



# Po co nam kostki słuchowe?

Dr hab. n. med. Dorota Sulejczak, prof. IMDiK PAN



<https://www.kalendarzrolnikow.pl/upload//image/v1/2020/02/image/sluch.jpg>



WYŻSZA SZKOŁA  
INŻYNIERII I ZDROWIA  
W WARSZAWIE



[wsiiz.pl/czuje-chemie](https://wsiiz.pl/czuje-chemie)

## Słuch -> zmysł:

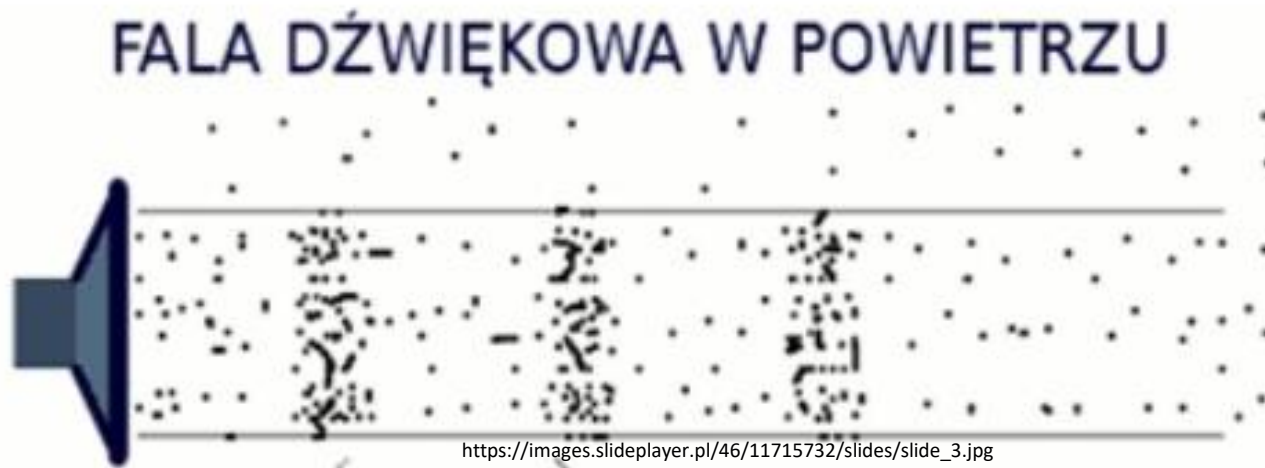
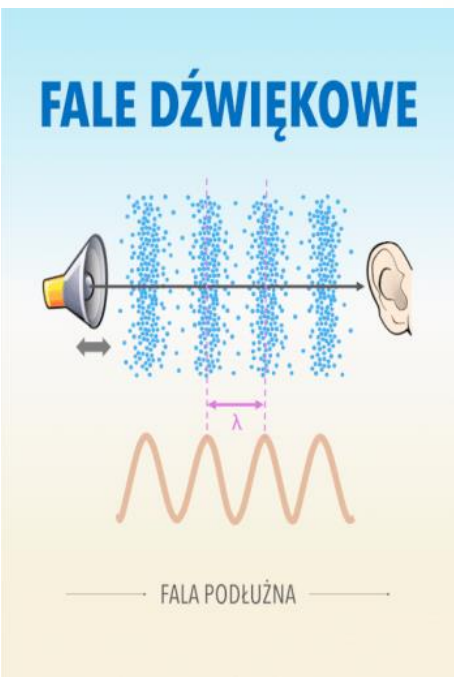
- komunikacja i poznawanie otoczenia, ochrona przed zagrożeniami, rejestracja zmian w środowisku
- współdziałanie i uzupełnianie wrażeń odb. przez inne receptory



- ucho prawe -> dominuje w percepcji dźwięków mowy
- ucho lewe -> dominuje w odbieraniu zależności przestrzennych dźwięków i sygnałów muzycznych
- słyszenie obuuszne -> lokalizacja źródła dźwięku, selektywne słuchanie (koncentracja uwagi na dźwięku z konkretnego źródła), lepsze rozumienie w hałasie, utrzymanie równowagi słuchowej pomiędzy dwoma uszami = słyszenie stereofoniczne

# Słuch -> zmysł:

- odbieranie fal dźwiękowych (zmiany gęstości i ciśnienia rozchodzące się w ośrodku w postaci fali podłużnej, towarzyszą im drgania cząst. ośrodka) = dźwięków  
= drgania cząstek powietrza



[https://images.slideplayer.pl/46/11715732/slides/slide\\_3.jpg](https://images.slideplayer.pl/46/11715732/slides/slide_3.jpg)



## CECHY DŹWIĘKU

↓  
**częstotliwość**  
**WYSOKOŚĆ**

↓  
**GŁOSNOŚĆ**

↓  
**BARWA**

↓  
**CZAS TRWANIA**

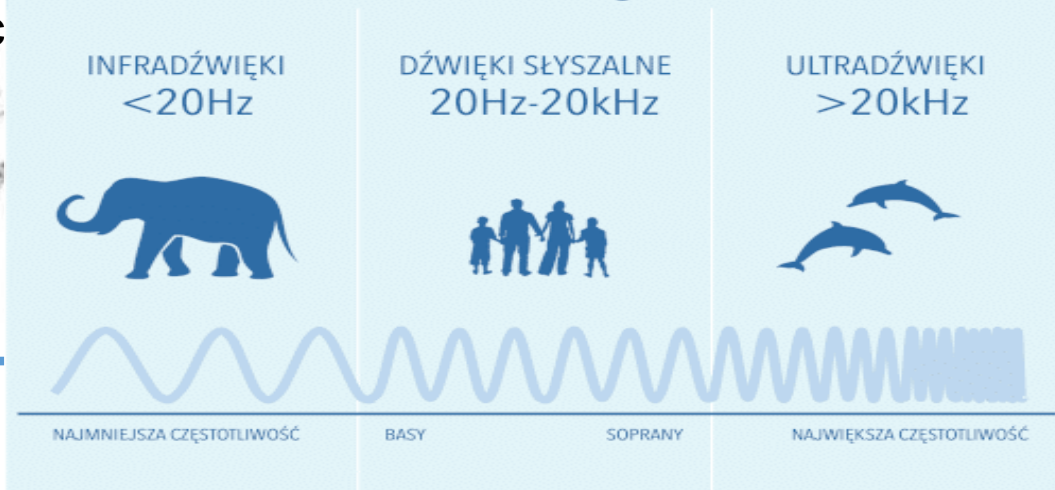




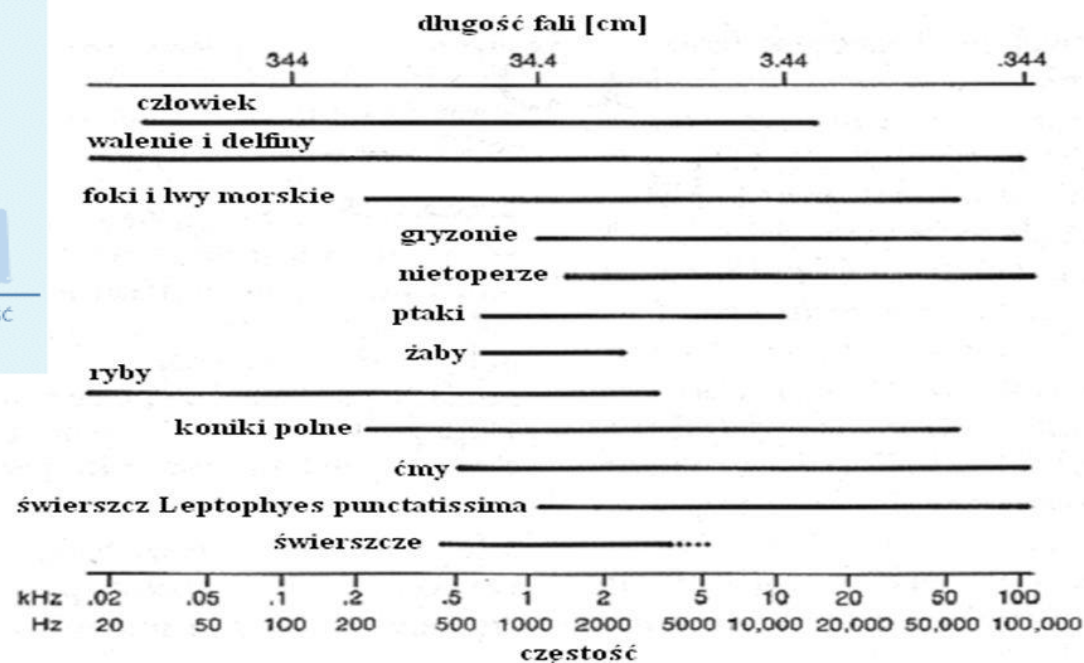
częstotliwość  
WYSOKOŚĆ



## FALE DŹWIĘKOWE



## Zakres słyszalności dźwięku dla niektórych zwierząt



[https://images.slideplayer.pl/46/11715732/slides/slide\\_10.jpg](https://images.slideplayer.pl/46/11715732/slides/slide_10.jpg)

### Zakres słyszalności

**cłowiek**  
**20-20 000 Hz**

**pies**  
**16-40 000 Hz**

**kot**  
**16-50 000 Hz**

<https://leszekbober.pl/wp-content/uploads/2021/05/Rodzaje-fal-dzwiekowych.png>

Bardzo czuły!

częstotliwość = ilość drgań/sec

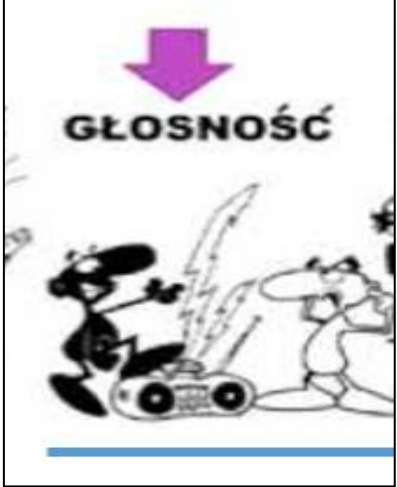
-zakres słyszalności -> (16)20–20.000 Hz

-najw. czułość -> 1000–3000 Hz

-zakres częstotliwości ludzkiej rozmowy -> 100–8000 Hz

-niskie tony-basy -> 20 Hz, wysokie tony-soprany 20.000 Hz

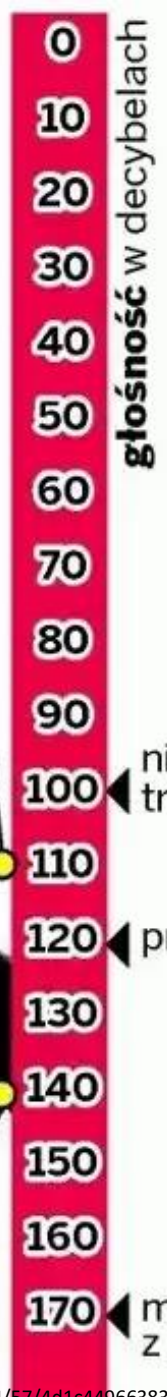
-rozdzielczość częstotliwościowa ucha -> 1 Hz przy 1000 Hz



samolot, fajerwerki



wystrzał z pistoletu, samolot odrzutowy



niebezpieczeństwo trwałego uszkodzenia słuchu

próg bólu psa i kota

możliwość śmierci z powodu wibracji

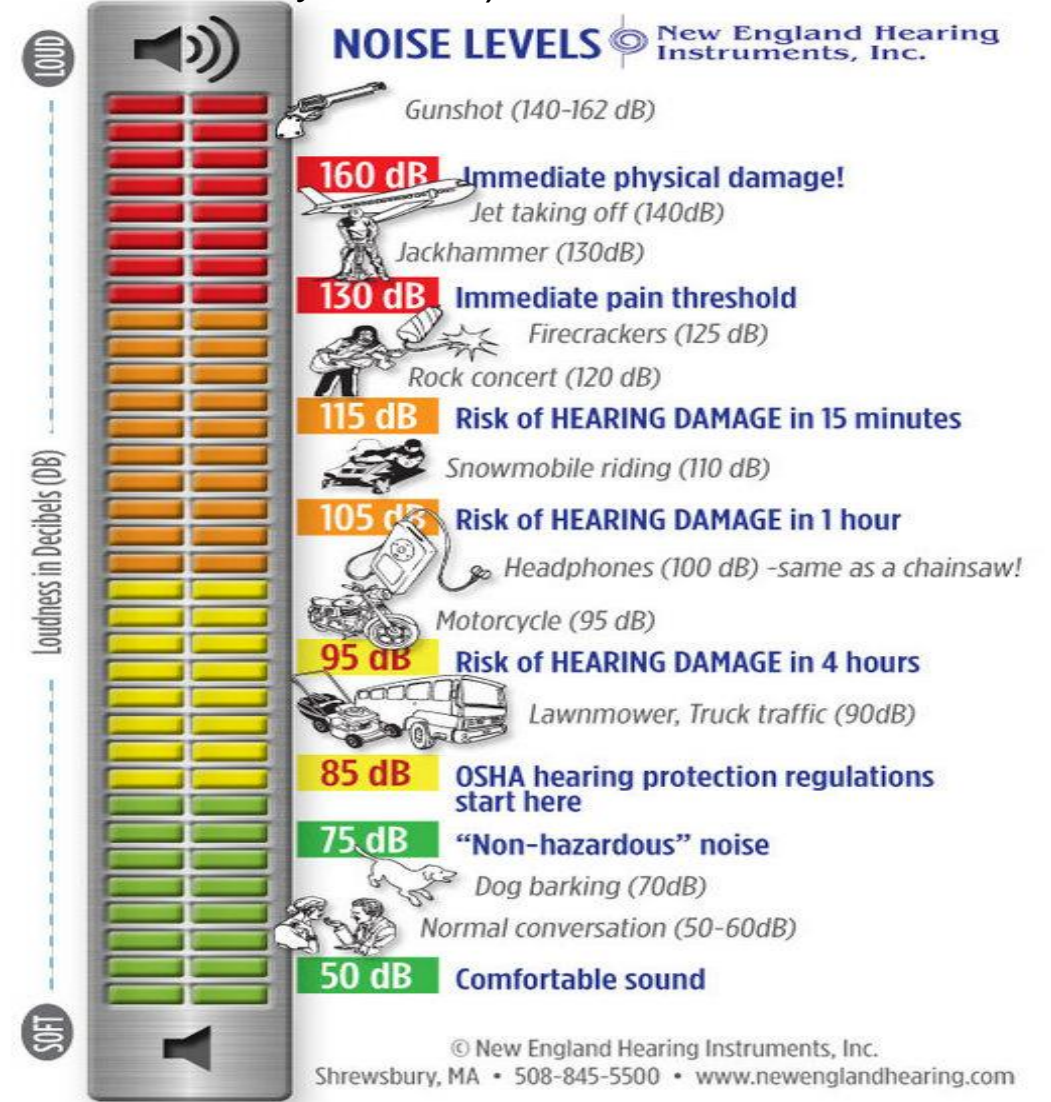


### Człowiek:

próg słyszalności -> 0 dB

próg bólu -> 110-140 dB (śr. 130 dB)

uszkodzenie słuchu -> 140(-160) dB (drgania narządów wewn. -> choroby, śmierć)





# Infradźwięki

Infradźwięki - są to fale dźwiękowe niesłyszalne dla człowieka, ponieważ ich częstotliwość jest za niska, aby odebrało je ludzkie ucho.



## ŹRÓDŁA INFRADŹWIĘKÓW

Naturalne źródła infradźwięków to:

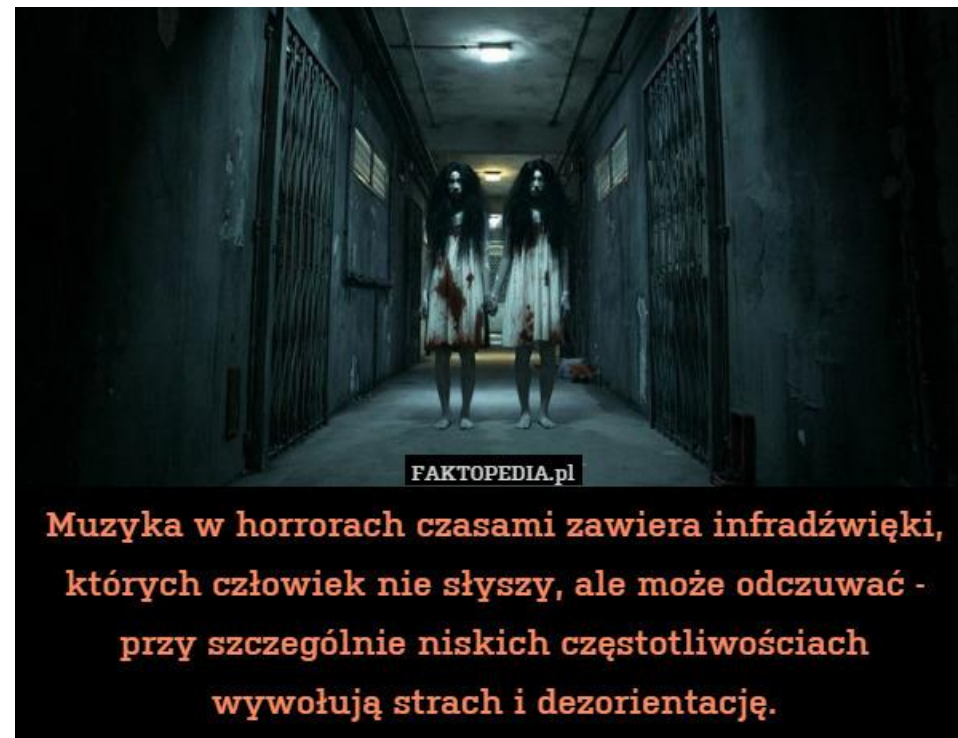
- bolidy,
- duże wodospady,
- fale morskie,
- lawiny,
- silny wiatr,
- pioruny,
- tornada,
- trzęsienia ziemi (fale sejsmiczne),
- wulkany,

Sztuczne źródła infradźwięków to:

- ciężkie pojazdy samochodowe,
- drgania mostów,
- eksplozje,
- głośniki,
- odrzutowce i śmigłowce,
- przemysł (sprężarki tłokowe, pompy próżniowe i gazowe, wieże wiertnicze, turbodmuchawy, elektrownie wiatrowe),
- rurociągi,
- urządzenia chłodzące ogrzewające powietrze.



fale akustyczne o częstotliwości mniejszej od 20 Hz. Infradźwięki nie są słyszalne przez człowieka, ale przy odpowiednim poziomie ciśnienia akustycznego mogą oddziaływać powodując np. zaniepokojenie, nudności oraz inne objawy.



**Muzyka w horrorach czasami zawiera infradźwięki, których człowiek nie słyszy, ale może odczuwać - przy szczególnie niskich częstotliwościach wywołują strach i dezorientację.**

W naturze towarzyszą eksplozjom, trzęsieniom ziemi, wyładowaniom atmosferycznym itp. Infradźwięki są słabo tłumione w skorupie ziemskiej i w wodzie, mogą się rozchodzić na znaczne odległości.



## Działanie infradźwięków na organizm

- Infradźwięki, podobnie jak wibracje, mogą powodować rezonans narządów wewnętrznych. Wywołują bóle głowy, mdłości, bezsenność, obniżenie nastroju, trwogę i nerwice. Przy dużych natężeniach mogą powodować omdlenia, krwotoki, a nawet zatrzymanie akcji serca.

Infradźwięki są wykorzystywane przez słonie i wieloryby do komunikacji na duże odległości. W medycynie infradźwięki znalazły zastosowanie, w niektórych specjalistycznych przyrządach terapeutycznych. Zastosowanie w aparatach medycznych, w badaniu rezonansem magnetycznym.

### Słuch zwierząt



#### Słyszeć stopami

Podczas tzw. „dudnienia” słonie częściej postrzegają odgłosy przedstawicieli swojego gatunku za pośrednictwem wrażliwych stóp, niż narządu słuchu.

### Zwierzęta które odbierają i wykorzystują infradźwięki.



Słonie



Żyrafy



Hipopotamy



Wieloryby



Aligatory



## Infradźwięki -> zagrożenia (najbardziej szkodliwe narażenia na infradźwięki wytworzone sztucznie):

Granica bólu i próg odczuwania wrażeń pochodzących od infradźwięków -> jak dla dźwięków słyszalnych

- do 120 dB -> krótkie oddziaływanie nieszkodliwe; długie oddziaływanie????

- od 120 do 140 dB -> uczucie zmęczenia i niewielkie zaburzenia procesów fizjolog.

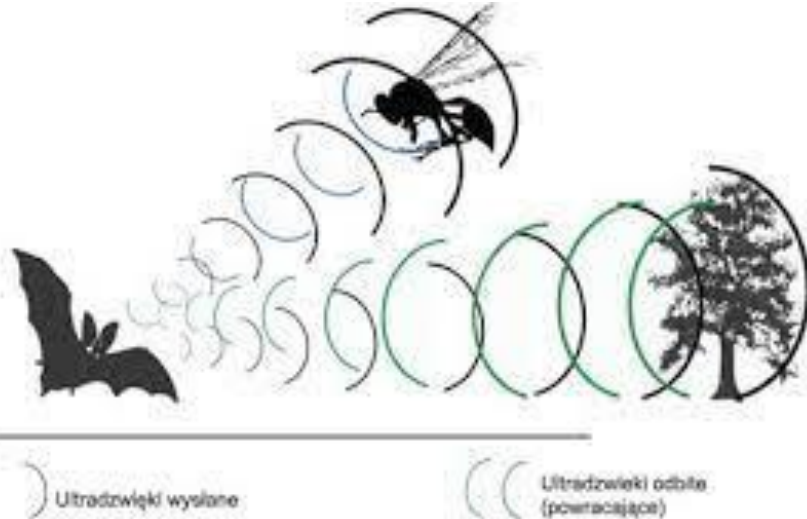
- od 140 do 160 dB -> krótkie (nawet 2 min.) działanie: zachwiania równowagi i wymioty;

długie narażenie – możliwe trwałe uszkodzenia organiczne

- ponad 170 dB -> badania na zwierzętach -> śmierć z powodu uszkodzenia płuc (testów na ludziach nie przeprowadzano)



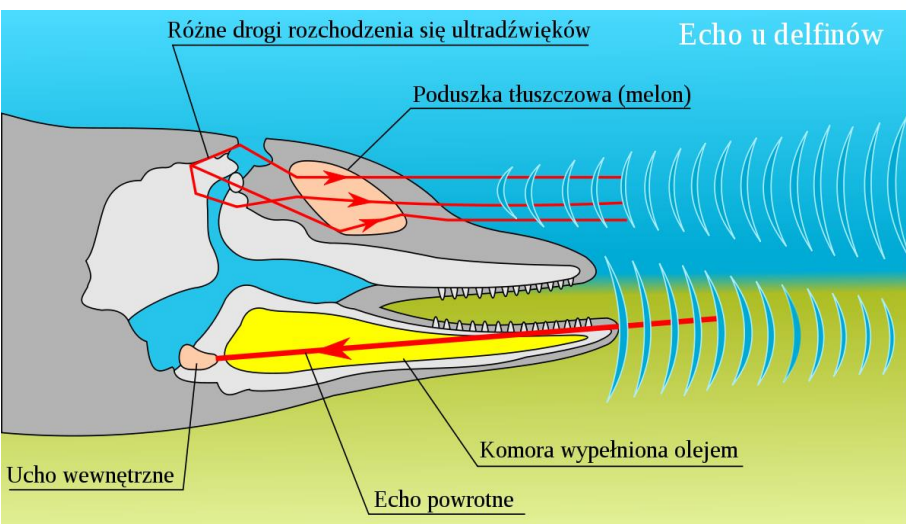




**1. Ultradźwięki** to fale dźwiękowe, których częstotliwość jest zbyt wysoka, aby usłyszał je człowiek. Za granicę uważa się 20 kHz, choć dla większości ludzi granica ta jest znacznie niższa. Niektóre zwierzęta mogą emitować i słyszeć ultradźwięki, np. pies, szczur, delfin, wieloryb czy nietoperz.

## Ultradźwięki w naturze

Ultradźwięki są również wykorzystywane przez istoty żywe – wiele gatunków posługuje się nimi w celu echolokacji. Na przykład większość nietoperzy wytwarza ultradźwięki krtanią i emituje je przez pysk lub nos (rzadziej), wiele gatunków posiada również duże i bardzo sprawne uszy. Są one zdolne do wykrywania owadów latających w ciemnościach (ćmy). Niektóre owady bronią się przed atakiem nietoperza dzięki zdolności do detekcji pochodzących od niego ultradźwięków. Nietoperz tuż przed atakiem wysyła w kierunku ofiary specjalną skupioną wiązkę sygnałów echolokacyjnych, aby zwiększyć precyzję pomiaru odległości. Jeżeli owad usłyszy taki dźwięk, natychmiast składa skrzydła i spada na ziemię, dzięki czemu nietoperz nie może go już odnaleźć.



<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQLfn6CYI8rMBdz-mdsqNwyymtKN4BdCZzkPClxhywkQO8vzWL7xMeNWJFb9cFUC9q9pII&usqp=CAU>



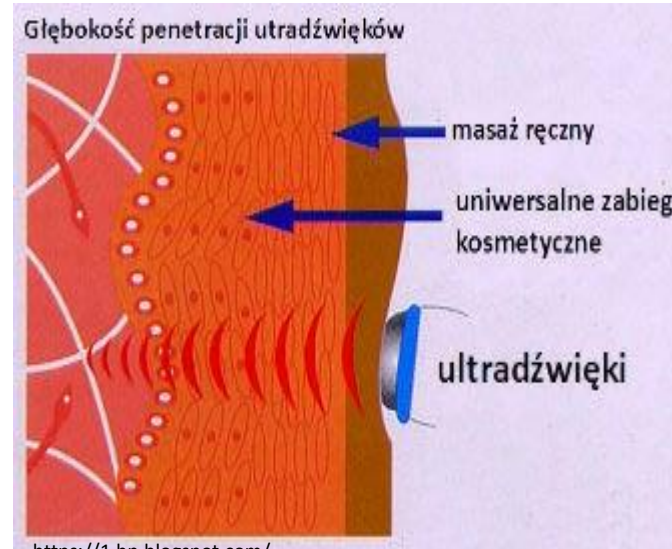
# Ultradźwięki

## Zastosowanie ultradźwięków:

W medycynie, Echolokacja (np. u nietoperzy), Ultrasonografia, USG, badanie narządów wewnętrznych za pomocą fal ultradźwiękowych, Ultrasonoterapia, leczenie ultradźwiękami.

Ich wpływ leczniczy polega na działaniu przeciwbólowym, zmniejszaniu napięcia mięśni, rozszerzeniu naczyń krwionośnych, hamowaniu procesów zapalnych, przyspieszaniu wchłaniania tkankowego.. Działają na autonomiczny układ nerwowy.

<https://image.slidesharecdn.com/prezentacja-teoria-eksperymenty-130523144700-phppapp01/85/prezentacja-teoria-eksperymenty-3-320.jpg?cb=1369320456>



[https://1.bp.blogspot.com/-vad\\_uU888YQ/VOjckkz7jWI/AAAAAAAAHg0/38ldZr1djaU/s1600/ultrasoni\\_1.jpg](https://1.bp.blogspot.com/-vad_uU888YQ/VOjckkz7jWI/AAAAAAAAHg0/38ldZr1djaU/s1600/ultrasoni_1.jpg)

Dziedzina	Zastosowanie
KOSMETYKA	Produkcja kosmetyków: emulgowanie, hermetyzacja substancji z liposomów, homogenizacja; peeling ultradźwiękowy
MEDYCYNA	Ultrasonografia (2-10 MHz) stosowana do obrazowania szczególnie płodu oraz podczas operacji podskórnych; w fizykoterapii (20-50 kHz) do leczenia napięcia mięśni, rozbijania skrzepów krwi, niszczenia komórek rakowych, terapia sonodynamiczna
STOMATOLOGIA	Czyszczenie i wiercenie zębów, utwardzanie wypełnień
GEOGRAFIA I GEOLOGIA	Poszukiwanie złóż minerałów i ropy oraz głębokościomierze w morzach i oceanach (sonary)
PRZEMYSŁ	Rozpraszanie pigmentów i cząstek stałych w farbach, tuszach i żywicach; odtłuszczenie i czyszczenie w łaźniach ultradźwiękowych, akustyczna filtracja i odlewanie metali



<https://docplayer.pl/docs-images/61/45767226/images/2-2.png>



[http://www.eximia.lublin.pl/documents/images/schemat\\_liposukcji.gif](http://www.eximia.lublin.pl/documents/images/schemat_liposukcji.gif)

<https://laborant.pl/images/laborant/articles/laborant11/article10/tab1.jpg>

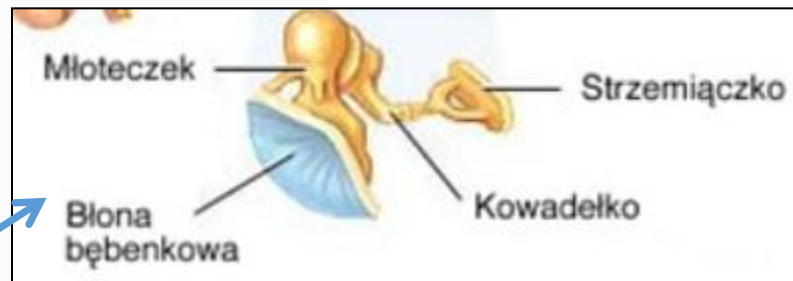
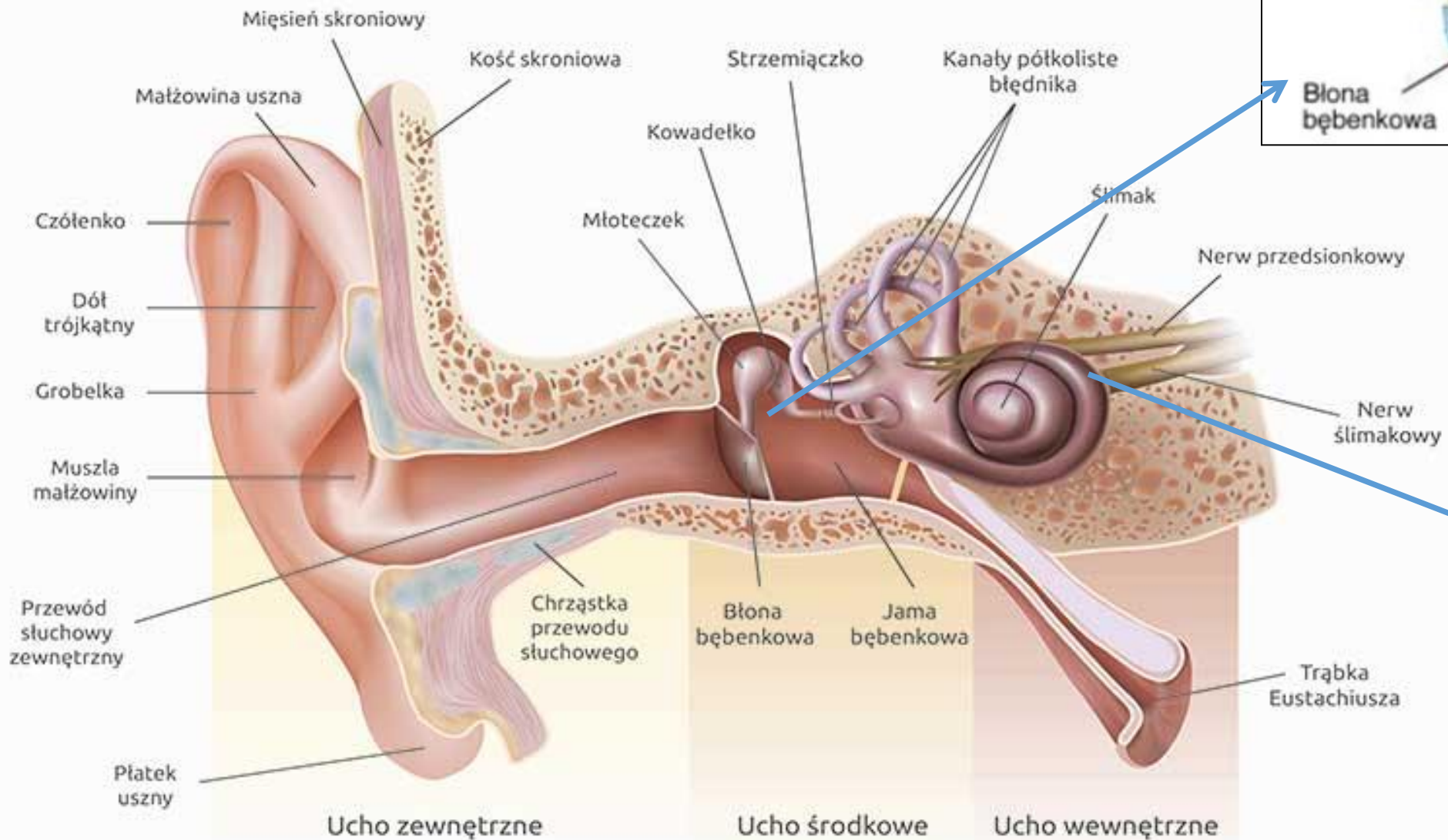


## Ultradźwięki -> zagrożenia (gł. słuch i układ krwionośny):

- częste i długotrwałe narażenie (zawodowe) na ultradźwięki przekraczające 120 dB -> możliwość utraty słuchu
- powyżej 155 dB -> możliwość powstawania szkodliwych efektów cieplnych
- powyżej 180 dB -> możliwość śmierci



# Budowa ucha





## Ucho zewnętrzne:

- przed błoną bębenkową: małżowina uszna, przewód słuchowy zewn.
- małżowina uszna kieruje fale dźwiękowe do kanału słuch. -> jednocześnie osłania od szumów (wywołanych przez wiatr i in. ruchy powietrza)
- przewód słuchowy wzmacnia fale dźwięk. (jak pudło rezonansowe)



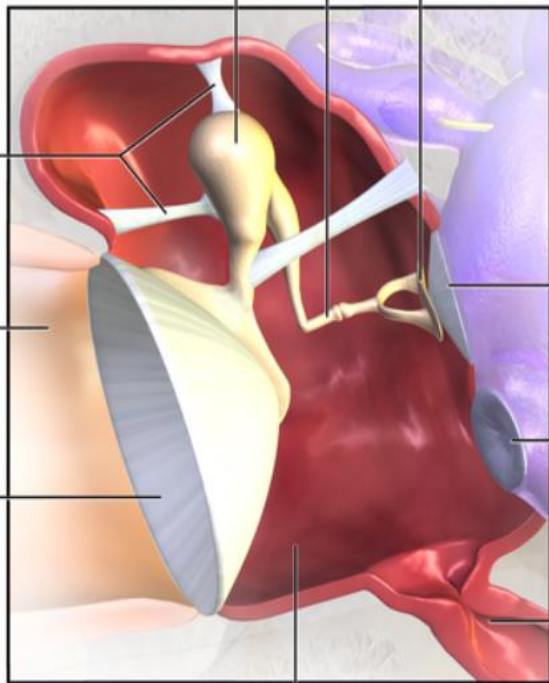
# Ucho środkowe



Kosteczki słuchowe  
 młoteczek  
 kowadełko  
 strzemiączko

- od błony bębenkowej; połączone z gardłem przez Trąbkę Eustachiusza (uchodzi do części nosowej gardła) -> wyrównywanie ciśnienia
- kosteczki słuchowe: młoteczek, kowadełko, strzemiączko (połączone kilkoma drobnymi więzadłami, na ich ruch wpływają dwa małe mięśnie) przekazują drgania błony bębenkowej do ucha wewn.
- + młoteczek długim wyrostkiem -> połączony z błoną bębenkową
- + strzemiączko zakotwiczone podstawą w okienku owalnym ucha wewn.

więzadła

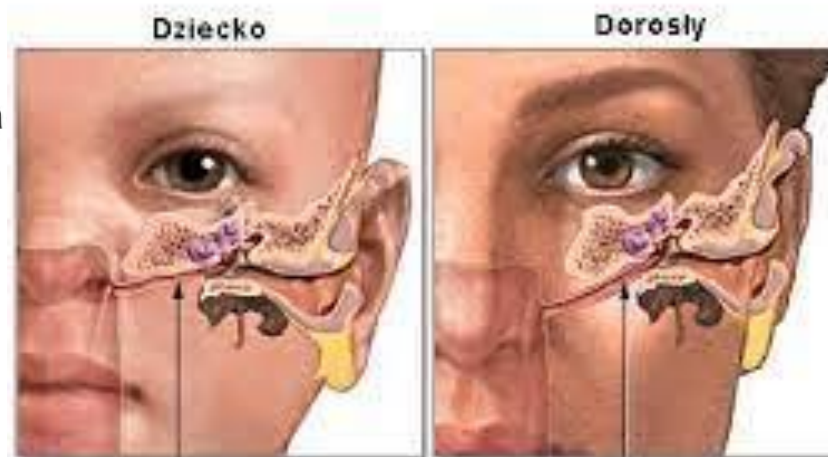


okienko przedsionka

okienko ślimaka

trąbka słuchowa

jama bębenkowa



Dziecko

Dorosły

Trąbka Eustachiusza

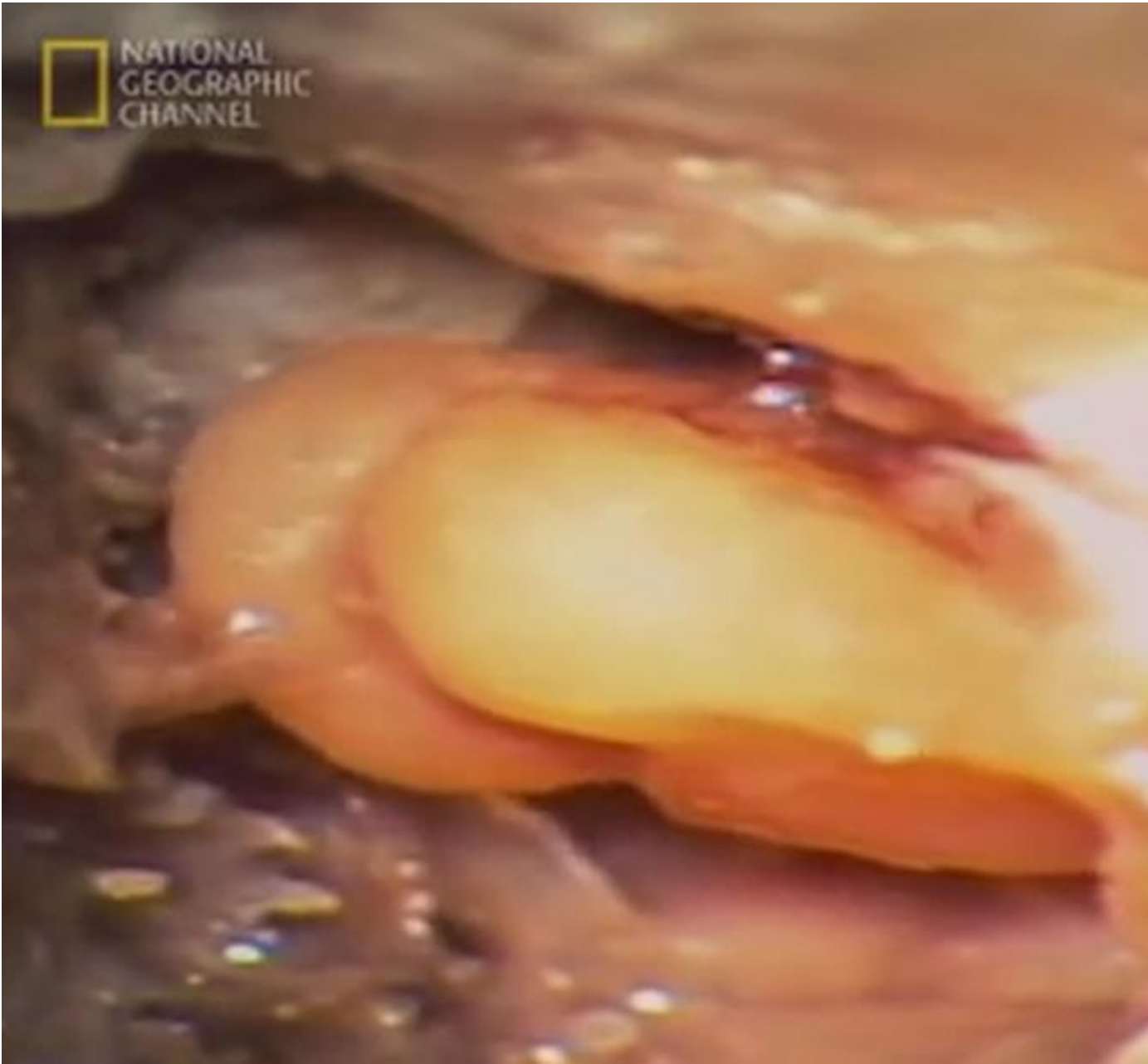


JĄTOK W NOSIE

TRĄBKA SŁUCHOWA

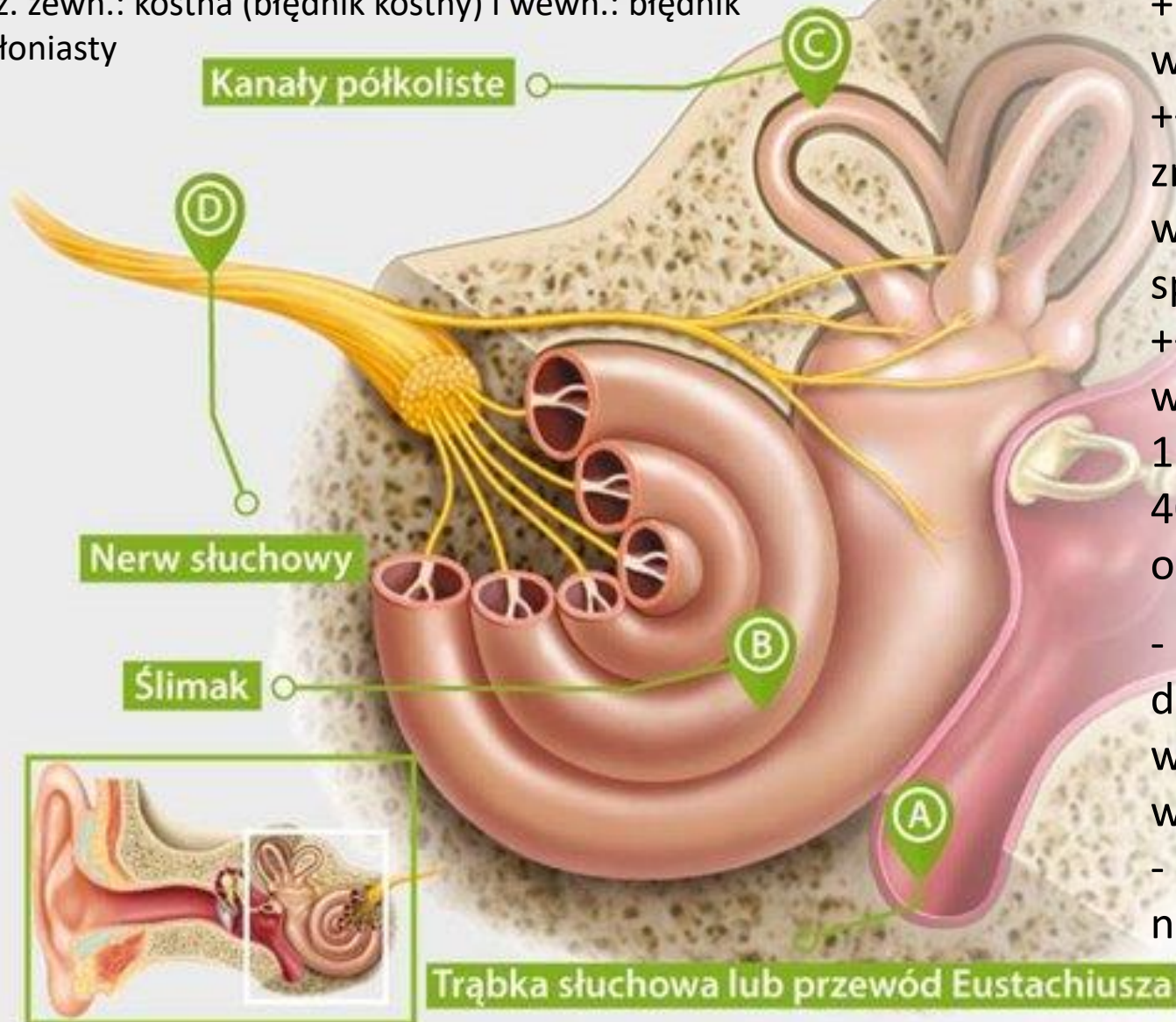


Kostki słuchowe (każda – wielkości ziarnka ryżu)



# Ucho wewnętrzne = błędnik

cz. zewn.: kostna (błędnik kostny) i wewn.: błędnik błoniasty



- od okienka owalnego -> receptory zmysłu słuchu i równowagi:

+ narząd równowagi -> kanały półkoliste oraz:

+ ślimak (*cochlea*) -> dł. ok. 3 cm, zawija się ok. 3x -> w każdym zakręcie 3 kanały wypełn. płynem

++ w środkowym -> narząd Cortiego: urzęsione kom. zmysłów. (= kom. rzęsate = kom. słuchowe, włoskowate, rzęskowe) -> cienkie włók. nerwu słuch. splatające się w ślimaku

+++ kom. słuchowe zewnętrzne -> rola układu wspomagającego (ok. 12 000) łączą się z tylko ok. 1500 włóknami nerwu słuch i kom. wewnętrzne (ok. 4000) – łączą się z ok. 2800 włóknami → one gł. odpowiadają za inf. o dźwięku

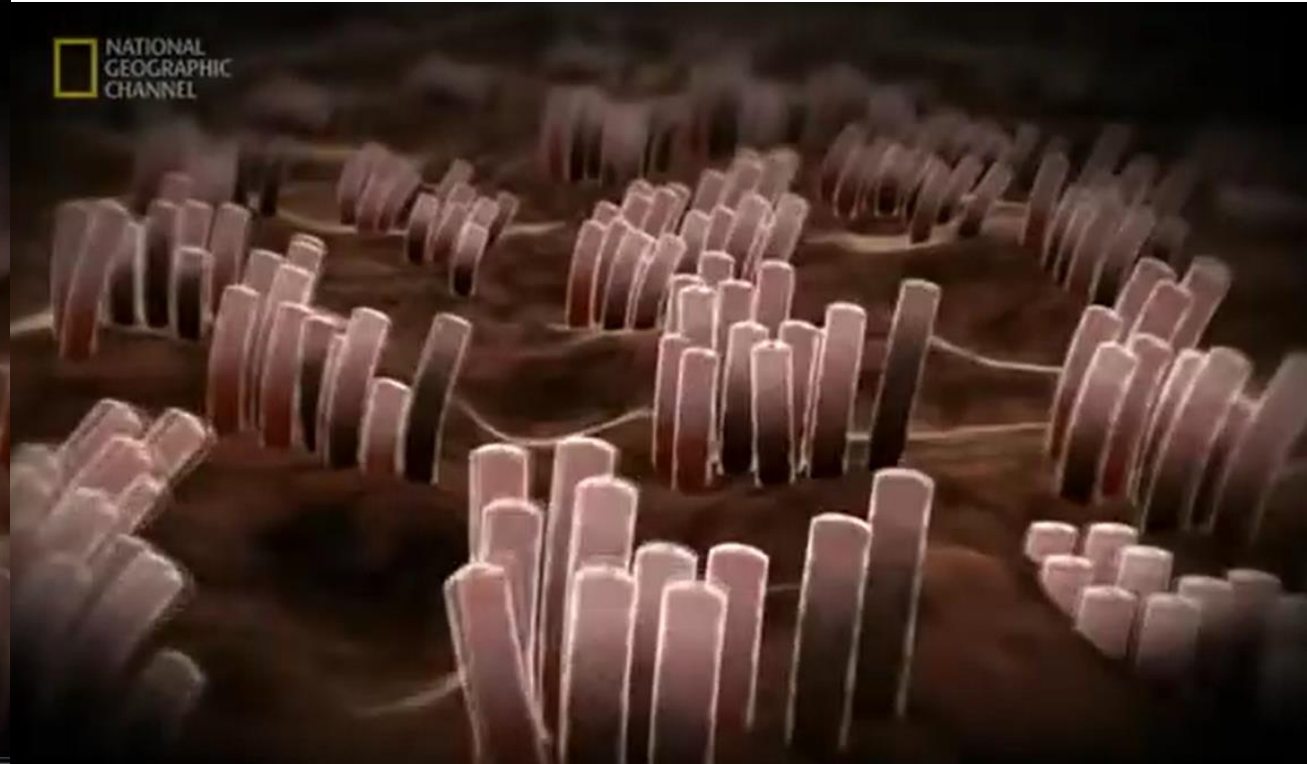
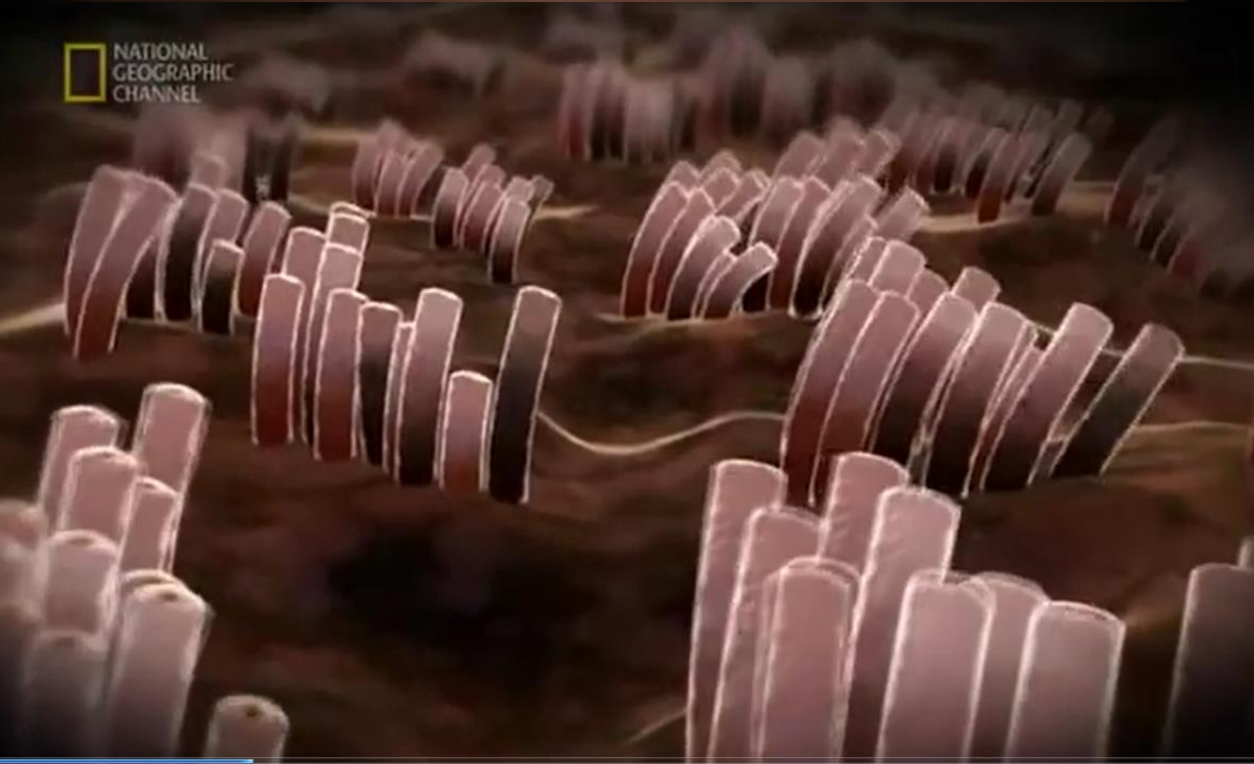
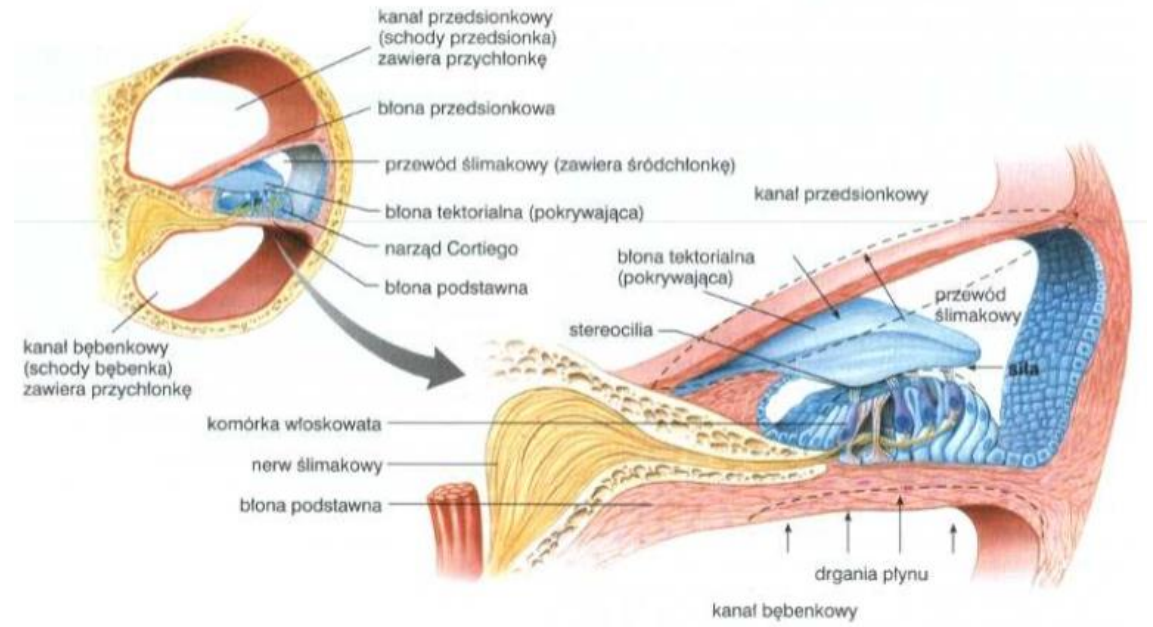
- kom. słuch. zewn. -> wprowadzone w ruch przez drgania fali dźwiękowej, kurczą się i rozkurczają -> wzmocnienie bodźca słuchowego i stymulacja kom. wewn.

- impulsy elektryczne -> przesłane wzdłuż włókien nerwu słuchowego do OUN -> wrażenie słuchowe

**UWAGA:** zużycie kom. -> jedna z gł. przyczyn starczego przytępienia słuchu



# Ślimak (cochlea)



## WRAŻENIE SŁUCHOWE

- fala dźwiękowa -> przewód słuchowy -> błona bębenkowa wprawiona w ruch -> ruch przylegających do niej kosteczek słuchowych (najpierw młoteczek, potem kowadełko i na końcu strzemiączko) -> wibracje poruszają płyn wypełniający ślimak -> ruch płynu powoduje uginanie się rzęsek słuchowych -> rzęski słuchowe wytwarzają impulsy nerw. -> impulsy przesyłane nerwem słuchowym -> odbiór impulsów przez ośrodki słuchowe w korze słuchowej

### Interpretacja dźwięku w mózgu:

- gdy dźwięk trafia do ucha wewn., nie ma żadnego znaczenia  
- info o falach dźwiękowych w postaci sygnałów elektrycznych biegnie nerwem słuchowym do pnia mózgu  
-> do obszarów mózgu odp. za ocenę emocjonalną -> znaczenie i w korze mózgu. (płat skroniowy)  
ostateczne porównanie z istniejącymi wzorcami: interpretacja (rozumienie języka, rozpoznanie głosu osoby mówiącej itp., ocena, czy sytuacja zagrożenia)

## Droga fali dźwiękowej

- małżowina uszna
- przewód słuchowy
- błona bębenkowa
- kosteczki słuchowe
- płyn w ślimaku
- fale dźwiękowe zamieniane są w impuls elektryczny
- płat skroniowy w korze mózgu
- powstaje wrażenie słuchowe odebranego dźwięku.





# Drogi docierania dźwięków

## Ścieżka kostna

Przewodnictwo dźwięków poprzez kość



## Ścieżka powietrzna

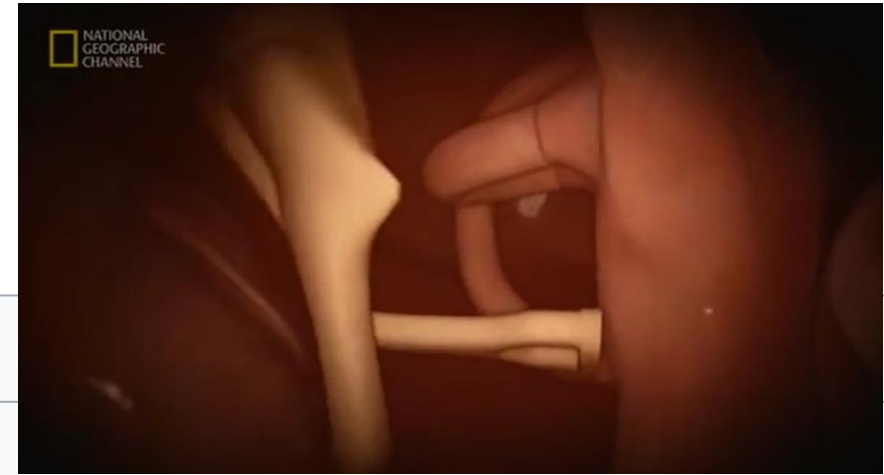
Przewodnictwo dźwięków drogą powietrzną

## Przewodnictwo powietrzne a przewodnictwo kostne

- fale dźwiękowe -> ucho: poprzez przewodnictwo kostne
- + poruszone powietrze trafia od zewn. na kość czaszki i powoduje jej delikatne drganie -> drgania przenoszone przez płyn w uchu i docierają do kom. słuchowych
- przewodnictwo kostne znacznie mniej skuteczne, niż słyszenie poprzez przewodnictwo powietrzne

# Wady słuchu niedosłuch/głuchota:

- wrodzone (wady rozwojowe, wady genet.)
- nabyte (hałas, choroba, leki, starość)



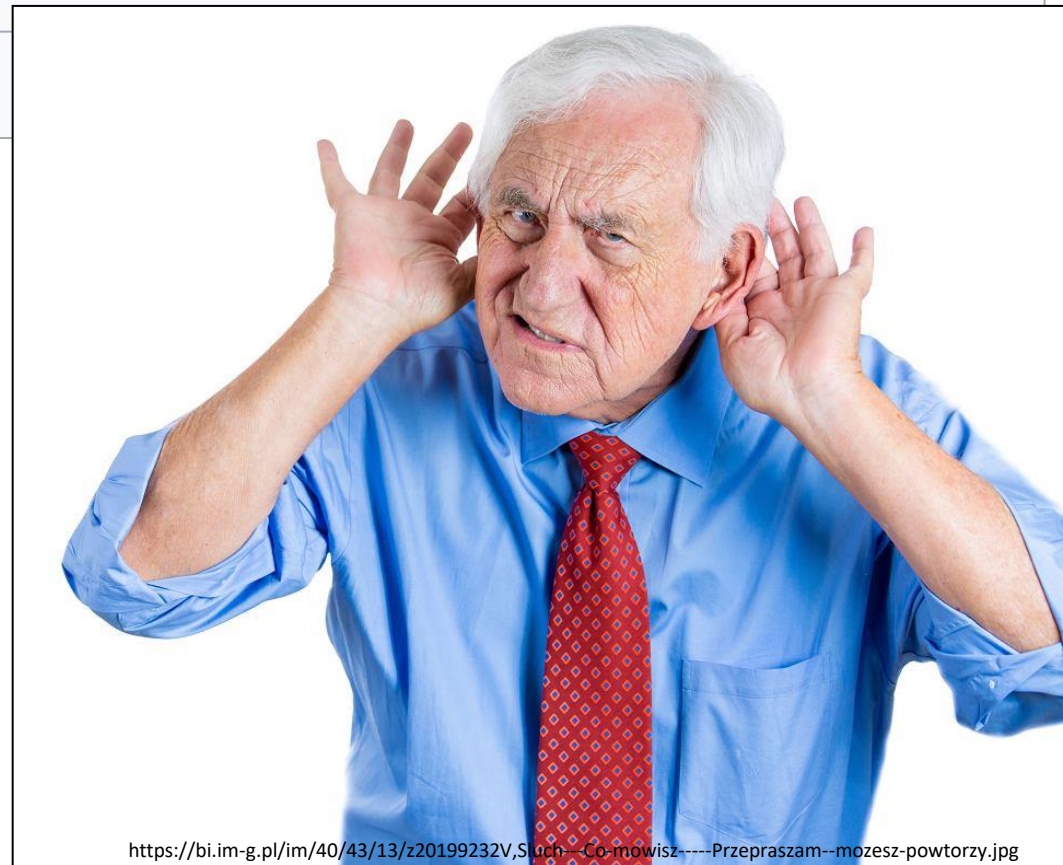
## Ubytek słuchu

Ubytek słuchu z wiekiem (18–50 lat)	0,5 dB/rok
Ubytek słuchu z wiekiem (powyżej 50 lat)	1 dB/rok
Przeciętny ubytek słuchu w wieku 70 lat	37 dB

Tablice Biologiczne. praca zbiorowa pod redakcją W. Mizierskiego. Warszawa: Adamantan, 2004.



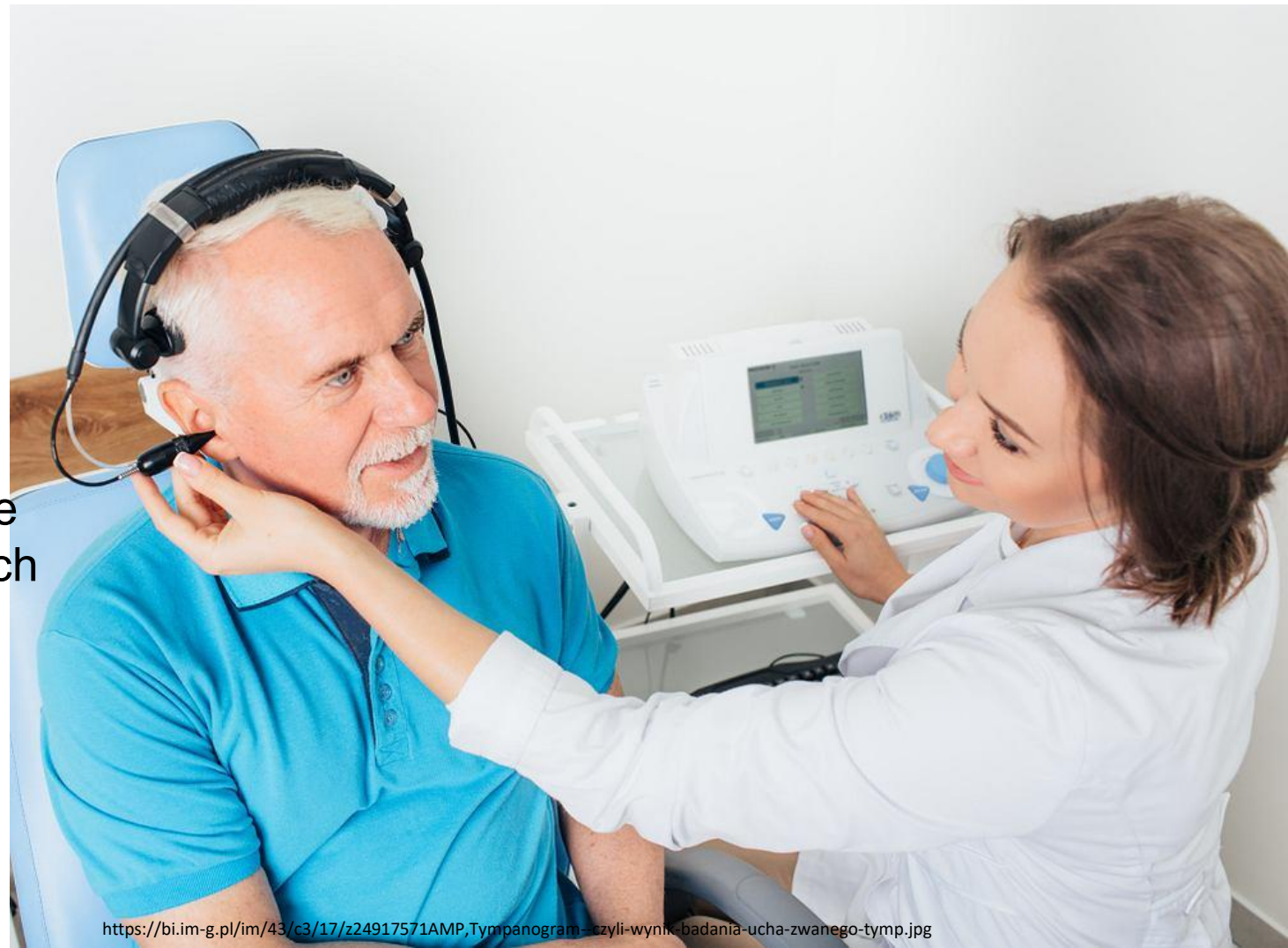
[https://d-art.ppstatic.pl/kadry/k/r/1/8f/e7/5c8231decdb8e6\\_o\\_original.jpg](https://d-art.ppstatic.pl/kadry/k/r/1/8f/e7/5c8231decdb8e6_o_original.jpg)



<https://bi.im-g.pl/im/40/43/13/z20199232V,Sluch---Co-mowisz-----Przepraszam--mozesz-powtorzy.jpg>



- Niedosłuch** -> ubytek słuchu (ocena: audiometria tonalna (reakcja na ton); zapis badania -> audiogram)
- + uszkodzenie przewodzeniowe -> choroby aparatu przewodzącego dźwięki z otoczenia do receptora słuchowego (przewód słuchowy zewn. lub ucho środkowe)
  - + uszkodzenie odbiorcze:
    - ++ uszkodzenie kom. zmysłowych narządu spiralnego (Cortiego) -> uszkodzenie odbiorcze z lokalizacją ślimakową
    - ++ zmiany w pierwszym neuronie drogi słuchowej -> uszkodzenie odbiorcze pozaślimakowe
    - ++ schorzenia OUN (obejmują II-IV neuron drogi słuchowej lub korę mózgową zakrętów skroniowych poprzecznych) -> odbiorczy niedosłuch ośrodkowy
  - uszkodzenie przewodzeniowe + uszkodzenie odbiorcze (najczęściej ślimakowe) = niedosłuch mieszany



# Upośledzenie słuchu

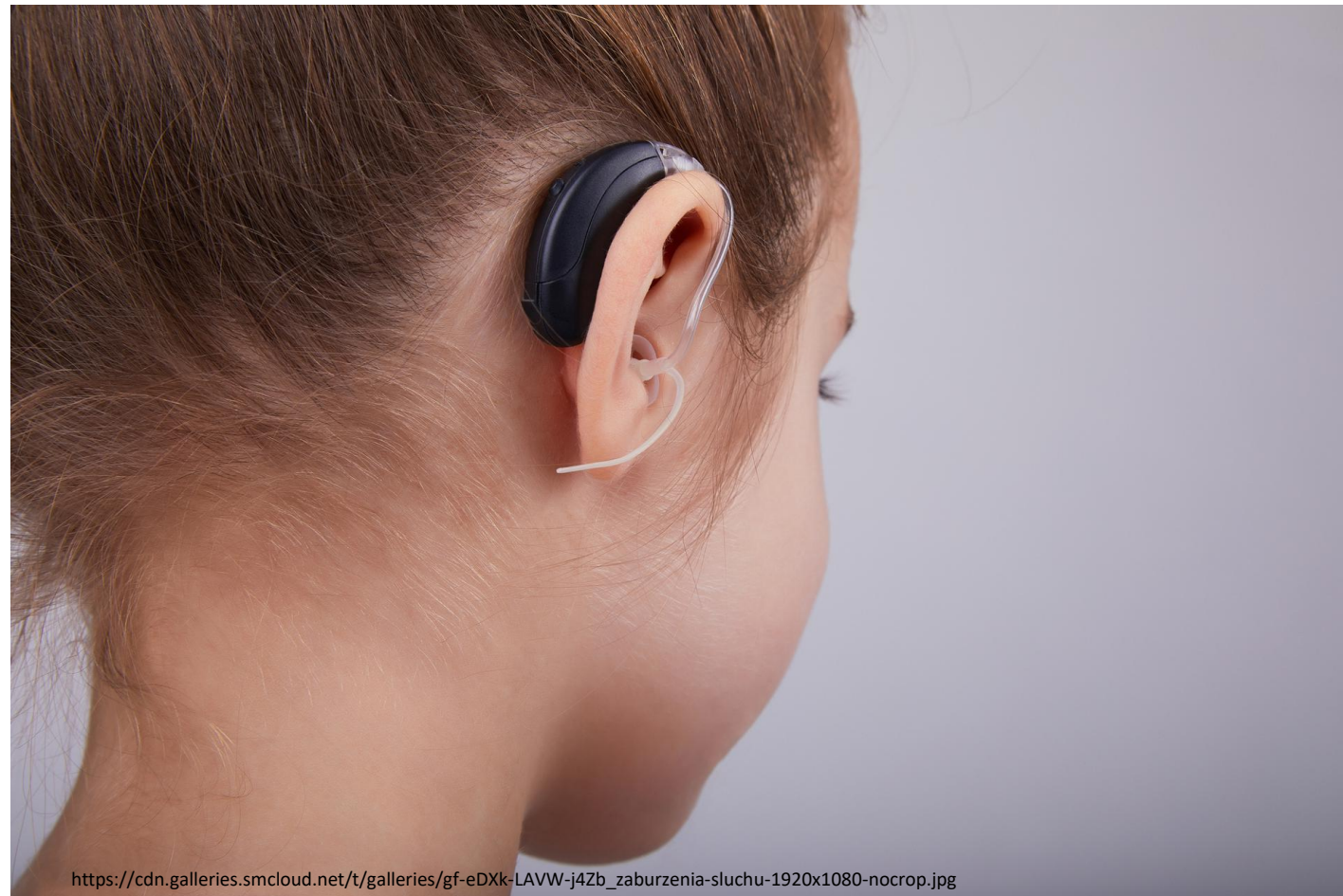
**jednostronne**  
**obustronne**

**ostre**  
**przewlekłe**

**lekkie** – ubytek słuchu w zakresie od 10-30 dB  
**umiarkowane** – ubytek słuchu w zakresie od 35-70dB  
**znaczne** – ubytek słuchu w zakresie od 75-100dB  
**głębokie** – ubytek słuchu w zakresie od 90-100 dB

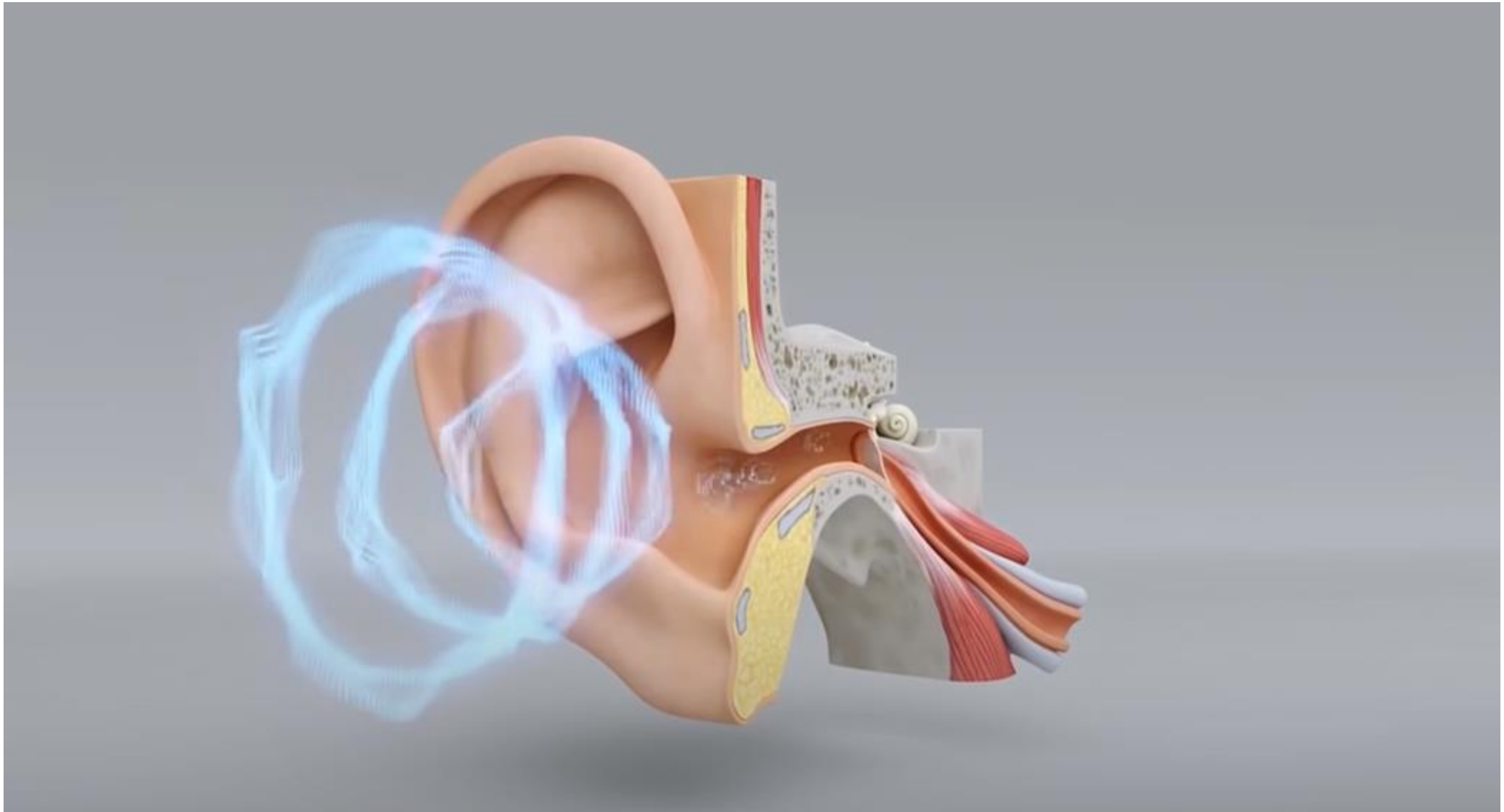
aparat słuchowy: mikrofon, wzmacniacz,  
słuchawka i bateria

- czuły kierunkowy mikrofon
- wzmacniacz -> mikro komputer z płytą główną, pamięcią i procesorem(rami) np. klasy Pentium
  - + może zawierać cewkę telefoniczną -> odbiór dźwięku z urządzeń w kinie itp.
- słuchawka – może mieć 2 membrany i szerokie pasmo przenoszenia dźwięku
- bateria (im większa -> tym dłuższa żywotność aparatu)



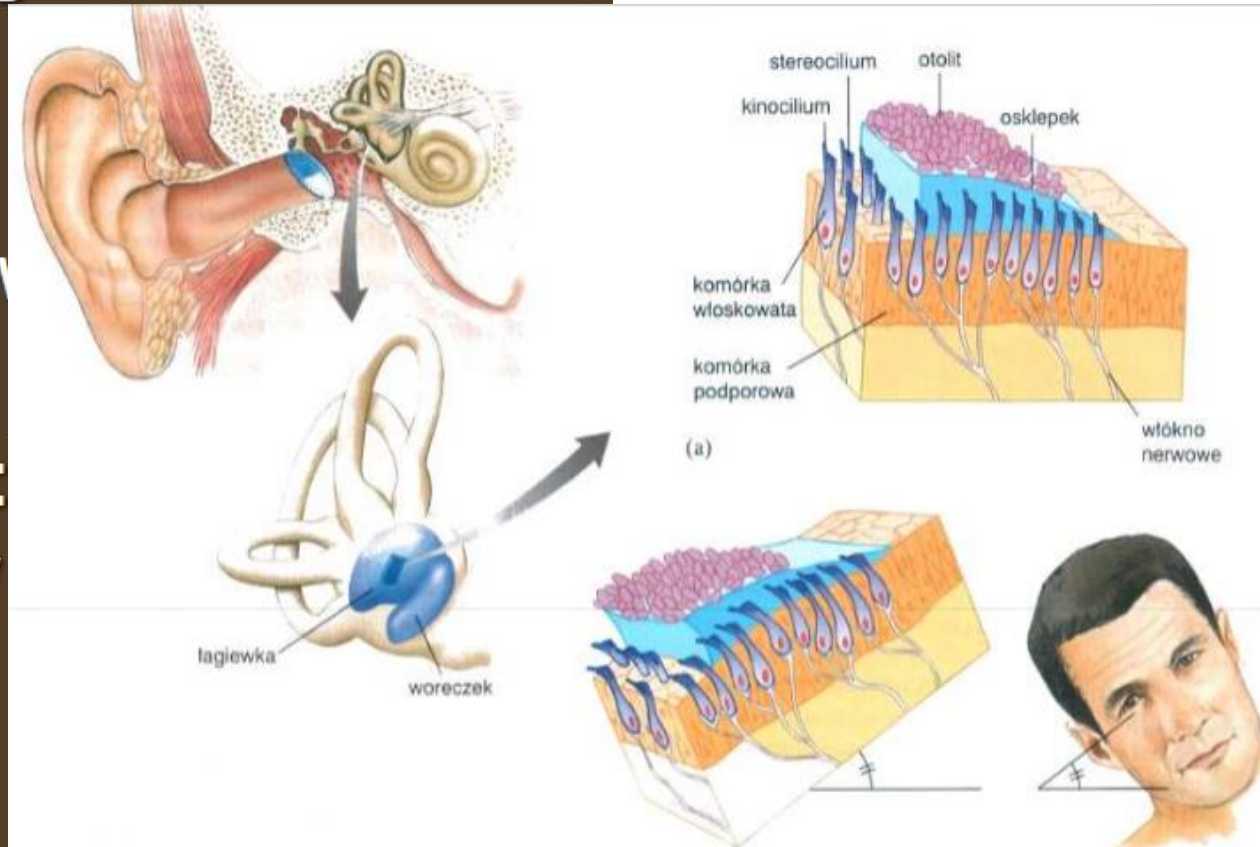


<https://www.youtube.com/watch?v=pooeW9Oop5Q>



# Zmysł równowagi

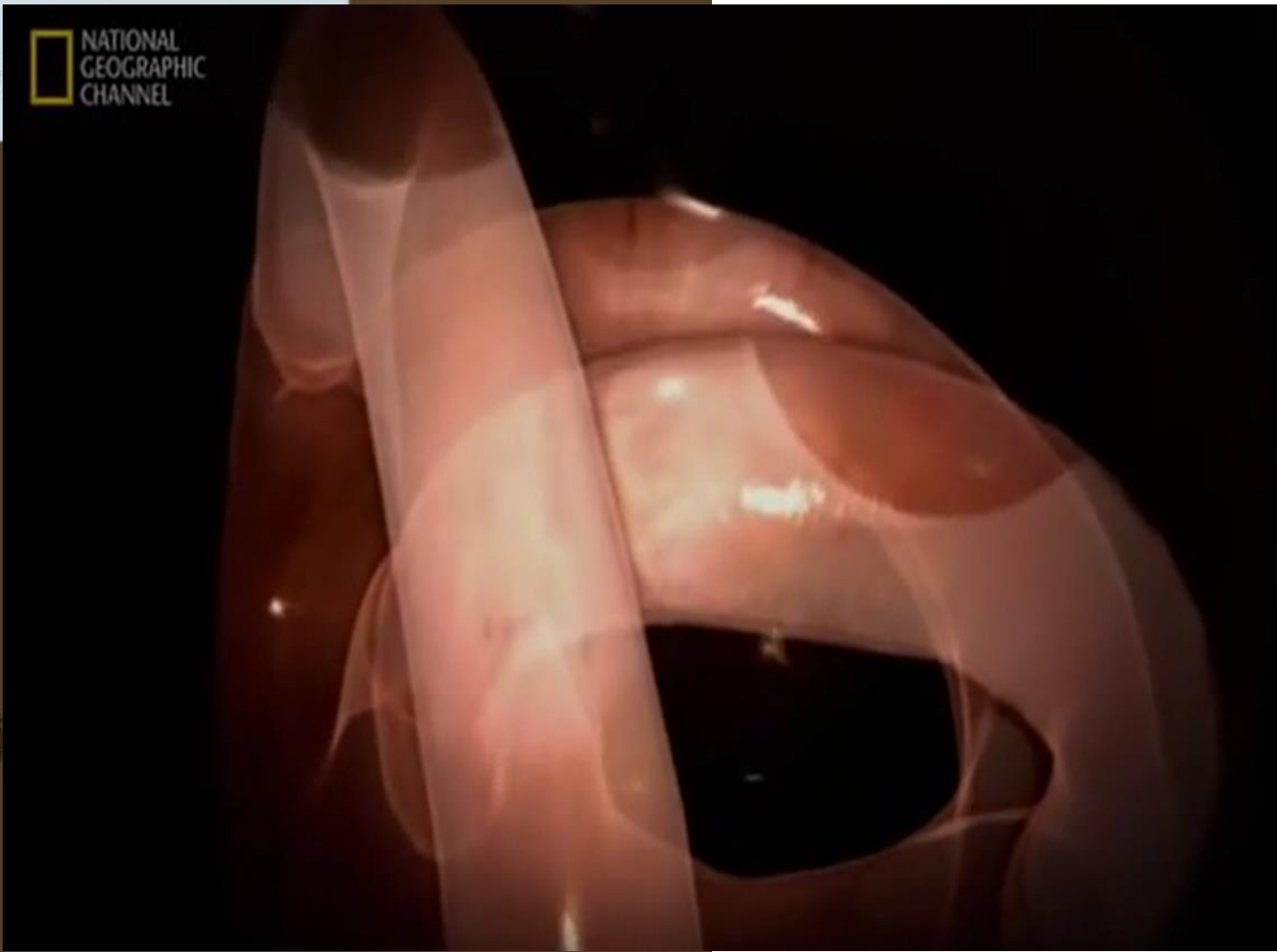
- Zmysł równowagi umożliwia czucie położenia i ruchów ciała w przestrzeni.
- Mieści się w błędniku błoniastym, w uchu wewnętrznym.
- Tworzą go dwa narządy otolitowe: woreczek i łagiewka oraz 3 kanały półkoliste.
- Ewolucyjnie zmysł równowagi (a także zmysł słuchu) wywodzi się z organu linii bocznej.





# Przewody półkoliste

- Są to półkoliste twory wypełnione śródchłonką ułożone prostopadle względem siebie.
- Przy obrocie głowy śródchłonka z powodu swej bezwładności przesuwa się wolniej, podczas gdy przewód półkolisty wykonuje ruch razem z głową.
- Następuje przesunięcie śródchłonki w stosunku do ścian przewodu.
- Prąd śródchłonki podrażnia włoski nabłonka nerwowego.
- Każdy ruch głowy jest rejestrowany i podrażnienia zostają przeniesione do ośrodkowego układu nerwowego.



# Dziękuję za uwagę!



[https://ktociewyleczy.pl/i/2019/04/08/9551-2d47-1040x0-sc1x9\\_sunsdksdnd.jpg](https://ktociewyleczy.pl/i/2019/04/08/9551-2d47-1040x0-sc1x9_sunsdksdnd.jpg)

