

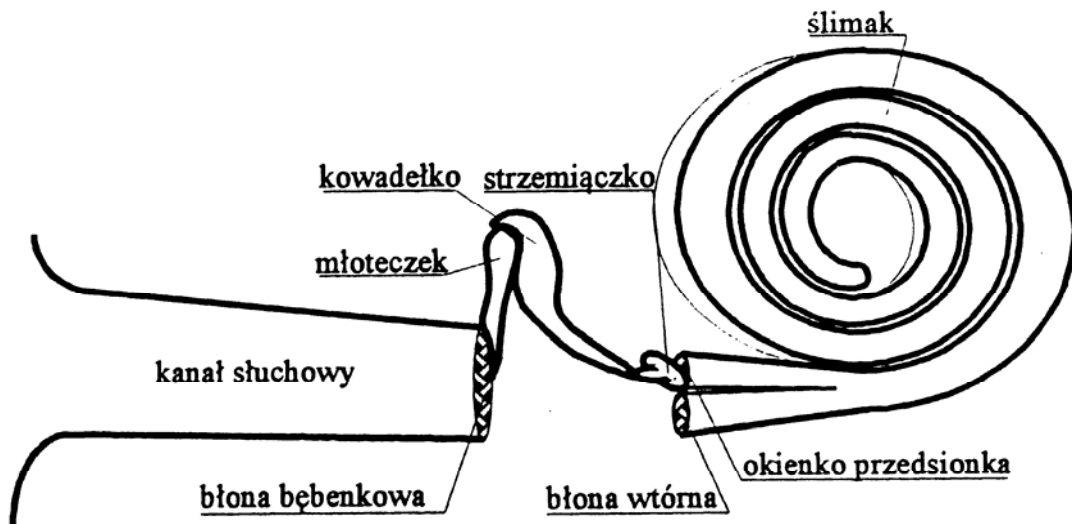
Dynamika kosteczek słuchowych w uchu środkowym

Stanisław Bobrzyk
Jacek Janiszewski
Jan Awrejcewicz

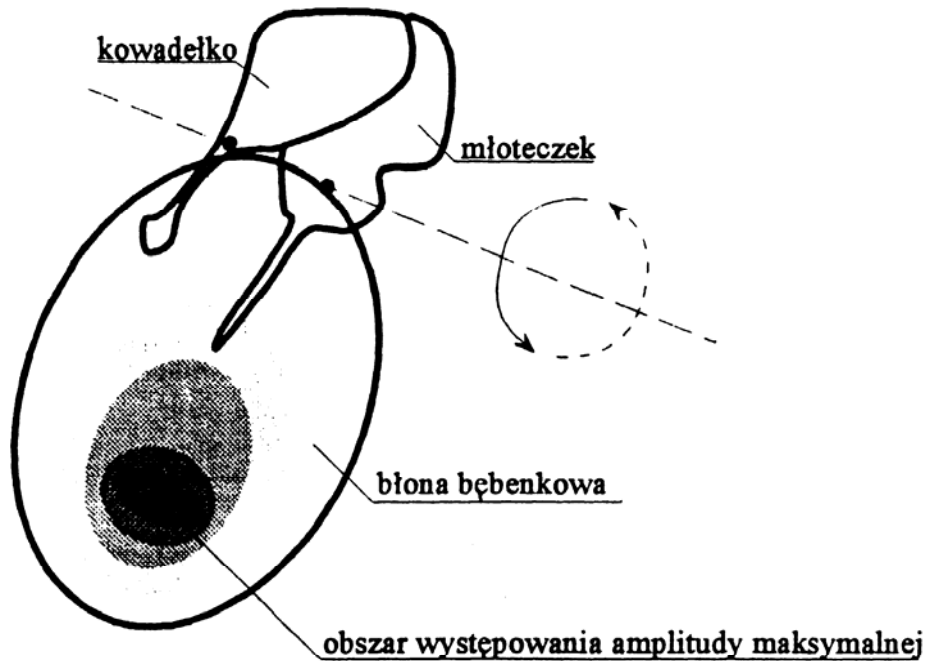
W pracy dokonano analizy dynamiki kosteczek słuchowych w uchu środkowym. Ponadto wykonano zestaw aparatury badawczo-diagnostycznej do kontroli dynamiki kosteczek słuchowych, co w praktyce pozwala na identyfikację charakteru uszkodzenia kosteczek i ewentualnego przywrócenia ich działania na drodze operacyjnej.

1. Wprowadzenie

Narząd słuchu człowieka składa się z trzech podstawowych elementów: ucha zewnętrznego, środkowego i wewnętrznego. Ucho zewnętrzne składa się z małżowiny usznej i przewodu słuchowego zewnętrznego oddzielonego od przestrzeni ucha środkowego błoną bębenkową, z którą zrosnięta jest rękojeść młoteczka, zwanego też pierwszą kosteczką słuchową. Ucho środkowe stanowi zespół trzech kosteczek słuchowych, połączonych ze sobą powierzchniami stawowymi: młoteczka, kowadełka i strzemiączka, które tworzą układ dźwigni przenoszący drgania pochodzące od błony bębenkowej. Głowa młoteczka łączy się poprzez powierzchnię stawową z trzonem kowadełka, które jest połączone stawowo z głową strzemiączka, a następnie z jego podstawą. Podstawa strzemiączka jest zamocowana za pomocą więzadła z błoną okienka przedsionka ślimaka (rys. 1). Z uwagi na ograniczoną objętość tej pracy nie będziemy zagłębiać się w dokładną budowę anatomiczną ucha wewnętrznego (ślimaka). W uchu środkowym możemy wyróżnić dwa mięśnie: mięsień napinacz błony bębenkowej oraz mięsień strzemiączkowy (przy głowie strzemiączka). Drgania błony bębenkowej pod wpływem fali dźwiękowej nie są podobne do drgań jednorodnej błony. Budowa histologiczna błony bębenkowej sprawia, że amplituda jej drgań jest największa w dolnej części błony, co z kolei powoduje, że układ kości młoteczka i kowadełka dokonuje rotacji w osi przechodzącej przez środek ciężkości obu kostek (rys. 2).



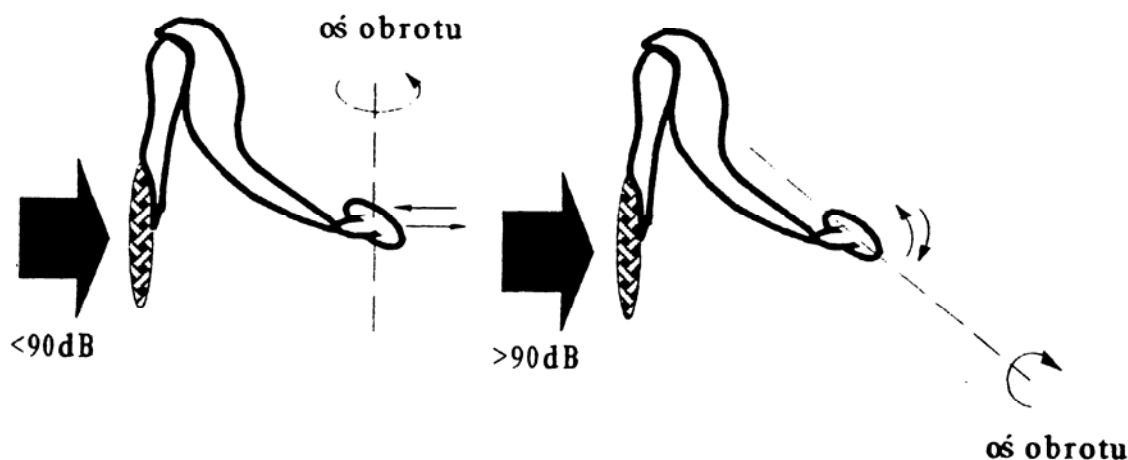
Rys. 1. Schemat budowy wewnętrznej ucha



Rys. 2. Schemat drgań błony bębenkowej

Strzemiączko wykonuje dwa typy drgań o charakterze wahadłowym, w zależności od natężenia dźwięku odbieranego przez ucho. Jest to swoisty układ regulacji automatycznej. Gdy poziom głośności odbieranych dźwięków nie przekracza 90dB - strzemiączko wykonuje ruchy oscylacyjne, a osią oscylacji jest prosta pionowa przechodząca przez środek strzemiączka - amplituda przekazywanych drgań z błony bębenkowej na błonę okienka przedsionka ślimaka jest stosunkowo duża. Natomiast gdy odbierane dźwięki przekraczają natężenie 90dB, mięśnie strzemiączka blokują ten ruch i jedynym możliwym wówczas ruchem, jaki może wykonać strzemiączko, jest oscylacja wokół osi poziomej przechodzącej przez strzemiączko (oś ta jest prostopadła do poprzedniej) - amplituda drgań błony okienka

przedsionka narasta wówczas wolniej (rys. 3). Mechanizm ten stanowiący kinematyczną przekładnię o zmiennych przełożeniach stanowi naturalną ochronę ucha przed zbyt głośnymi dźwiękami.



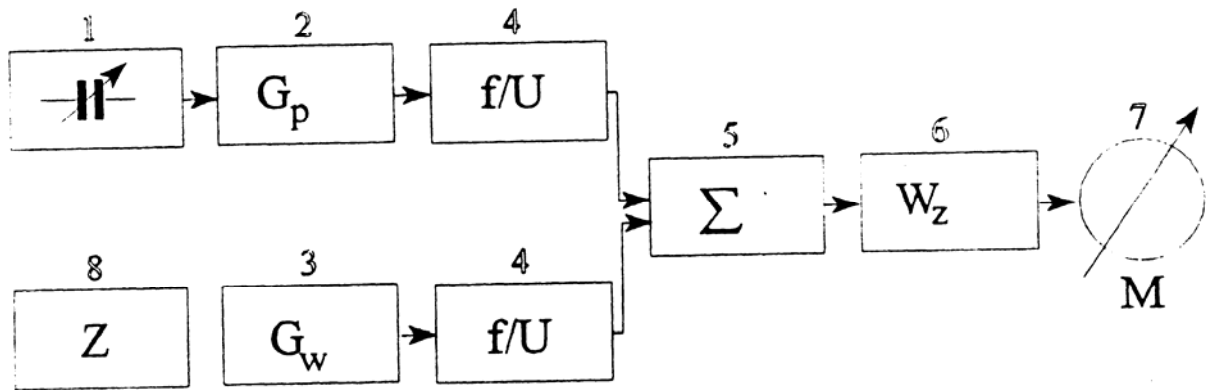
Rys. 3. Kierunki drgań strzemiączka

2. Opis aparatury do badania dynamiki kosteczek słuchowych w uchu środkowym

W laryngologii klinicznej ważnym problemem jest stwierdzenie stopnia ruchomości poszczególnych elementów ucha środkowego. Często bowiem zdarza się, iż z powodu dysfunkcji mięśnia napinacza błony bębenkowej, mięśnia strzemiączkowego czy skostnienia połączeń kosteczek słuchowych obserwuje się znaczne obniżenie poziomu głośności słyszanych dźwięków. Ustalenie, które z powyższych dysfunkcji występuje u danego pacjenta jest bardzo trudne. Aby wyjść na przeciw tym problemom, z którymi borykają się otolaryngolodzy podczas diagnostyki klinicznej zaprojektowano i skonstruowano aparaturę do badania dynamiki kosteczek słuchowych w uchu środkowym. Podstawowymi zespołami tego zestawu jest sonda pomiarowa typu pojemnościowego (penetrator) wraz z własnym układem elektronicznym oraz wzmacniacz z miernikiem analogowym (rys. 4). Po wykonaniu urządzenia poddano je wstępnym badaniom testowym w symulowanych warunkach laboratoryjnych. Natomiast właściwe badania początkowe przeprowadzono na rzeczywistym obiekcie, co pozwoliło na określenie zakresu pomiarowego przyrządu. Aparatura pozwala na pomiar przemieszczeń w dowolnym punkcie ucha środkowego oraz na pomiar impedancji mechanicznej układu słuchowego. Wymiary zewnętrzne penetratora zostały tak dobrane, by w czasie pomiaru zachowana była dostępność do każdego badanego elementu.

3. Zasada działania i skalowanie przyrządu.

Przemieszczenie penetratora sondy pod wpływem przyłożonej siły powoduje zmianę pojemności przetwornika (1), włączonego w obwód generatora (2). Wskutek zmiany pojemności przetwornika następuje przestrojenie częstotliwości drgań generatora (2). Sygnał częstotliwościowy przesyłany jest do przetwornika częstotliwość - napięcie f/U . Na wyjściu tego przetwornika otrzymuje się sygnał napięciowy.



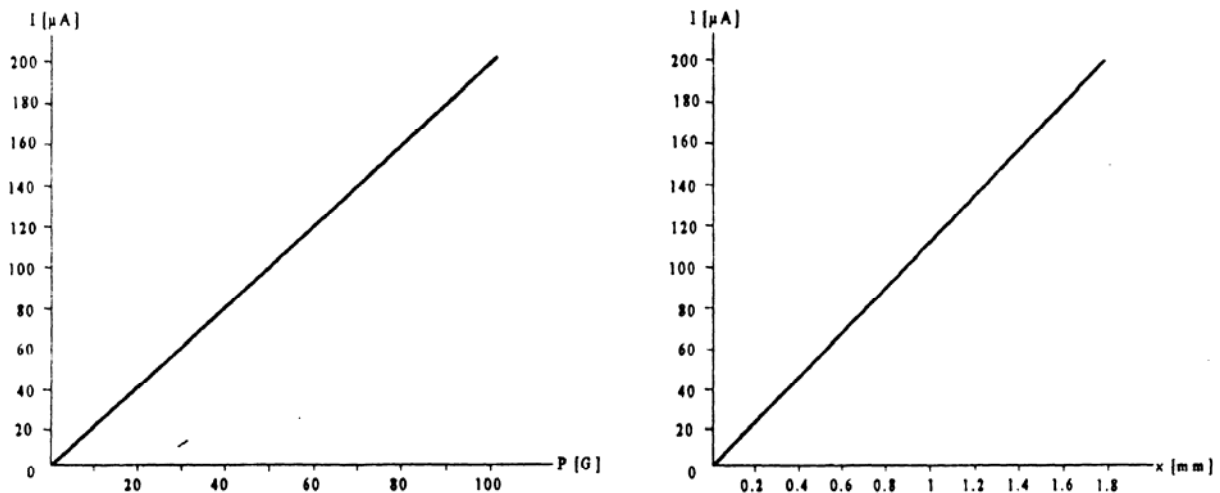
- 1. Przetwornik pojemnościowy
- 2. Generator pomiarowy
- 3. Generator wzorcowy
- 4. Przetworniki częstotliwość - napięcie
- 5. Układ sumujący
- 6. Wzmacniacz
- 7. Miernik analogowy
- 8. Zasilacz

Rys. 4. Schemat blokowy aparatury pomiarowej.

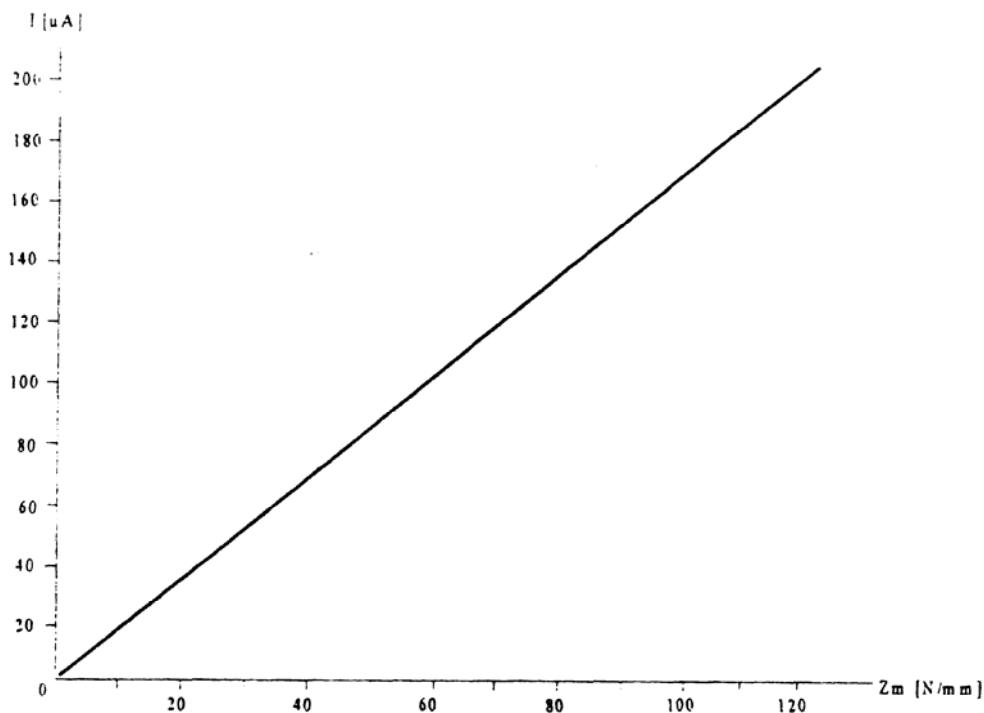
Podobnie jest z drugim torem. Generator wzorcowy (3) generuje sygnał o stałej częstotliwości, przekazywany do równoległego - z poprzednim torem - przetwornika f/U . Na wyjściu tego przetwornika f/U otrzymuje się stały sygnał napięciowy. Z obu przetworników częstotliwość - napięcie f/U sygnały napięciowe podawane są na wejście sumatora (5). W sumatorze następuje odejmowanie sygnałów napięciowych z obu (równoległych) przetworników f/U . Sygnał różnicowy z sumatora kierowany jest do wzmacniacza (6), na wyjściu którego, znajduje się miernik analogowy (7).

W celu wyznaczenia impedancji mechanicznej Z_m dokonano dwukrotnego skalowania zestawu. Celem pierwszego skalowania było wyznaczenie zależności wartości prądu I od siły P , przykładanej do penetratora, celem drugiego skalowania było wyznaczenie zależności wartości prądu I od przemieszczenia x końca penetratora. Wyniki skalowania zestawu przedstawiono w postaci wykresów na rys. 5.

Na podstawie tych charakterystyk wyznaczono impedancję mechaniczną Z_m . Charakterystykę $Z_m = f(I)$ przedstawiono w postaci wykresu na rys. 6.



Rys. 5. Wykresy charakterystyk skalowania zestawu.



Rys. 6. Wykres charakterystyki $Z_m = f(I)$.

4. Uwagi końcowe

Opisany wyżej przyrząd umożliwia wykonywanie koniecznych pomiarów w czasie trwania operacji. Po zapewnieniu dostępu do ucha środkowego (przecięcie błony bębenkowej, którą się później zszywa) sztucznie wywołuje się przemieszczenia młoteczka i za pomocą penetratora można od razu stwierdzić uszkodzenia układu kosteczek. Po operacyjnym przywróceniu ruchomości (jeśli jest to możliwe) można na miejscu upewnić się co do stopnia poprawy.

Wymieniona aparatura użytkowana jest w szpitalu Centrum Zdrowia Matki Polki w Łodzi i jak dotąd nie zgłoszono żadnych zastrzeżeń co do jej pracy.

Literatura

1. W.Z. Traczyk, A. Trzebski - "Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej"
2. W.A. van Bergeijk, J.R. Pierce, E.E. David - "Fale i ucho"
3. S. Bobrzyk - "Sprawozdanie z pracy naukowo - badawczej Nr RNO/155z/89"