

Jak pracują systemy implantów ślimakowych?

Systemy implantów ślimakowych są to techniczne protezy słuchu, które mogą w znacznym stopniu zastąpić brakującą funkcję ślimaka. Podczas gdy aparaty słuchowe wzmacniają dźwięk jak bardzo mocny głośnik, systemy CI przetwarzają sygnały akustyczne (mowa, odgłosy w otoczeniu itp.) na impulsy elektryczne, które bezpośrednio stymulują nerw słuchowy. Mózg interpretuje to, jako zdarzenie akustyczne. Dzięki tym bardzo nowoczesnym produktom, które stanowią przełom w technice medycznej, po raz pierwszy udało się stworzyć imitację narządu zmysłu i dobrze zastąpić go.

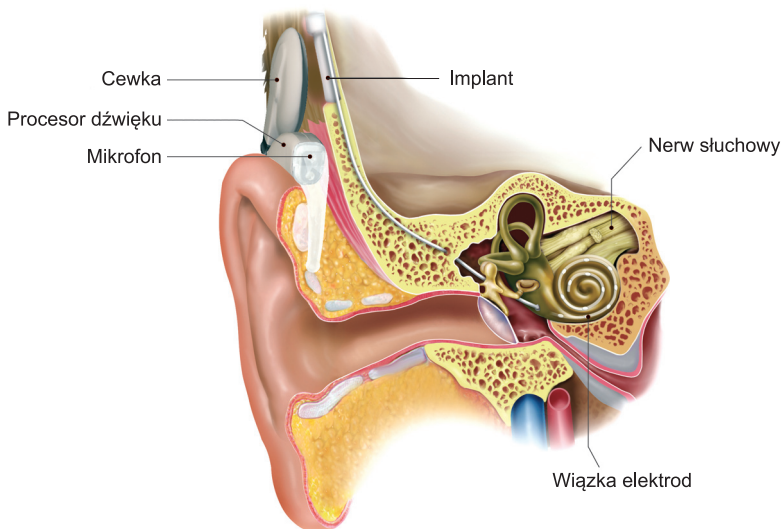
Systemy implantów ślimakowych różnych producentów mają podobną zasadę funkcjonowania.

Fale dźwiękowe są odbierane przez mikrofon audioprocessora CI (procesor mowy) i przekształcane w sygnały elektryczne. Procesor mowy przetwarza te sygnały i przekazuje w postaci specjalnych sygnałów cyfrowych do cewki. Stąd są one przesyłane do implantu. Implant odkodowuje sygnały cyfrowe i przewodzi je do kontaktu wiązki elektrod (electrode array) umieszczonej w ślimaku (ryc. 10), gdzie włókna nerwu słuchowego są bezpośrednio stymulowane i pobudzone do wytwarzania nowych impulsów elektrycznych, tak zwanych potencjałów czynnościowych, i do przewodzenia ich do ośrodka słuchu w mózgu. Mózg interpretuje te sygnały jako zdarzenie akustyczne (mowa, odgłosy w otoczeniu itp.).

W obudowie cewki, oprócz wielu elementów elektronicznych, znajduje się też magnes. Również w implancie, który wszczepiany jest pod skórą za uchem, umieszczony jest magnes. Dzięki działaniu sił magnetycznych cewka jest utrzymywana centralnie, dokładnie nad implantem.

Aktualnie dostępne są cztery różne systemy implantów ślimakowych:

- Nucleus® 5 System (Cochlear AG),
- Harmony™ HiResolution® Bionic Ear System (Advances Bionic),
- Digisonic® SP System (Neurelec),
- Maestro™ System (MED-EL).



Ryc. 10. Tak działa implant ślimakowy.

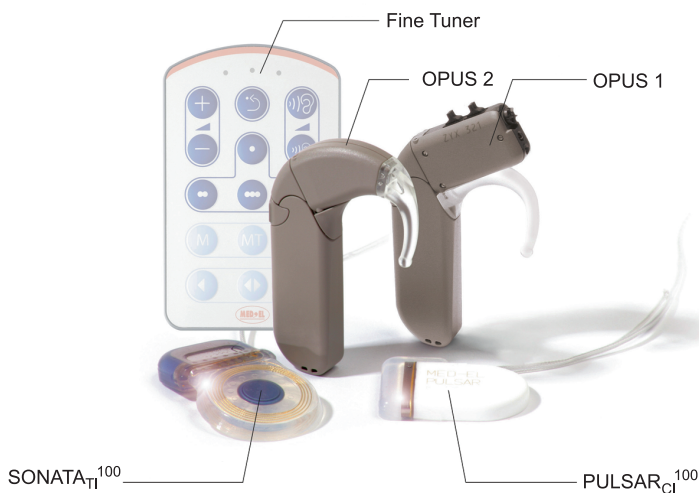
Systemy te różnią się wykonaniem i kształtem elektrod, które wprowadza się do ślimaka, oraz sposobem wykonania obudowy implantu i elektroniką, która przetwarza sygnał akustyczny (mowa, odgłosy w otoczeniu itp.).

Dla przykładu zostanie tu omówiony MED-EL MAESTRO™ System. MAESTRO™ System oferuje dwa różne procesory mowy, OPUS 1 i OPUS 2, oraz dwa różne implanty, PULSAR_{CI}¹⁰⁰ i SONATA_{TI}¹⁰⁰ do wyboru (patrz ryc. 11).

Procesory składają się z wielu części (budowa modułowa):

- jednostka procesora mowy z mikrofonem i elektroniką,
- pojemnik na baterie lub akumulator (są różne pojemniki na baterie),
- przewód, różnej długości, łączący procesor mowy z cewką,
- cewka.

Dzięki różnym konfiguracjom, czyli możliwości kombinacji różnych pojemników na baterie i długości przewodu łączącego, procesory można



Ryc. 11. System implantu ślimakowego MAESTRO.

tak dopasować, aby mogły ich używać i nosić niemowlęta, małe dzieci, młodzież i dorośli.

Procesor mowy OPUS 2 wyróżnia się konstrukcją, która nie ma przełączników. Obsługa (dopasowanie głośności i czułości oraz zmiana ustawień) dokonywana jest zdalnie, z użyciem kontrolera Fine Tuner (ryc. 11). Procesor mowy jest zasilany przez baterie lub akumulator, który można ładować.

W ofercie znajdują się różnorodne akcesoria, które umożliwiają podłączenie wszystkich konwencjonalnych urządzeń dodatkowych, również tych używanych już w aparatach słuchowych (system FM, zintegrowany Telecoil).

Oba implanty SONATA_{Ti}¹⁰⁰ z tytanową obudową i PULSAR_{Ci}¹⁰⁰ z biokompatybilną obudową ceramiczną są dostępne w wersjach z różnymi wiązkami elektrod. Umożliwia to chirurgom wybranie optymalnej wiązki elektrod w zależności od anatomii ślimaka i innych kryteriów.



Ryc. 12. Standardowa wiązka elektrod implantu ślimakowego MED-EL.

Obecnie dostępne są następujące rodzaje wiązek elektrod:

- **Standardowa wiązka elektrod** – charakteryzuje się możliwością głębokiego wprowadzenia do ślimaka i jego pełnej stymulacji w całym zakresie częstotliwości dźwięku (ryc. 12).
- **Wiązka elektrod FLEX^{SOFT}** – najnowsza konstrukcja; bardzo giętka, nadaje się do oszczędzającego wprowadzenia do ślimaka.
- **Średnia wiązka elektrod** – trochę krótsza od standardowej elektrody; do wprowadzania do ślimaka w przypadkach, w których głębokie umieszczenie wiązki elektrod nie jest pożądane lub możliwe, na przykład w technice EAS, lub gdy ślimak jest częściowo skostniały.
- **Krótką wiązka elektrod** – do wprowadzania do ślimaka w przypadku jego nieznacznego zwężenia lub częściowego skostnienia lub w przypadku wady rozwojowej ślimaka.
- **Rozgałęziona wiązka elektrod** – charakteryzuje się możliwością wprowadzenia do ślimaka w przypadku jego znacznego zwężenia, znacznego skostnienia lub gdy ślimak nie jest w pełni wykształcony.
- **Wiązka elektrod FLEX^{EAS}** – konstrukcja z myślą o stymulacji elektryczno-akustycznej.

■ Złożona stymulacja elektryczno-akustyczna (electro and acoustic stimulation, EAS)

Aby zastosować złożoną stymulację elektryczno-akustyczną (EAS), wiązki elektrod (np. wiązka elektrod FLEX^{EAS}) wprowadza się do dolnego,

podstawnego (pierwszego) zakrętu ślimaka. EAS jest idealnym rozwiązaniem w przypadku częściowej utraty słuchu, to znaczy w przypadku lekkiej do średniociężkiej utraty słuchu w zakresie niskich częstotliwości i ciężkiej lub całkowitej utraty słuchu w zakresie wysokich częstotliwości.

System implantu słuchowego EAS powoduje równoległą stymulację ślimaka – jest to jednocześnie stymulacja akustyczna za pomocą cyfrowego aparatu słuchowego i elektryczna za pomocą implantu ślimakowego. Dzięki temu osiąga się symultaniczne przetwarzanie obu zakresów częstotliwości – niskich i wysokich – tak jak u osoby, która słyszy normalnie.

MED-EL dokonał na tym polu pionierskiej pracy, a wprowadzając system EAS™ rozpowszechnił na całym świecie technologię łączenia cyfrowych aparatów słuchowych z implantami ślimakowymi. System ten działa już od ponad dziesięciu lat.

System MED-EL EAS™ składa się z audioprocessora (procesora dźwięku) i implantu ślimakowego z wiązką elektrod FLEX^{EAS} (electrode array) (ryc. 13 i 14).

W tym systemie fale dźwiękowe odbierane są przez mikrofon procesora mowy, przetwarzane i przygotowywane do następowej stymulacji akustycznej i elektrycznej w dwóch obszarach.

Tak jak w cyfrowym aparacie słuchowym, zakres wzmacniany akustycznie jest przewodzony z procesora mowy Duet przez specjalną dopasowaną wkładkę uszną do kanału ucha. Stąd wzmocnione drgania akustyczne są przenoszone mechanicznie przez błonę bębenkową i kosteczki ucha środkowego do ślimaka.

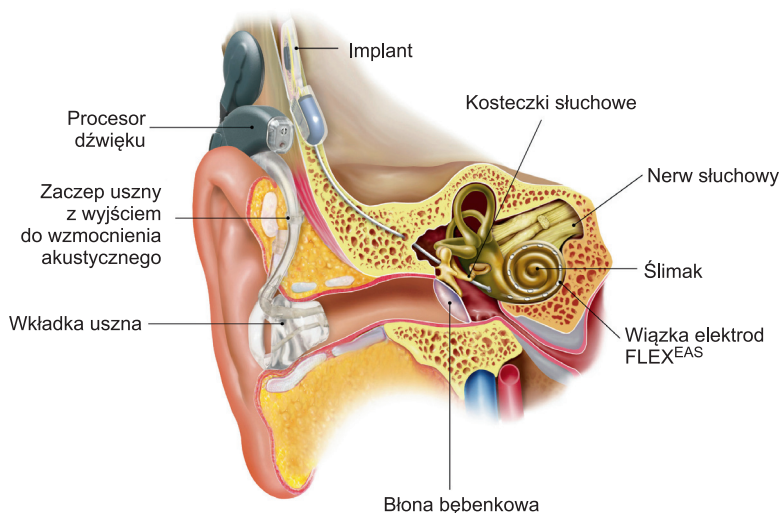
Równolegle (symultanicznie) zakres wysokich częstotliwości (wysokie dźwięki, fragmenty mowy o wyższej częstotliwości itd.) jest, tak jak w implantacji ślimakowej, przetwarzany przez procesor mowy Duet na impulsy elektryczne, które są wysyłane do cewki i dalej do implantu, skąd przez wiązkę elektrod FLEX^{EAS} docierają do ślimaka. Stymulacji elektrycznej poddawany jest tylko jeden zakręt (z dwóch i pół) ślimaka. Stymulacja tego rodzaju obejmuje zakres wyższych częstotliwości, w którym konwencjonalne aparaty słuchowe nie poprawiają słyszenia (ryc. 15).



Ryc. 13. Procesor mowy DUET2 systemu EAS™.



Ryc. 14. Wiązka elektrod FLEX^{EAS} systemu EAS™.



Ryc. 15. Technika EAS.

W ten sposób w uchu i w ślimaku odbywa się simultanicznie stymulacja akustyczna i elektryczna.

Testy (np. HSM-Satztest*, Freiburger Einsilber-Test** itp.) u osób zaopatrzonych w EAS wykazują, że rozumienie mowy w przypadku zastosowania całego systemu jest znacznie lepsze niż po zastosowaniu systemu częściowego, samego tylko cyfrowego aparatu słuchowego lub samego implantu ślimakowego.

Dzięki działaniu synergistycznemu użytkownik może odnieść korzyści z obu tych technologii. Procesor mowy Duet jest, podobnie jak OPUS 2, zdalnie sterowany za pomocą kontrolera (Fine Tuner).

* Test zdaniowy Hochmair-Schulz-Moser; bada rozumienie prostych zdań, początkowo w ciszy, a następnie przy różnym poziomie hałasu; w obszarze niemieckojęzycznym wykorzystywany jest często do oceny sukcesu terapeutycznego po wszczepieniu implantu ślimakowego – przyp. tłum.

** Freiburski test jednej sylaby – przyp. tłum.