

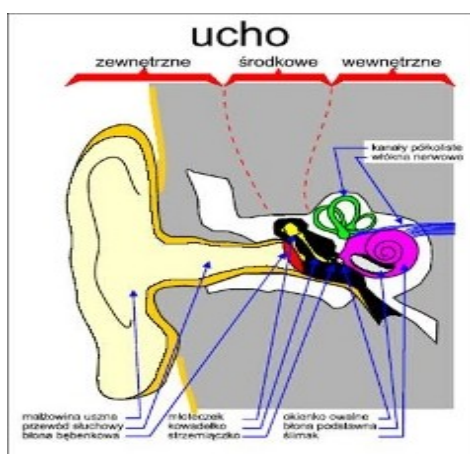
Iwona PIETRALIK, Sylwia ŁAGAN, Instytut Mechaniki Stosowanej, Zakład Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki, Politechnika Krakowska, Kraków

APARATY SŁUCHOWE A IMPLANTY SŁUCHU. STAN OBECNY I PERSPEKTYWY ROZWOJU

Streszczenie. Słuch jest zmysłem pozwalającym na odbieranie fal dźwiękowych. Narządem słuchowym są uszy. Coraz częściej człowiek spotyka się z ubytkiem słuchu. Historia zastosowania pierwszych urządzeń wspomagających słyszenie sięga aż starożytności. Zaczęto używać metalowe tuby. Wynalezienie mikrofonu, wzmacniaczy i tranzystorów spowodowało szybki postęp w rozwoju i miniaturyzacji aparatów słuchowych. Dzisiejsze aparaty słuchowe są dostosowywane do każdego pacjenta indywidualnie. Możemy wyróżnić aparaty słuchowe zauszne typu BTE i typu RITE, a także aparaty wewnątrzuszne ITE i wewnątrzkanałowe CIC.

1. WSTĘP

Słuch jest jednym z wielu zmysłów, które posiada ludzki organizm. Dzięki niemu możemy odbierać informacje za pomocą dźwięków dochodzących do nas z otoczenia. Punktem wyjścia każdego dźwięku jest ruch. Narządem dzięki któremu możemy słyszeć jest ucho. Odbiór dźwięków przebiega za pomocą części przewodzącej (ucho zewnętrzne i środkowe) oraz odbiorczej (receptor słuchowy- ucho wewnętrzne), następnie poprzez nerw słuchowy dociera do ośrodka korowego mózgu, gdzie ostatecznie następuje rozumienie wrażenia dźwięku (rys.1).



Rys. 1. Budowa ucha [4]

W części zewnętrznej możemy wyróżnić małżowinę uszną i kanał słuchowy. W skład ucha środkowego wchodzi błona bębenkowa połączona przez kosteczki słuchowe: młoteczek, kowadełko i strzemiączko z okienkiem owalnym. W części wewnętrznej ucha centralne miejsce znajduje ślimak z kanałami półkolistymi i wychodzący z niego nerw słuchowy.

2. USZKODZENIA SŁUCHU

Ten oto zadziwiający i skomplikowany narząd jakim jest ucho może odbierać fale dźwiękowe, przekształcać je w ruch kosteczek, następnie w ruch fal w płynie, a w końcu w impulsy nerwowe, które są przesyłane do mózgu i przez niego interpretowane. Jakiegokolwiek uszkodzenie części tego skomplikowanego systemu pociąga za sobą ubytek słuchu. Ubytek słuchu oraz szumy uszne powoli stają się jednym z problemów cywilizacyjnych na całym świecie. Przypuszcza się, że 10 [%] ludzi cierpi z powodu zaburzeń słuchu, ale tylko nieliczni noszą aparaty słuchowe. Ubytki słuchu nie są związane jedynie z procesem starzenia, dotyczą ludzi w każdym wieku, coraz częściej również ludzi młodych i dzieci. Najczęściej spotykaną przyczyną zewnętrzną ubytku słuchu jest wpływ środowiska czyli nadmierna ekspozycja na głośne dźwięki takie jak panujący naokoło hałas. Ubytek słuchu możemy podzielić na dwa rodzaje: *przewodzeniowy*, zlokalizowany w przewodzie słuchowym lub w uchu środkowym oraz *odbiorczy*, który usytuowany jest na poziomie włókien nerwowych lub na poziomie komórek czuciowych ślimaka. Jeśli oba typy ubytków występują jednocześnie, mamy do czynienia z mieszanym ubytkiem słuchu. W większości przypadków problemy ze słyszeniem nie oznaczają, że dźwięki słyszane są niewystarczająco głośne. Poważny ubytek słuchu w niektórych częstotliwościach może doprowadzić do „trudności w rozróżnianiu”, polegających na tym, że osoba słabo słyszająca słyszy, ale nie rozumie przekazywanej informacji, źle ją interpretuje.

Ubytek słuchu możemy podzielić na pewne sektory w zależności od tego, która część ucha jest uszkodzona. Typowe problemy w przypadku ucha zewnętrznego to stan zapalny przewodu słuchowego oraz nadmierne gromadzenie woskowiny. Usunięcie tych problemów jest zazwyczaj bardzo proste. Ważne jest jednak szybkie działanie, aby uniknąć uszkodzenia słuchu. Infekcje, perforacje błony bębenkowej, płyn za błoną bębenkową czy otosklerozą (zwapnienie kości w uchu środkowym) to najczęściej spotykane problemy zakłócające działanie ucha środkowego.

Chirurgia lub leczenie farmakologiczne w wielu przypadkach mogą być pomocne w leczeniu ubytków słuchu, pod warunkiem, że mamy do czynienia z ubytkiem w części przewodzeniowej. W przypadku odbiorczego ubytku słuchu, aparaty słuchowe pozostają jedynym rozwiązaniem.

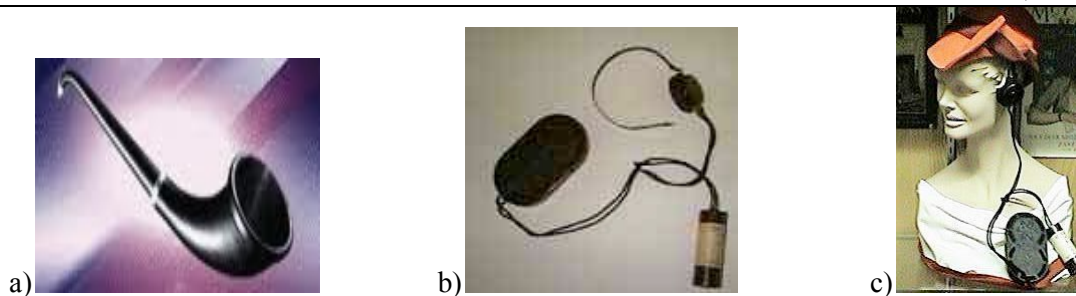
3. APARATY SŁUCHOWE WCZORAJ I DZIŚ

3.1 Historia aparatów słuchowych

Dzisiaj spotkamy się z dużym wyborem aparatów słuchowych, w których zastosowano różne rozwiązania techniczne, umożliwiające dostosowanie wzmocnienia dźwięku do potrzeb osoby niedosłyszącej. Zanim jednak nastąpił szybki postęp techniczny i technologiczny osoby niedosłyszące radziły sobie w inny sposób.

Najstarszym elementem wspomagającym słyszenie nawet w dzisiejszych czasach często używana jest tak zwana „muszla”, utworzona przez rękę założoną za ucho. Umożliwiała ona łatwiejsze dotarcie dźwięków do małżowiny usznej. Pierwszym aparatem słuchowym, używanym jako wzmocnienie dźwięków była tuba lub tzw. „wąż słuchowy”. Tuby najczęściej wykonane były z drewna, stali lub kości (poroża) jeleni (rys.2a). W późniejszych czasach, ok. wieku XVII, tuby montowano na stałe np. przy stołach, laskach. Jego szerszy koniec przykładano do ust osoby mówiącej, a węższą część do ucha osoby niedosłyszącej, unikając w ten sposób powstawania fali kulistej, w której energia maleje z kwadratem odległości. Barwa dźwięku transmitowanego przez taką rurkę jest nienaturalna, jako że na skutek nietłumionych rezonansów bardzo wydłuża się czas trwania transjentów (krótkotrwałych zmian wewnętrznej struktury dźwięku, występujące w każdym zjawisku dźwiękowym podczas jego kolejnych faz) początkowych i końcowych.

Zasadniczy rozwój techniki wspomagający ludzi z uszkodzonym słuchem nastąpił z chwilą wynalezienia w 1861 roku mikrofonu. Przełomu w budowie aparatów słuchowych dokonał Aleksander Graham Bell tworząc w 1870 roku telefon. Pierwsze aparaty słuchowe oparte na wyżej wymienionych urządzeniach pojawiły się w roku 1904 wydane przez firmę Deutsche Akustik. Wkrótce potem dołączyła do producentów aparatów słuchowych firma Siemens. W aparatach tych wykorzystano po raz pierwszy pewien rodzaj mikrofonu nazwanego węglowym. Pierwsze elektryczne wzmacniacze stały się dostępne mniej więcej na początku XX-go wieku. Wynaleziono wtedy pierwsze aparaty słuchowe. W roku 1924 zbudowano pierwszy „wzmacniacz węglowy” (rys.2b). W latach 1928-29 w układach aparatów słuchowych pojawiły się lampy elektroniczne. Pierwszy przenośny w walizce aparat słuchowy zbudował Marconi w 1933. W roku 1935 Edvin Stevens, z brytyjskiej firmy aparatów słuchowych „Amplivox”, skonstruował aparat słuchowy zasilany lampami elektronicznymi o zmniejszonych wymiarach (rys.2c). Baterie zasilające anodę i katodę znajdowały się razem z mikrofonem i wzmacniaczem w jednym pudełku. Powoli zaczęto używać w nich mikrofonów piezoelektrycznych. W wyniku postępu miniaturyzacji w technologii aparaty słuchowe stawały się coraz mniejsze. W roku 1948 w laboratorium „Bell Telephone” w USA zbudowano pierwszy tranzystor. Pozwoliło to na zastąpienie lamp elektronicznych w aparatach słuchowych tranzystorami. Był to przełomowy moment w rozwoju technologii budowy aparatów słuchowych. Już w 1954 pojawiły się pierwsze aparaty słuchowe w okularach- Viennatone. W roku 1960 firma Siemens wprowadziła na rynek pierwsze zauszne aparaty słuchowe- Auriculette. Zaraz po nich pojawiły się także wewnętrzne aparaty słuchowe. Od tego czasu technologia aparatów słuchowych rozwijała się bardzo szybko dzięki postępowi w dziedzinie mikroelektroniki. W ostatnich latach w aparatach używa się specjalnych mikrofonów elektretowych pracujących na zasadzie mikrofonu kondensatorowego. Jego zaletą jest to, że jest znacznie mniej czuły na szumy i zakłócenia będące wynikiem tarcia oraz ma szersze pasmo transmisji niż jego poprzednicy. W 1977 roku pojawia się pierwsza próba połączenia technologii analogowej i cyfrowej w aparacie słuchowym i w 1986 roku powstaje aparat analogowy ze zintegrowanym procesorem cyfrowym, co zasadniczo zwiększa możliwości dopasowania tych urządzeń do indywidualnych potrzeb użytkowników.



Rys. 2. Tuba słuchowa (a), aparat węglowy (b), elektryczny aparat słuchowy (c) [4]

3.2 Aparaty słuchowe dziś

Aparat słuchowy to elektroniczne urządzenie zasilane baterią, służące do wzmacniania natężenia dźwięku u osób niedosłyszących. Nowoczesne aparaty słuchowe są skomplikowanym układem elektronicznym. Najważniejszymi częściami aparatu słuchowego są mikrofon, wzmacniacz i słuchawka. Dzięki postępowi, jaki dokonał się w dziedzinie aparatów słuchowych możliwa jest ich stopniowa miniaturyzacja a także zastosowanie układów elektronicznych wykorzystujących małe ilości energii zasilającej, a także dzięki swym miniaturowym rozmiarom zapewniają pełną dyskrecję i komfort psychiczny pacjenta.

Aparat nie przywróci normalnej zdolności słyszenia, może jednak znacznie zrekompensować ubytek słuchu. Najmniejsze, dostępne dzisiaj aparaty słuchowe są niewiele większe od ziarenka kawy. Problem pisków sprzężenia został praktycznie wyeliminowany. Większość aparatów jest indywidualnie programowana w oparciu o dane dotyczące ubytku słuchu pacjenta. Dzięki automatyzacji wielu funkcji obsługa aparatu jest znacznie ułatwiona.

Ogólnie możemy wyróżnić 3 rodzaje aparatów słuchowych:

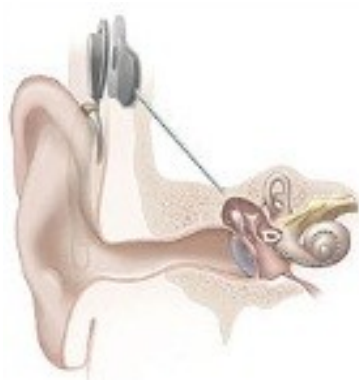
- Aparaty słuchowe zauszne- klasyczne (tzw. *BTE*) (rys.3a) - wszystkie główne części aparatu są zespolone w jednej obudowie. Aparat umieszczony jest za uchem. Dźwięk przechodzi przez mikrofon, do wzmacniacza gdzie ulega wzmocnieniu, dociera do słuchawki, a następnie za pośrednictwem plastikowej rurki i wkładki do przewodu słuchowego. Wkładki są tworzone indywidualnie do każdego użytkownika na podstawie pobranych wycisków,
- Aparaty słuchowe zauszne ze słuchawką w uchu (tzw. *RITE*) (rys.3b)- wszystkie główne części aparatu poza słuchawką są zespolone w jednej obudowie znajdującej się za uchem, natomiast słuchawka, na którą nakłada się indywidualną wkładkę jest bezpośrednio w kanale słuchowym,
- Aparaty słuchowe wewnątrzuszne (tzw. *ITE*) (rys.3c)- wkłada się je w całości do ucha, wypełniają całkowicie wgłębienie małżowiny usznej. W tym aparacie słuchowym brak jest dodatkowych elementów (rurki i wkładki usznej), ponieważ sama wkładka jest tu obudową całego aparatu słuchowego,
- Aparaty słuchowe wewnątrzkanałowe (tzw. *CIC*)(rys.3d) - główne części aparatu (mikrofon, wzmacniacz, słuchawka) są umieszczone głęboko, wewnątrz przewodu słuchowego, największą zaletą tego aparatu słuchowego jest jego niewidoczność.



Rys. 3. Aparaty słuchowe a) typu BTE, b) typu RITE, c) typu ITE d) typu CIC [4]

Wyróżnić możemy także inne rodzaje protezowania słuchu m.in.:

- Implant ślimakowy jest to elektroniczna proteza, wszczepiana podczas operacji chirurgicznej. Jest to urządzenie przeznaczone dla osób głuchych oraz w dużym stopniu niedosłyszących, których wada spowodowana jest uszkodzeniem narządów w części wewnętrznej ucha i którym aparaty słuchowe nie pomagają. Całość systemu implantu ślimakowego składa się z dwóch części: zewnątrznej, przetwarzającej sygnały akustyczne w elektryczne, przekazywane dalej do części wewnętrznej, wszczepianej pod skórę, umieszczanej w łoży kostnej przygotowanej przez chirurga w zagłębieniu kości czaszki. Procesor mowy odbiera dźwięki z otoczenia, przetwarza je na specjalny kod i przesyła do implantu. Implant, wewnątrz ucha, odbiera kod elektryczny z procesora mowy i odpowiednio stymuluje zakończenia nerwu słuchowego w ślimaku, dzięki czemu pacjent znowu może słyszeć.



Rys. 4. Implant ślimakowy [4]

4. WNIOSKI

Dzisiejsze aparaty słuchowe (rys. 5) wykorzystują technologię cyfrową i są wyposażone w komputerowe układy scalone o dużej mocy. Stworzenie nowego rodzaju przetworników i baterii pozwalających na długotrwałe używanie aparatów słuchowych staje się punktem wytycznym dla przyszłych inżynierów. Ogromna funkcjonalność zapewniająca lepszą jakość dźwięku, łączność bezprzewodowa i wciąż zmniejszające się wymiary aparatów to cechy nowoczesnych rozwiązań wspomagających słyszenie.

Wraz z rozwojem technologii zmieniał się też stosunek ludzi do aparatów słuchowych. Mniejsze urządzenia, nowe wzornictwo, elegancka i bogatsza kolorystyka pomagają użytkownikom nosić aparaty słuchowe swobodnie i z pewnością siebie.



Rys. 5. Wykaz wszystkich rodzajów aparatów słuchowych [4]

LITERATURA

- [1] Hojan E.: Akustyka aparatów słuchowych, Wydawnictwo naukowe UAM, wydanie I, Poznań 1997,
- [2] Hojan E.: Dopasowanie aparatów słuchowych, Wydawnictwo MEDITON, wydanie I, Łódź 2009,
- [3] Elberling C., Worsoe K.: Zanikające dźwięki, Wydawnictwo The Oticon Foundation, Denmark 2006,
- [4] Strony internetowe
 - <http://www.oticon.pl>;
 - <http://www.uslysz.pl>;
 - <http://www.sluch.com.pl/sluch/sluch.htm>;
 - <http://pl.wikipedia.org/wiki/>.

HEARING AIDS AND HEARING IMPLANTS. CURRENT STATUS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

Summary. This paper presents a literature review based on the generation of hearing aids, with particular emphasis on the anatomical structures of the ear and hearing loss affecting the structure and type of prostheses. An important aspect is the analysis of future solutions, taking into account the advantages and disadvantages of current hearing aids and their uses.