

Artur Lorens¹, Henryk Skarżyński¹, Lech Śliwa¹, Anna Piotrowska¹,
Adam Walkowiak¹, Arkadiusz Wąsowski^{2, 1}

¹ Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu

² Instytut Systemów Elektronicznych Politechniki Warszawskiej

Zastosowanie pomiarów elektrycznie wywołanego odruchu mięśnia strzemiączkowego w dopasowaniu procesora implantu ślimakowego*

Application of stapedius muscle reflex measurement in cochlear implant
speech processor fitting

Słowa kluczowe: implant ślimakowy, dopasowanie procesora, odruch strzemiączkowy, metody obiektywne.

Key words: cochlear implant, speech processor fitting, stapedius reflex, objective methods.

Streszczenie

Celem badań było wyznaczenie zależności między behawioralnymi poziomami komfortowego słyszenia (MCL) a poziomami progowymi elektrycznie wywołanego odruchu mięśnia strzemiączkowego (ESRT). Badaniami objęto sześcioro dzieci prelingwalnych, wybranych z grupy pacjentów – użytkowników systemu implantu ślimakowego Combi 40+. Wszystkie badane dzieci były w wieku poniżej 7 lat i miały co najmniej jeden rok doświadczeń w korzystaniu z implantu. Ustawienie procesorów mowy wykonano zgodnie z procedurą dopasowania opartą na metodach behawioralnych. Próg odruchu strzemiączkowego mierzono za pomocą mostka impedancyjnego w okresie pooperacyjnym, kontralateralnie, stosując metodę przyrostową. Uzyskane wartości progów ESRT były porównane w każdym kanale z mapą ustawienia procesora, MCL. Zaobserwowano dobrą korelację między progami ESRT i poziomami MCL. W niektórych przypadkach dokonano korekcji mapy ustawienia procesora na podstawie pomiaru ESRT. Uzyskane wyniki pokazują, że pomiar progów odruchu strzemiączkowego może być użytecznym środkiem do estymacji poziomów MCL. W opinii autorów metoda ta może ułatwić ustawienie procesora, zwłaszcza w populacji dziecięcej.

* Pracę wykonano w ramach Projektu Badawczego KBN Nr 7 T11E 05120.

Summary

The aim of this study was to determine the correlation between the maximum comfort loudness levels (MCL) and the electrically elicited stapedius reflex threshold (ESRT). The material consisted of 6 prelingually deafened children, sampled from the group of Combi 40+ implant users. All the children had at least 1-year experience with Combi 40+ implant. Their processors had been programmed according to a paediatric fitting procedure based on behavioural observation. The age of children ranged from 2 years and 3 months to 5 years and 7 months. The ESRT was measured postoperatively, contralaterally, using an up/down protocol. ESRT values were compared with MCL of child's map in each channel. Good correlation between the MCL and ESRT was observed. In some cases, corrections were introduced to the child's map on the basis of the ESRT measurement results. The children accepted the new map. The obtained results confirmed the opinion that the ESRT could be a useful means in estimation of MCL. The authors are convinced that it could facilitate speech processor fitting in paediatric population.

Zasadniczym celem dopasowania procesora mowy implantu słuchowego jest wyznaczenie wartości prądu stymulującego odpowiadających progowi słyszenia (THR) i poziomowi komfortowej głośności (MCL) dla każdej elektrody implantu. W typowej procedurze dopasowania procesora wartości te są określane na podstawie testów psychofizjologicznych. Dokładny pomiar poziomów THR i MCL jest niezwykle istotny, gdyż wynikający z nich zakres prądów stymulacji jest ściśle związany z dynamiką reakcji nerwu słuchowego, a to z kolei silnie wpływa na zdolność pacjenta do rozumienia mowy w warunkach „słuchu elektrycznego”.

Właściwe określenie mapy ustawienia procesora jest często znacznie utrudnione, zwłaszcza w przypadku dzieci prelingwalnych. Pacjenci ci nie mają doświadczeń słuchowych, a ich zdolności komunikowania się są ograniczone. Małe dziecko nie jest w stanie ocenić swoich doznań słuchowych w sposób ilościowy. Stąd w ostatnich latach kładzie się wielki nacisk na wykorzystanie w procedurach dopasowania procesora metod obiektywnych, opartych na pomiarach elektrofizjologicznych [Walkowiak (i in.) 2001]. Elektrycznie wywołany odruch mięśnia strzemiączkowego (ESMR) jest uznawany za obiecujący sposób wyznaczania poziomu komfortowego słyszenia u pacjentów dorosłych [Bresnihan (i in.) 2001; Stephan (i in.) 2000]. Niemniej w literaturze jest dotąd niewiele doniesień o zastosowaniu tej metody u dzieci [Bresnihan (i in.) 2001; Lorens (i in.) 2002]. Niektórzy autorzy donosili o niepowodzeniach w wykorzystaniu pomiarów ESMR u dzieci.

Celem przedstawionych prac było wyznaczenie relacji między behawioralnymi poziomami komfortowego słyszenia (MCL) a poziomami progowymi elektrycznie wywołanego odruchu mięśnia strzemiączkowego (ESRT) w grupie doświadczonych użytkowników implantów ślimakowych w populacji dziecięcej. Autorzy podjęli także próbę optymalizacji mapy ustawienia implantu na podstawie pomiarów ESRT.

I. MATERIAŁ

Materiał kliniczny obejmuje sześcioro dzieci prelingwalnych, wyselekcjonowanych z grupy doświadczonych użytkowników implantu ślimakowego Med-El Combi 40+. Dzieci były implantowane w Instytucie Fizjologii i Patologii Słuchu w latach 2000-2001. Ustawienie procesorów mowy przeprowadzono przy zastosowaniu metod behawioralnych (psychofizjologicznych) zgodnie ze specjalną pediatryczną procedurą dopasowania opracowaną w Instytucie Fizjologii i Patologii Słuchu [Lorens (i in.) 1999]. Wszystkie dzieci przeszły z powodzeniem przez cztery etapy tej procedury. Czas użytkowania implantu wynosił co najmniej jeden rok. Wiek dzieci w momencie implantacji zawierał się w przedziale od dwu lat i trzech miesięcy do pięciu lat i siedmiu miesięcy.

II. METODY

Dopasowanie procesora mowy w systemie implantu ślimakowego ma w tych badaniach znaczenie fundamentalne. Autorzy zastosowali więc specjalną procedurę, w której dąży się do eliminacji czynników przypadkowych i uzyskania maksymalnej wiarygodności wyników.

1. Procedura dopasowania procesora implantu

W okresie poprzedzającym pomiary odruchu strzemiączkowego (ESMR) przeprowadzono u wszystkich badanych ustawienie procesora zgodnie z procedurą pediatryczną opracowaną i wdrożoną przez Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu [Lorens (i in.) 1999]. Czteroetapowa procedura opiera się na testach psychofizjologicznych, dostosowanych do poziomu kompetencji słuchowych i językowych dziecka, przy uwzględnieniu jego wieku.

Etap I jest generalnie poświęcony treningowi poprzedzającemu pierwsze podłączenie procesora mowy. Dziecko zostaje w tym okresie uwarunkowane w taki sposób, by reagowało na bodziec (najczęściej wizualny). Dziecko uczy się także pojęć takich, jak „za mało”, „za dużo” itp.

Etap II, w którym dziecko korzysta już z implantu, zawiera ćwiczenia stanowiące trening uwarunkowujący na dźwięki. Większość badanych dzieci nie miała do tego momentu żadnych doświadczeń słuchowych, toteż istnieje na ogół konieczność wielokrotnego powtarzania ćwiczeń. W pierwszym roku po implantacji trening jest więc powtarzany co miesiąc.

Etap III jest poświęcony wyznaczeniu poziomu stymulacji elektrycznej odpowiadającego progowi słyszenia, THR. Dzięki uwarunkowaniu w poprzednich etapach większość dzieci jest w stanie poprawnie reagować na obecność dźwięku

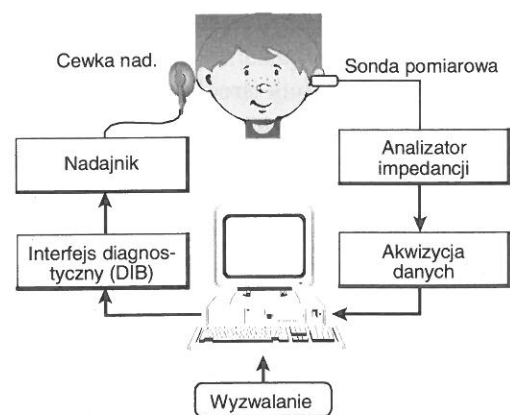
(wrażenie dźwięku wywołane elektryczną stymulacją przez implant) lub jego brak. Pozwala to zdefiniować progi THR w mapie ustawienia implantu.

Etap IV obejmuje badania pozwalające na wyznaczenie poziomów komfortowego słyszenia, MCL. Zadanie to może być niezwykle trudne w przypadku małych dzieci prelingwalnych. Wynika to m.in. z faktu, że samo pojęcie „najbardziej komfortowa głośność” jest trudne lub niemożliwe do zrozumienia dla dziecka. Z tego względu w omawianej procedurze dąży się do wyznaczenia poziomu stymulacji możliwie bliskiego (lecz nie przekraczającego) poziomu dyskomfortu (UUL). Staje się jasne, dlaczego w etapach poprzedzających poświęca się wiele uwagi treningowi pozwalającemu dziecku na dobre przyswojenie sobie pojęć „za mało”, „za dużo”. Jako punkt wyjściowy estymacji poziomu MCL przyjmuje się 75% wartości bodźca odpowiadającego przybliżonemu poziomowi UUL. W trakcie dalszej pracy z pacjentem dokonuje się precyzyjnej regulacji poziomów MCL oraz dalszej korekcji mapy ustawienia procesora na podstawie reakcji dziecka na dźwięki mowy i otoczenia. Ustawienia są weryfikowane w trakcie sesji rehabilitacyjnych i na podstawie obserwacji zachowań dziecka w życiu codziennym.

Jak widać z powyższego opisu, zadanie wyznaczenia optymalnej mapy ustawienia procesora u dzieci jest procesem długotrwałym i pracochłonnym.

2. Pomiary progu elektrycznie wywołanego odruchu mięśnia strzemiączkowego (ESRT)

W omawianych badaniach progi odruchu strzemiączkowego były mierzone metodą obiektywną co najmniej rok po pierwszym uruchomieniu procesora implantu. Schemat blokowy układu pomiarowego przedstawiono na ryc. 1.



Ryc. 1. Schemat blokowy układu pomiarowego do badania progu elektrycznie wywołanego odruchu mięśnia strzemiączkowego (ESMR)

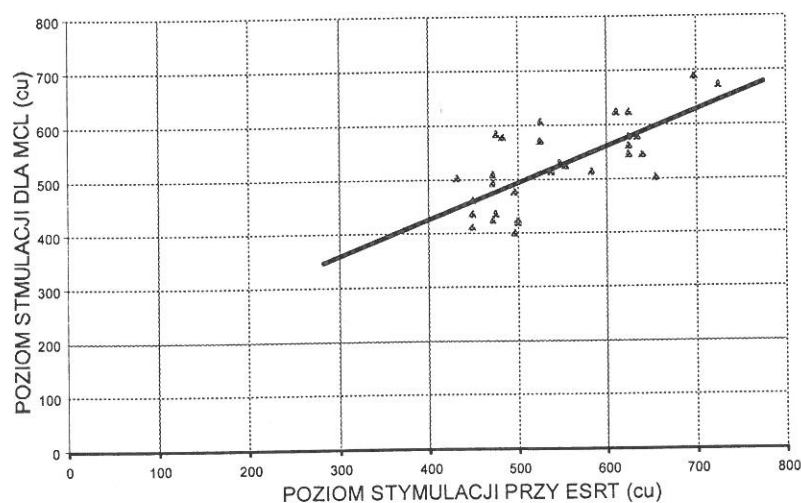
Pierwszym krokiem procedury pomiarowej jest standardowa tympanometria wykonana za pomocą mostka – analizatora impedancji akustycznej. Autorzy stosowali w tym celu urządzenie Middle Ear Analyser Zodiac 901 firmy Madsen. Dzieci, których tympanogramy odbiegały od normy, były eliminowane z dalszych badań, a ich wyniki nie są uwzględnione w tym opracowaniu. Następnie badano zmianę admitancji akustycznej w uchu nieimplantowanym (kontralateralnie), wywołaną reakcją mięśnia strzemiączkowego na stymulację elektryczną przez implant. Analizator impedancji jest ustawiony w tym przypadku do pomiaru zaniku odruchu strzemiączkowego (tryb „reflex decay”). Bodźce elektryczne są przesyłane przez implant, którego nadajnik jest sterowany z diagnostycznego interfejsu pomiarowego (DIB), połączonego z komputerem przez port szeregowy. W badaniach wykorzystano oprogramowanie do ustawiania procesora Med-EI CM v. 4.02 oraz oprogramowanie pomiarowe ZEBRA v. 3.0. W typowym trybie pomiarowym bodziec wprowadzany do elektrody implantu ma postać ciągu impulsów dwufazowych o łącznym czasie trwania 500 ms. Cykl pomiarowy jest uruchamiany ręcznie z klawiatury komputera.



Ryc. 2. Pomiar odruchu strzemiączkowego u dziecka implantowanego. Po prawej ekran analizatora impedancji z widoczną krzywą odpowiedzi na bodziec elektryczny

Stymulacja zaczyna się od poziomu MCL, wynikającego z aktualnej mapy ustawienia procesora implantu u dziecka. Jeśli na ekranie analizatora obserwuje się wyraźne odchylenie przebiegu impedancji w dół od linii bazowej (co oznacza chwilowe zmniejszenie impedancji), uznaje się, że wystąpił odruch strzemiączkowy. Poziom stymulacji jest następnie zmniejszany krokami co 1 dB, aż zmiany impedancji przestaną być zauważalne. Jeśli przy początkowym poziomie stymulacji nie obserwuje się odruchu strzemiączkowego, poziom stymulacji jest

zwiększany kolejno o 1 dB, aż na ekranie pojawią się wyraźne odchylenia świadczące o zmianach impedancji. Od tego momentu poziom stymulacji jest obniżany, z tym samym skokiem, aż do ponownego zaniku odruchu. W każdym cyklu pomiarowym stosuje się trzy serie przyrostów bodźca, zmieniając jego wartość w górę i w dół. Wartość progu ESRT jest wyliczana jako średnia trzech najniższych poziomów stymulacji, pochodzących z trzech serii zstępujących, dla których obserwowano zauważalne odchylenie od linii bazowej (mierzącą zmianę impedancji akustycznej).



Ryc. 3. Zależność poziomu maksymalnego komfortu (MCL) od wartości progowej elektrycznie wywołanego odruchu mięśnia strzemiączkowego (SMRT) w grupie badanych pacjentów

III. WYNIKI

Elektrycznie wywołany odruch mięśnia strzemiączkowego był obserwowany u wszystkich badanych dzieci, a wyniki pomiaru były stabilne i powtarzalne. Wyznaczono łącznie 72 wartości progu ESRT na wszystkich badanych elektrodach u wszystkich pacjentów. Wartości progów odruchu strzemiączkowego ESRT porównano, dla konkretnej elektrody, z poziomami MCL z mapy ustawienia procesora dziecka. Zaobserwowano względnie dobrą korelację między wartościami ESRT i MCL (ryc. 3). U dwu spośród badanych pacjentów wartość ESRT była nieco wyższa niż wyznaczony uprzednio poziom MCL. Niemniej dzieci te nie sygnalizowały żadnych objawów dyskomfortu w trakcie pomiaru, co skłoniło do przypuszczenia, że behawioralne poziomy MCL były zaniżone. Mapę ustawienia procesora skorygowano u tych dzieci zgodnie z wynikami obiektywnych pomiarów progu odruchu strzemiączkowego. Dzieci chętnie zaakceptowały nową mapę ustawienia procesora.

IV. DYSKUSJA

Odmienne niż donosili autorzy niektórych publikacji [Bresnihan (i in.) 2001], uzyskano dobrą korelację pomiędzy psychofizjologicznymi poziomami komfortowego słyszenia (MCL) i progami odruchu strzemiączkowego (ESRT) w badanej populacji dziecięcej. Omawiane badania dotyczyły jednak grupy doświadczonych użytkowników implantu ślimakowego, dzieci, które z powodzeniem przeszły przez co najmniej roczną procedurę ustawienia i optymalizacji procesora implantu. Dzięki zastosowanej metodzie treningu dzieci były znakomicie uwarunkowane i dobrze zaznajomione z pojęciami niezbędnymi do oceny wrażeń słuchowych. Można przyjąć, że poziomy MCL były wyznaczone w tej grupie w sposób maksymalnie wiarygodny. Stąd korelacja wyników pomiaru ESRT i wartości MCL może być równie dobra, jak w populacji pacjentów dorosłych.

V. WNIOSKI

Wyniki pracy potwierdzają to, co sugerowali autorzy z innych ośrodków [Stephan, Welzl-Müller 2000] i o czym była mowa w naszych wcześniejszych doniesieniach [Lorens (i in.) 2002], że obiektywny pomiar progu elektrycznie wywołanego odruchu mięśnia strzemiączkowego może być bardzo przydatny do estymacji poziomu komfortowego słyszenia u dzieci implantowanych. W paru przypadkach stwierdzono, że dzięki pomiarom obiektywnym udało się poprawić mapę ustawienia procesora u dziecka prelingwalnego, co jest bezpośrednim dowodem użyteczności metody.

W opinii autorów obiektywny pomiar elektrycznie wywołanego odruchu mięśnia strzemiączkowego, który jest badaniem prostym, nieinwazyjnym i wymagającym jedynie biernej współpracy pacjenta, powinien być wprowadzony do procedur ustawiania procesora mowy u małych dzieci. Wyniki pomiarów ESRT dostarczają cennych danych ułatwiających ocenę stanu układu słuchowego osoby implantowanej, a więc przyspieszają i ułatwiają optymalizację ustawień procesora. Jednakże, przy obecnym stanie wiedzy i techniki pomiarowej, zasadniczą rolę w tej dziedzinie pełnią wciąż metody psychofizjologiczne, metody zaś oparte na pomiarach obiektywnych mogą je wspomagać i uzupełniać.

Bibliografia

- Bresnihan M., Norman G., Scott F., Viani L. [2001]. Measurement of comfort levels by means of electrical stapedial reflex in children. „Archives of Otolaryngology – Head and Neck Surgery” 127, 8, 963-966.
- Lorens A., Piotrowska A., Śliwa L., Walkowiak A., Skarżyński H. [2002]. Application of stapedius muscle reflex measurement in cochlear implant speech processor fitting. W: N. Calloas, G. Whymark, W. Lesso (eds.). Proceedings of the 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics. Vol. 13. Orlando, Florida, USA s. 502-504.
- Lorens A., Śliwa L., Walkowiak A. [1999]. Principles of speech processor fitting in the programme of rehabilitation of child after cochlear implantation. „New Medicine” 3, 33-35.
- Stephan K., Welzl-Müller K. [2000]. Post-operative stapedius reflex tests with simultaneous loudness scaling in patients supplied with cochlear implants. „Audiology” 39, 13-18.
- Walkowiak A., Lorens A., Piotrowska A., Śliwa L., Skarżyński H. [2001]. Intraoperative objective methods of examination of hearing system electrical characteristics. „Structures – Waves – Biomedical Engineering” 10, 2, 159-165.