

Ocena percepcji mowy w funkcji zaprogramowanej ilości maksimumów spektralnych u pacjentów dorosłych z implantem ślimakowym

Evaluation of speech perception depending of number of spectral maxima in implanted adults

Olgierd Stielar^{1,2}, Zofia Obrębowska¹

¹Katedra i Klinika Otolaryngologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
Kierownik: prof. dr hab. med. W. Szyfter

²Instytut Akustyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
Kierownik: prof. dr hab. R. Makarewicz

Summary

Subjects. 11 adults cochlear implant users, age since 18 till 70 years old (mean 43); 6 male and 5 female; diagnosis-postlingual deafness; used CI over 3 years. **Method.** The aim of study was evaluation of an optimal number of spectral speech coding maxima. The speech audiometry in free field for programmed 8, 10 and 12 spectral maxima and subjective evaluation of quality of speech perception in different acoustic environmental were performed. **Results.** Results of the study showed the better speech intelligibility for programmed 8 (approx. 54%) and 10 spectral maxima (27%). **Conclusion.** The number of speech spectral maxima over 10 is not necessary to increasing of speech intelligibility. In the BTE (behind the ear) speech processor the power consumption were important reduced for 8 spectral maxima. Application of 810 number of maxima is optimal in first session (switch-on) programming of speech processor.

Hasła indeksowe: wszczep ślimakowy, procesor mowy, maksima spektralne, zrozumiałość mowy

Key words: cochlear implant, speech processor, spectral coding maxima, speech intelligibility

Otolaryngol Pol 2008; LXII (6): 769–772 © 2008 by Polskie Towarzystwo Otorinolaryngologów – Chirurgów Głowy i Szyi

WPROWADZENIE

Wraz z rozwojem wiedzy fizycznej i medycznej możliwe stało się przywrócenie komunikacji audytywno-werbalnej u chorych z bardzo głębokim niedosłuchem. Szansę taką daje urządzenie zwane implantem ślimakowym. Operacja chirurgicznego wprowadzenia wszczepu jest techniką leczenia stosowaną u pacjentów, u których rozpoznano głębokie uszkodzenie komórek rzęsatych wewnętrznych ślimaka, odpowiedzialnych za przekazywanie sygnału do nerwu słuchowego [3, 5]. Dysfunkcją tego rodzaju charakteryzuje brak korzyści z konwencjonalnych pomocy słuchowych – akustyczna kompensacja ubytku nie powoduje pobudzenia wyższych pięter drogi słuchowej. Przyczyną jest brak lub resztkowa komunikacja peryferyjnego układu słuchowego z nerwem

słuchowym. Teoria analizy dźwięku w uchu wewnętrznym bazuje na założeniu procesu analizy widmowej dźwięku wzdłuż błony podstawnej ślimaka. Składowe spektralne pobudzają określone miejsca błony podstawnej. Na długości błony podstawnej (około 32 mm) rozmieszczone jest ponad 30 000 komórek rzęsatych zewnętrznych. Komórki te wykazują wyraźną dystrybucję tonotopową; w części podstawnej ślimaka mieszczą się komórki odpowiedzialne za przetwarzanie na impulsy elektryczne dźwięków o wysokich częstotliwościach, w części szczytowej znajdują się komórki przetwarzające sygnały o niskich częstotliwościach. W pobliżu okienka owalnego gęstość tych komórek jest względnie stała i wynosi około 1150 komórek na każdy milimetr długości. Bliżej szczytu ślimaka (*apex*) gęstość rozkładu komórek maleje, skutkuje to mniejszą selektywnością częstotliwościową błony podstawnej

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.

w tym obszarze [3]. Tonotopowa organizacja prowadzi do pobudzenia neuronów o określonych częstotliwościach. Skomplikowane procesy związane z percepcją wysokości dźwięków złożonych uzupełniają teoria czasu i teoria salw. Odpowiednio, taki sam rozkład wykazują komórki zwojowe nerwu słuchowego. Zakończenia komórek zwojowych są rozmieszczone na blaszce spiralnej kostnej – impulsy elektryczne włókien aferentnych docierają do odpowiednich włókien nerwowych. Włókna nerwu ślimakowego również wykazują rozkład tonotopowy – wiodące informacje z zakrętu szczytowego układają się w środku, a z zakrętu podstawnego – w obwodowej części nerwu, bliżej jego powierzchni [3].

Wszczep ślimakowy jest urządzeniem elektronicznym zastępującym czynność uszkodzonego ślimaka. Podstawowym zadaniem implantu ślimakowego jest ominięcie receptora i dostarczenie informacji niesionych przez analizowany w procesorze sygnał mowy – w postaci bodźców elektrycznych – wprost do nerwu słuchowego. Zadaniem implantu ślimakowego, ulokowanego w pobliżu zakończeń nerwu słuchowego, jest ich bezpośrednia stymulacja elektryczna. Implant omija uszkodzony receptor słuchowy i pobudza nerw słuchowy. Elektrody wprowadza się chirurgicznie do schodów bębenka. Elektrody są umiejscowione w pobliżu zakończeń komórek zwojowych nerwu słuchowego. Mikrofon odbiera dźwięki, przekazuje sygnał elektryczny do procesora mowy – gdzie sygnał jest przetwarzany do postaci cyfrowej, z zastosowaniem analizy FFT (*Fast Fourier Transformation* – szybka transformata Fouriera). W procesorze mowy dokonywana jest filtracja pasmowa, analiza sygnału oraz zamiana sygnału akustycznego na kod elektryczny [2, 3]. W ten sposób dokonuje się konwersji sygnału akustycznego na elektryczny – fizjologicznie proces ten to podstawowa rola receptora słuchowego. Zakres sygnału analizowanego zawiera się w przedziale od około 200 do 8000 [Hz] – podzielony na ilość pasm zgodny z ilością aktywnych elektrod – zwykle od 20 do 22, w zależności od strategii kodowania mowy. Sygnał jest wysyłany do elektrody, przypisanej dla danego zakresu częstotliwości sygnału wejściowego. Informacje o sygnale akustycznym, kodowane do części wewnętrznej, opierają się na zdefiniowanej liczbie maksimów spektralnych (zwykle od 6 do 12), wysyłane zgodnie z wybraną tabelą alokacji częstotliwości, przypisującą pasmo częstotliwości do elektrody. W procesorze definiuje się liczbę maksimów widma, jeśli w sygnale pojawiają się maksima spektralne, następuje elektryczna stymulacja odpowiednich elektrod. Programowanie procesora mowy polega na dostosowaniu parametrów stymulacji do indywidualnych cech pacjenta [1, 2].

Należy określić optymalne dla danego pacjenta progi stymulacji elektrycznej odpowiadające najcichszym i najgłośniejszym dźwiękom percypowanym przez pacjenta poprzez system implantu, wyznaczone dla każdej z elektrod osobno.

CEL PRACY

Istnieje optymalna liczba maksimów widma mowy, analizowanych w procesorze sterującym systemem implantu ślimakowego, niezbędna w prawidłowym dekodowaniu przekazu informacyjnego sygnału mowy. Liczba maksimów widmowych może się istotnie różnić międzyosobniczo i zależeć zarówno od częstotliwości stymulacji, jak i od preferencji pacjentów. Można się spodziewać określenia optymalnej liczby maksimów widmowych sygnału analizowanego w procesorze mowy, zaś dalsze zwiększanie ich liczby nie jest korzystne dla pacjenta w sensie zarówno komfortu, jak i zrozumienia przekazu. Celem badań było określenie minimalnej i niezbędnej liczby składowych widmowych sygnału mowy, potrzebnej do osiągnięcia maksymalnego zrozumienia u pacjentów z badanej grupy. Uzyskany rezultat może być istotnym wskazaniem przy aktywacji procesora mowy u dzieci.

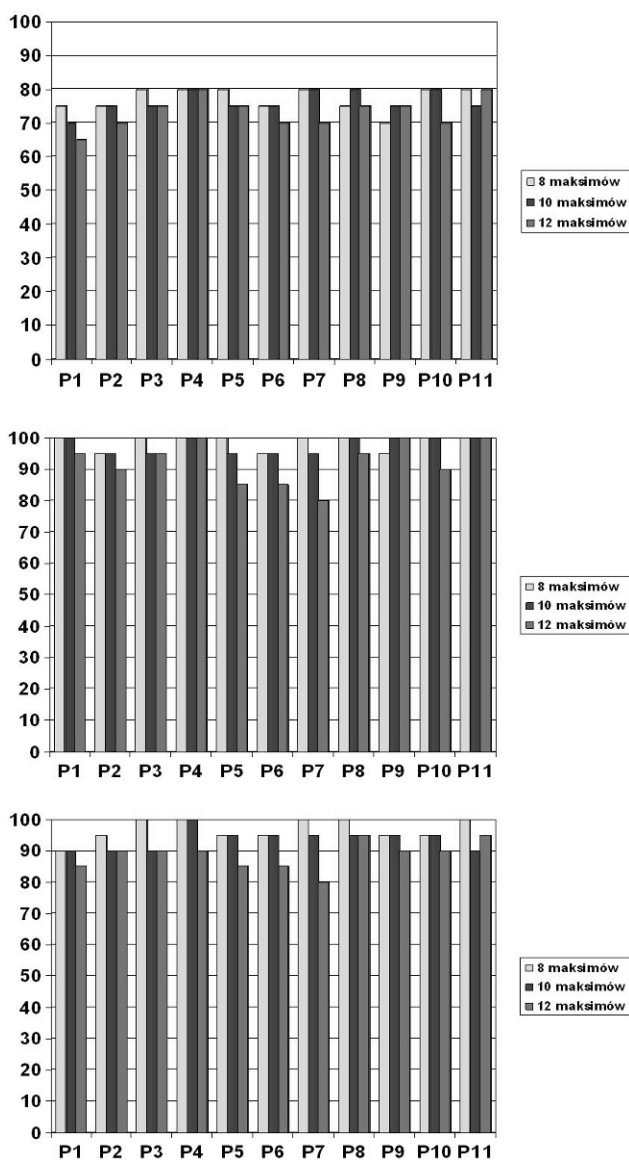
MATERIAŁ

W badaniach wykonano pomiary zrozumiałości mowy u pacjentów dorosłych, z głuchotą postlingwalną, tzn. powstałą po rozwinięciu języka mówionego. Byli to pacjenci w pełni komunikujący się z badającym. W badaniach wzięło udział 6 mężczyzn i 5 kobiet, w wieku 18–70 lat (średnia 43 lata). Każdy z pacjentów był użytkownikiem implantu ślimakowego minimum 3 lata, osiągając w monosylabowym teście słownym co najmniej 90% zrozumiałości przy poziomie 65 dB SPL. Wskaźnik ten przyjęto w kwalifikacji pacjentów do eksperymentu jako odpowiadający mowie normalnie głośnej.

METODA

Aparatura badawcza:

- Komputer
- Programator kliniczny (CPS)
- Kabina bezdechowa
- Audiometr diagnostyczny z funkcją pola słobodnego (FF)
- Miernik poziomu dźwięku (sonometr)



Ryc. 1. Wyniki testu zrozumiałości mowy [%] dla poziomu sygnału: a) 50 dB SPL; b) 65 dB SPL; c) 80 dB SPL; oś odciętych – nr pacjenta, oś rzędnych – procent rozumienia mowy

Na podstawie badań określono wpływ indywidualnie dobranej liczby analizowanych maksimów spektralnych na percepcję mowy. Według przyjętej metodyki oceniano kolejno percepcję dźwięków prostych i sygnału mowy. Wykonano następujące badania:

- Określenie progu detekcji w swobodnym polu akustycznym – audiometria tonalna.
- Kontrola progowego poziomu stymulacji elektrycznej: T (*Threshold level* – minimalnego wrażenia słuchowego), C (*Comfort level* – komfortowego wrażenia słuchowego) – opartego na skalowaniu głośności, pomiarze progu odpowiedzi z nerwu słuchowego (NRT – *Neural Response Telemetry*)

w zakresie zaprogramowanych progów stymulacji elektrycznej.

– Zaprogramowanie ustawień progów stymulacji odpowiednio dla 8, 10 i 12 maksimów widma mowy na podstawie losowego przydziału ocenianego parametru.

– Wykonanie badań audiometrii mowy, na podstawie monosylabowych testów słownych języka polskiego dla poziomów sygnału 50, 65, 80 dB SPL (odpowiednio mowa cicha, normalna i głośna) dla każdego z wymienionych programów.

– Określenie progu MCL – Most Comfortable Level celem porównania wyników testów słownych dla poszczególnych ustawień procesora mowy.

Ustalono 4-tygodniowy cykl oceny 2 programów metodą tzw. ślepej próby – oceniano preferencje subiektywne w 3 ww. cyklach. Dokonano analizy subiektywnej oceny badanych na podstawie ankiety dla pacjentów dla każdego z testowanych programów. Poddano analizie wyniki audiometrii mowy w funkcji parametrów programowanych w procesorze mowy.

W badaniach zastosowano materiał lingwistyczny nagrany na nośniku CD wraz z sygnałem kalibracyjnym – monosylabowy test słowny wg Pruszewicza i kwestionariusz kategoryjnej oceny preferencji dla ustawionych programów w różnych sytuacjach akustycznych.

WYNIKI

Wyniki pomiarów zrozumiałości mowy u pacjentów badanej grupy zilustrowano na rycinie 1a, b, c.

Badania przeprowadzono odpowiednio dla poziomu mowy cichej (ryc. 1a), normalnej (ryc. 1b) i głośnej (ryc. 1c). Zastosowano test monosylabowy oparty na liczbie 20 wyrazów na listę – dokładność 5%; w 5-krotnej repetycji i uśrednieniu wyników dla wszystkich pomiarów.

Optymalna, ze względu na oceniany wskaźnik [%] zrozumiałości mowy, liczba analizowanych maksimów wynosiła 8, u kilku pacjentów (27%) stwierdzono [4] korzystny efekt zwiększenia ich liczby do 10 w pewnych sytuacjach akustycznych (percepcja cichej mowy w cichym pomieszczeniu).

WNIOSKI

Należałoby oczekiwać, że jak najwierniejsze odzwierciedlenie sygnału mowy skutkuje pełnym zrozumieniem treści przekazu werbalnego. W przypadku pacjentów z odbiorczym uszkodzeniem słuchu stopnia głębokiego ulega zaburzeniu zdolność selektywności

częstotliwościowej – zdolność rozseparowania wielu równocześnie prezentowanych składowych częstotliwościowych (typowych dla sygnału mowy). Należy wspomnieć, że w przypadku słuchu fizjologicznego dysponujemy kilkudziesięciu tysiącami komórek czuciowo-nerwowych, zaś implant ślimakowy odzwierciedla wrażenia wysokości dźwięku za pomocą 22 elektrod.

Na podstawie wyników eksperymentu w badanej grupie stwierdzono następujące zależności:

- optymalne zrozumienie mowy zapewnia zaprogramowanie w procesorze mowy liczby 8 analizowanych maksimów spektralnych,
- ocena preferencji subiektywnych wskazuje na problemy w hałaśliwym otoczeniu, w obecności wielu osób mówiących (*cocktail party noise effect*) przy zastosowaniu powyżej 10 maksimów spektralnych,
- zwiększenie liczby maksimów powoduje wzrost wrażenia głośności i wymaga obniżenia progu maksymalnego odczucia dźwięku C o 48% zakresu dynamiki.

Rezultaty badań u pacjentów dorosłych mogą znaleźć istotne zastosowanie w programowaniu implantu u dzieci [4]. Wyniki stanowią istotny przyczynek dla określenia ustawień procesora mowy, ze szczególnym uwzględnieniem specyfiki języka polskiego. Wskazane byłoby rozszerzenie badań, celem porównania uzyskanych rezultatów u dzieci w wieku szkolnym, zbadanie stwierdzonych zależności z wykorzystaniem testów zdaniowych.

PIŚMIENNICTWO

1. Fu Q, Shannon RV, Wang X. Effects of noise and spectral resolution on vowel and consonant recognition: Acoustic and electric hearing. *Journal of the Acoustical Society of America* 1998; 104.
2. Kiefer J, Hohl S, Sturzebecher E, Pfenningdorff T, Gstoettner W. Comparison of speech recognition with different speech coding strategies (SPEAK, CIS and ACE) and their relationship to telemetry measures of compound action potentials in the nucleus CI24M cochlear implant system. *Audiology* 2001; 40: 1.
3. Pruszevicz A. *Zarys audiologii klinicznej*. Wydawnictwa Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego, Poznań 2002.
4. Stieler O, Obrębowska Z. Ocena percepcji mowy w funkcji zaprogramowanej ilości maksimów spektralnych u pacjentów dorosłych z implantem ślimakowym. III Konferencja Naukowo-Szkoleniowa Sekcji Foniatrycznej i Audiologicznej, 810 maja 2008 Poznań.
5. Szyfter W, Pruszevicz A, Karlik M, Kawczyński M, Sekula A, Swidziński P i wsp. Poznan's program of cochlear and brainstem implantation: a general review. *European Archives Of Oto Rhino Laryngology* 2003; 260: 8.

Adres autora:

Dr Olgierd Stieler

Katedra i Klinika Otolaryngologii

Uniwersytetu Medycznego

im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Przybyszewskiego 49

60-355 Poznań

Pracę nadesłano: 03.06.2008 r.

Zaakceptowano do druku: 04.08.2008 r.