddzielnie dla zadania słuchowego i wzrokowego.

2.1. Pacjenci z implantami wielokanałowymi

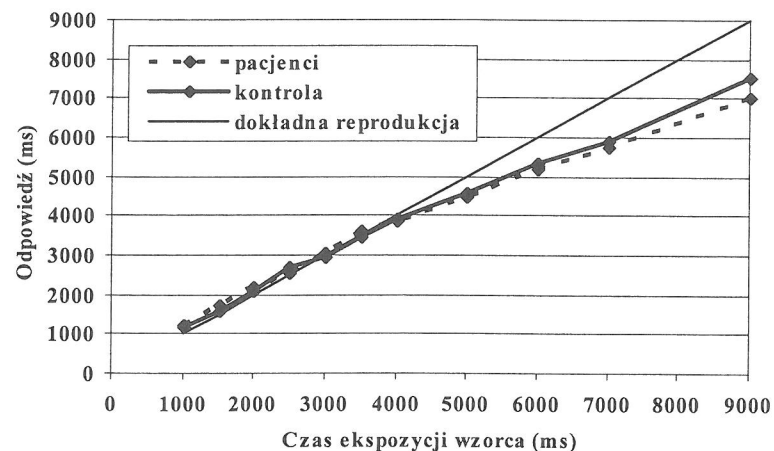
Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupą kontrolną a pacjentami w wykonaniu zarówno zadania słuchowego (*stymulacja w wolnym polu*), jak i zadania wzrokowego (rys. 6 i 7).



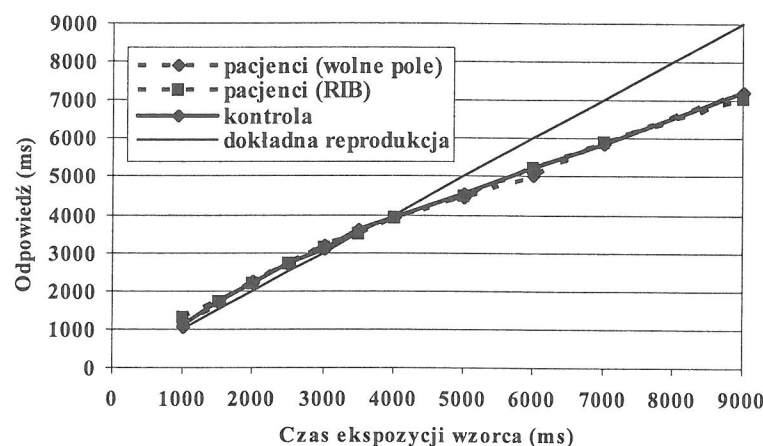
Rys. 6. Średni czas reprodukcji poszczególnych wzorców słuchowych (prezentacja w wolnym polu) przez pacjentów z implantami wielokanałowymi oraz osoby normalnie słyszące

Ogólnie można stwierdzić, że zarysowały się następujące zależności: w obydwu zadaniach badani stosunkowo dokładnie reprodukowali czas trwania wzorców do ok. 4 sekund (s) i nie doceniali wzorców trwających dłużej niż 4 s.

Następnym etapem analiz statystycznych było zbadanie, czy poziom sprawności językowej ma związek z dokładnością reprodukcji. Mimo że w tej grupie pacjentów zróżnicowanie wyników testów logopedycznych nie było duże (zob. tab. 1 w artykule [Szelać (i in.)] w tym tomie „Audiofonologii”), wyodrębniliśmy podgrupę pacjentów ($n = 3$), którzy osiągnęli najniższe wyniki w tych testach (uśredniony wynik 6 podtestów od 63 do 66%). Wyniki tych trzech pacjentów porównywano z wynikami uzyskanymi przez podgrupę złożoną z pozostałych pacjentów ($n = 9$, uśredniony wynik od 79 do 98%), jednakże nie stwierdzono istotnych różnic w wykonaniu zadania słuchowego pomiędzy porównywanymi podgrupami.



Rys. 7. Średni czas reprodukcji poszczególnych wzorców wzrokowych przez pacjentów z implantami wielokanałowymi oraz osoby normalnie słyszące



Rys. 8. Średni czas reprodukcji poszczególnych wzorców słuchowych przez osoby normalnie słyszące oraz przez pacjentów z implantami wielokanałowymi (prezentacja w wolnym polu i przy bezpośredniej stymulacji nerwu słuchowego przez elektrody implantu)

Natomiast w przypadku *bezpośredniej stymulacji nerwu słuchowego* przez elektrody implantu istotna różnica wystąpiła dla wzorca trwającego 1 s (rys. 8). W przypadku takiej stymulacji pacjenci istotnie przeceniali wymieniony wzorec w porównaniu z sytuacją, kiedy wzorce podawane były w wolnym polu ($p < .004$), a także w porównaniu z osobami normalnie słyszącymi ($p < .02$).

2.2. Pacjenci z implantami jednokanałowymi

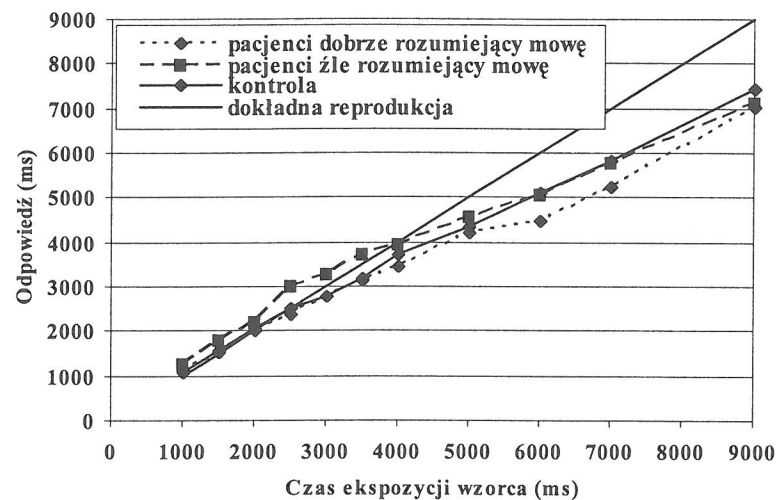
Rozważając w analizach statystycznych całą grupę pacjentów, nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy tą grupą a kontrolną w wykonaniu zarówno zadania *słuchowego*, jak i zadania *wzrokowego*. Jednakże ze względu na bardzo duże zróżnicowanie wyników uzyskanych przez poszczególnych pacjentów w badaniu rozumienia mowy (uśredniony wynik 6 podtestów od 11 do 75% (zob. tab. 2 w artykule [Szelać (i in.)] w tym tomie „Audiofonologii”) podzieliliśmy osoby z implantami na trzy podgrupy: 1) osiągających najniższe wyniki w testach logopedycznych ($n = 3$; uśredniony wynik 6 podtestów poniżej 33%), 2) osiągających średnie wyniki ($n = 6$; uśredniony wynik od 34 do 66%) oraz 3) osiągających najwyższe wyniki ($n = 3$; uśredniony wynik od 67 do 100%).

Ze względu na to, że nie stwierdzono istotnych różnic w dokładności reprodukcji pomiędzy podgrupą pacjentów osiągających średnie i najwyższe wyniki w testach logopedycznych w wykonaniu zarówno zadania *słuchowego*, jak i *wzrokowego*, do dalszych analiz scalono wyniki tych dwóch podgrup. W wyniku tego scalenia w dalszych analizach porównywano wyniki obserwowane w dwóch następujących podgrupach pacjentów: stosunkowo dobrze rozumiejących mowę ($n = 9$; wynik od 33 do 100%) oraz źle rozumiejących mowę ($n = 3$; wynik od 0 do 33%).

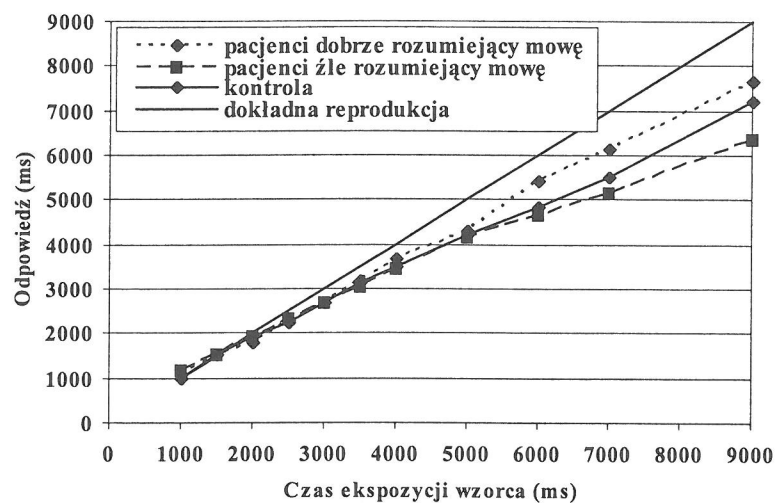
W zadaniu słuchowym nie stwierdzono istotnych różnic w wykonaniu zadania pomiędzy pacjentami dobrze rozumiejącymi mowę a grupą kontrolną. W obydwu tych grupach zaobserwowano stosunkowo dokładną reprodukcję czasu trwania bodźców do ok. 2.5-3 s, a następnie niedocenę (rys. 9).

Natomiast pacjenci źle rozumiejący mowę istotnie przeceniali w stosunku do grupy kontrolnej wzorce *słuchowe* trwające 1, 1.5 i 2.5 s (odpowiednio: $p < .02$; $p < .05$; $p < .05$), a w stosunku do pacjentów dobrze rozumiejących mowę wzorce trwające 1, 2 i 2.5 s ($p < .02$).

W przypadku zadania *wzrokowego* obie podgrupy pacjentów oraz osoby normalnie słyszące stosunkowo dokładnie reprodukowały wzorce do ok. 2 s, wzorce dłuższe były natomiast niedoceniane (rys. 10). Nie stwierdzono istotnych różnic w wykonaniu tego zadania pomiędzy pacjentami dobrze i źle rozumiejącymi mowę oraz pomiędzy każdą z tych podgrup a grupą kontrolną.



Rys. 9. Średni czas reprodukcji poszczególnych wzorców słuchowych przez pacjentów z implantami jednokanałowymi (z uwzględnieniem podziału na dobrze i źle rozumiejących mowę) oraz przez osoby normalnie słyszące



Rys. 10. Średni czas reprodukcji poszczególnych wzorców wzrokowych przez pacjentów z implantami jednokanałowymi (z uwzględnieniem podziału na dobrze i źle rozumiejących mowę) oraz przez osoby normalnie słyszące

Ogólnie mówiąc, w zadaniu reprodukcji interwałów czasowych pacjenci źle rozumiejący mowę wyraźnie mniej dokładnie reprodukowali czas trwania wzorców krótkich (1-2.5 s) w porównaniu z pacjentami stosunkowo dobrze rozumiejącymi mowę i osobami normalnie słyszącymi. Warto zauważyć, że prawidłowość ta doty-

czyła jedynie uszkodzonej modalności *słuchowej*; dla modalności *wzrokowej* (nie uszkodzonej) nie zaobserwowano powyższych różnic.

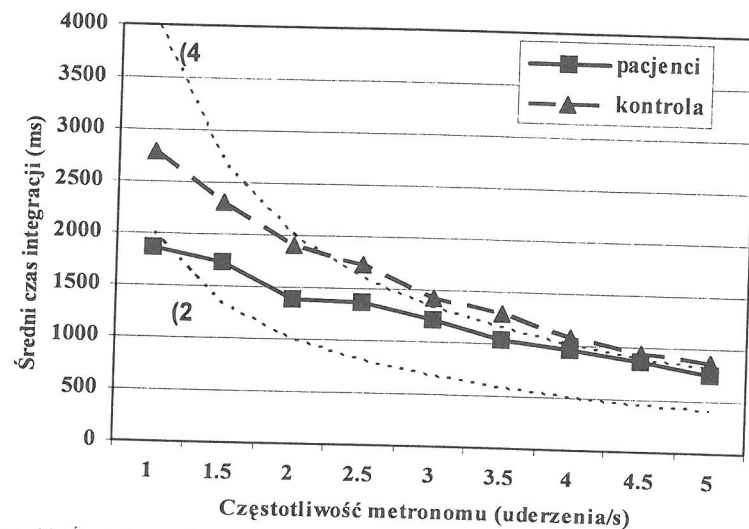
3. Eksperyment 3 – integracja uderzeń metronomu

W eksperymencie tym udział wzięli jedynie pacjenci z implantami jednokanałowymi. Analizowano czas, w którym dokonywana była integracja dla poszczególnych częstotliwości uderzeń metronomu. Obliczany był on poprzez pomnożenie liczby uderzeń połączonych przez badanego w grupę przez czas pomiędzy dwoma kolejnymi uderzeniami (por. [Szelać (i in.)] w tym tomie „Audiofonologii”).

Przeprowadzono trzyczynnikową analizę wariancji, w której czynnikami międzygrupowymi były „grupa” (pacjenci z implantami jednokanałowymi vs osoby normalnie słyszące) i „płeć” osób badanych (mężczyźni vs kobiety). Czynnikiem wewnątrzgrupowym była natomiast „częstotliwość uderzeń metronomu” (1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5 uderzeń/s). Po analizie wariancji zastosowano test t dla prób niezależnych. Ponadto przy użyciu korelacji rangowej Spearmana badaliśmy związek pomiędzy czasem, w którym dokonywana była integracja dla poszczególnych częstotliwości uderzeń metronomu, a poziomem rozumienia mowy, mierzonym za pomocą testów logopedycznych.

Stwierdzono istotność czynnika „częstotliwość uderzeń metronomu” ($p < .000$). Czas, w którym dokonywana była integracja, zależał od zaprezentowanej liczby uderzeń metronomu na sekundę. Ogólnie biorąc, czas ten skracał się wraz ze wzrostem częstotliwości uderzeń (rys. 11). Ponadto stwierdzono istotność interakcji „grupa” x „częstotliwość uderzeń metronomu” ($p < .03$). Wynikała ona z różnic w czasie integracji pomiędzy pacjentami a grupą kontrolną w zależności od częstotliwości uderzeń. Przy niskich częstotliwościach, do 2.5 uderzeń/s, czas integracji był krótszy u pacjentów niż u osób normalnie słyszących (rys. 11). Istotne różnice w czasie integracji pomiędzy pacjentami i grupą kontrolną stwierdzono dla częstotliwości 1, 1.5, 2, 2.5 uderzeń/s (poziomy istotności różnic zob. rys. 11). Dla wyższych częstotliwości (od 3 do 5 uderzeń/s) różnice te były nieistotne.

Jednocześnie nie stwierdzono istotnej korelacji pomiędzy czasem, w którym dokonywana była integracja przy poszczególnych częstotliwościach uderzeń metronomu, a poziomem rozumienia mowy.



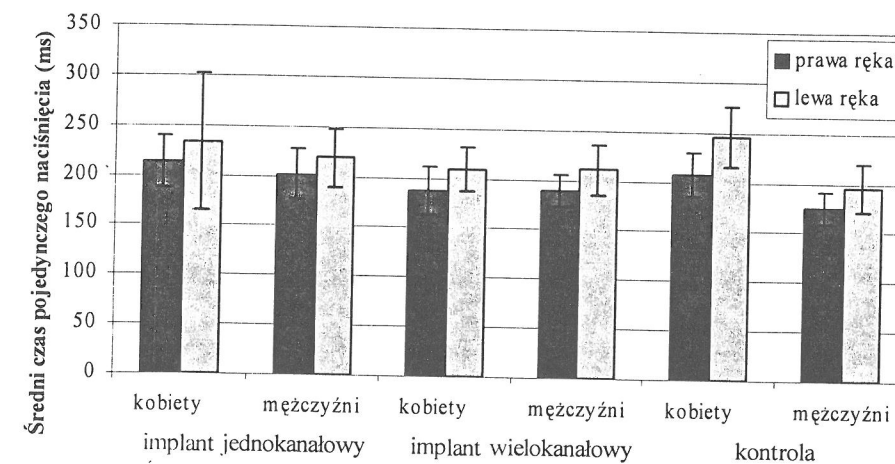
Rys. 11. Średni czas integracji informacji dla różnych częstotliwości uderzeń metronomu u pacjentów z implantami jednokanałowymi oraz u osób normalnie słyszących. Istotne różnice stwierdzono dla częstotliwości 1, 1.5, 2, 2.5 uderzeń/s (odpowiednio: $p < .009$; $p < .05$; $p < .02$; $p < .03$). Na rysunku przedstawiono różne stosowane strategie: poziome cienkie ciągłe linie obrazują integrację w oparciu o stały czas, a cienkie linie przerywane w oparciu o liczenie, np. do 2 lub 4. Zarówno pacjenci, jak i grupa kontrolna stosują kombinację obu tych strategii

4. Eksperyment 4 – sukcesywne naciskanie na przycisk (*tapping*) w tempie najszybszym

W eksperymencie tym analizowano dwa następujące parametry: czas trwania jednostkowego wciśnięcia przycisku (ang. *Key Touching Time* – KTT) oraz czas trwania pauzy między dwoma kolejnymi wciśnięciami (ang. *Inter Tap Interval* – ITI). Pierwszy z nich oznacza czas wykonania kompleksowego ruchu balistycznego, mierzonego od końca zadziałania mięśni agonistycznych do początku zadziałania mięśni antagonistycznych palca, czyli proces związany z wykonaniem konkretnego ruchu. Drugi parametr odzwierciedla natomiast czas trwania centralnego procesu związanego z planowaniem i przygotowaniem konkretnego ruchu (por. [Szelać (i in.)] w tym tomie „Audiofonologii”). Suma tych dwu parametrów określona była jako czas jednostkowego naciśnięcia.

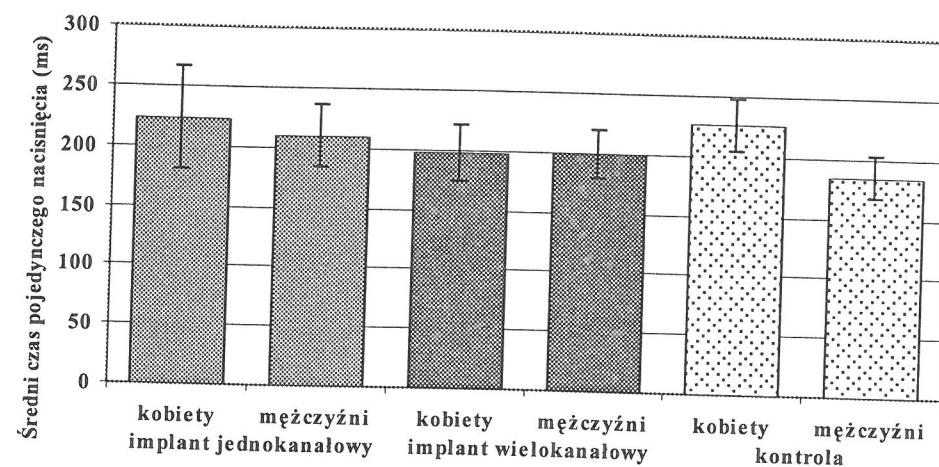
Przeprowadzono czteroczynnikową analizę wariancji, w której czynnikami międzygrupowymi były „grupa” (pacjenci z implantami jednokanałowymi vs pacjenci z implantami wielokanałowymi vs osoby normalnie słyszące) i „płeć” osób badanych (mężczyźni vs kobiety). Natomiast czynnikami wewnątrzgrupowymi były „ręka”, którą wykonywane było zadanie (prawa vs lewa), oraz „składowa naciśnięcia” (KTT vs ITI). Po analizie wariancji zastosowano test Tuckeya.

Ogólnie biorąc, nie stwierdzono istotnych różnic w tempie naciskania między poszczególnymi grupami. Częstotliwość naciskania w tempie najszybszym wynosiła ok. 5 Hz, tzn. czas jednostkowego naciśnięcia (czyli suma KTT i ITI) wynosił ok. 200 ms. Stwierdzono istotność czynnika „ręka” ($p < .000$). We wszystkich trzech grupach badani naciskali na przycisk szybciej ręką prawą (średni czas 192 ms) niż lewą (217 ms – rys. 12).



Rys. 12. Średni czas pojedynczego naciśnięcia w tempie najszybszym prawą i lewą ręką w zależności od grupy i płci badanych osób

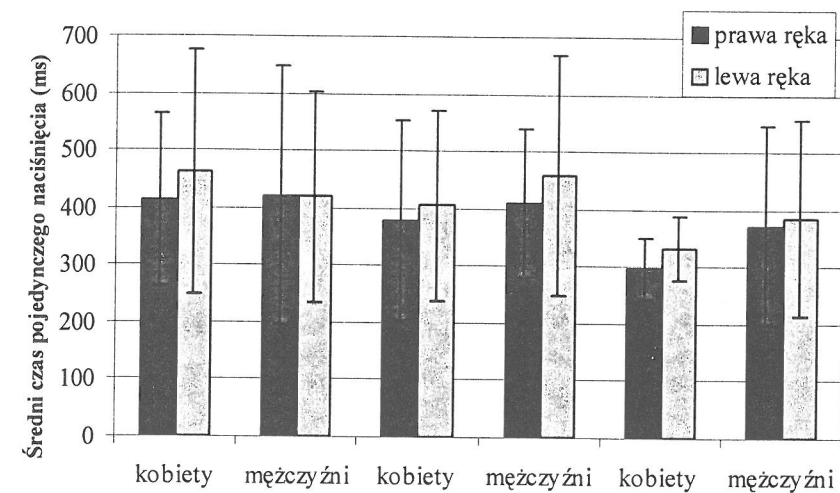
Ponadto wystąpiła istotność czynnika „płeć” ($p < .01$) oraz interakcji „grupa” x „płeć” ($p < .02$). Interakcja ta wynika z innych zależności w zakresie tempa sukcesywnego naciskania u kobiet i mężczyzn w poszczególnych grupach (rys. 13). Podczas gdy w grupie kontrolnej kobiety naciskały na przycisk istotnie wolniej niż mężczyźni ($p < .000$), to w obydwu grupach pacjentów różnice między kobietami a mężczyznami były nieistotne. Dodatkowo kobiety z implantami jednokanałowymi naciskały na przycisk istotnie wolniej niż mężczyźni kontrolni ($p < .03$). Pozostałe różnice między mężczyznami a kobietami były nieistotne.



Rys. 13. Średni czas pojedynczego naciśnięcia w tempie najszybszym w zależności od grupy i płci badanych osób

5. Eksperyment 5 – sukcesywne naciskanie na przycisk (*tapping*) w tempie wygodnym

Wykonano analizy statystyczne analogiczne do opisanych w eksperymencie 4. Podobnie jak w poprzednim zadaniu, nie stwierdzono tu istotnych różnic w tempie naciskania między poszczególnymi grupami. Częstotliwość naciskania w tempie personalnym wynosiła ok. 2.5 Hz, tzn. czas jednostkowego naciśnięcia kształtował się na poziomie ok. 400 ms. Stwierdzono istotność czynnika głównego „ręka” ($p < .005$). Podobnie jak w przypadku tempa najszybszego, badani naciskali na przycisk szybciej ręką prawą (średni czas 372 ms) niż lewą (398 ms – rys. 14). Istotny był także czynnik „składowa naciśnięcia” ($p < .025$), a czas trwania jednostkowego wciśnięcia przycisku (KTT) wynosił średnio 172 ms i był o 41 ms krótszy niż pauza między dwoma kolejnymi wciśnięciami (ITI), która trwała średnio 213 ms.



Rys. 14. Średni czas pojedynczego naciśnięcia w tempie wygodnym prawą i lewą ręką w zależności od grupy i płci badanych osób

II. DYKUSJA

Wyniki przeprowadzonych eksperymentów potwierdziły zależności obserwowane w dotychczasowych badaniach klinicznych: pacjenci z implantami wielokanałowymi osiągnęli wyższy poziom rozumienia mowy niż pacjenci z implantami jednokanałowymi. W niniejszych badaniach przejawiało się to lepszymi wynikami w testach logopedycznych. Jednocześnie nie stwierdzono zasadniczych różnic pomiędzy użytkownikami implantów wielokanałowych a osobami normalnie słyszącymi w wykonaniu poszczególnych eksperymentów.

Natomiast pacjenci z implantami jednokanałowymi wykazywali poważne deficyty w rozumieniu mowy, osiągnęli niski poziom wykonania testów logopedycznych i jednocześnie uzyskiwali gorsze wyniki w przeprowadzonych przez nas eksperymentach. W zależności od zadania albo cała grupa wykazywała gorsze rezultaty niż osoby normalnie słyszące, albo jedynie ci pacjenci, którzy osiągnęli najniższe wyniki w testach rozumienia mowy. Pierwsza sytuacja miała miejsce w przypadku progu postrzegania kolejności zdarzeń (eksperyment 1) oraz integracji uderzeń metronomu (eksperyment 3), druga natomiast w przypadku reprodukcji interwałów o określonym czasie trwania (eksperyment 2).

W eksperymencie dotyczącym progu postrzegania kolejności zdarzeń osoby z implantami jednokanałowymi przystępując do zadania były w stanie różnicować tony i prawidłowo podawać ich kolejność przy najdłuższej przerwie (500 ms), co weryfikowano w sesji wstępnej. Pomimo to w eksperymencie osiągnęły dużo

gorsze wyniki niż osoby normalnie słyszające (rys. 3). Pacjenci potrzebowali również dłuższej przerwy między bodźcami, aby osiągnąć 75-procentowy próg poprawnych odpowiedzi. Gorsze wyniki w zakresie postrzegania kolejności zdarzeń mogą mieć związek z trudnościami w recepcji mowy w zakresie kilkudziesięciu milisekund. Jak wykazały wcześniejsze badania [Merzenich (i in.) 1996; Tallal (i in.) 1996], poziom ten odpowiada trwaniu spółgłosek zwartych w płynnej mowie (np. *b, k, g*). Na podstawie uzyskanych przez nas wyników można więc wnioskować, że u osób z implantami jednokanałowymi zaburzona jest percepcja czasu na poziomie kilkudziesięciu milisekund, co może być jedną z przyczyn deficytów w rozumieniu przez nich mowy słyszanej. Podobne zależności obserwowano u pacjentów z objawami afazji Wernickego [von Steinbüchel (i in.) 1999 a] oraz u dzieci z opóźnionym rozwojem mowy [Merzenich (i in.) 1996; Tallal (i in.) 1996].

Natomiast u pacjentów z implantami wielokanałowymi nie stwierdzono wyżej opisanych deficytów w postrzeganiu kolejności zdarzeń, co korespondować może ze znacznie lepszymi wynikami osiąganymi przez nich w testach rozumienia mowy w porównaniu z pacjentami z implantami jednokanałowymi.

Interesujące jest porównanie dwóch sposobów stymulacji zastosowanych u pacjentów z implantami wielokanałowymi (wolne pole vs bezpośrednia stymulacja nerwu słuchowego przez elektrody implantu przy wykorzystaniu RIB). Pierwszy z tych sposobów odpowiada słyszeniu z implantem w warunkach dnia codziennego, drugi natomiast pozwala na pełną kontrolę parametrów sygnału akustycznego, co stwarza sytuację odpowiadającą naturalnemu słyszeniu fizjologicznemu. Spodziewaliśmy się, że w przypadku prezentacji bodźców w wolnym polu pacjenci będą wykonywali zadanie z mniejszą poprawnością niż osoby kontrolne, natomiast w przypadku bezpośredniej stymulacji nerwu słuchowego przez elektrody implantu mogą osiągnąć podobny poziom wykonania zadania jak osoby normalnie słyszające. Zaobserwowane zależności wykazały, że sposób stymulacji miał rzeczywiście istotny wpływ na wyniki osiągane przez pacjentów, jednak wpływ ten okazał się niezupełnie zgodny z naszymi przewidywaniami. Rysunek 2 wskazuje, że w przypadku stymulacji w wolnym polu pacjenci osiągnęli podobne wyniki jak grupa kontrolna. Natomiast w przypadku bezpośredniej stymulacji zaobserwowano poprawę w wykonaniu zadania zarówno w stosunku do prezentacji bodźców w wolnym polu, jak i do wyników uzyskanych przez grupę kontrolną. Poprawa ta dotyczyła zwłaszcza krótkich przerw między bodźcami (10 i 20 ms). Wynik ten jest trudny do interpretacji. Bezpośrednia stymulacja nerwu słuchowego miała na celu lepsze odtworzenie zależności czasowych bodźca akustycznego i lepszą specyficzność częstotliwościową pobudzenia nerwu słuchowego – w zamierzeniu zbliżone do tych, jakie występują w warunkach naturalnego fizjologicznego słyszenia. Dokładne poznanie mechanizmów leżących u podłoża zaobserwowanych efektów bezpośredniej stymulacji elektrycznej wymaga dodatkowych badań.

Zagadnieniem, które wzbudza wiele kontrowersji, są porównania między-modalne. Tematem tym zajmowaliśmy się w jednej z naszych poprzednich prac, która dotyczyła postrzegania kolejności zdarzeń dla bodźców słuchowych i wzrokowych u osób bez uszkodzeń słuchu [Kanabus (i in.) 2002]. W pracy tej nie stwierdzono istotnego wpływu modalności na wykonanie zadania, wnioskowano więc o istnieniu centralnego mechanizmu odpowiedzialnego za rozpoznawanie kolejności zdarzeń, niezależnego od modalności prezentowanych bodźców. Do podobnych wniosków skłaniają dowody przytoczone przez Ernsta Pöppela [1989; 1998]. Hipotezę o jednym wspólnym mechanizmie „obsługującym” różne narządy zmysłów potwierdzają wyniki obserwowane u pacjentów z implantami jednokanałowymi, gdzie pogorszeniu wykonania zadania słuchowego towarzyszyło pogorszenie wykonania zadania wzrokowego, mimo że wzrok u tych osób był zmysłem nie uszkodzonym (rys. 5). Zaburzenie działania powyższego mechanizmu przejawia się więc deficytami o podobnym charakterze w przypadku obu badanych układów sensorycznych, które pełnią rolę tzw. efektorów, czyli „wyjść z systemu”.

Z drugiej strony jednak warto wspomnieć, że w naszych poprzednich badaniach, szczególnie dla krótkich przerw między bodźcami, badani osiągnęli nieco niższy procent poprawnych odpowiedzi w zadaniu wzrokowym niż w zadaniu słuchowym [Kanabus (i in.) 2002]. Podobną relację zaobserwowano w obecnych badaniach w przypadku pacjentów z implantami jednokanałowymi oraz w grupie kontrolnej dobranej do tych pacjentów, jednak różnice te były nieistotne statystycznie (rys. 5). Natomiast w grupie pacjentów z implantami wielokanałowymi oraz grupie kontrolnej dobranej do tych pacjentów stwierdzono istotnie gorsze wykonanie zadania wzrokowego w stosunku do zadania słuchowego (rys. 4).

Z jednej więc strony wyniki naszych badań przemawiają za centralnym, wspólnym wszystkim modalnościom mechanizmem mózgowym, odpowiedzialnym za postrzeganie kolejności zdarzeń, jednak z drugiej strony obserwuje się wpływ procesów peryferyjnych na wykonanie zadania. Może on wynikać na przykład z dużo krótszego czasu transdukcji dla modalności słuchowej niż dla modalności wzrokowej, co prawdopodobnie powoduje, że zadanie wzrokowe jest trudniejsze niż słuchowe. Utrudnienie to może przejawiać się zwłaszcza w sytuacji, gdy przerwy między bodźcami są krótkie. Prawdopodobnie przebadanie w kolejnych eksperymentach dużej populacji osób bez uszkodzeń centralnego układu nerwowego zaowocowałoby wykazaniem wpływu danego narządu zmysłów na centralny proces postrzegania kolejności zdarzeń.

Kolejnym poziomem opracowywania informacji, badanym w ramach niniejszego cyklu eksperymentów, był zakres kilku sekund. Podobnie jak w przypadku omawianego wcześniej poziomu kilkudziesięciu milisekund, również i tu zaobserwowano odmienne zależności u pacjentów z implantami jednokanałowymi.

W zadaniu reprodukcji interwałów o określonym czasie trwania (eksperyment 2) pacjenci z implantami jednokanałowymi, którzy osiągnęli najniższe wyniki w testach rozumienia mowy, reprodukowali krótkie wzorce słuchowe (1-2.5 s), a więc te leżące w zakresie operowania mechanizmu integracyjnego, z istotnie mniejszą dokładnością niż pozostali pacjenci oraz osoby normalnie słyszące. Świadczyć to może o występowaniu deficytów w integracji informacji, która ma znaczenie w odbiorze mowy na poziomie zdań. Jak wiadomo z literatury, płynną mowę charakteryzuje kilkusekundowa segmentacja; wypowiedzane frazy trwają ok. 2-3 sekund i są zazwyczaj oddzielone krótkimi pauzami. Taki rytm obserwuje się dla różnych języków, np. polskiego, niemieckiego, angielskiego czy chińskiego [Pöppel 1989]. Można więc sądzić, że deficyty w czasowym opracowywaniu informacji na wymienionym poziomie mają związek z trudnościami w recepcji słyszanych zdań.

Powyższe zaburzenia w zakresie integracji informacji nie występowały natomiast u pacjentów z implantami wielokanałowymi. W obrębie tej grupy nawet osoby osiągające najniższy poziom rozumienia mowy nie wykazywały deficytów w działaniu mechanizmu integracyjnego, a wszystkie wzorce reprodukowały z podobną dokładnością, jak grupa kontrolna. Należy jednak nadmienić, że pacjenci z implantami wielokanałowymi osiągnęli w badaniu logopedycznym wyniki zbliżone do wyników tych pacjentów z implantami jednokanałowymi, którzy wykazywali najwyższy poziom rozumienia mowy w swojej grupie. Tak niski poziom rozumienia mowy, jaki obserwowany był u większości pacjentów z implantami jednokanałowymi, nie wystąpił u pacjentów z implantami wielokanałowymi zakwalifikowanych do niniejszych badań.

Zaobserwowane zależności wydają się potwierdzać wysunięty wcześniej wniosek, że niskiemu poziomowi rozumienia mowy towarzyszą zaburzenia w czasowym opracowywaniu informacji.

Opisanych wyżej zaburzeń w integracji informacji nie stwierdzono w żadnej z grup pacjentów podczas reprodukcji wzorców wzrokowych. Wydaje się więc, że obserwowane w tym eksperymencie deficyty w integracji informacji mają wybiórczy charakter i dotyczą jedynie uszkodzonej modalności słuchowej. Na podstawie danych z literatury sądzić można, że mechanizm integracyjny reprezentuje centralny proces mózgowy, a jego działanie przejawia się w zakresie opracowywania bodźców o różnej modalności [Pöppel 1989]. Wyniki uzyskane przez użytkowników implantów ślimakowych, którzy przejawiają trudności w rozumieniu mowy, wykazują jednakże wybiórcze deficyty w działaniu powyższego centralnego mechanizmu w zakresie zaburzonej u nich modalności słuchowej.

Drugi eksperyment, w którym zaobserwowano zaburzenia działania mechanizmu integracyjnego, polegał na integracji uderzeń metronomu. W tym zadaniu zaburzenia dotyczyły całej grupy pacjentów z implantami jednokanałowymi. Górny limit czasowy integracji dla częstotliwości metronomu wynoszącej 1 uderzenie/s

był istotnie niższy u pacjentów (1.9 s) niż w grupie kontrolnej (2.8 s, $p < .009$). Ponadto pacjenci wykazywali krótszy czas integracji niż grupa kontrolna dla niskich częstotliwości metronomu (do 2.5 uderzeń/s). Obserwowane w obecnym eksperymencie obniżenie górnego zakresu mechanizmu integracyjnego u pacjentów z implantami jednokanałowymi wskazuje na ograniczenie w utrzymaniu informacji sensorycznej do kilku sekund. Deficyty te mogą być związane z trudnościami w rozumieniu mowy i dotyczą w szczególności poziomu zdań. Podczas gdy u osób normalnie słyszących górny limit mechanizmu integracji informacji odpowiada trwaniu przeciętnej frazy (ok. 3 s), u pacjentów jest on znacznie skrócony, w rezultacie czego nie są oni w stanie utrzymać informacji do momentu zakończenia wypowiedzania frazy przez mówcę. Taka niezgodność pomiędzy zakresem działania mózgowego mechanizmu integracyjnego a typową segmentacją mowy spontanicznej może być przyczyną trudności w jej rozumieniu przez użytkowników implantów jednokanałowych.

Kolejnym badanym przez nas poziomem opracowywania informacji był zakres ok. 300 milisekund. Jak wspomniano w artykule [Szelać (i in.)] (w tym tomie „Audiofonologii”), odpowiada on czasowi trwania przeciętnej sylaby w płynnej mowie. W badaniach nad sukcesywnym naciskaniem na przycisk, stanowiącym model eksperymentalny do badania tego poziomu, zazwyczaj obserwuje się szybsze naciskanie na przycisk ręką prawą niż lewą. Zjawisko to określane jest w literaturze jako *leading hand phenomenon* i interpretowane jest przez autorów nie tyle jako przejaw dominacji prawej ręki (badano osoby praworęczne), ale raczej dominacji lewej półkuli mózgowej w kontrolowaniu sekwencji ruchowych, które są również charakterystyczne dla artykulacji mowy.

Wyniki przeprowadzonych eksperymentów wykazały, że zarówno u pacjentów z implantami jedno-, jak i wielokanałowymi dla najszybszego i dla wygodnego tempa naciskania zachowany jest powyższy typowy wzorzec dominacji. A więc po operacji wszczepienia implantu, niezależnie od jego rodzaju oraz od przejawianego przez pacjentów poziomu rozumienia mowy, nadal kontrola nad sekwencyjnymi ruchami, w tym również sekwencyjnymi ruchami artykulacyjnymi, reprezentowana jest w lewej półkuli mózgu. A zatem mechanizmy mózgowie kontrolujące ekspresję mowy u pacjentów po wszczepieniu implantu nie mają prawdopodobnie związku z poziomem kompetencji językowej w zakresie rozumienia mowy. Ma to swoje uzasadnienie w fakcie, że funkcja ekspresji u pacjentów po wszczepieniu implantu zazwyczaj nie jest zaburzona. Prawdopodobnie u podłoża artykulacji leży nadal ten sam zautomatyzowany program ruchowy, który kontroluje produkcję mowy u osób normalnie słyszających. Przeprowadzone eksperymenty wykazują więc wyraźną dysocjację pomiędzy ekspresją mowy a jej recepcją, która, jak wykazano wcześniej, może być zaburzona u pacjentów z implantami.

Drugi ważny wynik eksperymentu 4 dotyczy różnic między kobietami a mężczyznami w tempie naciskania na przycisk. Zazwyczaj w literaturze obser-

wuje się zależność, że mężczyźni wykazują szybsze tempo naciskania niż kobiety [Schmidt (i in.) 2000]. Wynikać to może np. z większej masy mięśni i wyższej reaktywności szybko kurczliwych włókien mięśniowych oraz szybszego przekazywania i opracowywania informacji w układzie nerwowym w przypadku mężczyzn. W obecnym eksperymencie zależności te zaznaczyły się jedynie w przypadku osób z grupy kontrolnej, natomiast w obydwu grupach pacjentów nie było różnic między płciami (rys. 13). Brak różnic międzypłciowych u pacjentów z implantami jest trudny do interpretacji, a wytłumaczenie tej zależności wymaga dalszych badań.

III. WNIOSKI

Ogólnie biorąc, omówione badania skłaniają do wyciągnięcia następujących wniosków:

1. Rodzaj wszczepionego implantu ma zasadnicze znaczenie dla możliwości w zakresie wznawiania rozumienia mowy słyszanej.
2. Istnieje silny związek funkcjonowania pacjentów w zakresie percepcji czasu z osiąganą przez nich sprawnością językową. Dotyczy to zwłaszcza mechanizmu postrzegania kolejności zdarzeń (poziom głosek) oraz mechanizmu integracyjnego (poziom fraz). Pacjenci z implantami jednokanałowymi wymagali dłuższej przerwy między bodźcami, aby określić ich kolejność czasową. Przejawiali oni też zaburzenia mechanizmu integracyjnego.
3. Zakres ok. 300 ms (poziom sylab), szacowany za pomocą sukcesywnego naciskania na przycisk, wydaje się nie mieć wyraźnego związku ze sprawnością językową prawdopodobnie dlatego, że zastosowany przez nas model eksperymentalny dotyczył raczej ekspresji mowy niż jej percepcji. Jak wykazują obserwacje kliniczne, ekspresja mowy u użytkowników implantów ślimakowych nie jest zaburzona.
4. Zaburzenia w percepcji czasu u pacjentów z trudnościami w rozumieniu mowy są albo niezależne od modalności prezentowanych bodźców (tak jak w przypadku progu postrzegania kolejności zdarzeń), albo wybiórczo dotyczą zadania słuchowego (jak w przypadku reprodukcji interwałów o określonym czasie trwania).

V. UWAGI KOŃCOWE

Przedstawione wyniki pokazują, że pacjenci, którzy mają trudności w rozumieniu mowy, przejawiają także wybiórcze deficyty w percepcji czasu. W niniejszym cyklu badań występowało trudności językowych korespondowało z rodzajem wszczepionego implantu, a pacjenci z implantami wielokanałowymi wykazywali

wyższy poziom funkcjonowania w obu wymienionych obszarach. Warto zaznaczyć, że poziom rozumienia mowy szacowano po minimum dwuletnim okresie użytkowania implantu. Obserwacje kliniczne wskazują jednakże, że bezpośrednio po operacji wszczepienia implantu wielokanałowego rozumienie mowy często jest zaburzone. Nasuwa się więc wniosek, że niektórzy pacjenci bezpośrednio po operacji rozpoczynając trening słuchowy, mogą przejawiać podobne trudności w czasowym opracowywaniu informacji, jak wykazane w niniejszych badaniach u pacjentów z implantami jednokanałowymi. Można też hipotetyzować, że trening w zakresie percepcji czasu prowadzony równoległe z terapią logopedyczną mógłby przyspieszyć przywrócenie sprawności słuchowej u użytkowników implantów ślimakowych.

PODZIĘKOWANIE

Autorzy artykułu dziękują Prof. dr. hab. Henrykowi Skarżyńskiemu za umożliwienie przeprowadzenia niniejszych badań, a także samym pacjentom za udział w naszych badaniach. Pragniemy również wyrazić wyrazy wdzięczności dla Dr. Artura Lorensa za uzyskanie od firmy MEDEL interfejsu stosowanego do prezentacji bodźców słuchowych oraz dla Lek. med. Andrzeja Senderskiego za diagnozę audiologiczną pacjentów zakwalifikowanych do badań.

Badania zrealizowane w ramach grantu KBN nr PO5B 10119.

Bibliografia

- Kanabus M., Szelać E., Rojek E., Pöppel E. [2002]. Temporal order judgement for auditory and visual stimuli. „Acta Neurobiologiae Experimentalis” 62, 263-270.
- Merzenich M., Jenkis W., Johnston P., Schreiner C., Miller S., Tallal P. [1996]. Temporal processing deficits of language-learning impaired children ameliorated by training. „Science” 271, 77-81.
- Pöppel E. [1989]. Granice świadomości. O rzeczywistości i doznawaniu świata. Tł. A. D. Tauszyńska. Warszawa: PIW.
- Pöppel E., Edingshaus A. L. [1998]. Mózg – tajemniczy kosmos. Tł. M. Skalska. Warszawa: PIW.
- Schmidt S. L., Oliveira R. M., Krahe T. E., Filgueiras C. C. [2000]. The effects of hand preference and gender on finger tapping performance asymmetry by the use of an infrared light measurement device. „Neuropsychologia” 38, 529-534.
- Szelać E., Kołodziejczyk I., Kanabus M., Szuchnik J., Senderski A. [2004]. Deficits of non-verbal auditory perception in postlingually deaf humans using cochlear implants. „Neuroscience Letters” 355 (1-2), (w druku).
- Tallal P., Miller S., Bedi G., Byma G., Wang X., Nagarajan S., Schreiner C., Jenkis W., Merzenich M. [1996]. Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech. „Science” 271, 81-84.

Von Steinbüchel N., Wittmann M., Szelać E. [1999]. Temporal constraints of perceiving, generating and integrating information: clinical evidence. „Restorative Neurology and Neuroscience” 14, 167-182.

Adres do korespondencji:

Mgr Magdalena Kanabus
Pracownia Neuropsychologii, Zakład Neurofizjologii
Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN
ul. Pasteura 3,
02-093 Warszawa
e-mail: m.kanabus@nencki.gov.pl