

Artur Lorens, Lech Śliwa, Adam Walkowiak

Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu
Warszawa

**Zasady ustawiania procesora mowy
w programie rehabilitacji dziecka
po wszczępieniu implantu ślimakowego**

**Principles of Speech Processor Fitting in the Program of Rehabilitation
of Child after Cochlear Implantation**

Słowa kluczowe: implant ślimakowy, procesor mowy, ustawienie procesora mowy.

Key words: cochlear implant, speech processor, fitting of speech processor.

Streszczenie

Osiągane wyniki rehabilitacji po wszczępieniu implantu słuchowego w dużej mierze zależą od właściwego, dostosowanego do indywidualnych potrzeb dziecka, ustawienia procesora mowy. Wstępnym zadaniem realizowanym w trakcie ustawiania procesora mowy jest pomiar poziomów THR i MCL osobno dla każdej elektrody. W pracy przedstawiono dostosowane do wieku dziecka techniki pomiarów oraz metody optymalizacji wprowadzanych parametrów, opracowane i stosowane w Instytucie Fizjologii i Patologii Słuchu. Znajomość tych zagadnień może być przydatna dla lekarzy otolaryngologów do lepszego zrozumienia wymagań dziecka implantowanego.

Summary

In order for the child to achieve optimal benefit from rehabilitation after cochlear implantation the fitting of the speech processor must be repeatedly performed. The initial objective of programming is to obtain behavioural and comfortable loudness level for each electrode. The authors present methods of adjusting the speech processor electronically to the child's individual electric current requirements, which have been developed and implemented in the Institute of Physiology and Pathology of Hearing. Knowledge of these problems might be useful for otolaryngologist to understand better the needs of implanted children.

Implant ślimakowy wchodzący w skład systemu implantu ślimakowego wszczepiany jest w przypadku braku korzyści osiąganych przy użyciu aparatów słuchowych. Zasada działania systemu implantu ślimakowego polega na bezpośredniej elektrycznej stymulacji zakończeń nerwu słuchowego. W ten sposób możliwe jest ominięcie uszkodzonego ucha wewnętrznego, a dla potrzeb odbioru dźwięku z otoczenia wykorzystany jest pozostały sprawny odcinek drogi słuchowej. Aby zasadę tę zrealizować, konieczne jest przetwarzanie sygnału akustycznego do postaci umożliwiającej stymulację nerwu ślimakowego. Przetwarzanie sygnału akustycznego na bodziec elektryczny realizowane jest przez urządzenie elektroniczne stanowiące część składową systemu implantu ślimakowego, zwane procesorem mowy. Osiągane wyniki rehabilitacji po wszczępiu w dużej mierze zależą od właściwego, dostosowanego do indywidualnych potrzeb, ustawienia procesora mowy.

I. PROCESOR MOWY

Procesor mowy umożliwia prowadzenie stałej elektrostymulacji nerwu słuchowego w taki sposób, aby powstałe w jej konsekwencji wrażenia słuchowe były w jak największym stopniu adekwatne do odebranego sygnału akustycznego. Obecnie istnieje wiele metod realizacji powyższej funkcji, jak również wiele różniących się od siebie rozwiązań technicznych. Rozwiązania techniczne można podzielić w zależności od rodzaju technologii na dwie grupy:

- układy analogowe,
- układy cyfrowe.

Procesor mowy może być zrealizowany w wersji pudełkowej lub zausnej. W zależności od konkretnego typu implantu przetwarzanie sygnału w procesorze mowy realizowane jest na podstawie określonego rodzaju algorytmu, zwanego strategią kodowania.

II. USTAWIANIE PROCESORA MOWY

Ustawienie procesora mowy polega na wyborze strategii kodowania oraz wprowadzeniu określonych parametrów, na podstawie których przetwarzanie sygnału dostosowane będzie indywidualnie do danego pacjenta. Parametrami wprowadzanymi do procesora w przypadku systemów cyfrowych są m.in.: amplitudy bodźca elektrycznego odpowiadające wrażeniom słuchowym

progowym ($THR_{\mu A}$) oraz o poziomie najdogodniejszej głośności ($MCL_{\mu A}$), czas trwania bodźca elektrycznego, współczynnik kompresji przetwarzania sygnału akustycznego na bodziec elektryczny oraz sposób stymulacji elektrycznej (bipolarny, monopolarny).

W systemach analogowych wprowadzanym parametrem jest charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa analogowego toru przetwarzania.

Dwa parametry $THR_{\mu A}$ i $MCL_{\mu A}$ wyznacza się na podstawie testów psychoakustycznych, stanowiących część procedury ustawienia. Dokładne określenie tych parametrów jest bardzo istotne, gdyż określony zostaje w ten sposób przedział wartości natężenia prądu elektrostymulacji, a tym samym dynamika reakcji nerwu słuchowego na pobudzenie elektryczne. Ponieważ dynamika ta nie przekracza zwykle 10 dB, a dynamika zmian sygnału mowy wynosi ponad 30 dB, konieczne jest stosowanie kompresji w trakcie przetwarzania sygnału bez względu na stosowaną strategię kodowania. Relatywnie mały błąd w określeniu parametrów $MCL_{\mu A}$ i $THR_{\mu A}$ może spowodować, że pacjent nie będzie odbierał wrażeń słuchowych na odpowiednim poziomie, poziom subiektywnego odczucia głośności będzie zbyt mały lub za duży albo nie będzie rozróżniał zmian natężenia sygnału akustycznego. Wynika to stąd, że na podstawie wspomnianych parametrów wyznaczona jest charakterystyka kompresji realizowana przez procesor mowy. A zatem precyzyjne wyznaczenie parametrów $MCL_{\mu A}$ i $THR_{\mu A}$ konieczne jest, aby umożliwić pacjentowi rozumienie mowy [Lenhard 1992].

Następnie, korzystając z oceny audiologicznej, logopedycznej, psychologicznej i pedagogicznej, dokonuje się korekcy zmierzonych poziomów oraz innych wprowadzanych do programu parametrów w celu osiągnięcia maksymalnych wyników rehabilitacji.

III. MATERIAŁ

Określając zasady ustawiania procesora mowy w programie rehabilitacji dziecka po wszczępiu implantu ślimakowego, autorzy przeanalizowali dane zebrane od 63 implantowanych dzieci w okresie od 1992 r. Grupę stanowili zarówno użytkownicy jednokanałowych analogowych systemów implantów ślimakowych typu „Comfort” firmy Med-El, jak również użytkownicy wielokanałowych cyfrowych systemów następujących typów: Combi 40 i Combi 40+ firmy Med-El, Nucleus MSP i Nucleus Spectra firmy Cochlear, Laura III i Laura Flex firmy Philips Hearing Implants.

IV. SZCZEGÓLNE UWARUNKOWANIE USTAWIANIA PROCESORA MOWY U DZIECI

Podczas ustawiania procesora mowy u dzieci ze względu na konieczność wykonania badań psychoakustycznych muszą być wykorzystywane techniki pomiarów dostosowane do wieku oraz osiągniętych kompetencji słuchowych i językowych dziecka. Poniżej przedstawiamy najistotniejsze zalecenia, stanowiące fragment opracowanej w Instytucie Patologii i Fizjologii Słuchu procedury ustawiania procesora mowy u dzieci.

I. Przeprowadzenie treningów poprzedzających pierwsze dopasowanie procesora mowy obejmujących:

- uwarunkowanie dziecka na bodziec rozumiane jako umiejętność rozróżnienia obecności bodźca, jak i jego braku. Jako bodziec może być użyty sygnał akustyczny pod warunkiem, że resztki słuchowe dziecka umożliwiają reakcję w aparatach słuchowych. Może to być prosty sygnał wizyjny (przykładowo światło lampki) lub sygnał wibracyjny pochodzący z urządzenia wibro-dotykowego [Beiter 1991]. Jako trening warunkujący reakcje dziecka na bodziec może być również uznany test elektrostymulacji z zastosowaniem na przykład elektrody solnej zewnątrztympanalnej.

- nauczanie dziecka pojęć „mało” i „dużo” wraz z praktyczną umiejętnością ich stosowania.

Z uwagi na to, że pomiędzy momentem zakwalifikowania do wszczepienia implantu ślimakowego a terminem pierwszego dopasowania jest zwykle wystarczająco dużo czasu na przeprowadzenie treningu przygotowującego dziecko do pierwszego ustawienia procesora, w prowadzenie wstępnego treningu powinni być zaangażowani rodzice, jak również opiekujący się dzieckiem logopedzi, psycholodzy czy pedagodzy.

II. Przeprowadzenie warunkowania dziecka na bodziec z wykorzystaniem stymulacji elektrycznej przez implant

Ze względu na to, że (zwłaszcza dla dzieci prelingwalnych) elektrycznie wywołane reakcje słuchowe w trakcie pierwszego ustawienia procesora są czymś, czego doświadczają pierwszy raz w życiu, reakcja na nie może być bardzo różna. Prąd stymulacji trzeba więc powoli zwiększać, począwszy od małych natężeń, a w momencie zauważenia jakiegokolwiek reakcji dziecka należy wykonać próbę uwarunkowania na bodziec.

III. Określenie parametru $THR_{\mu A}$

Wykorzystując wcześniej przeprowadzone uwarunkowanie dziecka na bodziec, należy wykonać pomiar minimalnej wartości natężenia prądu stymulującego, dla którego występują reakcje słuchowe. Z zebranych doświadczeń własnych autorów wynika, że szczególnie w przypadku dzieci z grupy wiekowej 3-5 lat zarejestrowany próg jest wyższy od rzeczywistego. Jako parametr THR_{mA} do procesora wprowadza się zatem wartość mniejszą od zmierzonej, w istniejącej praktyce równą połowie zmierzonego progu.

IV. Określenie parametru $MCL_{\mu A}$

Dla dzieci, zwłaszcza prelingwalnych, ze względu na mały zakres zebranych dotychczas doświadczeń słuchowych, pojęcie poziomu najdogodniejszej głośności jest pojęciem nie znanym. A zatem aby określić natężenie prądu odpowiadające najdogodniejszej, głośności dokonuje się próby wyznaczenia, na podstawie zachowania dziecka, natężenia prądu, przy którym doznania słuchowe stają się nieprzyjemne. Zakłada się następnie, że natężenie prądu odpowiadającego poziomowi najdogodniejszej głośności wynosi ok. 75% natężenia prądu odpowiadającego poziomowi dyskomfortu. Praktyka potwierdza to ustalenie.

V. Konieczność wykonywania badań obiektywnych

Do badań obiektywnych pomocnych w ustawieniu procesora mowy zalicza się rejestrację potencjałów słuchowych wywołanych elektrycznie (EBERA) oraz rejestrację elektrycznie wywołanego odruchu strzemiączkowego. Pomimo tego, że w trakcie dotychczasowych doświadczeń nie udało się uzyskać pełnej korelacji wyników badań obiektywnych z wartościami $MCL_{\mu A}$ i $THR_{\mu A}$ zmierzonymi psychoakustycznie, to obserwacje autorów i dane z literatury wskazują, iż badania obiektywne są bardzo pomocne w określeniu przybliżonego zakresu prądu, dla którego można się spodziewać reakcji akustycznych [Hodges 1997; Kileny 1997]. Ważne jest to zwłaszcza w przypadku najmłodszych dzieci oraz w przypadku dzieci z wadami sprzężonymi, z którymi współpraca może być bardzo trudna.

VI. Weryfikacja ustawień procesora mowy

Przedstawione powyżej techniki określenia wybranych parametrów służą jedynie do wstępnego, bardzo przybliżonego, ustawienia procesora mowy. Istnieje potrzeba stałej kontroli i weryfikacji ustawienia procesora, głównie na podstawie

wnikliwej obserwacji zachowania dziecka. Wyniki otrzymywane w trakcie powtórnie wykonywanych testów psychoakustycznych nie są wystarczająco wiarygodne, aby tylko na ich podstawie móc dokonać zmiany ustawienia procesora. Konieczne jest zebranie jak najpełniejszej informacji o percepcji słuchowej dziecka w jego środowisku naturalnym. Dlatego konieczna jest pomoc zarówno rodziców, jak i specjalistów biorących udział w opiece i rehabilitacji dziecka: audiologów, logopedów, pedagogów czy psychologów. Pozwala ona dokonać oceny bieżącego ustawienia i wprowadzić ewentualne korekty.

VII. Wykonywanie badania audiometrii wolnego pola

Audiogram wolnego pola dziecka implantowanego jest bardzo pomocny w ustawieniu procesora mowy. Należy jednak pamiętać, że ze względu na małą dynamikę nerwu słuchowego w warunkach stymulacji elektrycznej konieczne jest ustalenie priorytetu [Lorens 1998]. Ponieważ nadrzędnym celem jest uzyskanie najlepszego rozumienia mowy, rezygnuje się z możliwości słyszenia bardzo cichych dźwięków. Z zebranych doświadczeń wynika, że maksymalne rozumienie mowy uzyskuje się wówczas gdy audiogram wolnego pola zawiera się pomiędzy wartościami 20 dB a 50 dB. Konkretnie wartości na audiogramie, jak również przebieg audiogramu, przy których uzyskuje się maksymalne rozumienie mowy, zależą od wielu czynników, w tym od charakterystyki biofizycznego styku: neurony-elektroda. Na podstawie samego audiogramu wolnego pola nie można zatem dokonać weryfikacji ustawienia, a tym samym ocenić korzyści z implantu.

V. WNIOSKI

Każdorazowe ustawienie procesora mowy należy traktować bardzo indywidualnie, dostosowując zarówno częstość ustawień, jak i konkretne techniki pracy do wieku, poziomu rozwoju i kompetencji językowych dziecka. Konieczne jest stworzenie zespołu wielu specjalistów, aby ustawienie procesora mowy było jednym z elementów rehabilitacji dziecka po wszczepie implantu ślimakowego, ściśle związanym z pozostałą częścią rehabilitacji. Dlatego też istnieje często potrzeba przeprowadzania ustawienia przy bezpośrednim współudziale i współuczestnictwie inżyniera, logopedy, a także psychologa i pedagoga.

Bibliografia

- Beiter A. L., Staller S. J., Dowell R. C. (1991): Evaluation and Device Programming in Children, „Ear And Hearing“ 12, No. 4, Supplement.
- Lenhard E., Gnadeberg D., Battmer R. D. (1992): Experience with the Cochlear Miniatur Speech Processor in Adults and Children, ORL.
- Hodges A. V., Balkany T. J., Ruth R. A., Lambert P. R., Dolan-Ash S. (1997): Schloffman Electrical middle ear muscle reflex: use in cochlear implant programming. „J. Otolaryngol. Head. Neck. Surg.“ 117 (3 Pt 1), 255-261.
- Kileny P. R., Zwolan T. A., Boerst A., Telian S. A. (1997): Electrically evoked auditory potentials: Current clinical applications in children with cochlear implants. „Am. J. Otol.“ 18 (6 Suppl.), 90-92.
- Lorens A., Szuchnik J., Wojnarowska W., Skarżyński H., Śliwa L., Piotrowska A., Walkowiak A. (1998): Comparison of dynamic range and results of rehabilitation in cochlear implant in children. W: 4th European Symposium On Paediatric Cochlear Implantation, the Netherlands, June 14-17, 1998.