

IMPLANTY NARZĄDU SŁUCHU

Implanty ślimakowe i inne

Wprowadzenie

- U niektórych osób z upośledzeniem słuchu nastąpiło uszkodzenie ucha wewnętrznego.
- Stosowanie aparatów słuchowych nie daje w tych przypadkach poprawy słyszenia.
- Większość z tych osób ma jednak zachowane włókna nerwowe.
- U takich osób możliwe jest częściowe przywrócenie zdolności do słyszenia poprzez zastosowanie chirurgicznie wszczepianych **implantów**.

Implanty narządu słuchu

Typy stosowanych implantów:

- implanty ślimakowe,
- implanty pniowe,
- implanty ucha środkowego,
- aparaty wszczepialne na przewodnictwo kostne typu BAHA

Budowa implantu

Części składowe:

- **część wewnętrzną** (wszczepiana):
 - odbiornik i stymulator elektryczny, wraz z wiązką elektrod (implanty ślimakowe lub pniowe)
 - przetwornik elektromechaniczny (implanty ucha środkowego)
- **część zewnętrzną**:
 - cyfrowy procesor mowy
 - nadajnik

Implanty ślimakowe

Implanty ślimakowe (*cochlear implants*) umożliwiają bezpośrednią stymulację elektryczną zakończeń włókien nerwowych w celu wywołania wrażeń słuchowych.



Kryteria implantowania

Kryteria zastosowania implantów:

- obustronna całkowita utrata słuchu
- prawidłowe działanie nerwów słuchowych
- klasyczne aparaty słuchowe nie powodują poprawy słyszenia
- brak innych poważnych problemów zdrowotnych
- ukończony drugi rok życia
- gotowość do wzięcia udziału w długotrwałym treningu słuchowym

Korzyści dla pacjenta

U użytkowników implantów obserwuje się:

- przywrócenie pewnego stopnia zdolności do odbioru wrażeń słuchowych,
- zdolność wykrywania obecności różnych dźwięków,
- poprawę zdolności wykrywania dźwięków z życia codziennego w otoczeniu,
- zwiększoną zdolność rozpoznawania mowy przy pomocy czytania z ust.

Okolo połowa użytkowników implantów zyskuje wyraźną poprawę zdolności rozpoznawania mowy bez czytania z ust.

Budowa implantu ślimakowego

- **Mikrofon** – zbiera dźwięki z otoczenia
- **Procesor mowy** – wybiera i koduje dźwięki najbardziej użyteczne w rozumieniu mowy
- **Nadajnik** – przekazuje zakodowane sygnały do odbiornika
- **Odbiornik/stymulator** – dekoduje sygnały elektryczne i przekazuje je do elektrod
- **Elektroda** – przekazuje sygnały elektryczne do zachowanych włókien nerwowych

Wszczepianie implantów

Części **zewnątrzne** implantu – procesor mowy, mikrofon, nadajnik – noszone przez użytkownika.

Części **wewnętrzne** implantu wszczepiane są chirurgicznie:

- odbiornik/stymulator – w kość za uchem
- elektroda – do wnętrza ślimaka

Połączenie części implantu:

- drogą radiową (wszczepiany odbiornik i zewnętrzny nadajnik) – najczęściej stosowane
- poprzez wszczepienie złącza (brak nadajnika i odbiornika) - raczej nie stosuje się.

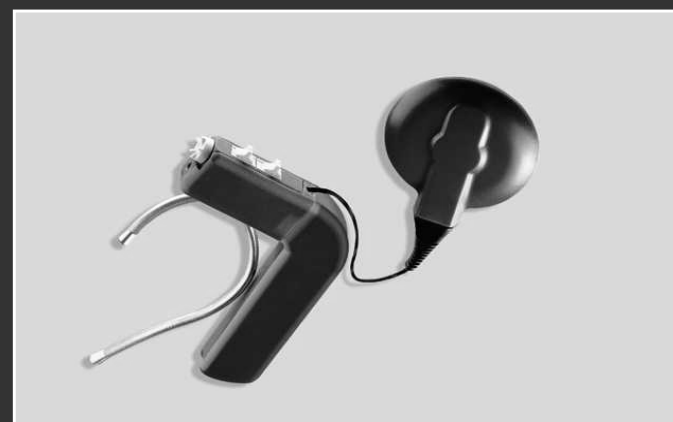
Budowa implantu ślimakowego



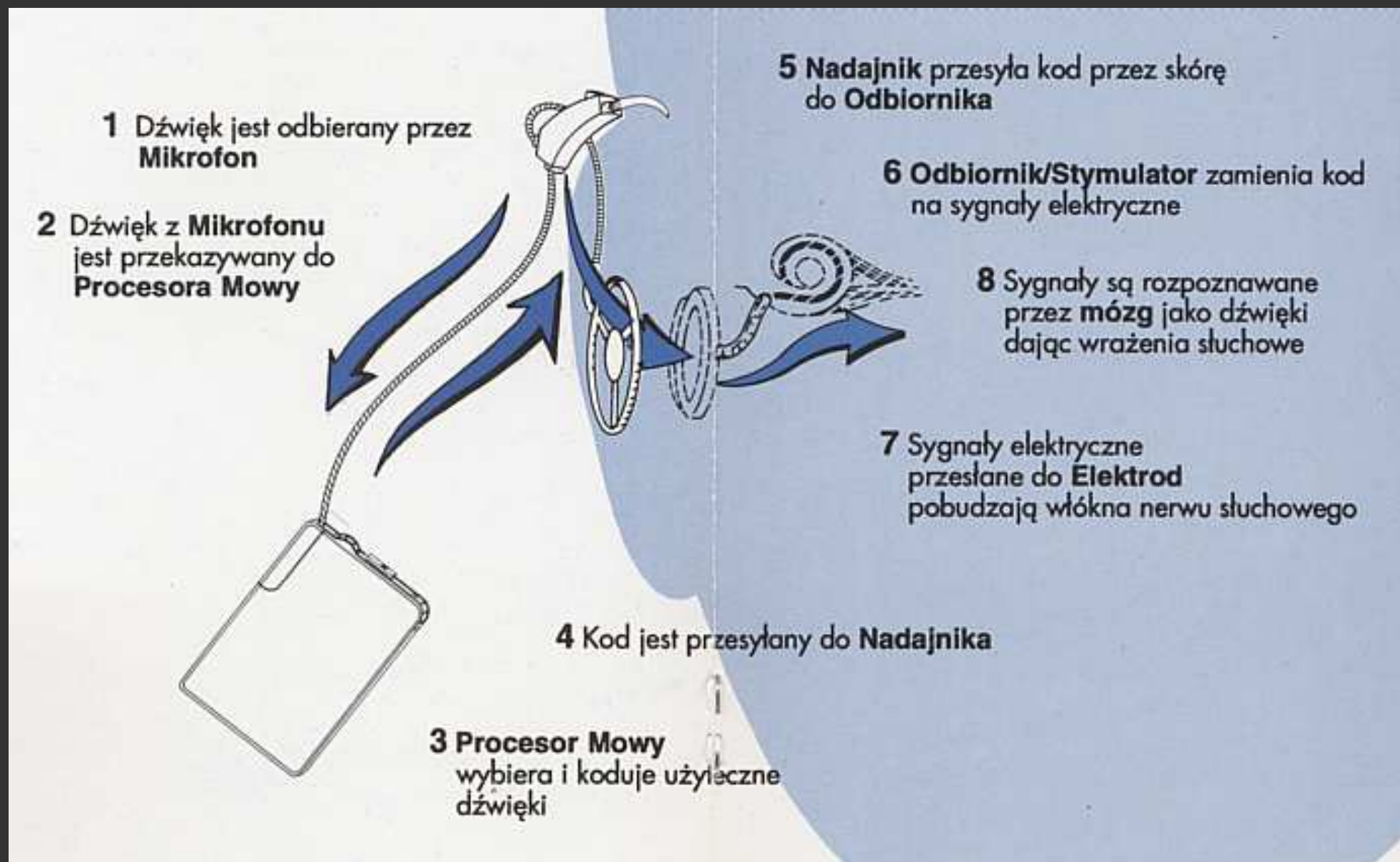
Starszy typ
- duży procesor mowy
(kieszonkowy)



Nowszy typ
- zaczepa zauszna



Działanie implantu ślimakowego



Elektrody

Elektrody implantu ślimakowego umieszczane są najczęściej w schodach bębenka (*scala tympani*) w ślimaku ucha wewnętrznego.

Implanty:

- **jednoelektrodowe** – pojedyncza elektroda pobudza wszystkie włókna nerwowe, rozwiązanie stosowane dawniej
- **wieloelektrodowe** – wiele elektrod, każda z nich pobudza inną grupę włókien nerwowych, zależnie od częstotliwości sygnału, od 2-4 do 22-24 elektrod

Komórek słuchowych jest ok. 16 000.

Procesor mowy

Zdrowe ucho wewnętrzne jest równoległym analizatorem widma.

W przypadku implantowania, procesor mowy musi przejąć funkcje ucha wewnętrznego:

- analiza sygnału w pasmach częstotliwości
- kodowanie do impulsów pobudzających włókna (przesyłanych do elektrody)

We współczesnych procesorach mowy stosuje się zaawansowane algorytmy DSP poprawiające jakość sygnału mowy.

Kodowanie sygnału

We współczesnych implantach stosuje się macierze elektrod. Sygnał mowy jest przetwarzany na sygnały pobudzające dla każdej z elektrod. Dwa zasadnicze podejścia:

- oparte na analizie sygnału mowy w pasmach częstotliwości – każde z pasm daje sygnał dla innej elektrody,
- oparte na ekstrakcji cech widma sygnału mowy, np. formantów – sygnały wysyłane tylko do wybranych elektrod.

Kodowanie metodą CIS

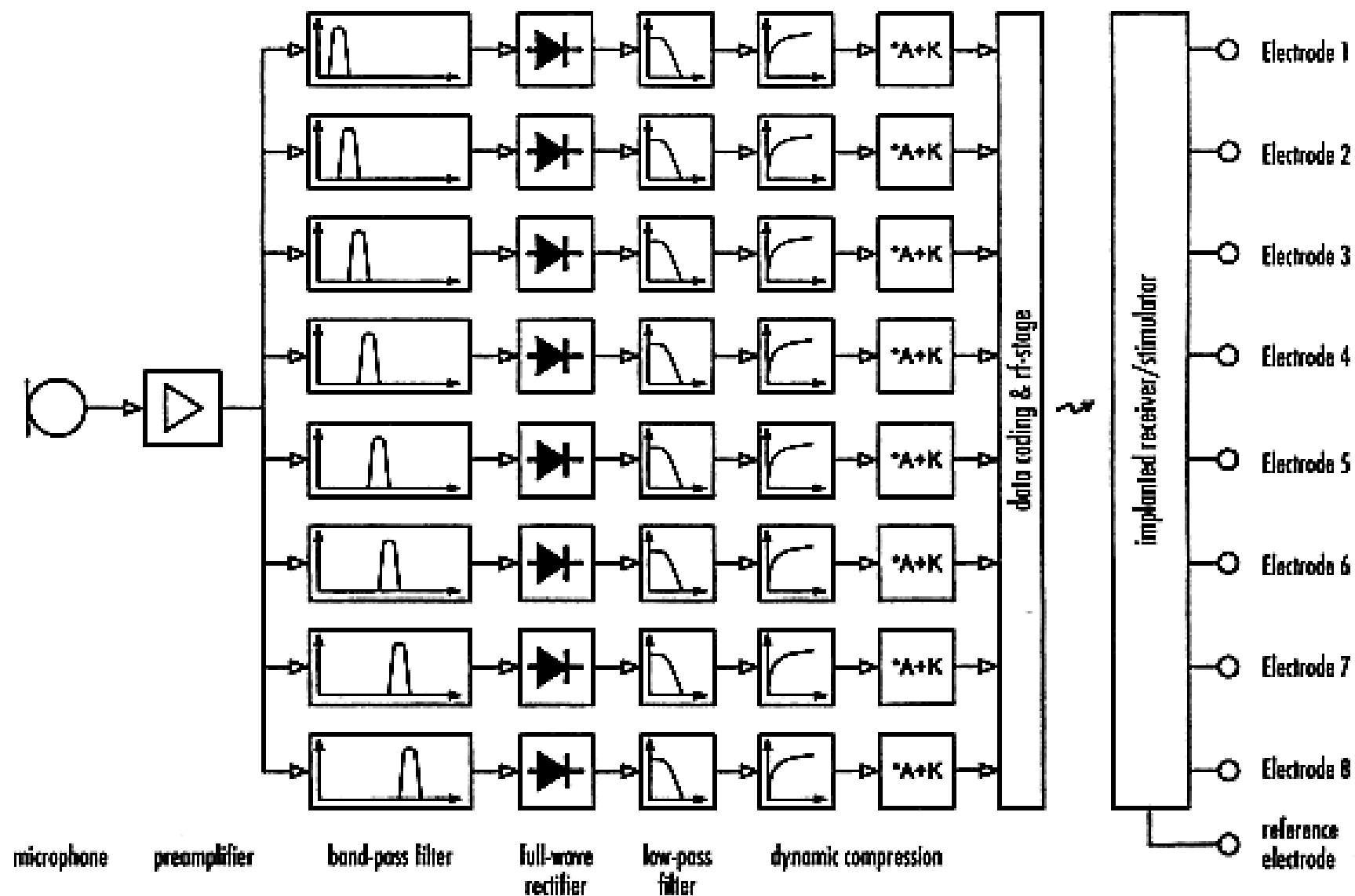
CIS – *Continous Interleaved Sampling*

(strategia ciągłego niejednoczesnego próbkowania)

Metoda oparta na analizie sygnału w pasmach częstotliwości:

- wstępnie wzmacniony sygnał jest filtrowany za pomocą banku filtrów pasmowych
- sygnały po filtracji przechodzą przez układy prostownika oraz filtru dolnoprzepustowego – wyznaczanie obwiedni w paśmie
- sygnał jest poddawany kompresji
- sygnał służy do modulowania amplitudowego ciągu impulsów pobudzających

Kodowanie metodą CIS



Kodowanie metodą CIS

Sygnały impulsowe podawane są na elektrodę przyporządkowaną do odpowiedniego filtra, zgodnie z **tonotopowością** ślimaka:

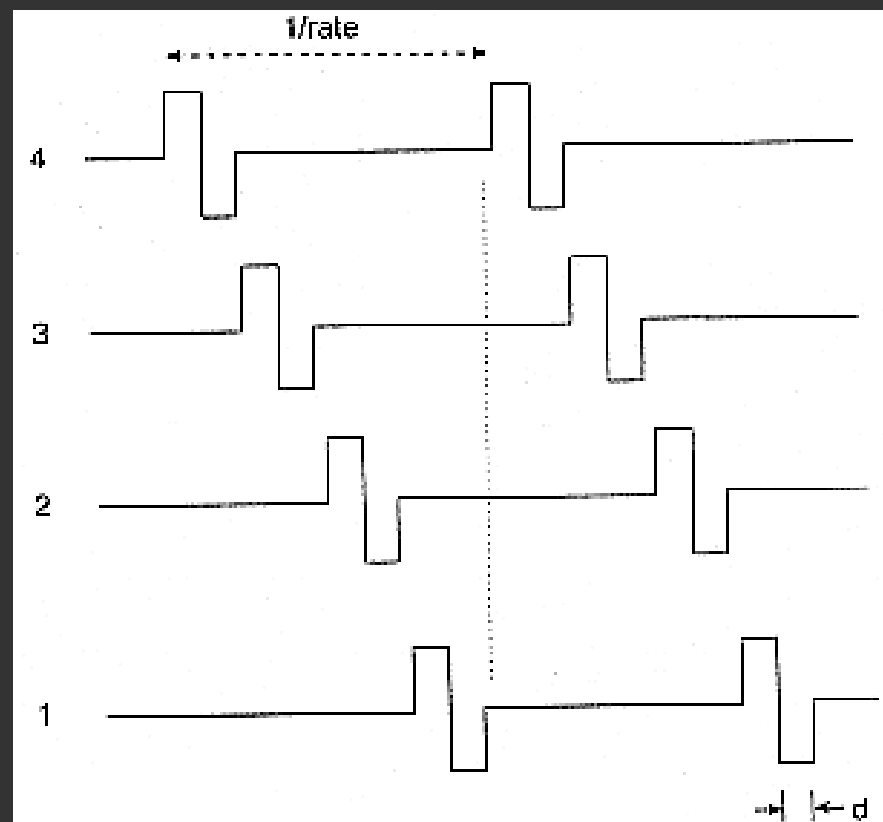
- sygnały impulsowe wymnożone przez obwiednię sygnału w paśmie **najwyższej** częstotliwości podawane są na elektrodę znajdującą się w **części podstawnej ślimaka**,
- sygnały wymnożone przez obwiednię w paśmie o **najniższej** częstotliwości – na elektrodę położoną **najbliżej szczytu** ślimaka.

Kodowanie metodą CIS

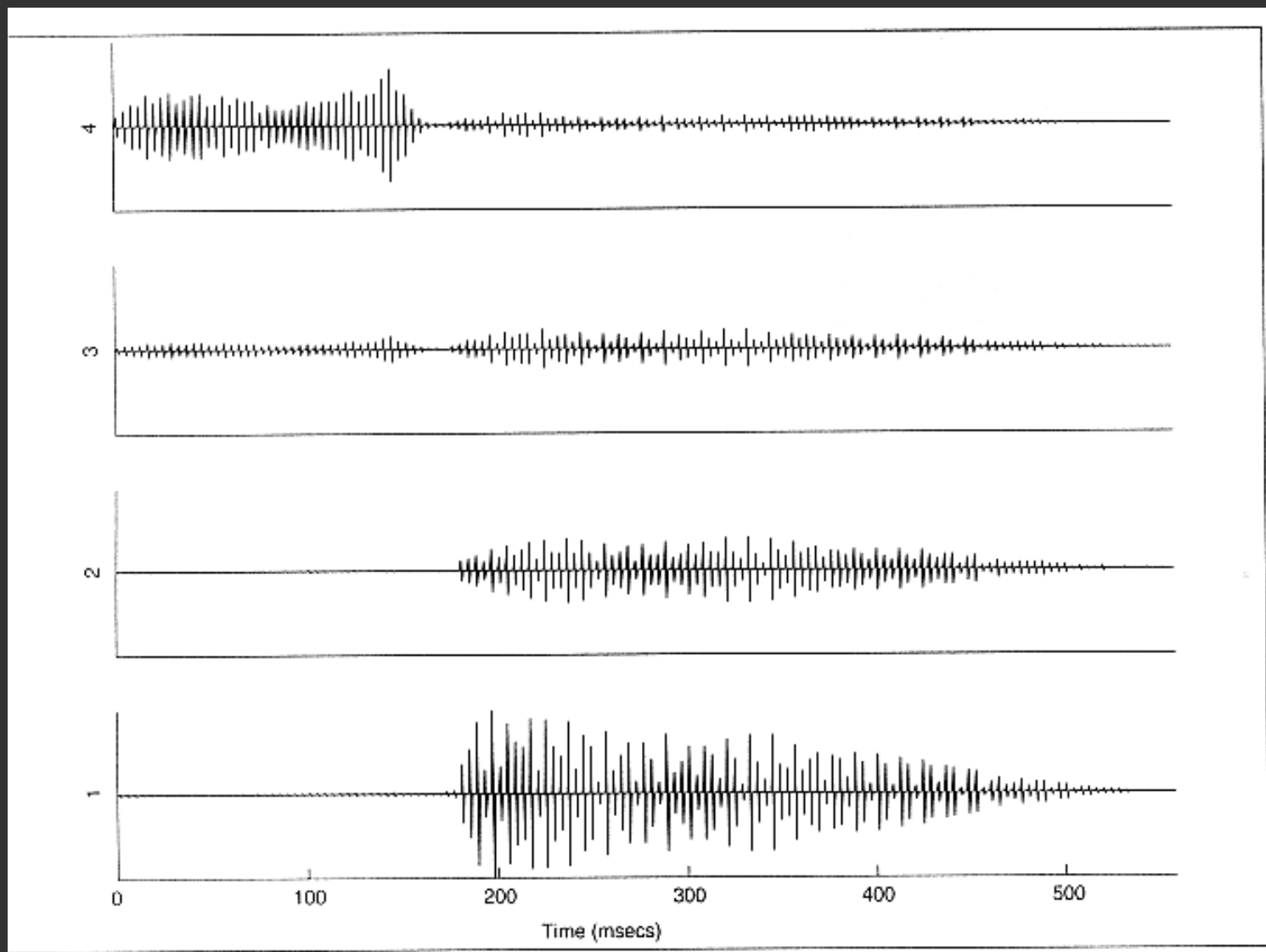
Stosuje się przeplot impulsów – jednocześnie pobudzana jest tylko jedna elektroda.

Unika się w ten sposób zakłócania pól wytwarzanych przez poszczególne elektrody.

Według doniesień literaturowych, optymalna liczba elektrod, zapewniająca maksimum rozumienia mowy, wynosi 8 i zwiększenie tej liczby nie poprawia rozumienia mowy.



CIS – przykład kodowania



Metoda PPS

- PPS (*Paired Pulsatile Sampler*) jest modyfikacją metody CIS
- W celu zwiększenia częstości stymulacji (a w konsekwencji, jak pokazują badania, w celu poprawienia rozumienia mowy), stosuje się w danej chwili **dwa impulsy** stymulujące, co pozwala na podwojenie częstości stymulacji.
- Aby zminimalizować interakcje pomiędzy elektrodami, algorytm wybiera do jednoczesnej stymulacji elektrody odległe od siebie.

Metoda ACE

ACE (Advanced Combination Encoder), n of m

- Algorytm analizuje sygnał wejściowy i wybiera n kanałów o najsilniejszym sygnale ze wszystkich dostępnych m kanałów.
- W porównaniu z CIS, gdzie wszystkie elektrody są pobudzane, ACE umożliwia uzyskanie większej częstości stymulacji, jednak istnieje ryzyko, że ciche, choć istotne informacje mogą być w tej strategii tracone.
- W typowych implementacjach algorytm wybiera 6–16 kanałów z całkowitej liczby 20 lub 22 kanałów (w zależności od systemu).

Metody ekstrakcji cech widma mowy

Inna grupa algorytmów kodowania oparta jest na ekstrakcji cech widma sygnału mowy.

Najczęściej dokonuje się ekstrakcji formantów mowy – maksimum charakterystyki widmowej:

- filtracja sygnału w wybranych pasmach,
- detektor przejść przez zero wyznacza częstotliwość formantów,
- detektor obwiedni wyznacza amplitudę formantów,
- wybierane i stymulowane są odpowiednie elektrody.

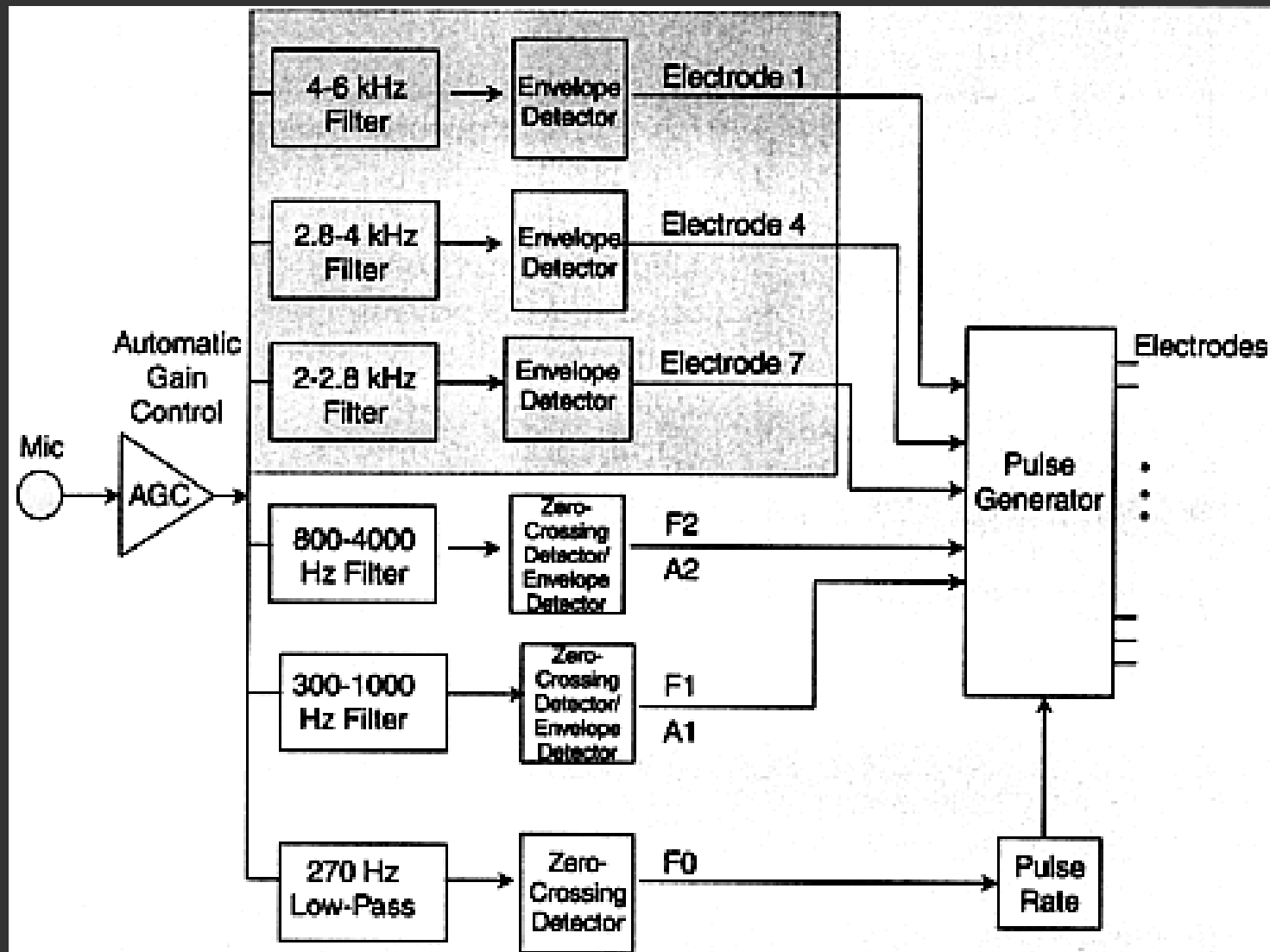
Metody ekstrakcji cech widma mowy

Najważniejsze algorytmy z tej grupy:

- **F0/F2** – częstotl. podstawowa i drugi formant
- **F0/F1/F2** – częstotl. podstawowa i pierwsze dwa formanty
- **MPEAK** – dodatkowo informacje o składowych o wysokich częstotliwościach
- **SMSP** – wyznaczanie maksimów widma za pomocą banku filtrów, wybór kilku największych maksimów, przykład: **SPEAK**
- **SAS** (*Simultaneous Analog Stimulation*)
- zamiast impulsów podawany jest ciągły sygnał analogowy.

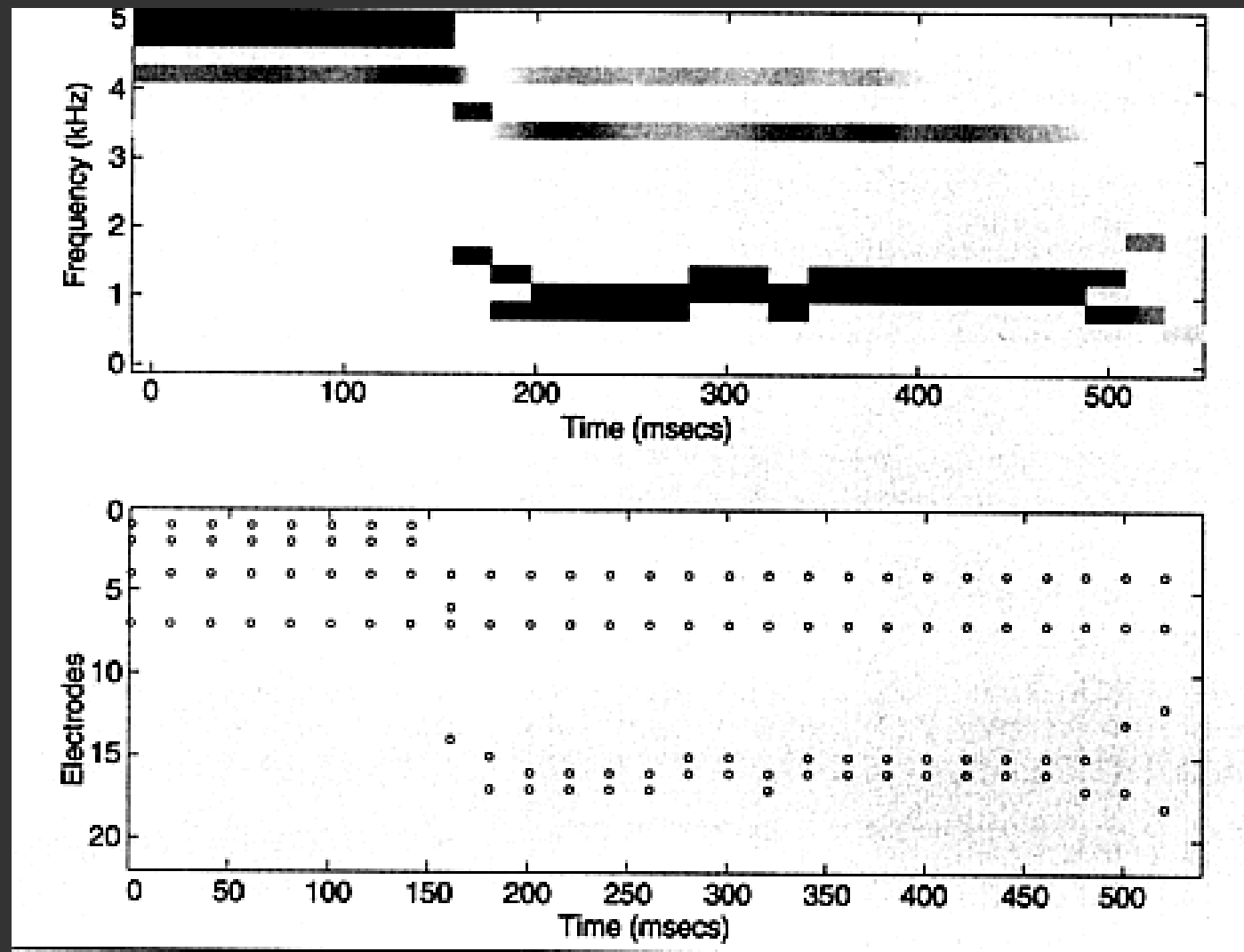
MPEAK

Schemat układu MPEAK



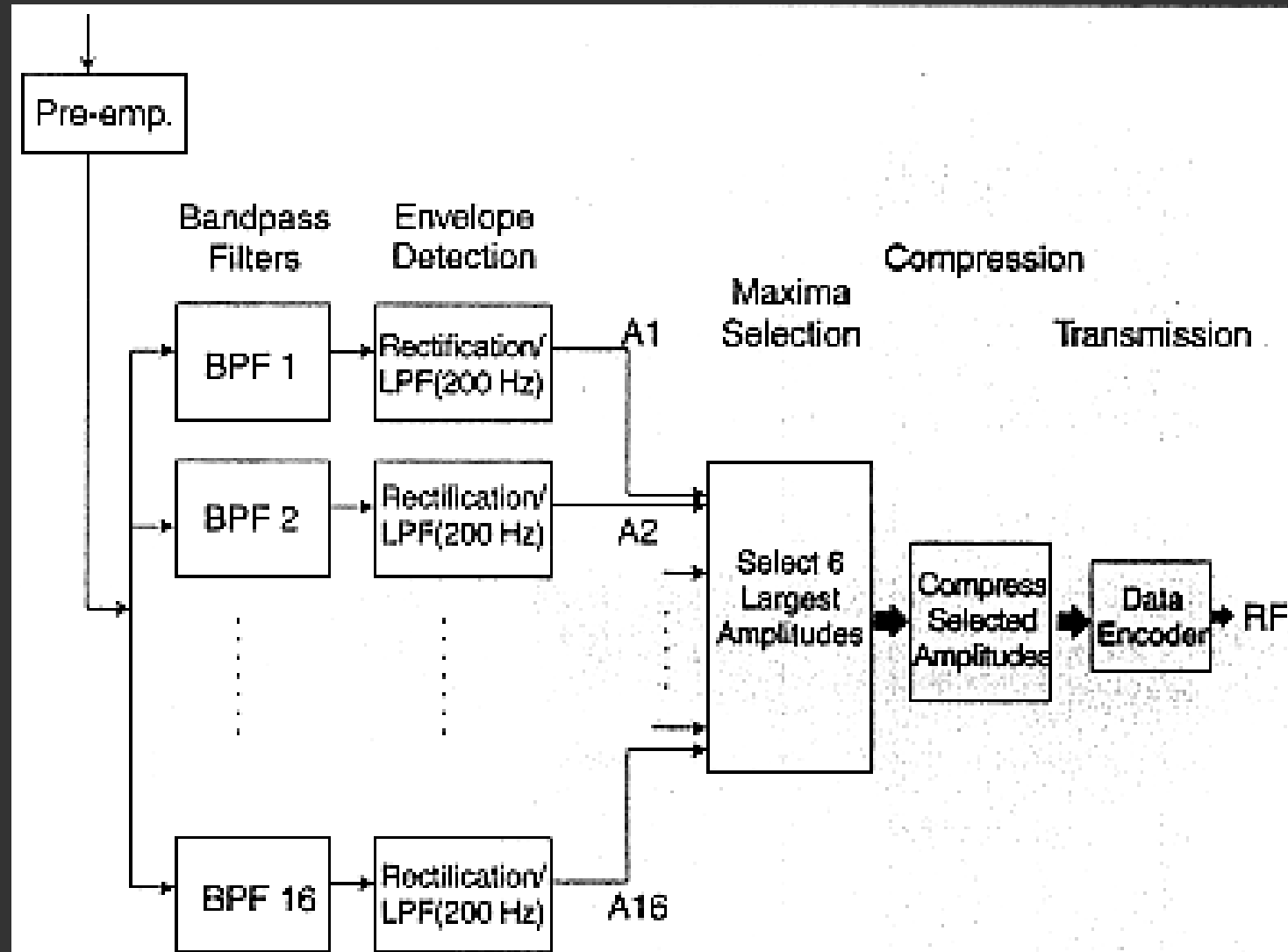
MPEAK

Przykład kodowania sygnału mowy w systemie MPEAK



SMSP

SMSP – *Spectral Maxima Sound Processor*



Strojenie implantu ślimakowego

Po wszczepieniu implantu ślimakowego, zanim rozpocznie się trening słuchowy, audiolog dokonuje programowania procesora mowy.

Każda z elektrod dla danych wysokości i głośności dźwięków jest z osobna dostrajana zgodnie z subiektywnymi wrażeniami użytkownika.

Jeżeli pojawią się po pewnym czasie zmiany w jakości słyszenia, procesor może być ponownie dostrojony.

Trening słuchowy

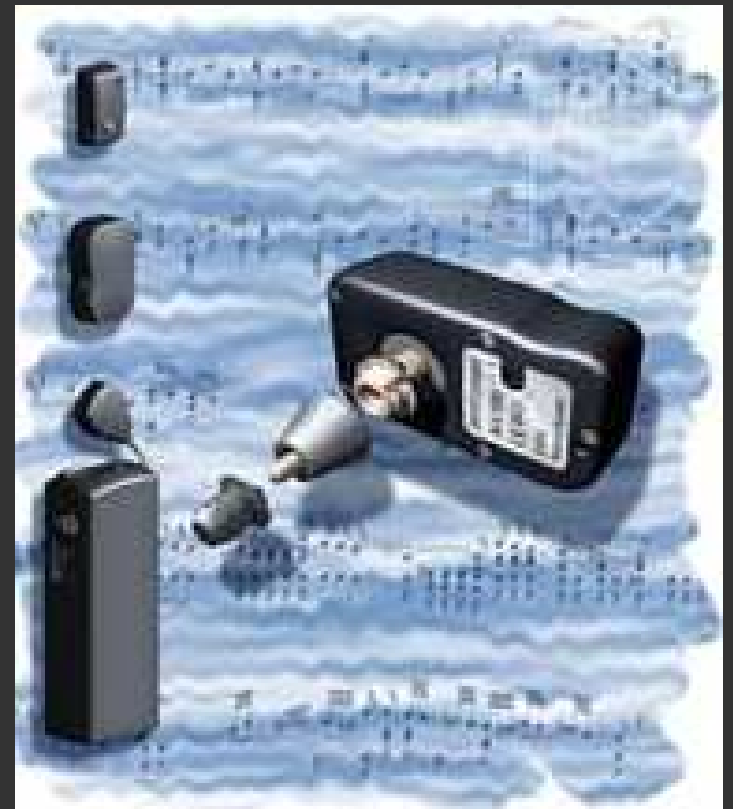
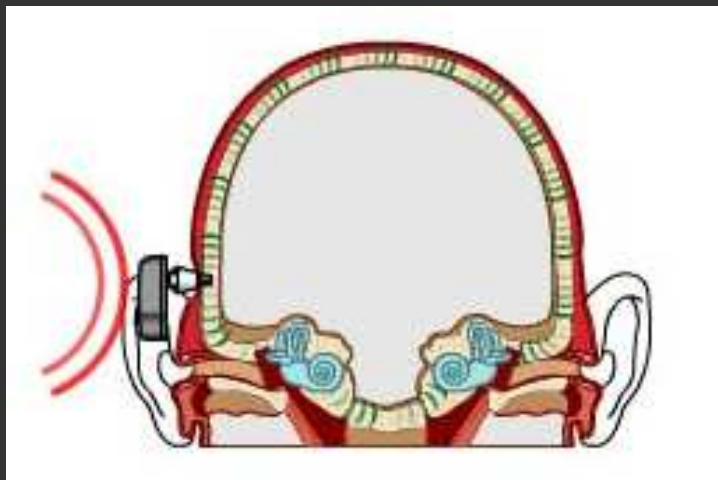
1. Rozpoznawanie sygnałów informacyjnych
2. Rozpoznawanie głosek z czytaniem z ust
3. Rozpoznawanie głosek bez czytania z ust
4. Rozróżnianie głosek żeńskich i męskich
5. Rozpoznawanie słów z czytaniem z ust
6. Rozpoznawanie słów bez czytania z ust
7. Powtarzanie słyszanych zdań
8. Prowadzenie rozmowy
9. Słuchanie muzyki

Implanty ślimakowe - praktyczne aspekty

- Implanty są najbardziej skuteczne u osób, u których okres „głuchoty” trwał krótko.
- Mowa staje się zrozumiała, ale jest sztuczna (mechaniczna).
- U osób niesłyszących od urodzenia większy problem - mózg nie potrafi interpretować wrażeń słuchowych.
- U małych dzieci - najlepsze wyniki, ale zdarzają się przypadki braku skuteczności.
- Istnieje ryzyko powikłań po operacji.
- Wymagana jest duża wytrwałość.

Implanty BAHA

System Baha działa bezpośrednio w oparciu o przewodnictwo kostne. Sygnał akustyczny jest przenoszony do ucha wewnętrznego drogą kostną (przez kości czaszki) z pominięciem uszkodzonych lub nieprawidłowo funkcjonujących struktur przewodu słuchowego zewnętrznego lub ucha środkowego.



Zalety implantów BAHA

- Lepsza jakość odbieranego dźwięku
– implanty BAHA działają w oparciu o bezpośrednie przewodnictwo kostne.
- Większy komfort użytkowania – implant BAHA jest mały i dyskretny, można go ukryć pod włosami.
- Zawsze ta sama, wysoka jakość dźwięku
– procesor BAHA jest podłączony do zaczepu i zawsze znajduje się w tej samej pozycji, co zapewnia użytkownikowi stałą jakość odbieranego dźwięku.