

# Wzrok



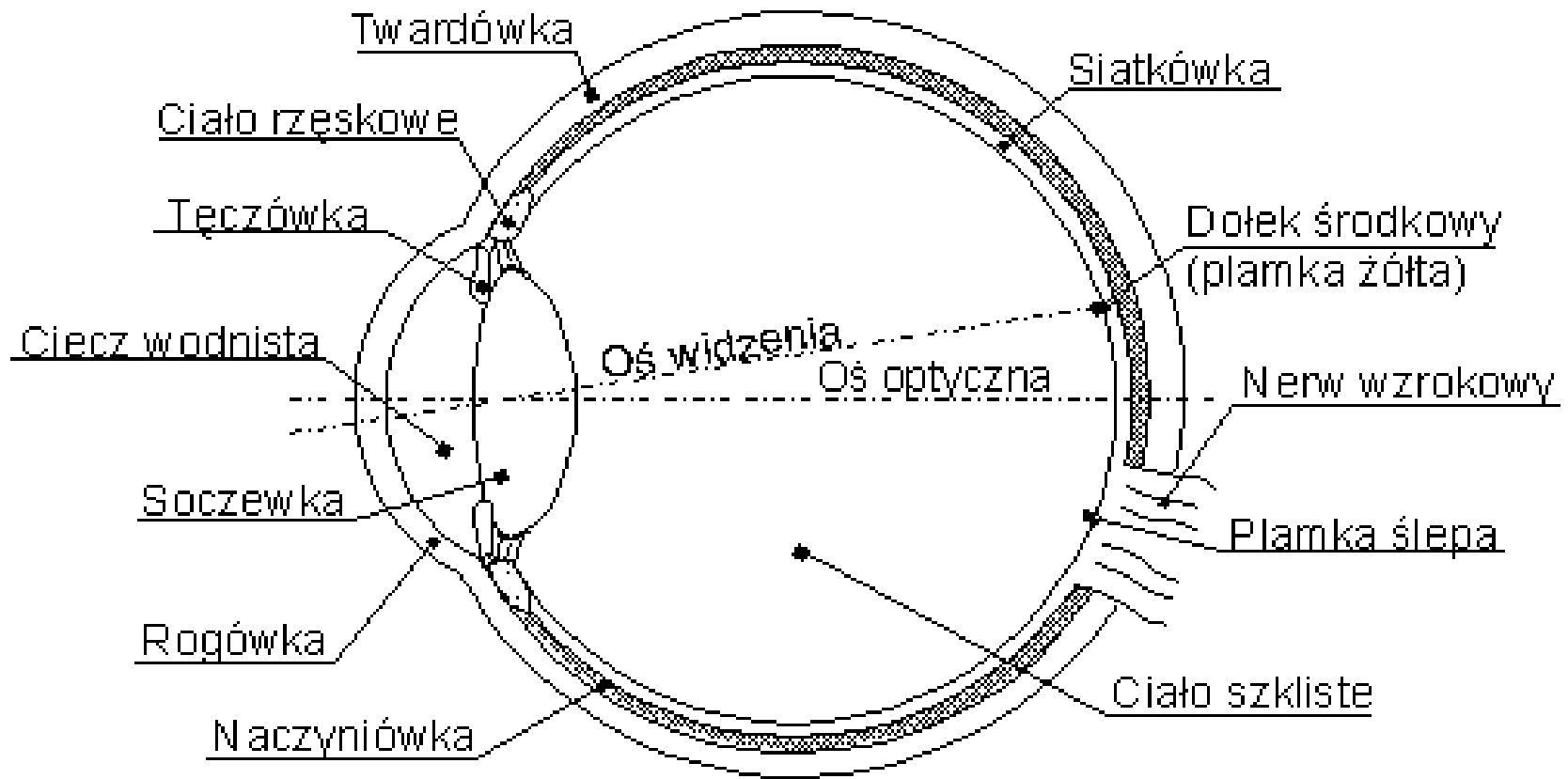
Oko:

- gałka oczna z nerwem wzrokowym (średnica 22-24 mm),
- aparat ochronny gałki ocznej (powieki, gruczoł łzowy zawierający NaCl i lizozym),
- aparat ruchowy

Skąd się biorą łzy?      Filtrowana krew

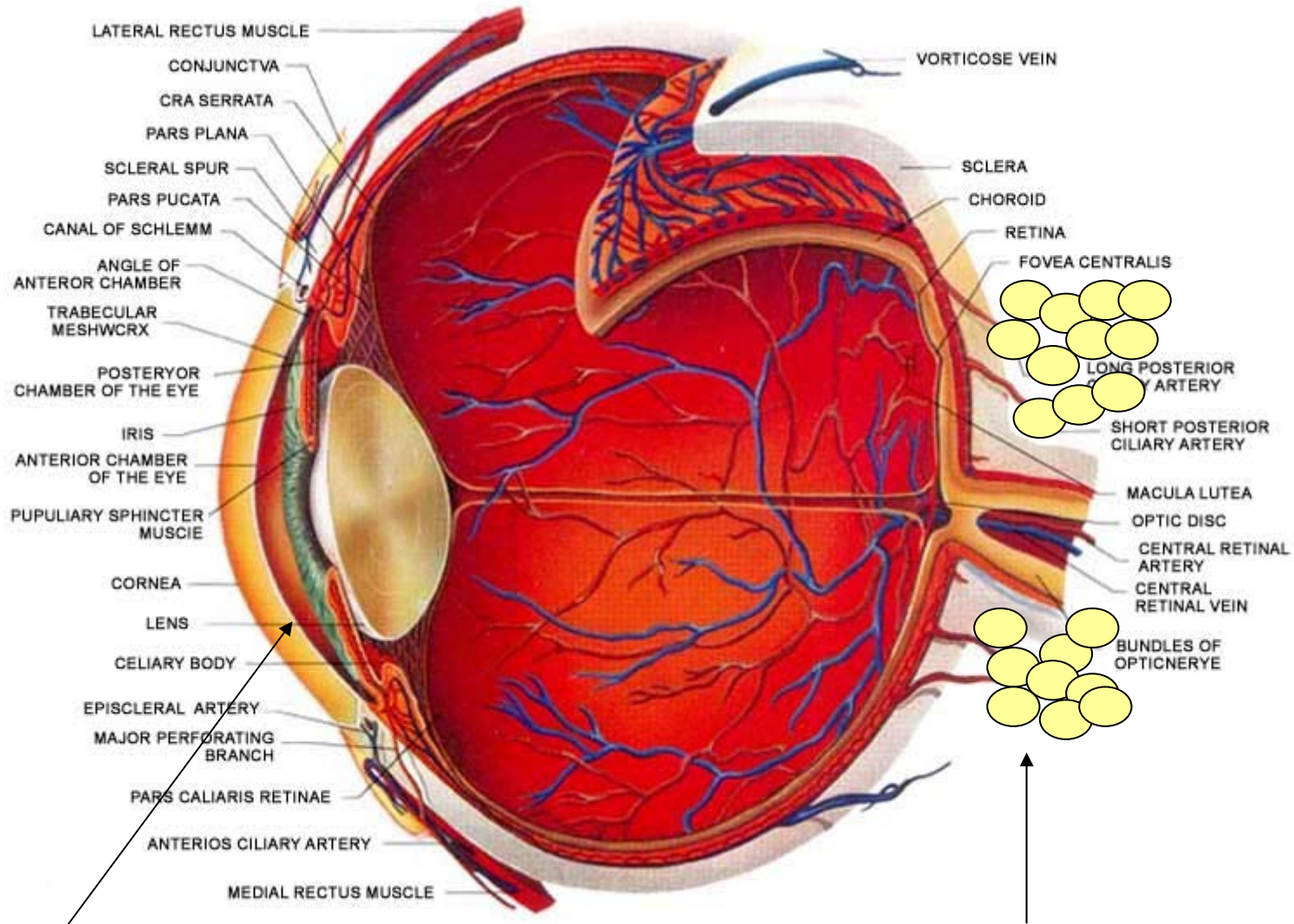
Oko produkuje dziennie ok. 20 ml na dobę.  
w ciągu życia średnio ok. 500 l.

# Oko



**Układ dioptryczny oka:** rogówka, ciecz wodnista, soczewka, ciało szkliste  
*Współczynniki załamania 1.376, 138, 1.33; promień krzywizny rogówki: 6.8 – 7.7 mm.*

**6 mięśni reguluje ruchy gałki ocznej – najbardziej aktywne mięśnie  
(100 000 skróczy/dobę)**

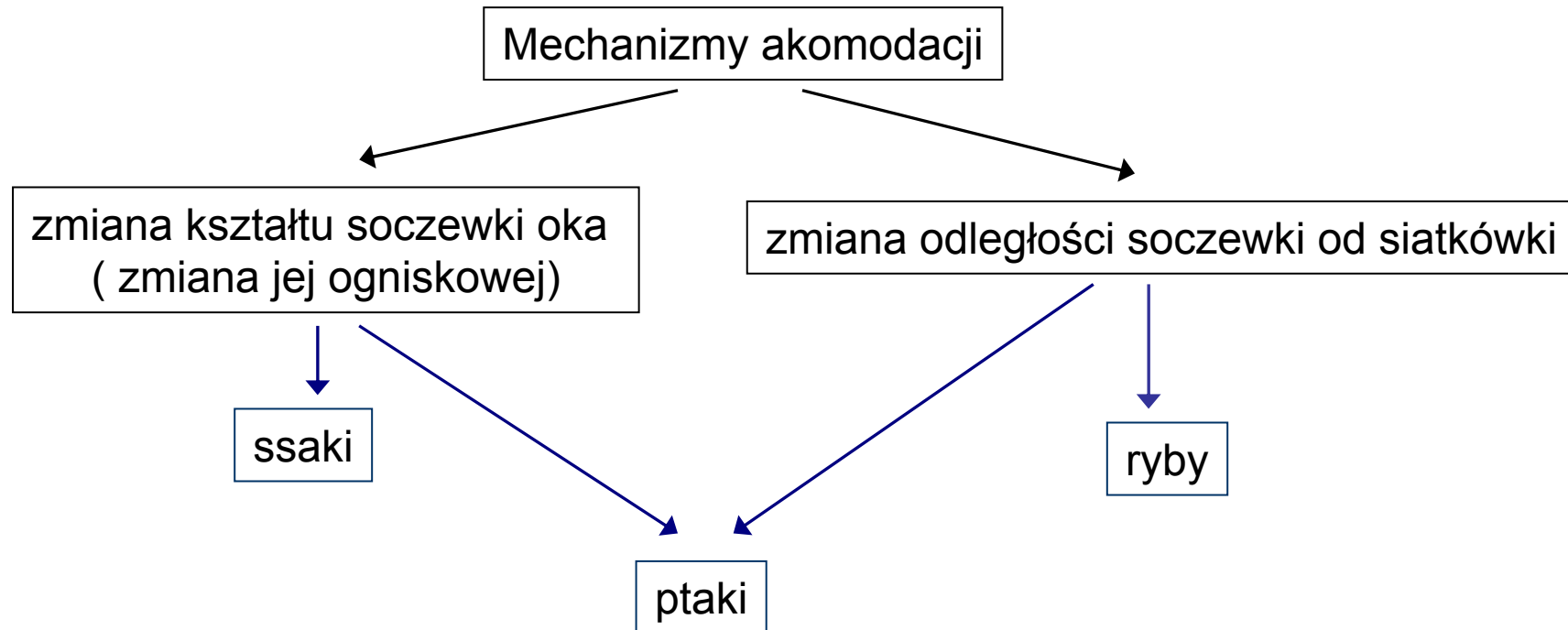


0.6 mm (grubość rogówki)

**Tył oka amortyzują kulki tłuszczowe**

**Akomodacja** to zjawisko dostosowania się oka do oglądania przedmiotów znajdujących się w różnych odległościach.

Dostosowanie to polega na odpowiednim doborze ostrości widzenia.



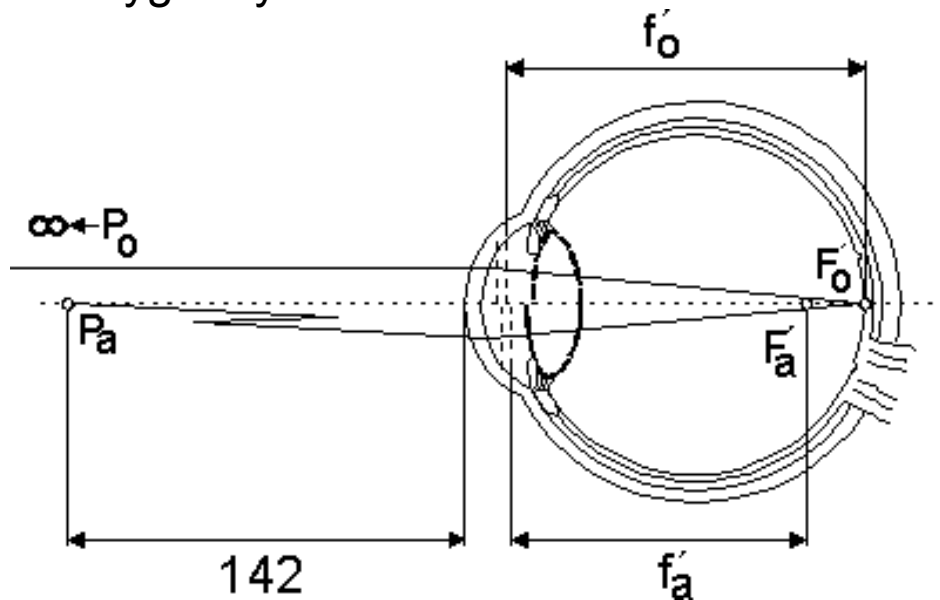
**U stawonogów zjawisko akomodacji w ogóle nie występuje.**

## Ostrość widzenia

- pojęcie jakościowe - zdolność rozróżnienia wzrokiem obiektów znajdujących się bardzo blisko siebie
- pojęcie ilościowe - odwrotność najmniejszej odległości kątowej (wyrażonej w minutach kątowych) pomiędzy dwoma rozpoznawalnymi wzrokiem testowanymi obiektami (np. punktami lub liniami)

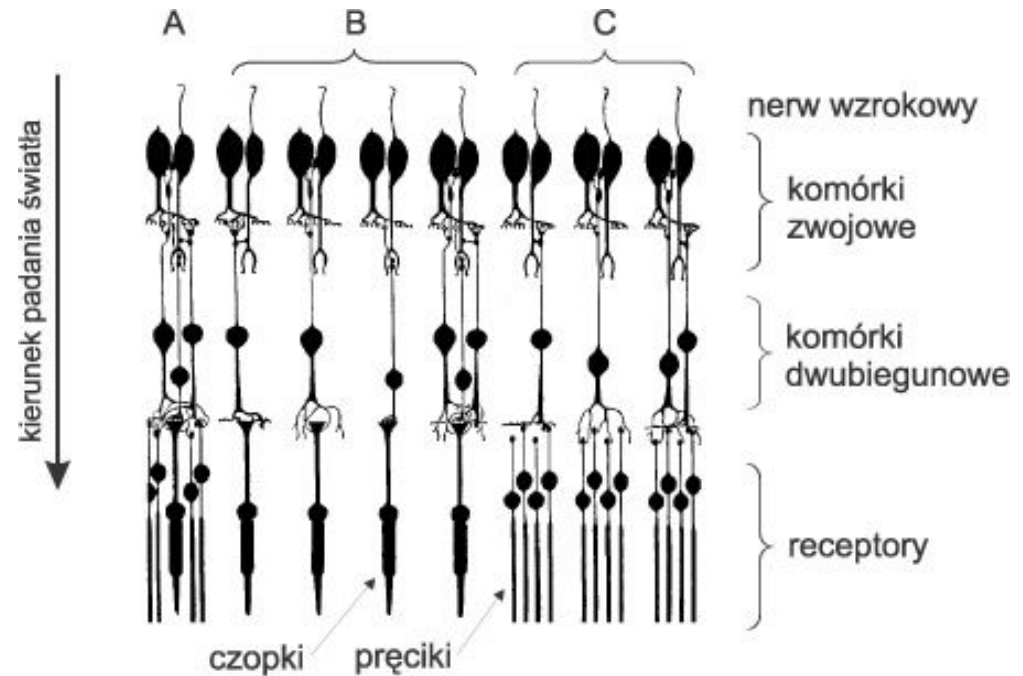
## Wady wzroku:

- krótkowzroczność (myopia);
- dalekowzroczność (hypermetropia);
- astygmatyzm.





**Składa się z 10 warstw.**

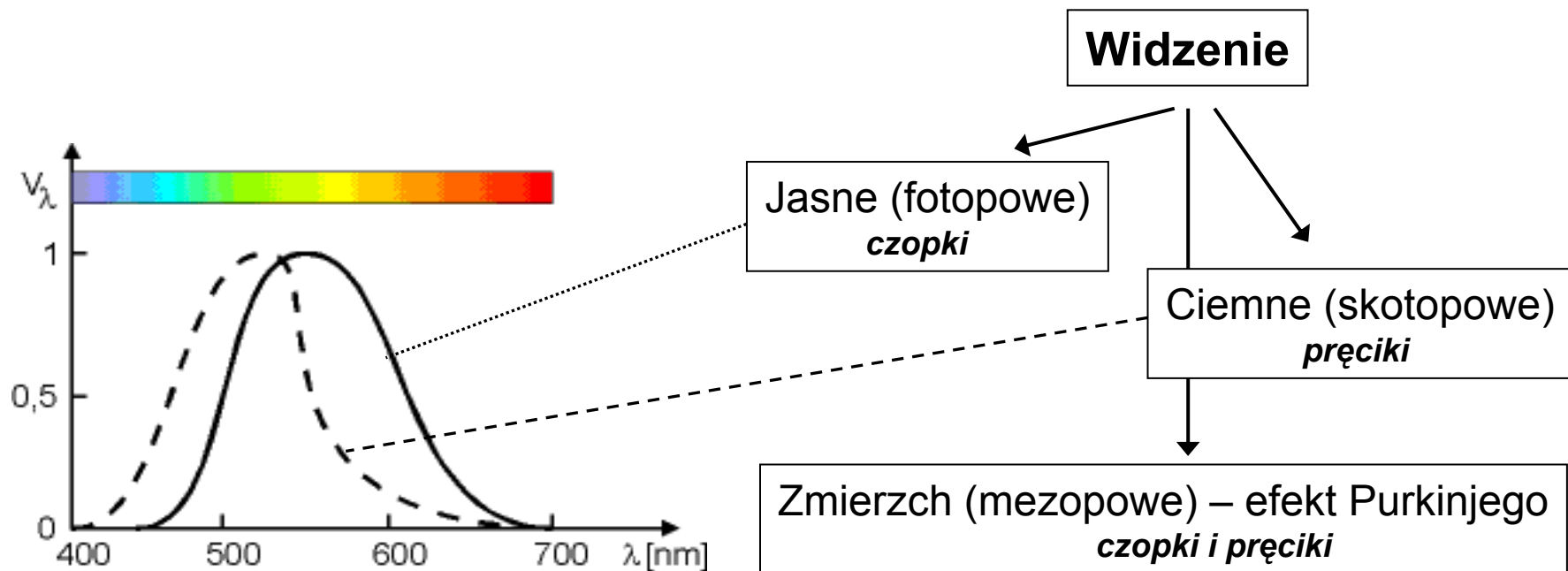
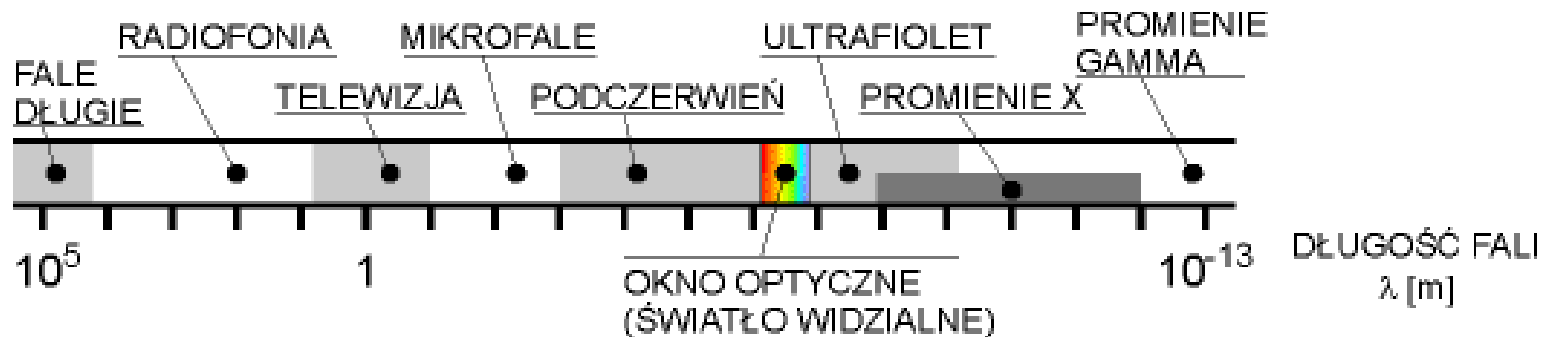


**Uproszczony schemat budowy siatkówki oka**

- A - czopki i pręciki podłączone do włókna nerwowego;**
- B - pojedyncze czopki podłączone do włókna nerwowego;**
- C - grupa pręcików podłączona do włókna nerwowego**

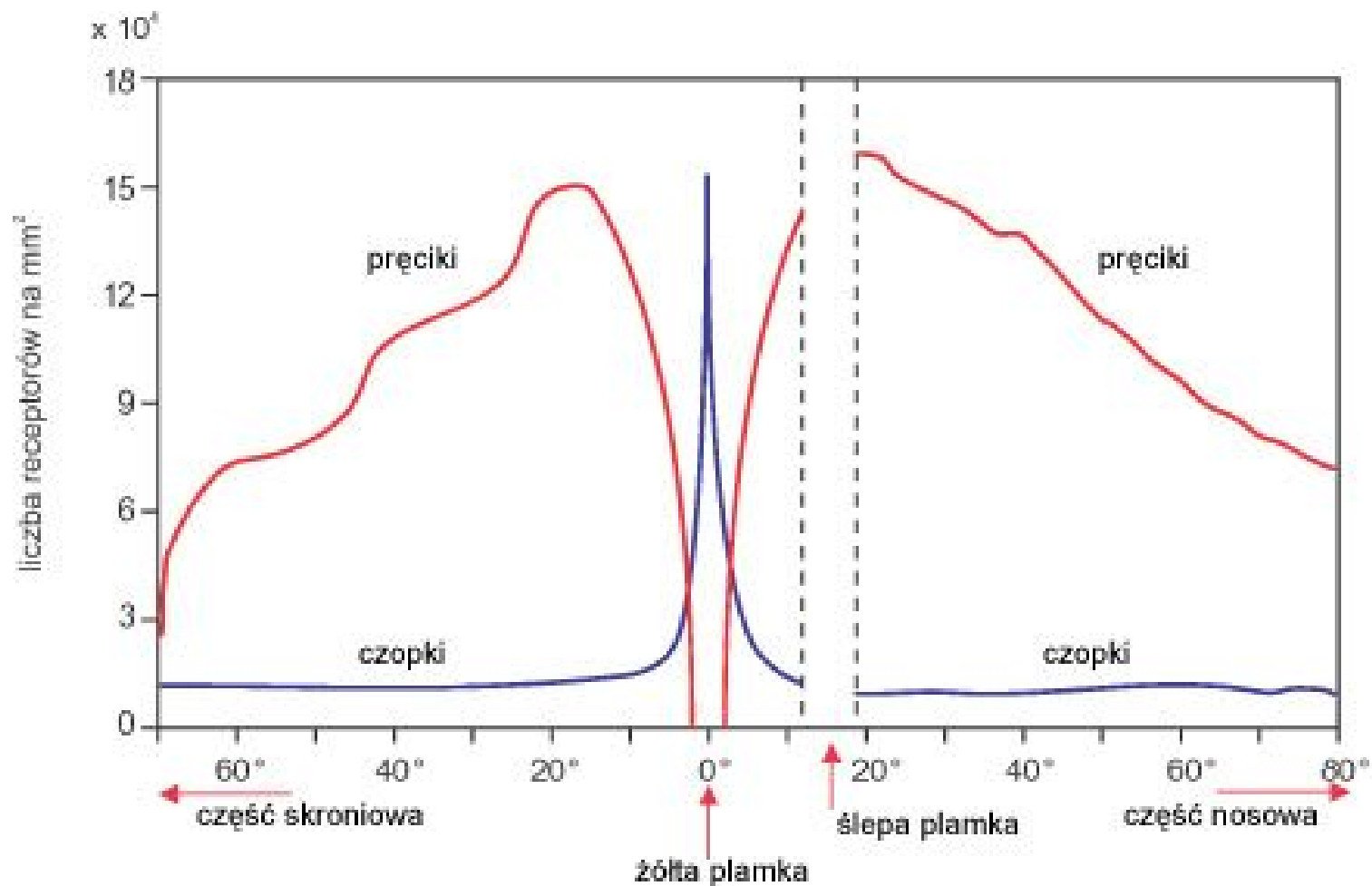
**Czopki – widzenie barw (czerwony, zielony, niebieski); ok. 6 500 000**  
**jodopsyna = retinal + odmienna opsyna**

**Pręciki – natężenie światła; ok. 125 000 000**  
**rodopsyna = retinal + opsyna**



**Czułość czopków dla światła  $>3,5 \text{ cd/m}^2$  (każdy czopek połączony z włóknem nerwowym).  
Czułość pręcików - kilka kwantów (ok. 100 pręcików połączonych jest z jednym włóknem nerwowym).**

**1 cd z odległości 22 km, to granica widzialności (6-7 kwantów)**



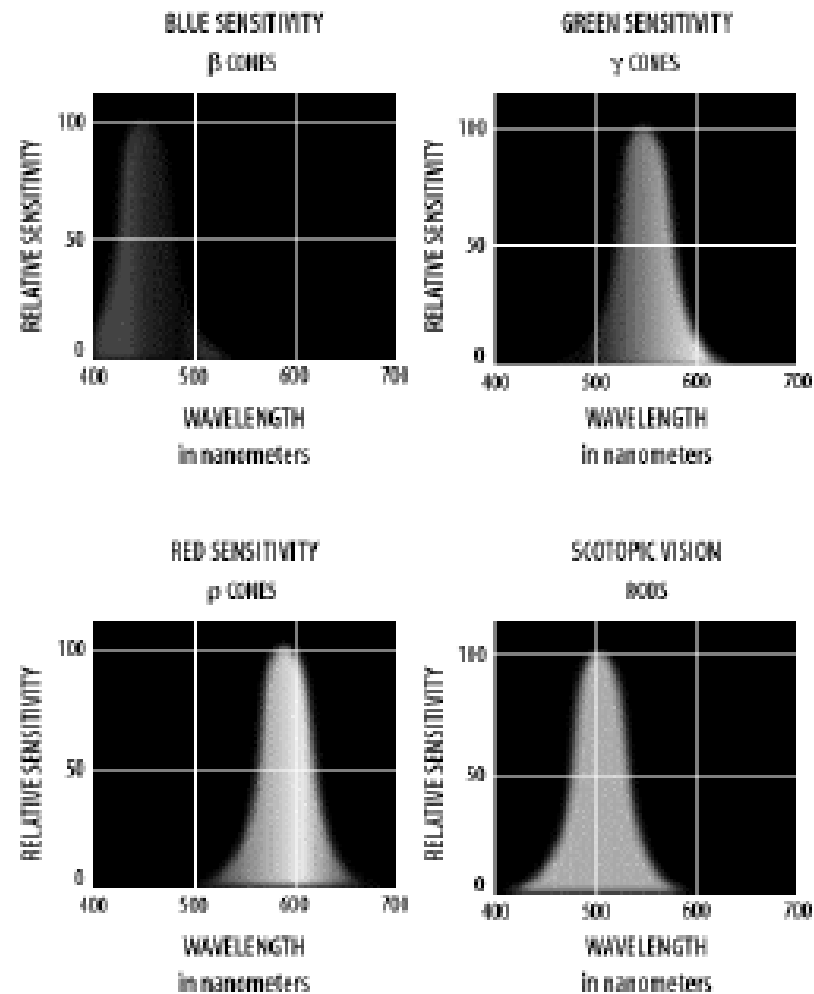
## Rozkład pręcików i czopków na siatkówce oka

Rozróżniamy pomiędzy 100000 odcieni kolorów (przy dobrym oświetleniu).

Oko ludzkie może odbierać sygnały w zakresie od  $0,000001 \text{ cd/m}^2$  do  $100000 \text{ cd/m}^2$ .



**Widzenie barw** związane jest z odmienną czułością czopków na różne długości fal (podstawowe barwy: zielona, niebieska, czerwona).

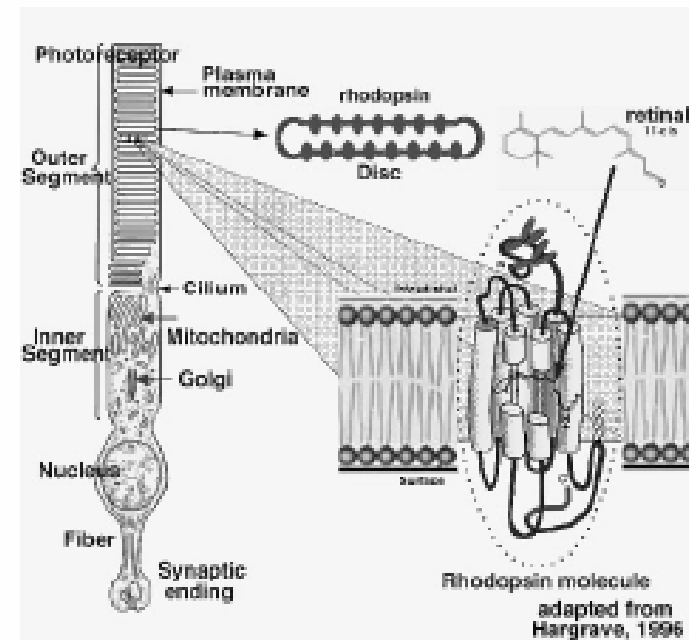


**Efektywność działania oka** → **Nabłonek barwnikowy siatkówki**

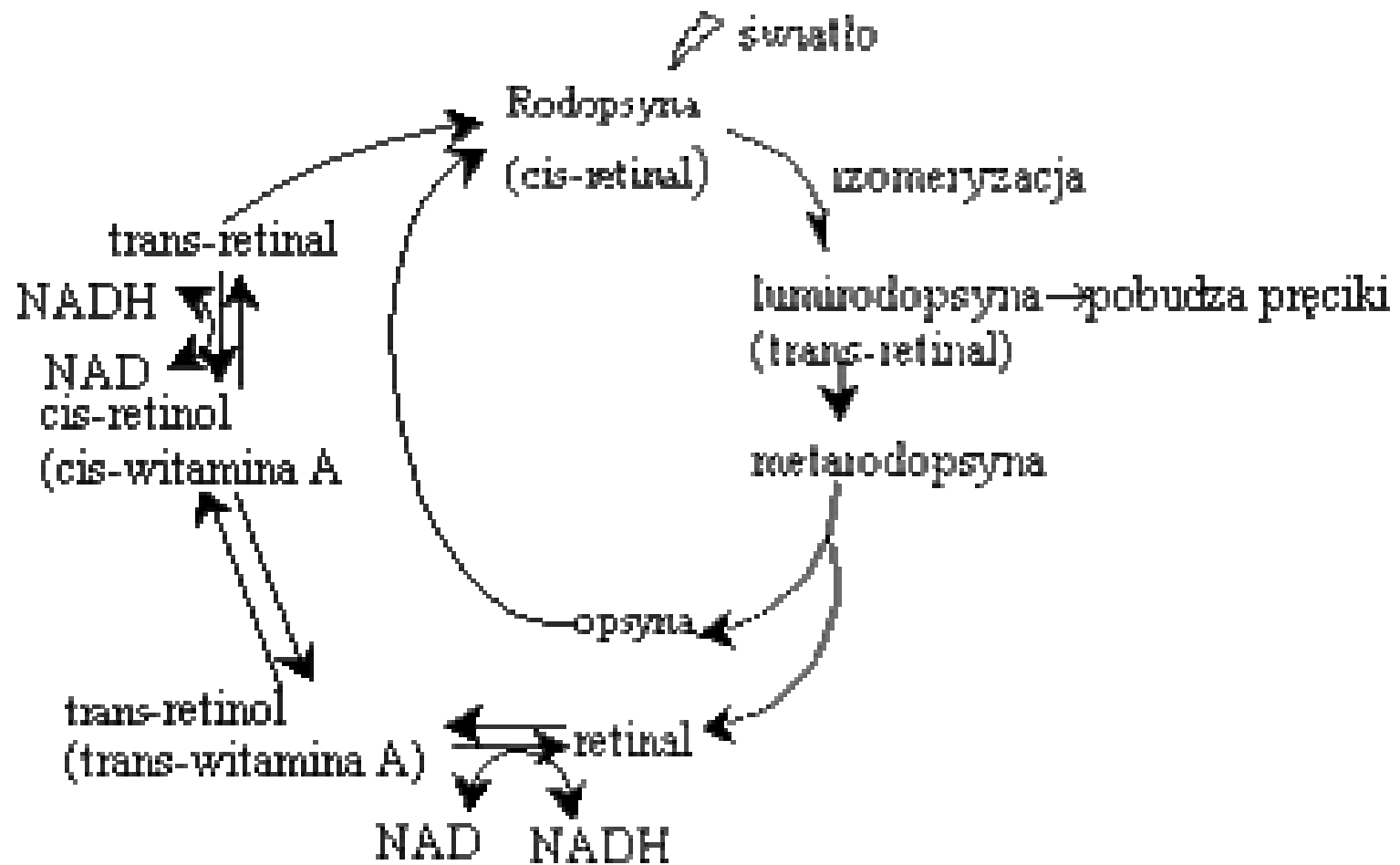
**Szybka regeneracja barwników**

## Budowa siatkówki – komórki receptorowe

- Rodopsyna jest umieszczona w błonach dysków znajdujących się w segmencie zewnętrznym pręcika.
- Rodopsyna składa się z białka opsyny oraz 11-*cis* retinalu.
- W szeregu procesów zachodzących w komórce receptorowej po pochłonięciu kwantu promieniowania (kaskada pobudzenia) dochodzi do zmiany potencjału błony komórki.
- Informacja jest kodowana przez częstotliwość wyładowań

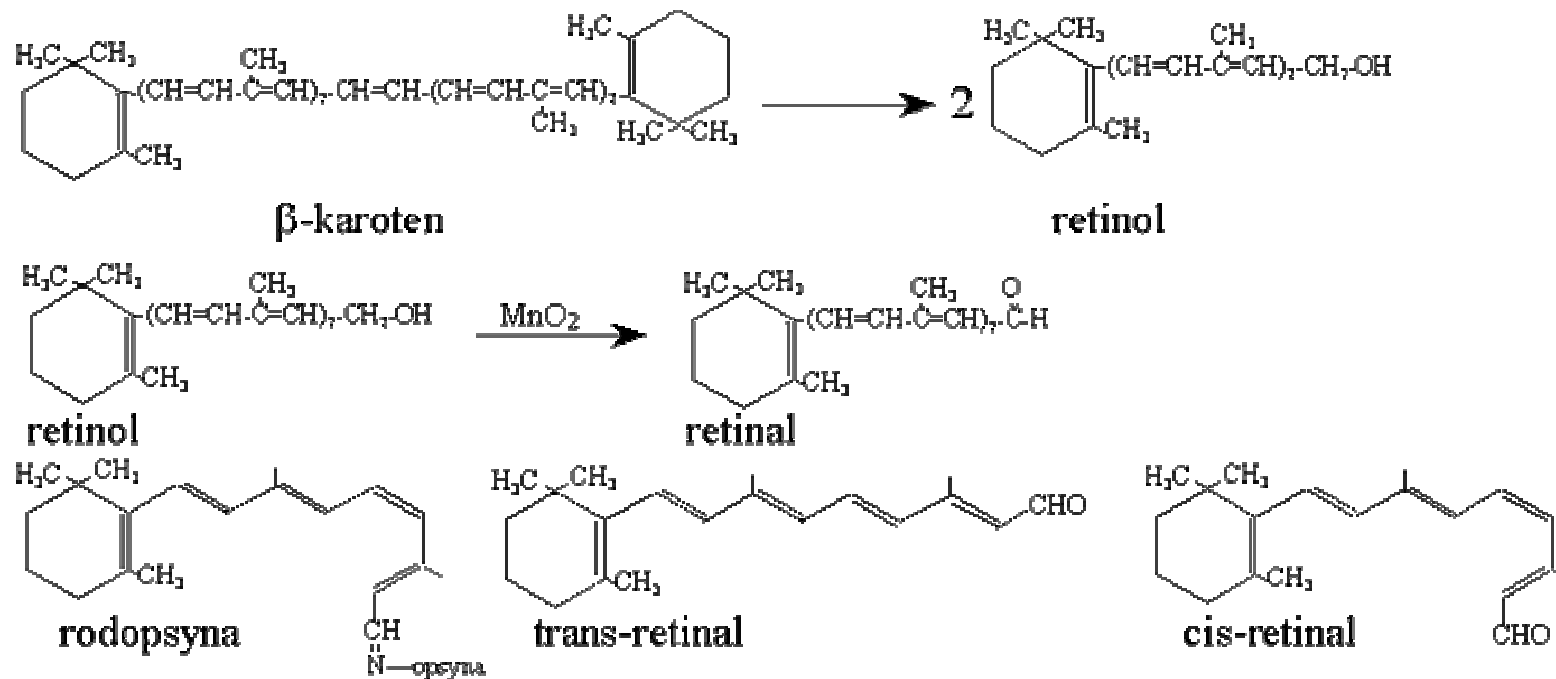


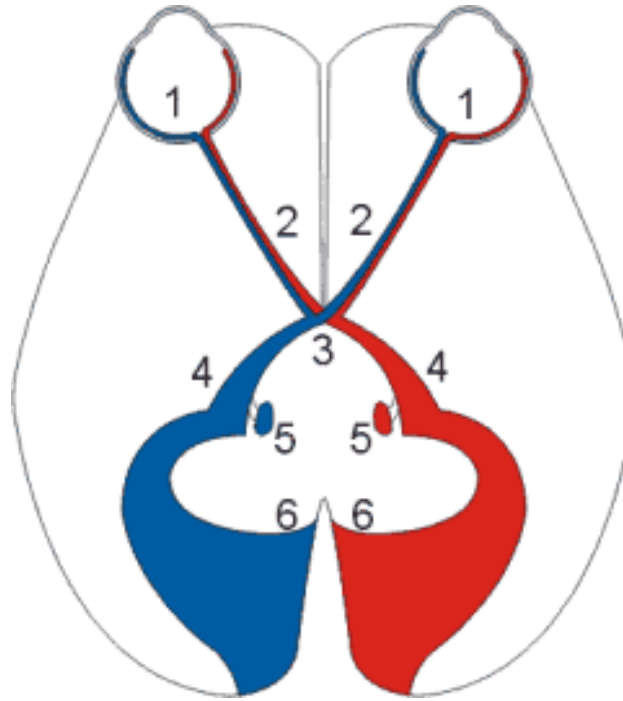
## Chemizm widzenia



# WITAMINA A

Retinol, akseroftol - powstaje z połowy  $\beta$ -karotenu (prowitaminy A)



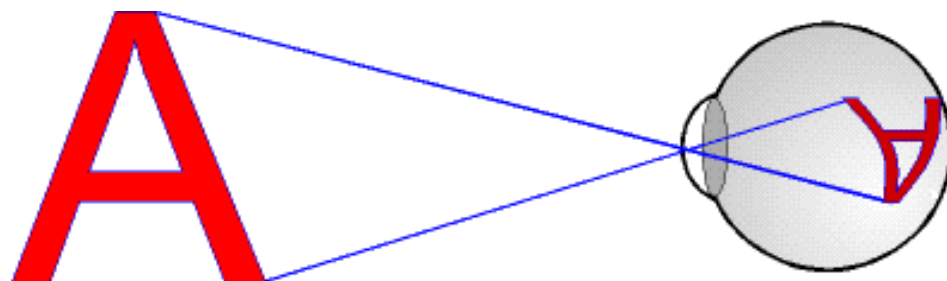


Schemat ideowy drogi wzrokowej, pokazujący jak siatkówki obu oczu są połączone z oboma połówkami kory wzrokowej (1 - siatkówka, 2 - nerw wzrokowy, 3 - skrzyżowanie wzrokowe, 4 - droga wzrokowa, 5 - ciało kolankowate boczne, 6 - kora wzrokowa)

**Największy region kory wzrokowej zajmuje obszar żółtej plamki w porównaniu z pozostałą częścią siatkówki.**

*Szybkość przesyłania impulsów do mózgu : 360 km/h*

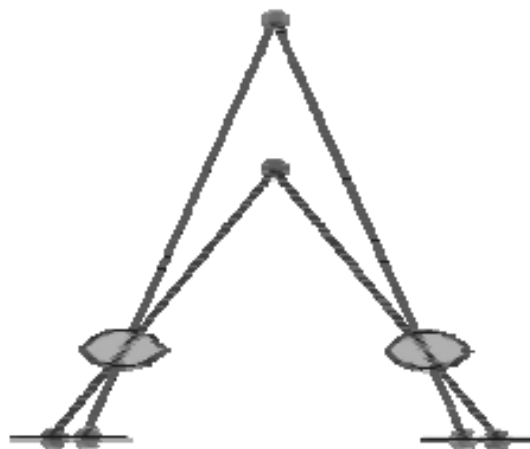
Noworodek widzi świat do góry nogami.



Z czasem uczy się odwracać obraz - praca mózgu.

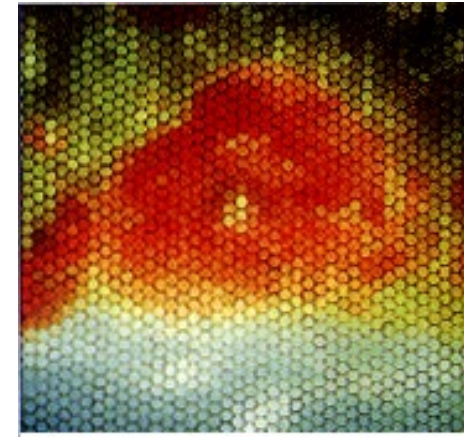
Widzenie przestrzenne (stereoskopowe)

- Widzenie przestrzenne występuje dzięki tworzeniu obrazu w mózgu na podstawie informacji pochodzących z pary oczu.

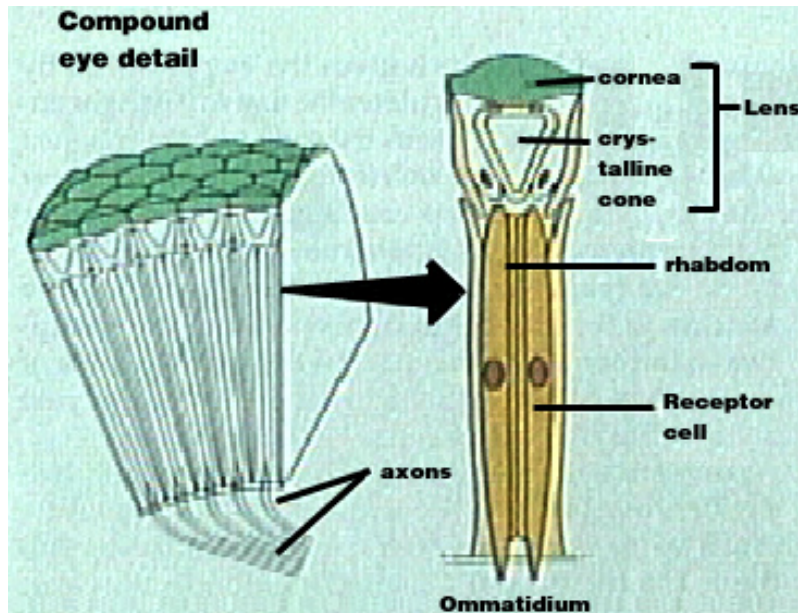




Od kilku ommatidii u mrówek do ok. 800 u muszek owocówek po 10 000 u much.



Widok maku - pszczoła



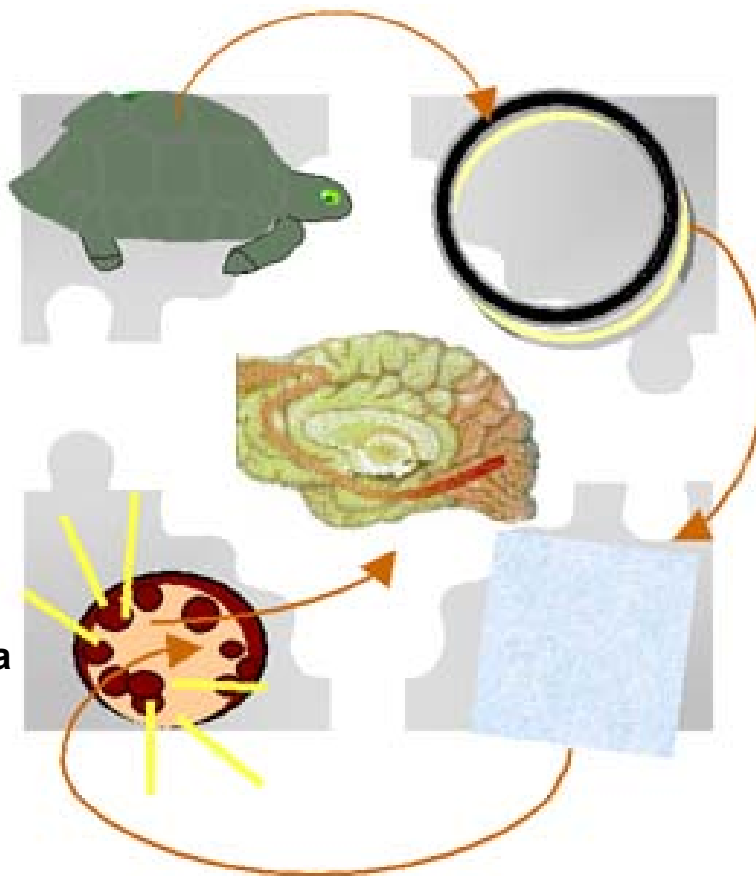
Jak widzi człowiek,



a jak insekty, które detektują UV.

# Elektroniczna proteza siatkówki (samoucząca się !!!)

Obiekt w polu widzenia

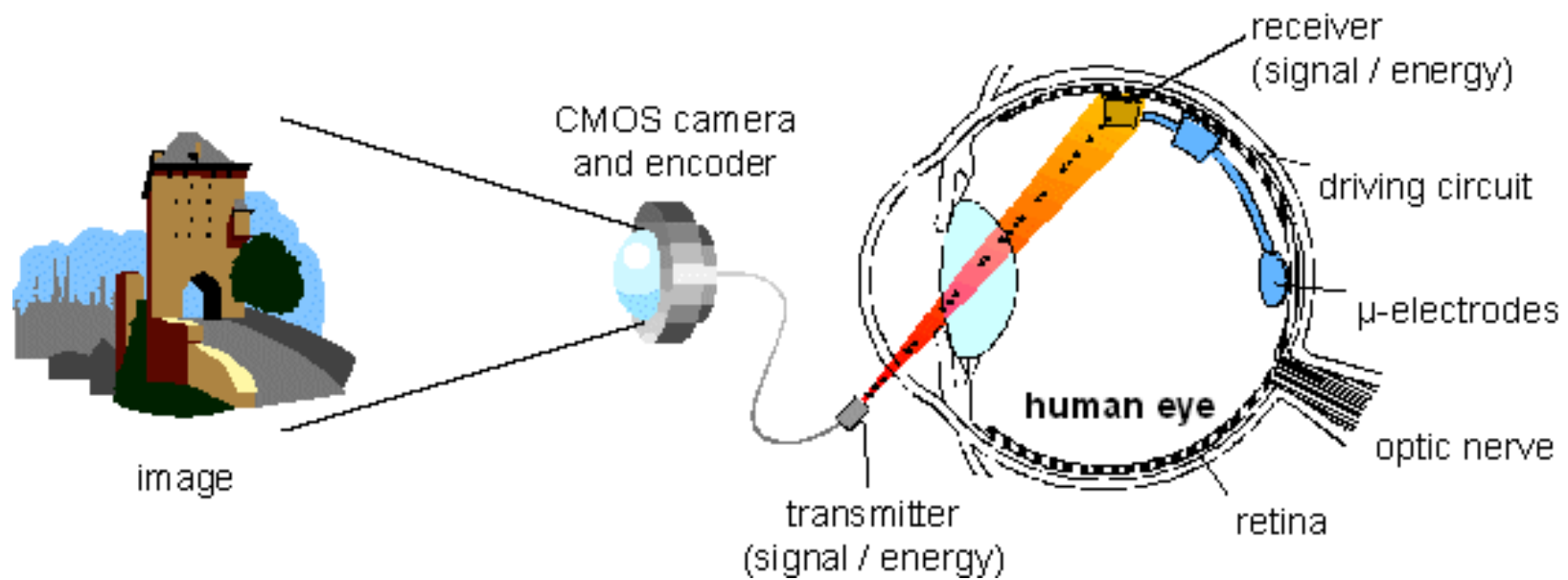


Minikamera w okularach przekazuje obraz do **Retina Encoder**, który bezprzewodowo wysyła przetworzone dane

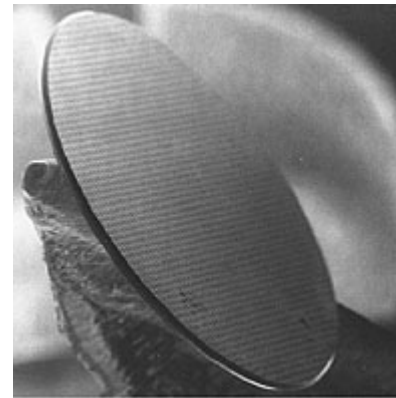
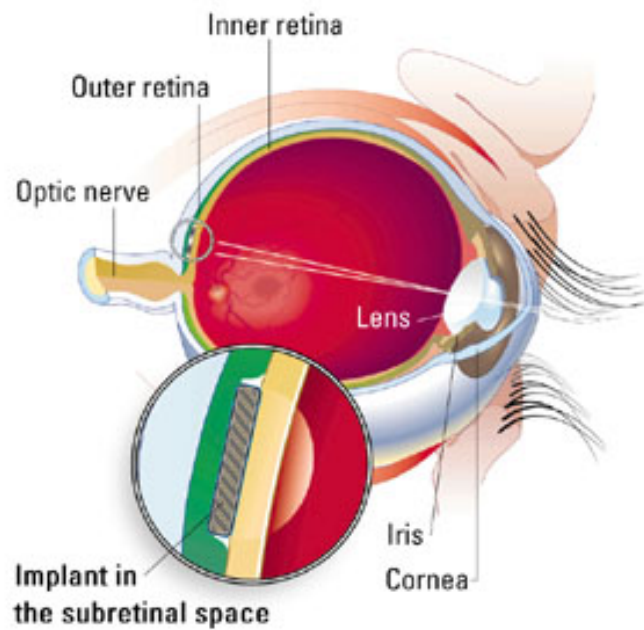
Pobudzane są komórki nerwowe, które przekazują obraz do mózgu.

**Retina Implant**  
(cienka błona)  
na powierzchni siatkówki przetwarza dane na bodźce biologiczne.

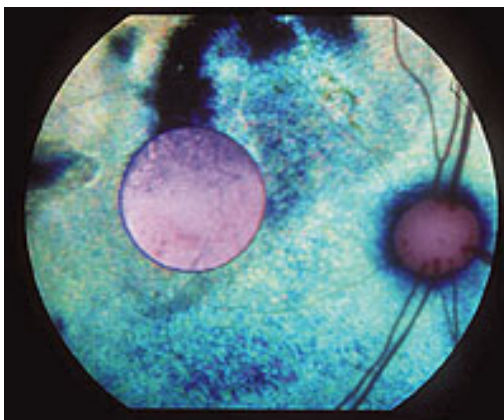




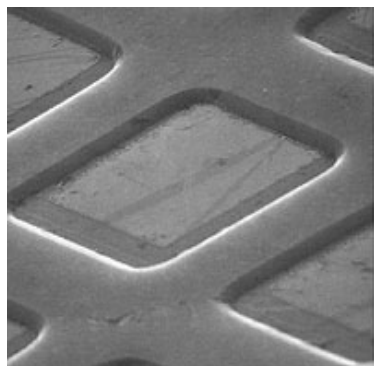
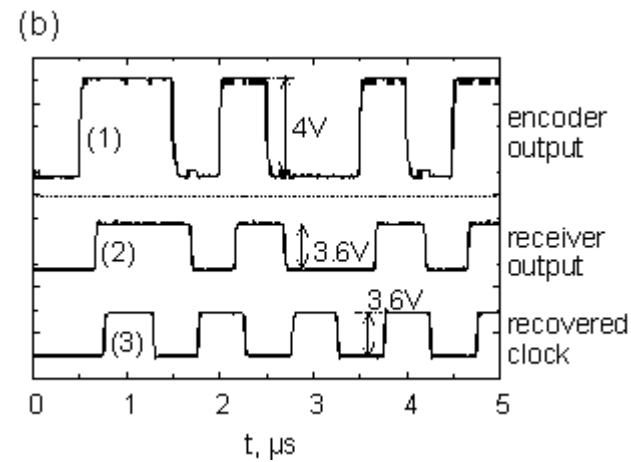
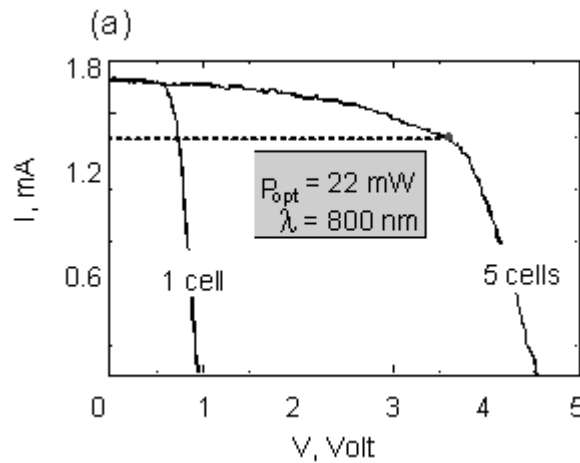
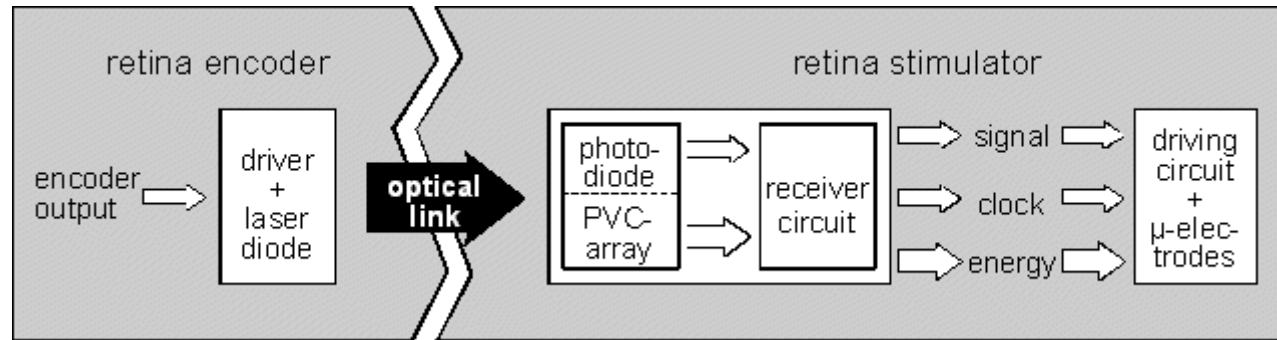
**W okularach wmontowana jest kamera. Jej obraz cyfrowy przekazywany jest do lasera emitującego falę o dł. 800 – 820 nm.**



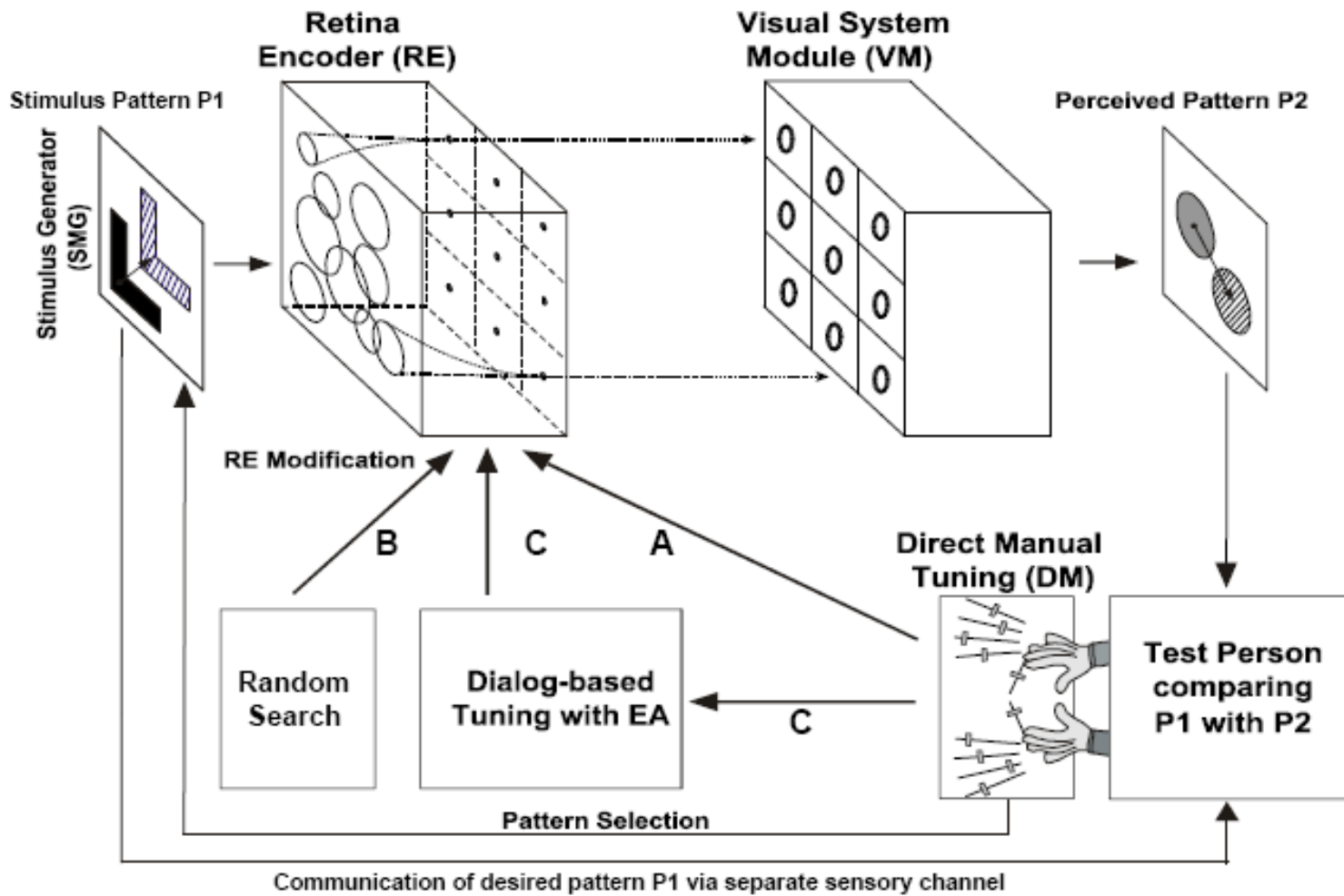
**Implant pokryty warstwą silikonową (średnica 3 mm, grubość ok. 0.0004 mm)**

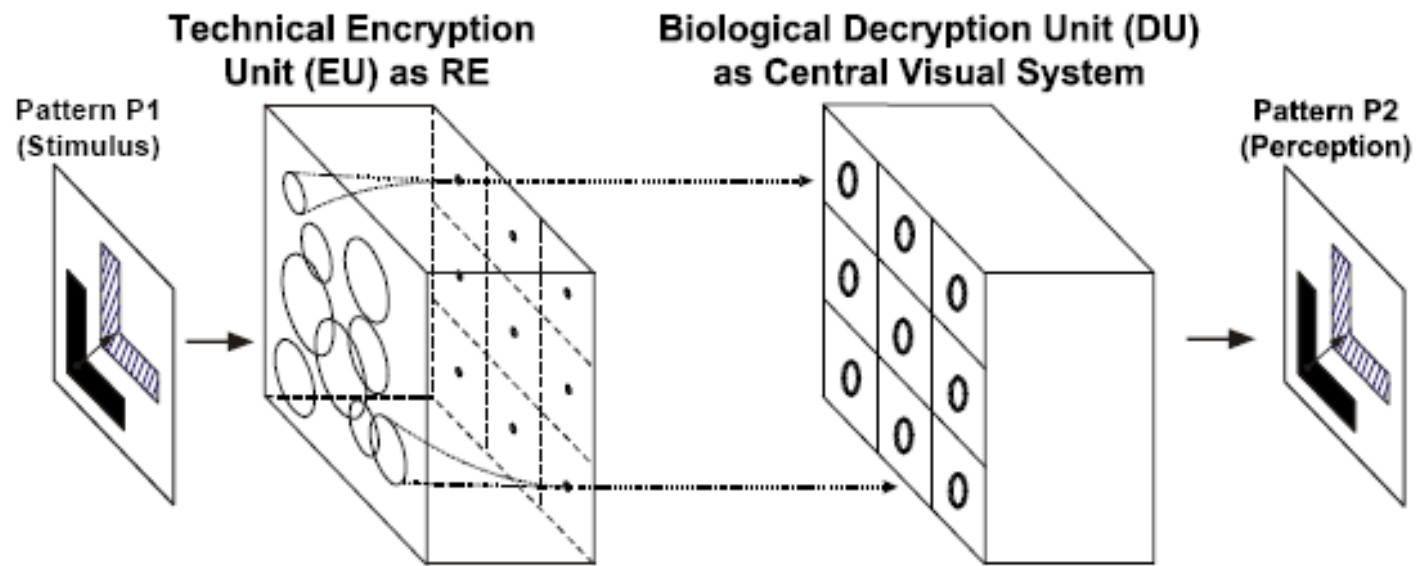


**Wszczepiona sztuczna silikonowa siatkówka. (pobudzana prądem od 0.1 mA do 1.0 mA)**



**Czasowo – przestrzenna informacja o sygnale, dzięki zastosowaniu mikrofotodiod umieszczonych na implancie (rola filtrów); ok. 100 000 pikseli**





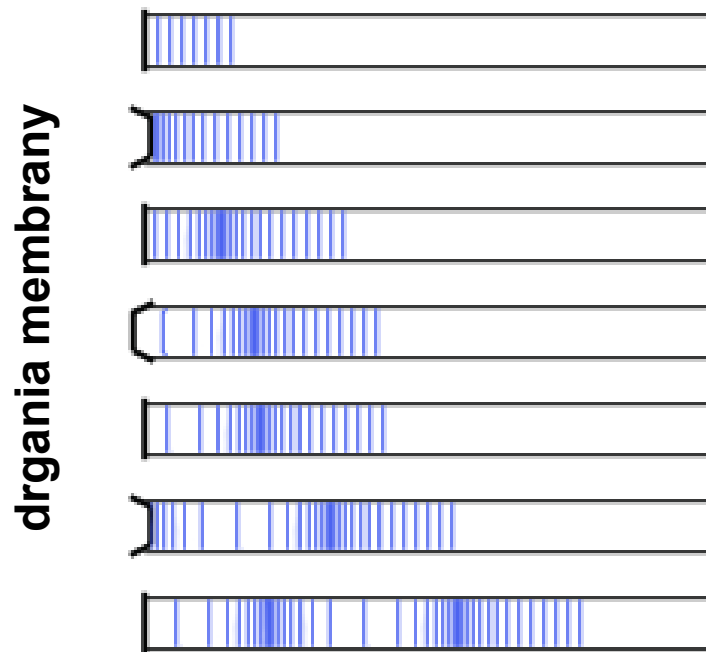
# Słuch



**Dźwięk - fala podłużna, kulista**

*infradźwięki < 16 Hz - 20 kHz > ultradźwięki*

## Mechanizm rozchodzenia się fali w powietrzu (ciecze, ciała stałe):



### Prędkość fali zależy od:

- gęstości ośrodka,
- jego własności sprężystych
- kierunku ruchu ciała,
- prędkości tego ruchu.

Np.: powietrze – 332 m/s

woda - 1450 m/s

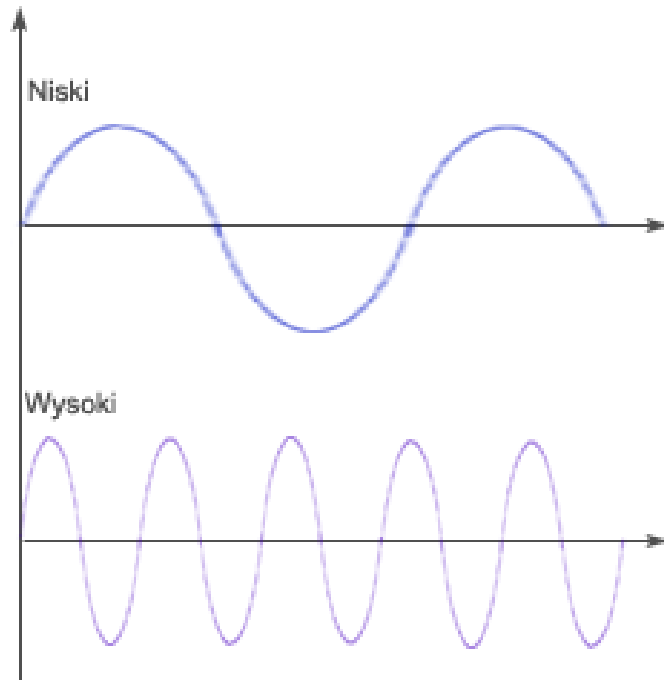
stal - 4900 m/s

szkło - 5600 m/s

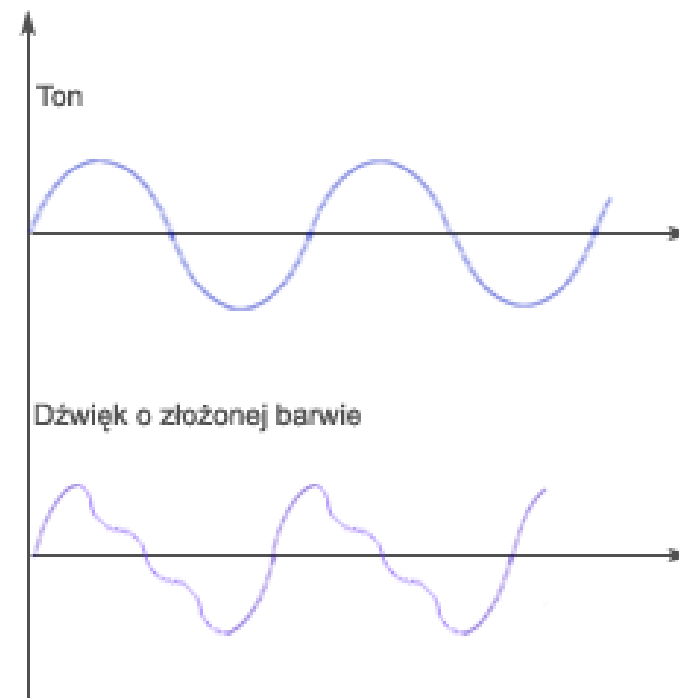
**Liczba Macha = prędkość poruszającego się ciała / prędkość dźwięku**

Ucho ludzkie odróżnia **wysokość**, **barwę** i **natężenie** dźwięku.

Wysokość dźwięku - **częstotliwość**



Barwy dźwięku – nakładanie składowych harmonicznych na tony

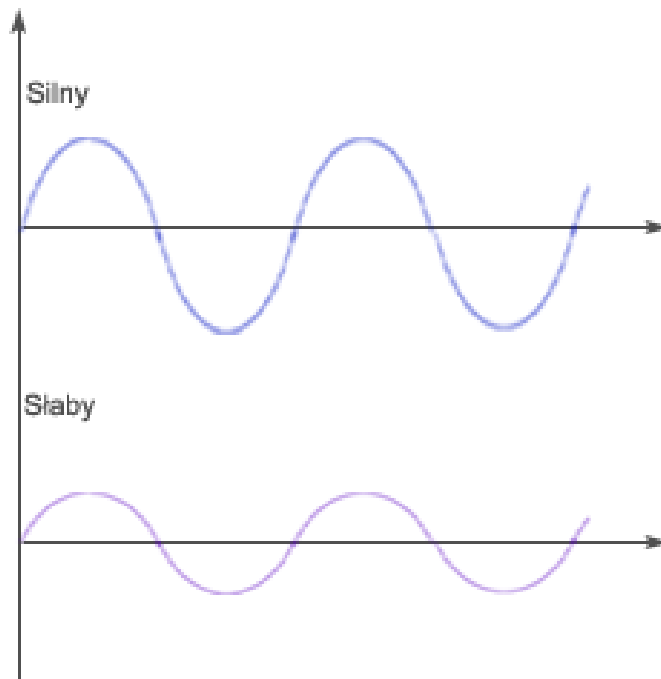




Natężeniem dźwięku nazywamy stosunek energii docierającej w jednostce czasu do danej powierzchni, czyli mocy, do pola tej powierzchni.

$$I = \frac{P}{s}$$

I - natężenie fali  
P - moc fali  
s - pole powierzchni



*Natężenie dźwięku  
(o stałej częstotliwości)  
jest proporcjonalne do  
kwadratu amplitudy.*

**Próg słyszalności**

$$I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

**Próg bólu**

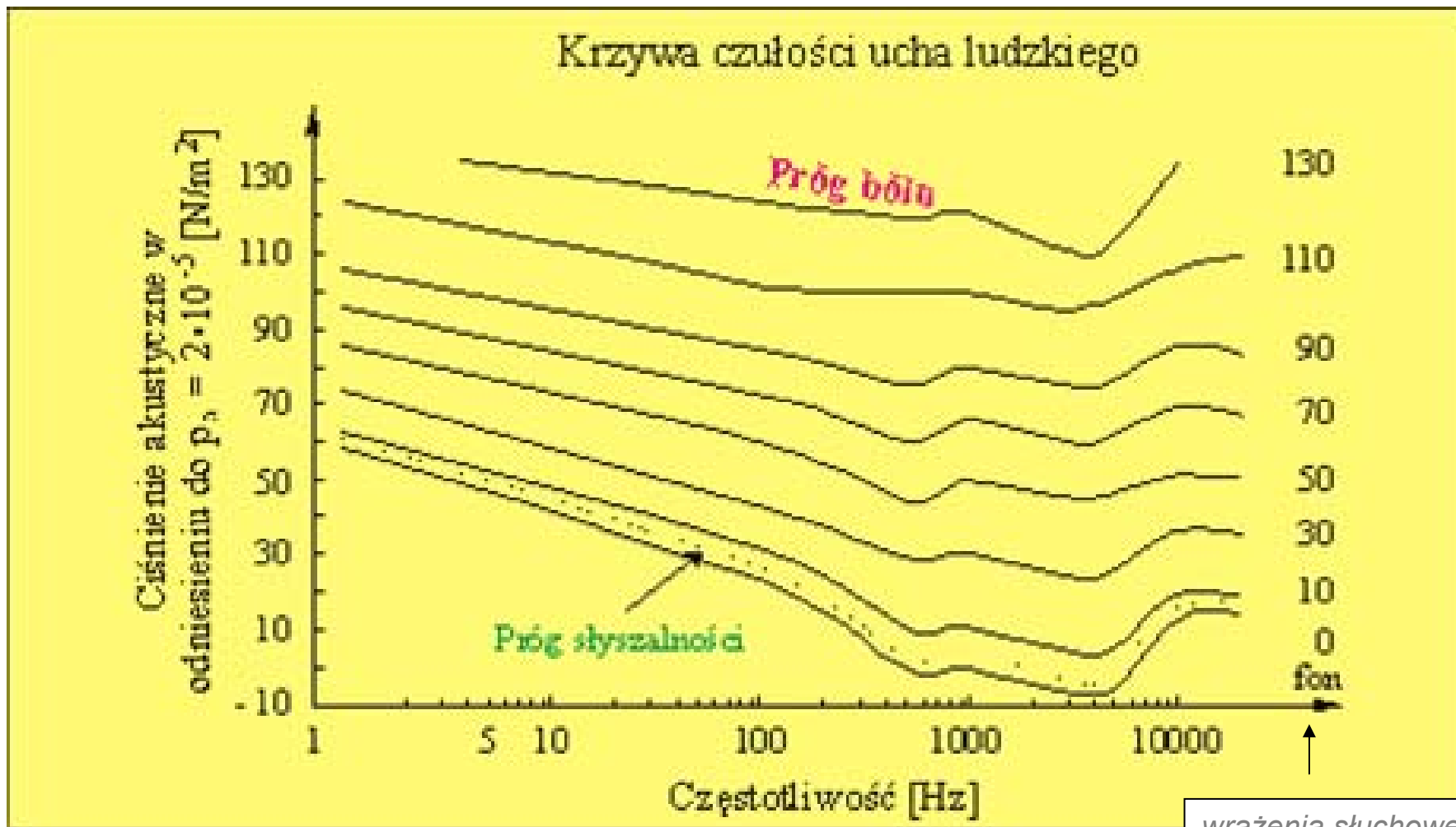
$$I_B = 10^0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

**Głośność**

*Zmienna czułość ucha ludzkiego*

$$A = \log \frac{I}{I_0}$$

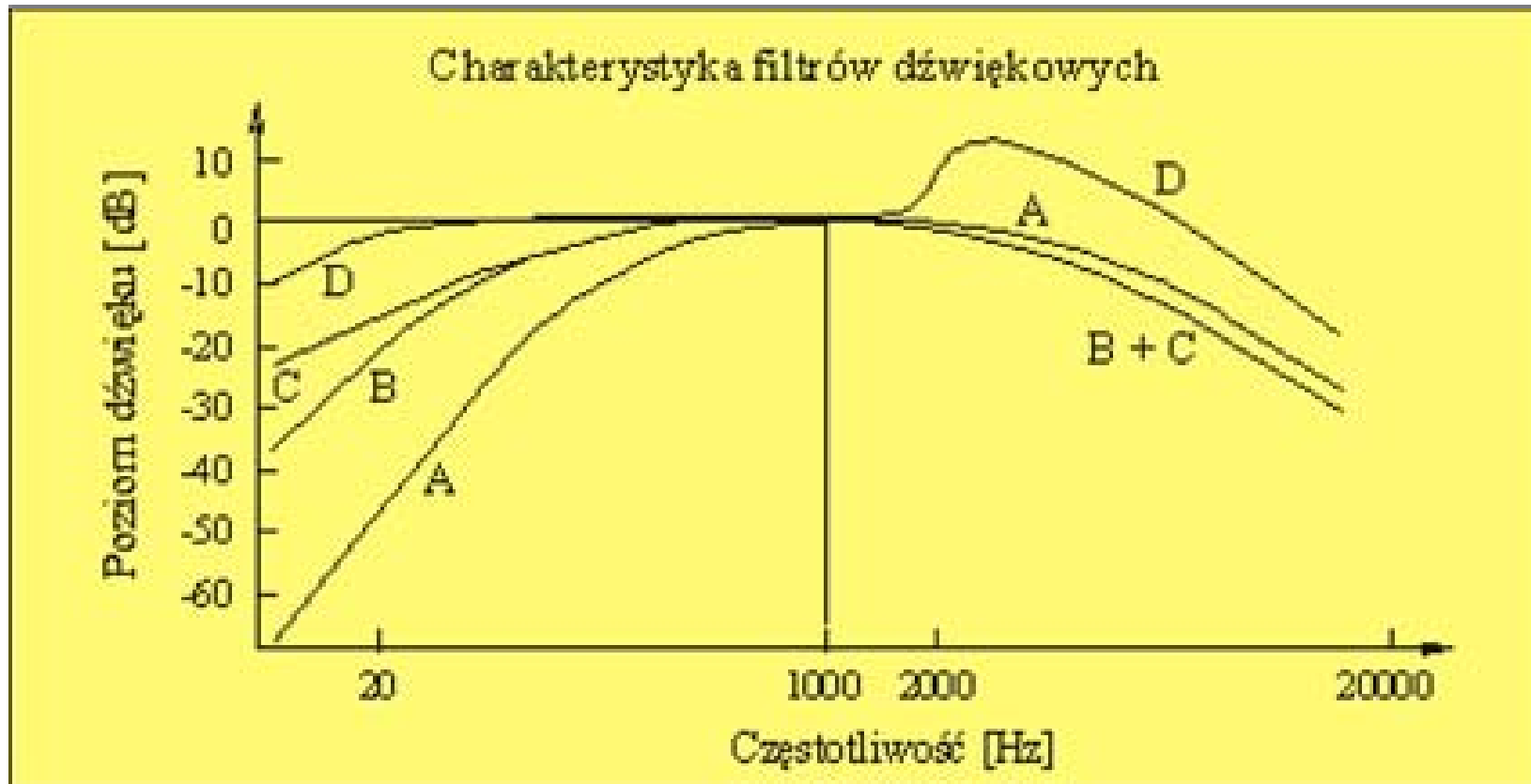
[ 1 Bel = 10 dB ]



wrażenia słuchowe tonów o różnej częstotliwości z tonem o 1000 Hz

Dźwięki w otoczeniu człowieka:  $p = 2 \cdot 10^{-5} - 10^2 \text{ Pa}$ .

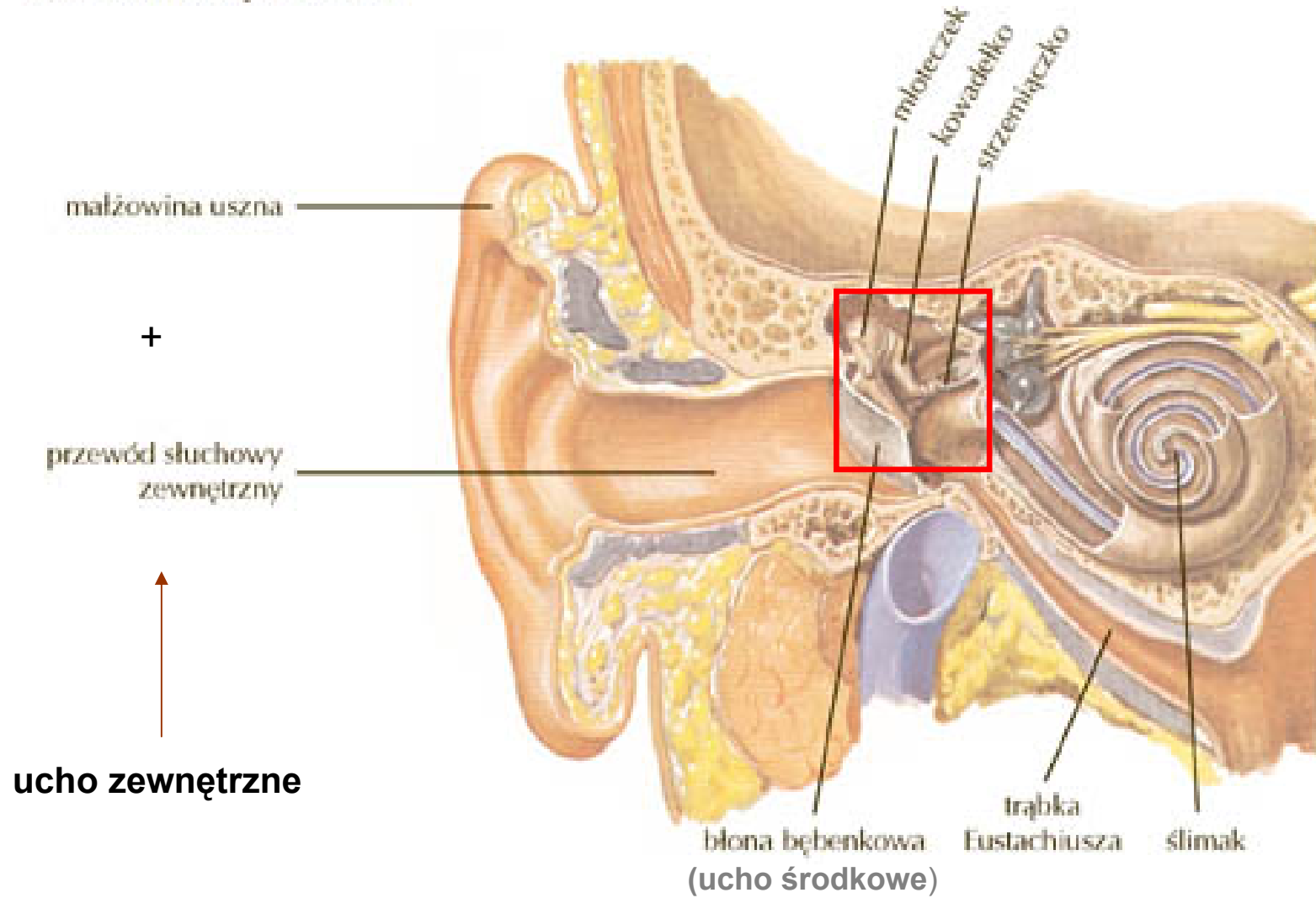
**Głośność** - poziom ciśnienia akustycznego  $L_p$  w [dB] ( $L_p = 20 \lg(p/2 \cdot 10^{-5})$ )



**Powszechnie używana charakterystyka słyszalności - A**

## Schemat narządu słuchu

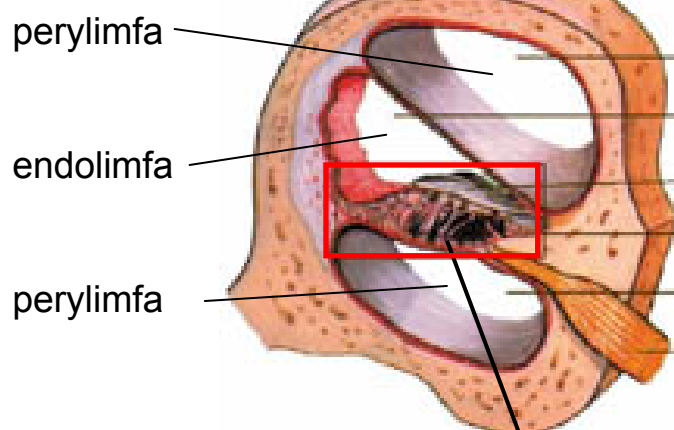
## ucho środkowe



Reakcja mięśni współpracujących z kosteczkami: 0.01 s.

ucho wewnętrzne

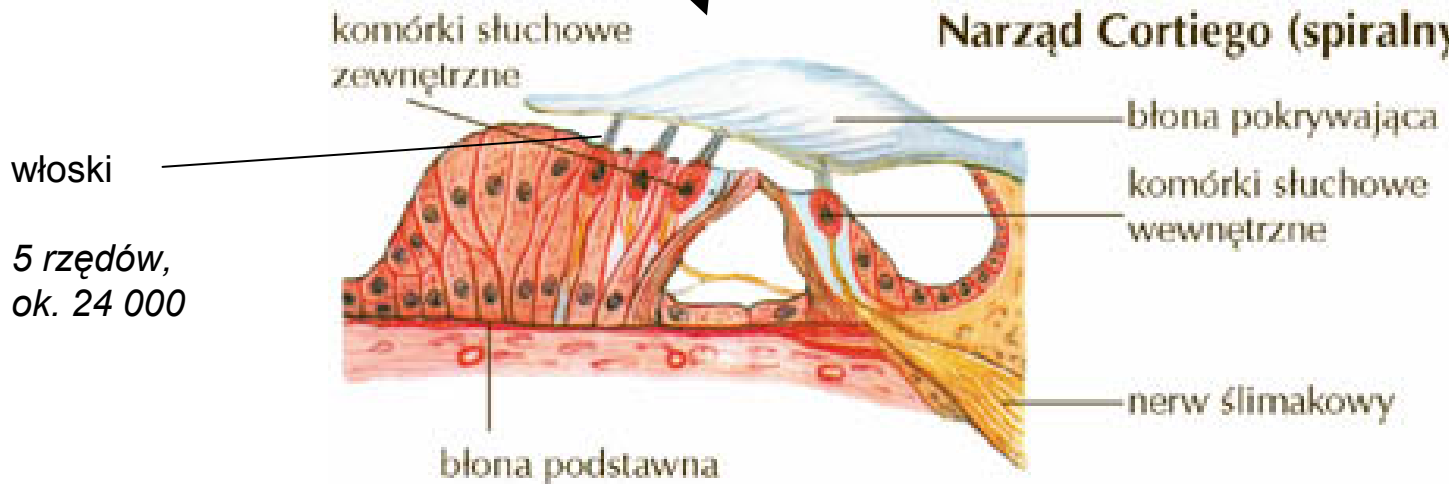
### Wypełnione płynami kanały



### Przekrój ślimak

- schody przedsionka
- przewód ślimakowy
- blona pokrywająca
- narząd Cortiego (spiralny)
- schody bębenka
- nerw ślimakowy

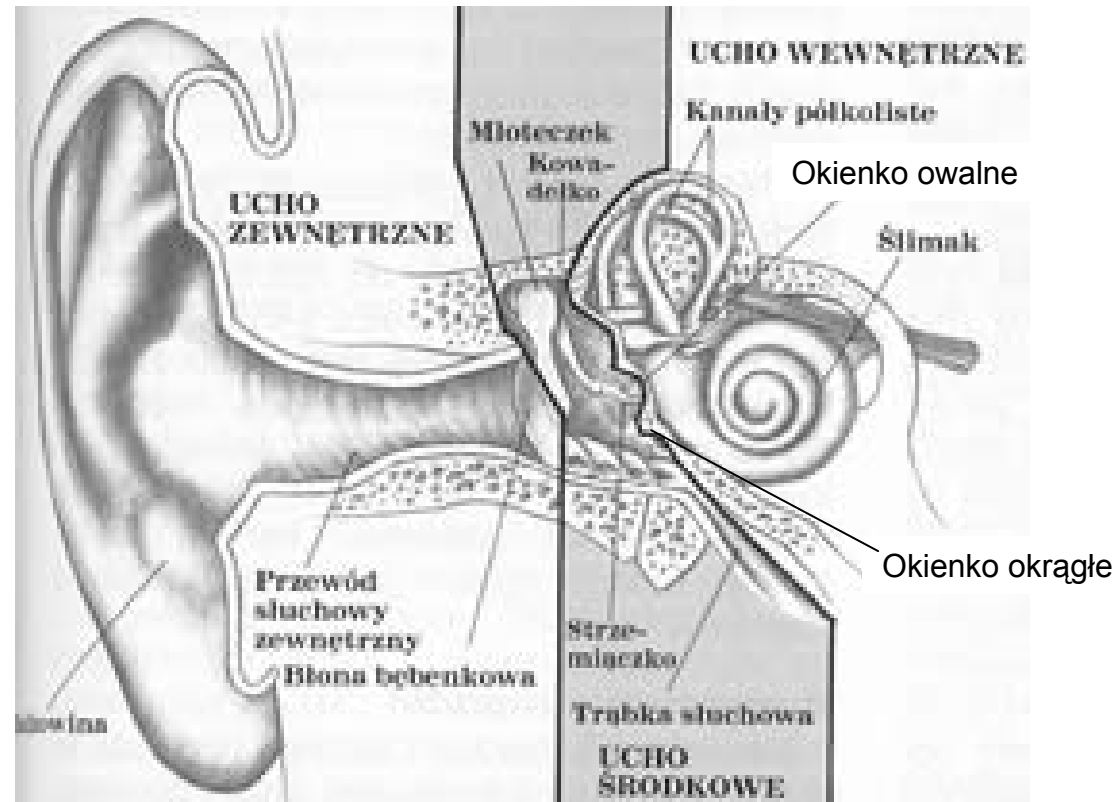
### Narząd Cortiego (spiralny)



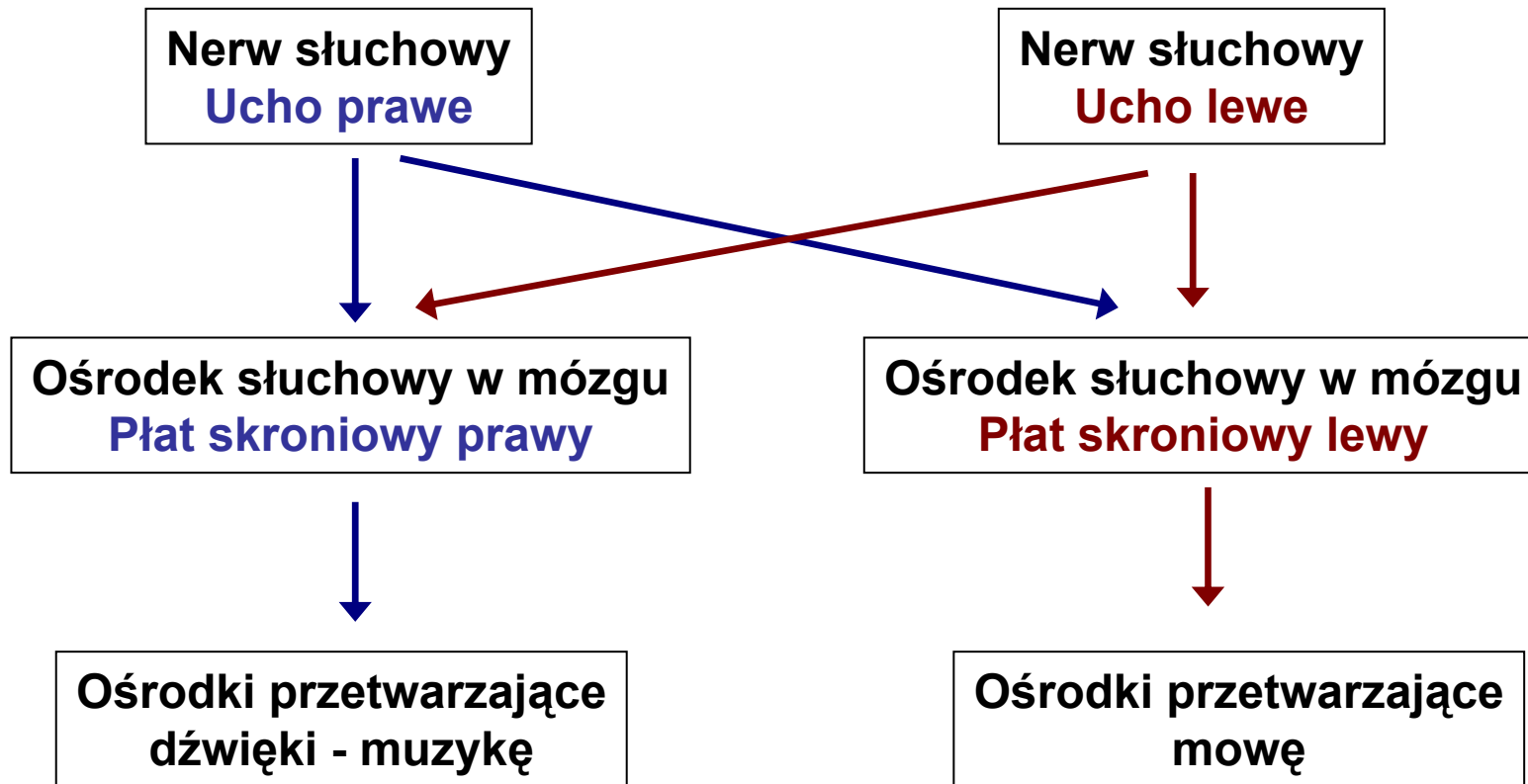
5 rzędów,  
ok. 24 000

**Rozróżniamy 1500 dźwięków**

# Mechanizm słyszenia



# Odczyt dźwięków – praca mózgu





### Czynniki wpływające na zdrowie

Hałas	36.6 %
Intensywny odór	24.6 %
Zanieczyszczenia powietrza	18.3 %
Wibracje	5.5 %
Zanieczyszczenia powierzchni ziemi	0.3 %

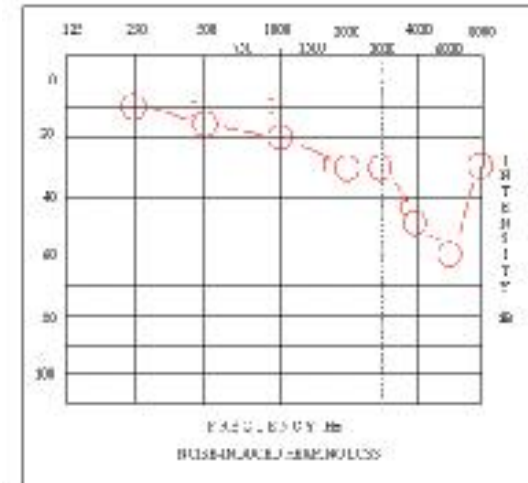
Hałas może również oddziaływać na:

- układ krążenia (sprzyja rozwojowi nadciśnienia tętniczego,
- wysokie poziomy powodują tachykardię),
- układ pokarmowy (sprzyja rozwojowi choroby wrzodowej),
- układ nerwowy (zespoły nerwicowe),
- układ hormonalny,
- psychikę.

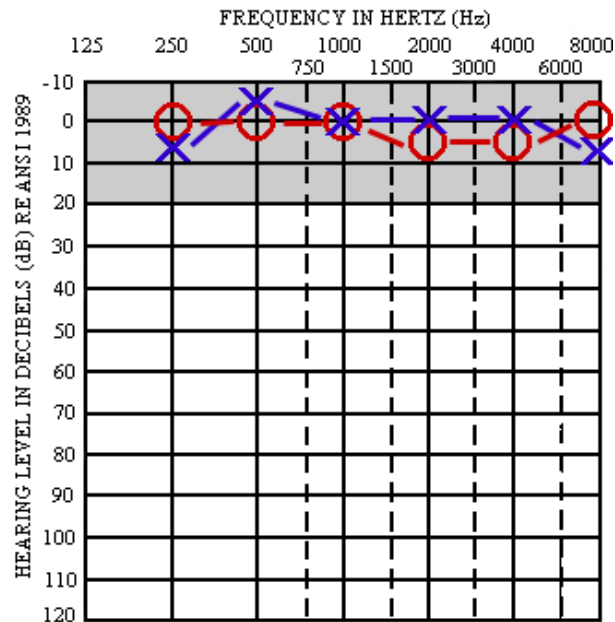
## Utrata słuchu z wiekiem:

- 20 lat (1,3 dB),
- 30 lat (7,4 dB),
- 40 lat (12,7 dB),
- 50 lat (18,0 dB),
- 60 lat (27,4 dB),
- 70 lat (36,7 dB),
- 80 lat (44,0 dB).

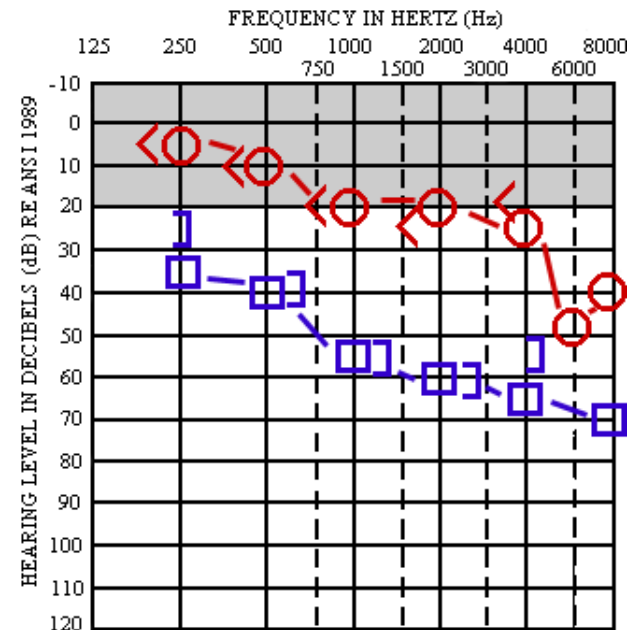
**Utrata słuchu  
wskutek hałasu.**



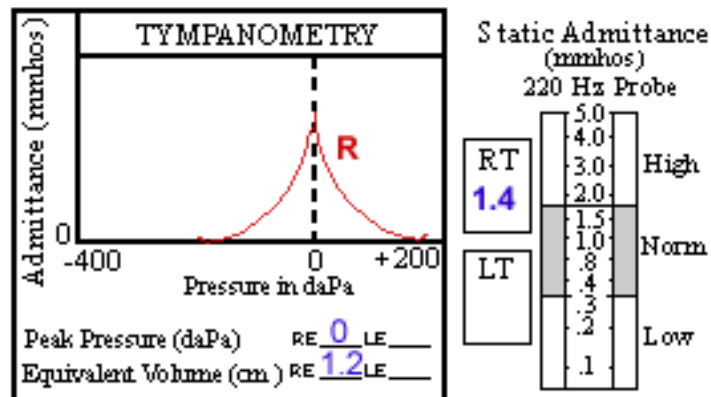
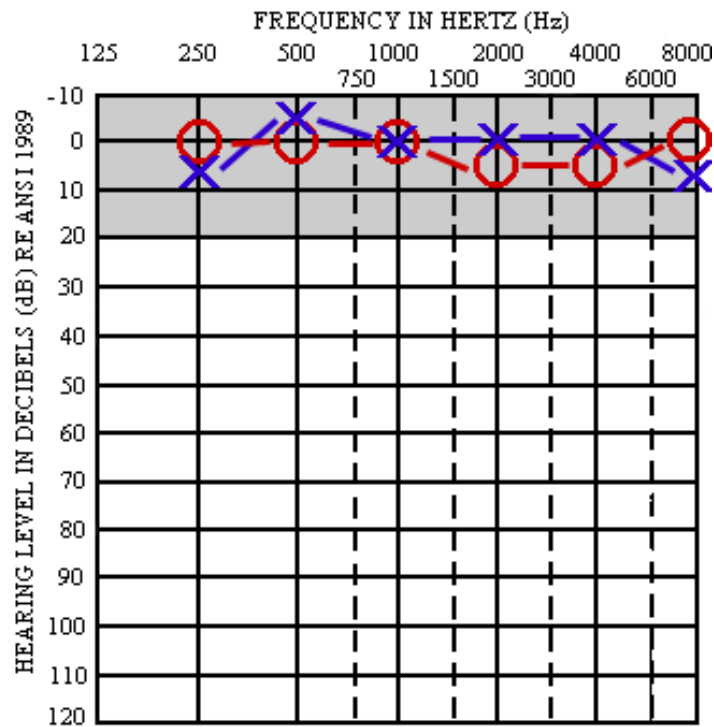
### **Prawidłowy słuch**



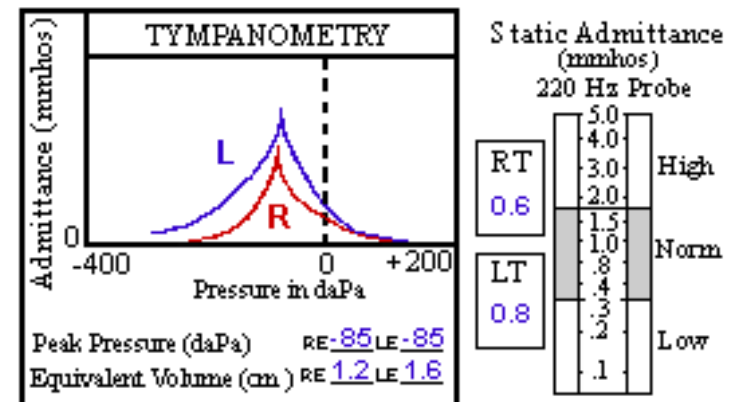
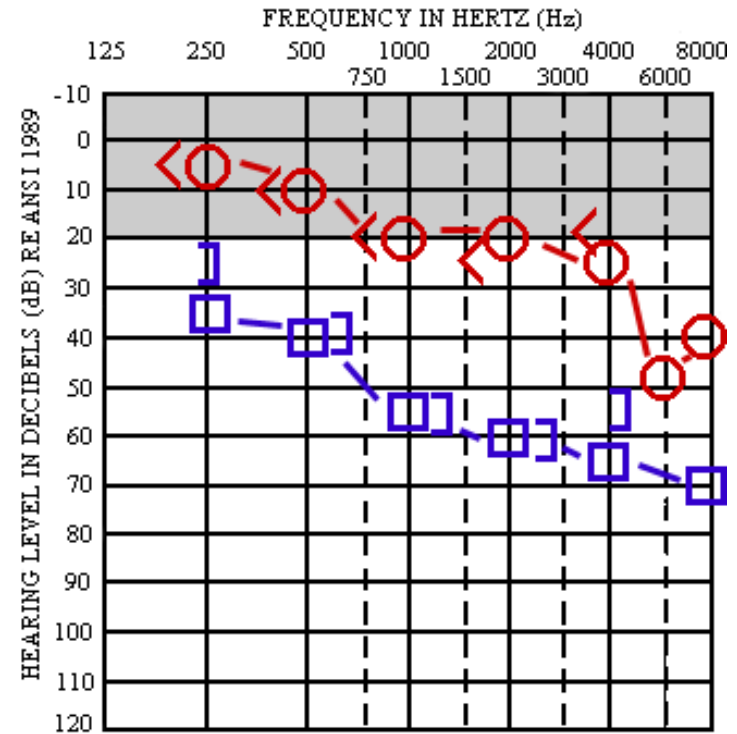
### **Uszkodzony słuch (nerw słuchowy)**



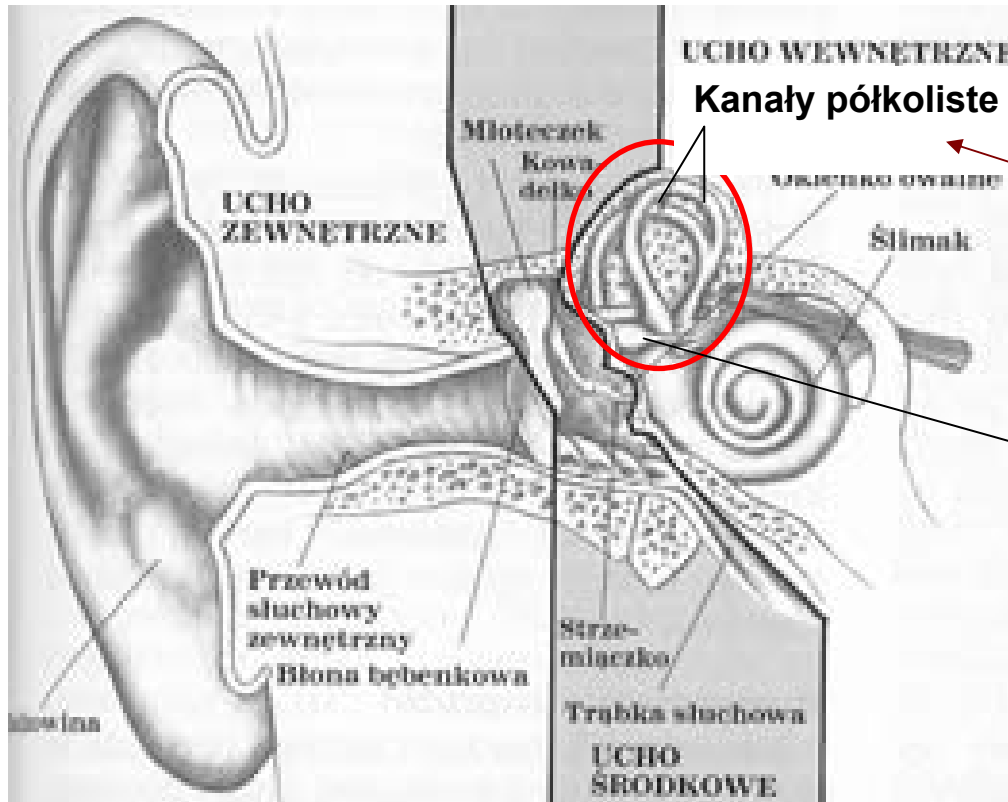
## Prawidłowy słuch



## Uszkodzony słuch (nerw słuchowy)



## Ucho narządem równowagi



Kanały półkoliste (3 względem siebie prostopadłe zakończone ampułkami)

Wypełnione endolimfą

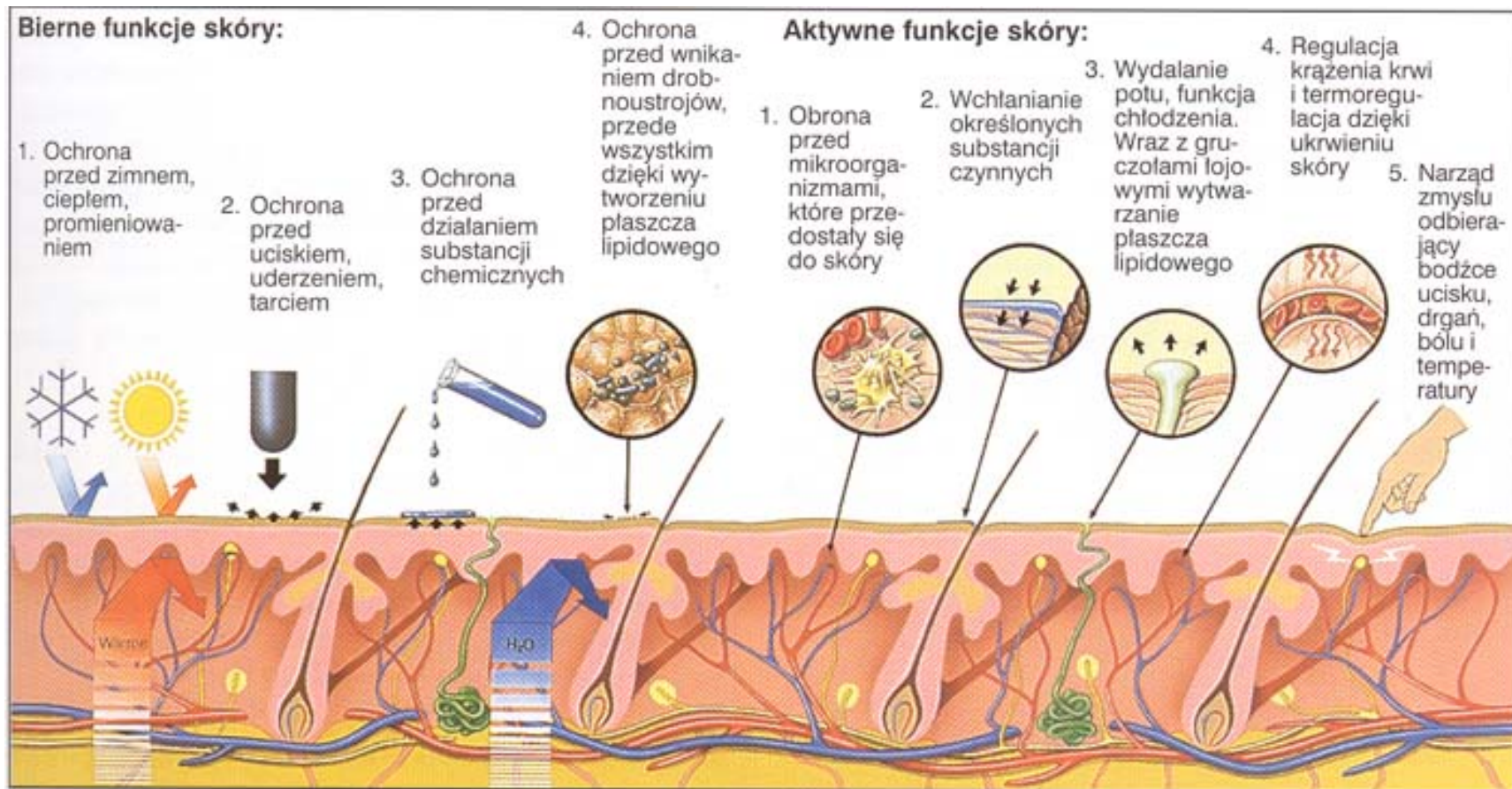
Woreczki

Zawierają otolity – kamyki słuchowe  $\text{CaCO}_3$

# Skóra

1. izolacja środowiska wewnętrznego od zewnętrznego (czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych)
2. udział w oddychaniu (tylko kręgowce niższe)
3. termoregulacja (90% ciepła)
4. udział w gospodarce wodno-elektrolitowej (gruczoły potowe)
5. Zawiera receptory czucia - odbiór bodźców ze środowiska zewnętrznego (dotyk, ból, ciepło, zimno)
6. melanogeneza (**melanina** chroni organizm przed UVA i B)
7. wchłanianie niektórych substancji
8. gospodarka tłuszczowa
9. gospodarka witaminowa (synteza prowitaminy D3)
10. wydzielanie dokrewne i reakcje odpornościowe (komórki Langerhansa)

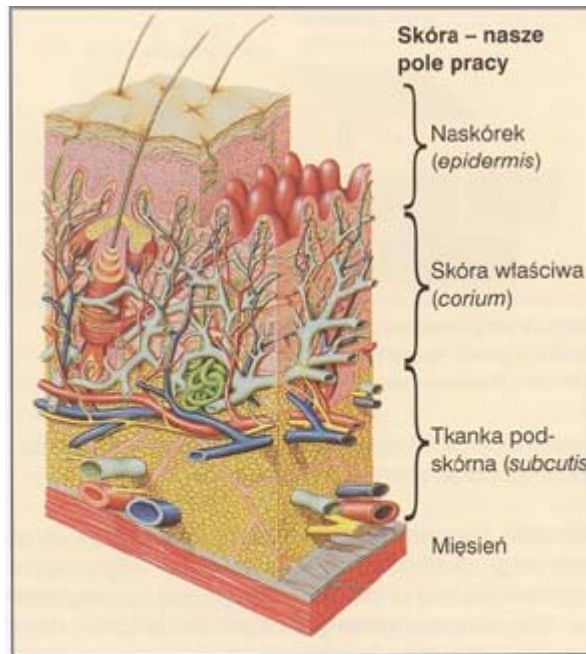
Wytwory skóry: włosy, paznokcie, pióra, łuski, pazury, dzioby, kopyta, rogi.



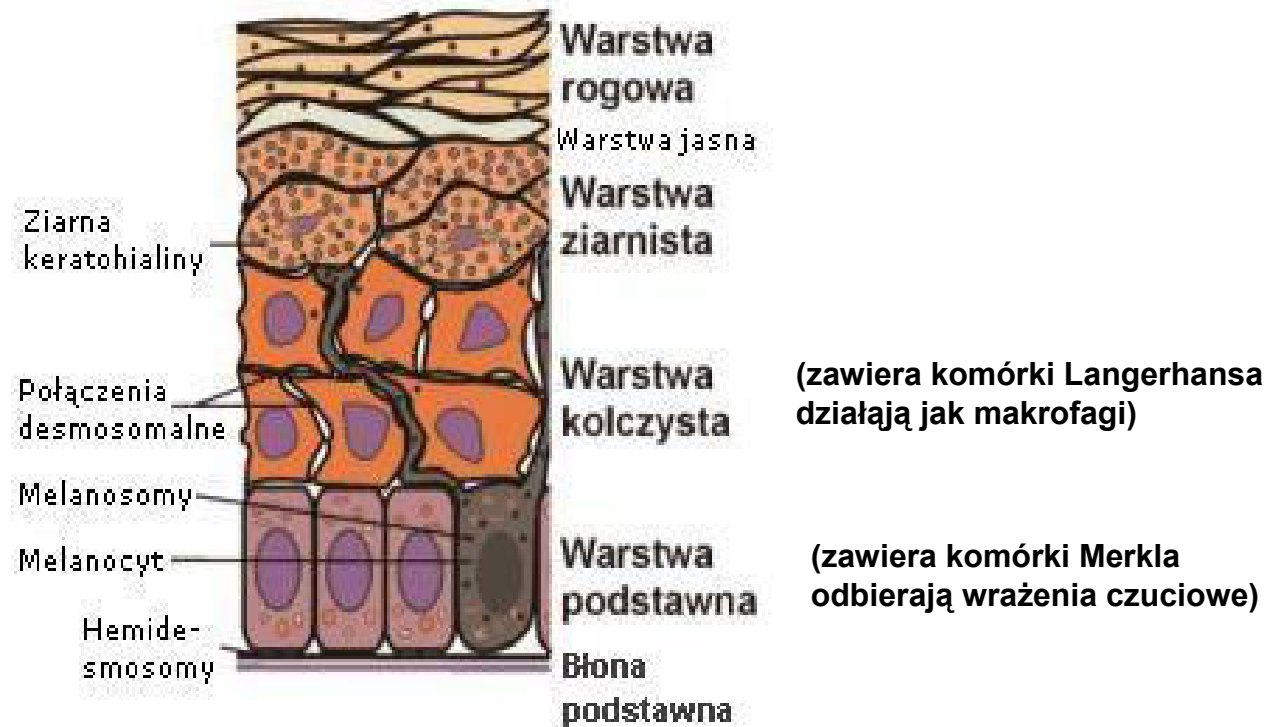
Funkcje ochronne skóry dzielimy na aktywne i bierne.

**Skóra dorosłego człowieka: powierzchnia 2 m<sup>2</sup>, 3 mm grubości, waży 3 kg.**

- naskórek (*epidermis*) **warstwa ochronna**
- skóra właściwa (*cutis/corium*) **warstwa receptorowa, odżywcza i wspierająca**
- tkanka podskórna (*subcutis*) **warstwa termoizolacyjna**



## Budowa naskórka (keranocyty)

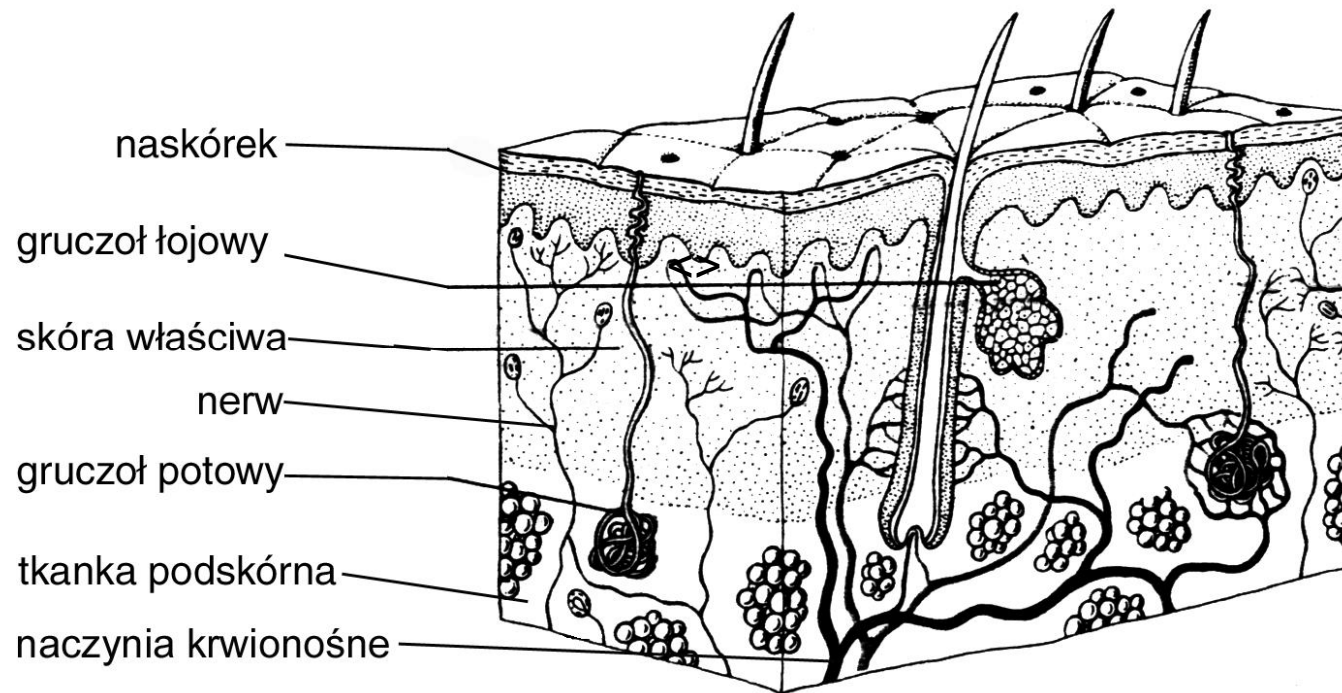




## **Budowa skóry właściwej**

- 1. włókna klejorodne (kolagen)**
- 2. włókna siateczkowe (retikulinowe)**
- 3. włókna sprężyste (elastyna)**
- 4. komórki (głównie fibroblasty)**
- 5. istota podstawowa (międzykomórkowa).**

Większość tych składników produkowana jest przez fibroblasty (komórki najliczniej występujące w skórze).



### Struktura skóry właściwej

- brodawkowa
- siateczkowata