



Politechnika Łódzka

Instytut Elektroniki

Człowiek – układ nerwowy, zmysły, odruchy

Paweł Strumiłło

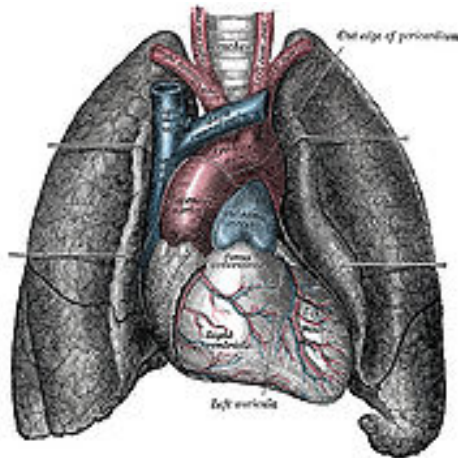
Zakład Elektroniki Medycznej



Człowiek - anatomia i fizjologia

Anatomia

(budowa organizmu)



Fizjologia

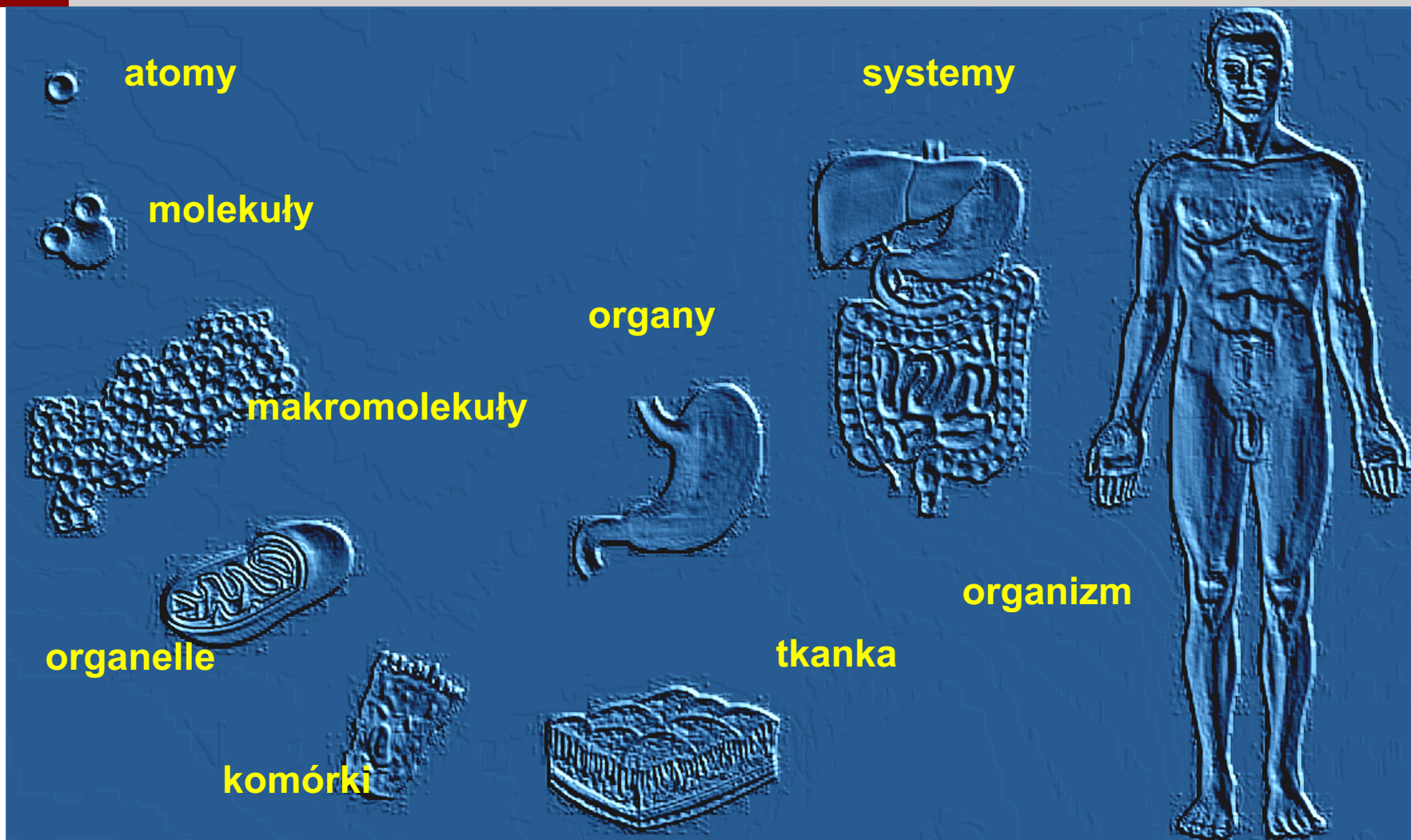
(funkcjonowanie organizmu)



<http://www.youtube.com/watch?v=nCPOio1FQ5Q&NR=1>



Człowiek - anatomia



Z wykładu dr. Cypriana Wolskiego



Człowiek – fizjologia zmysłów, odruchy, psychologia poznawcza

- **interakcja z otoczeniem**
 - zmysły, ruch, mowa
- **pamięć**
 - sensoryczna, krótkotrwała, długotrwała

↙ ↘

deklaratywna niedeklaratywna
- **myślenie**
 - kojarzenie, nauka, planowanie, rozwiązywanie problemów,
- **emocje**

Każdy człowiek jest inny!





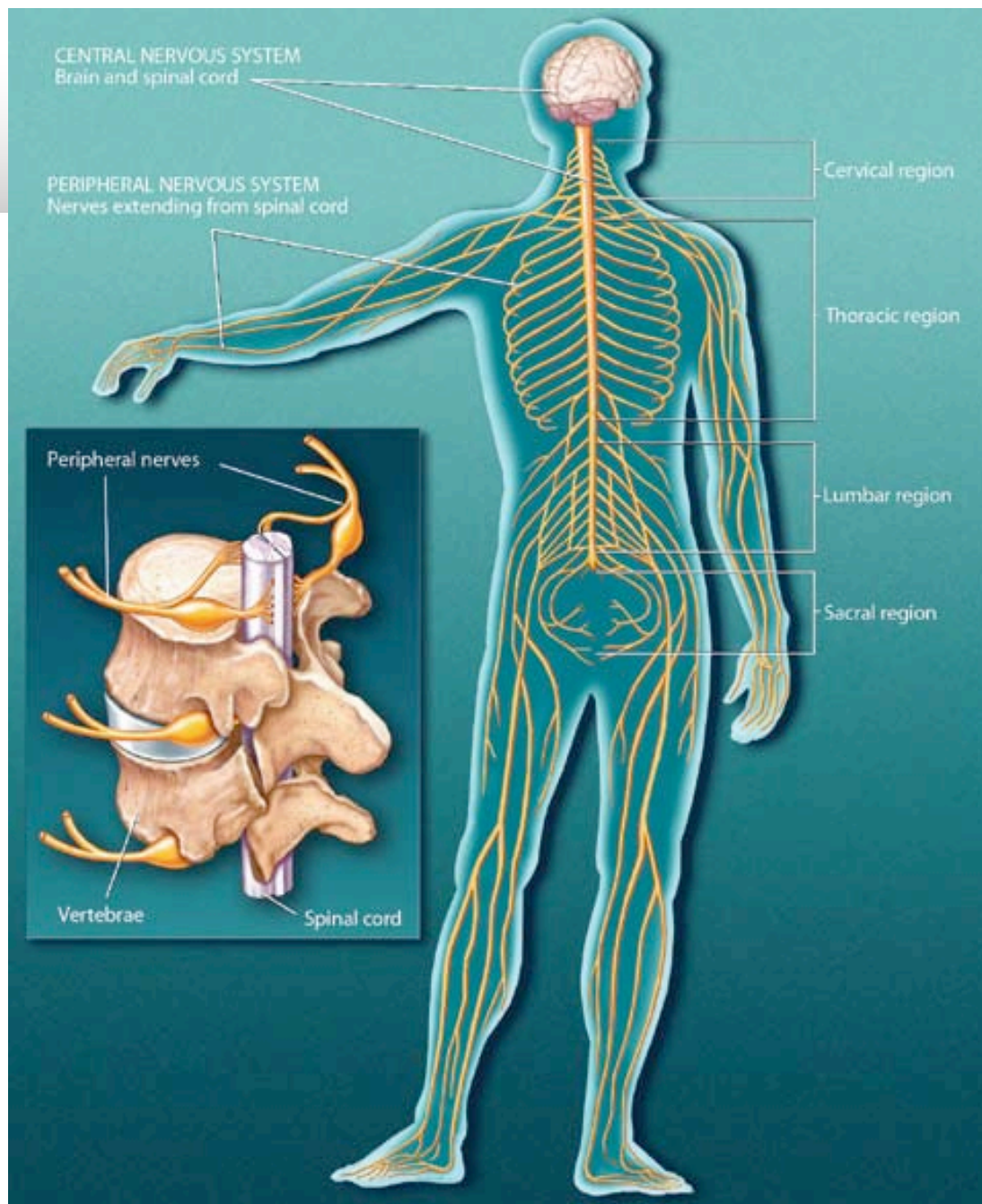
Układ nerwowy

Ośrodkowy układ nerwowy:

- mózg
- rdzeń kręgowy

Obwodowy układ nerwowy:

- nerwy rdzeniowe
- nerwy czaszkowe





Układ nerwowy - funkcje

Układ nerwowy somatyczny (łac. *soma* — ciało) zapewnia łączność ze światem zewnętrznym, odbiera bodźce za pomocą zmysłów, zarządza ruchem ciała, umożliwia poruszanie się i orientację w przestrzeni

Podlega kontroli świadomości.

Źródło: [Wikipedia](#)



Układ nerwowy - funkcje

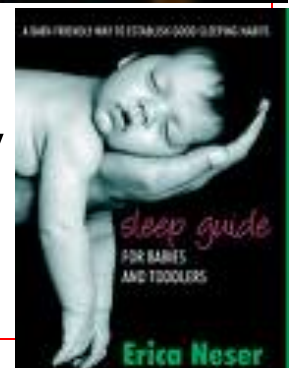
Układ nerwowy autonomiczny lub wegetatywny

(łac. *autos* — samo- i *nomos* — prawo, a więc "samorządzący się") zarządza funkcjami życiowymi organizmu, kontroluje działanie narządów wewnętrznych i przemianą materii.

Układ współczulny (sympatyczny) - pobudzający



Układ przywspółczulny (parasympatyczny) – hamujący



Nie podlega kontroli świadomości

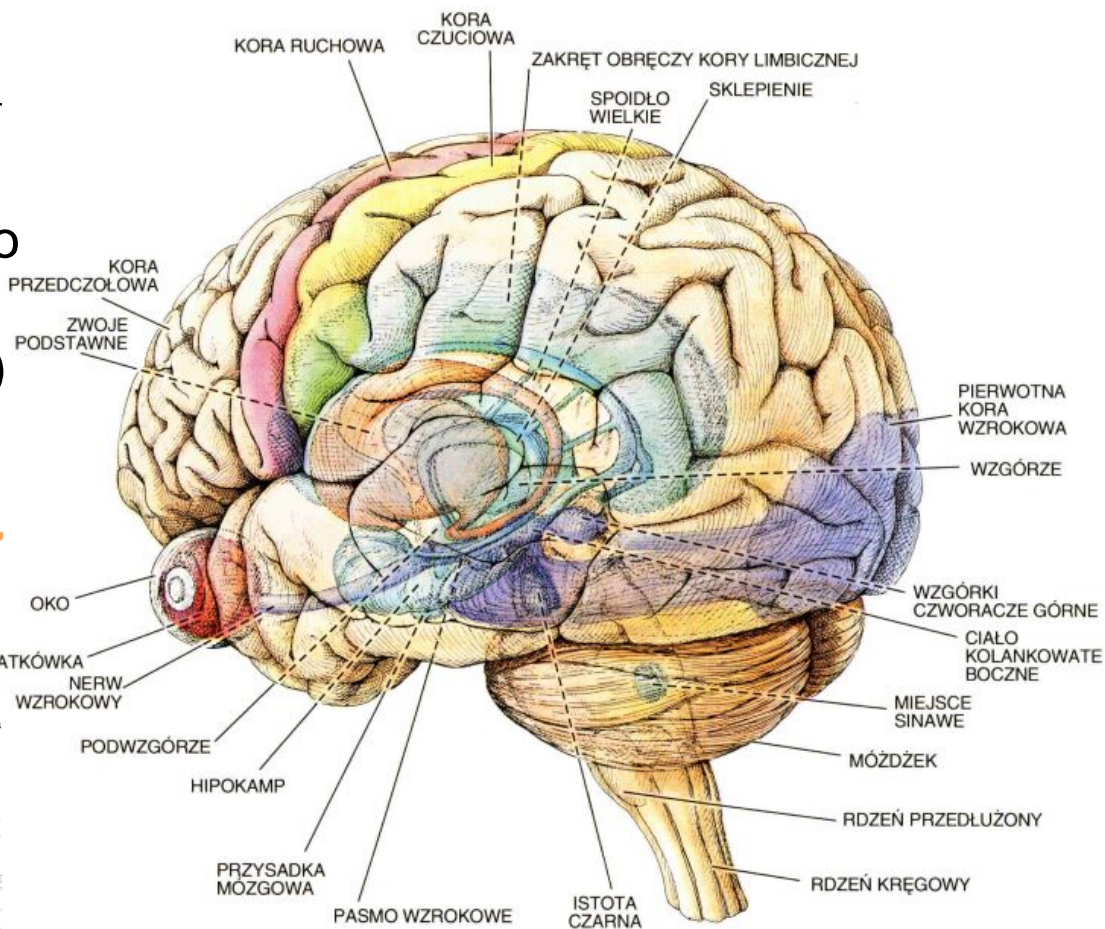
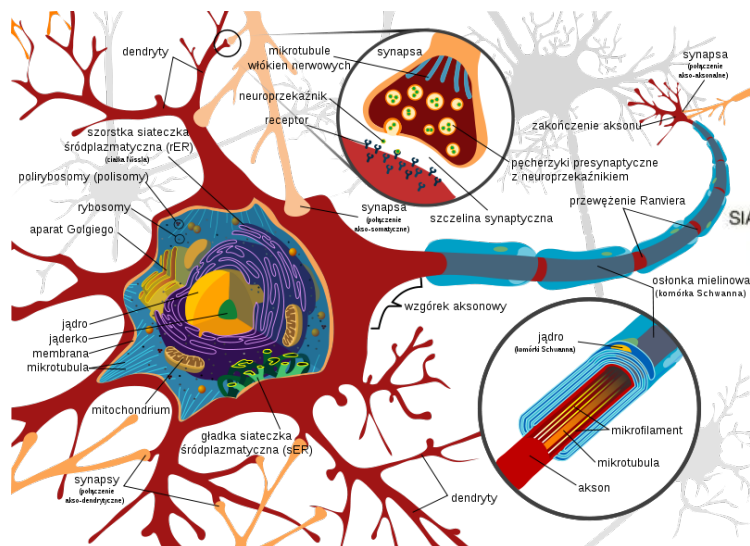
Źródło: [Wikipedia](#)

Mózg człowieka

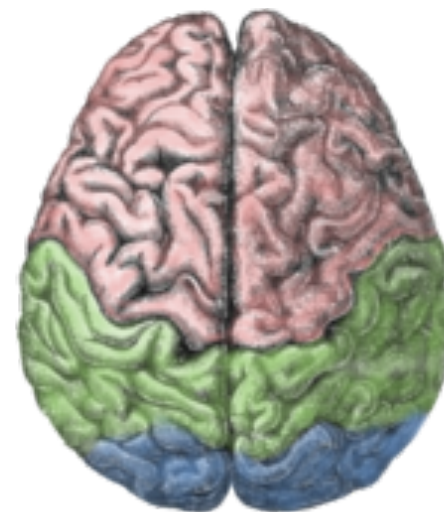
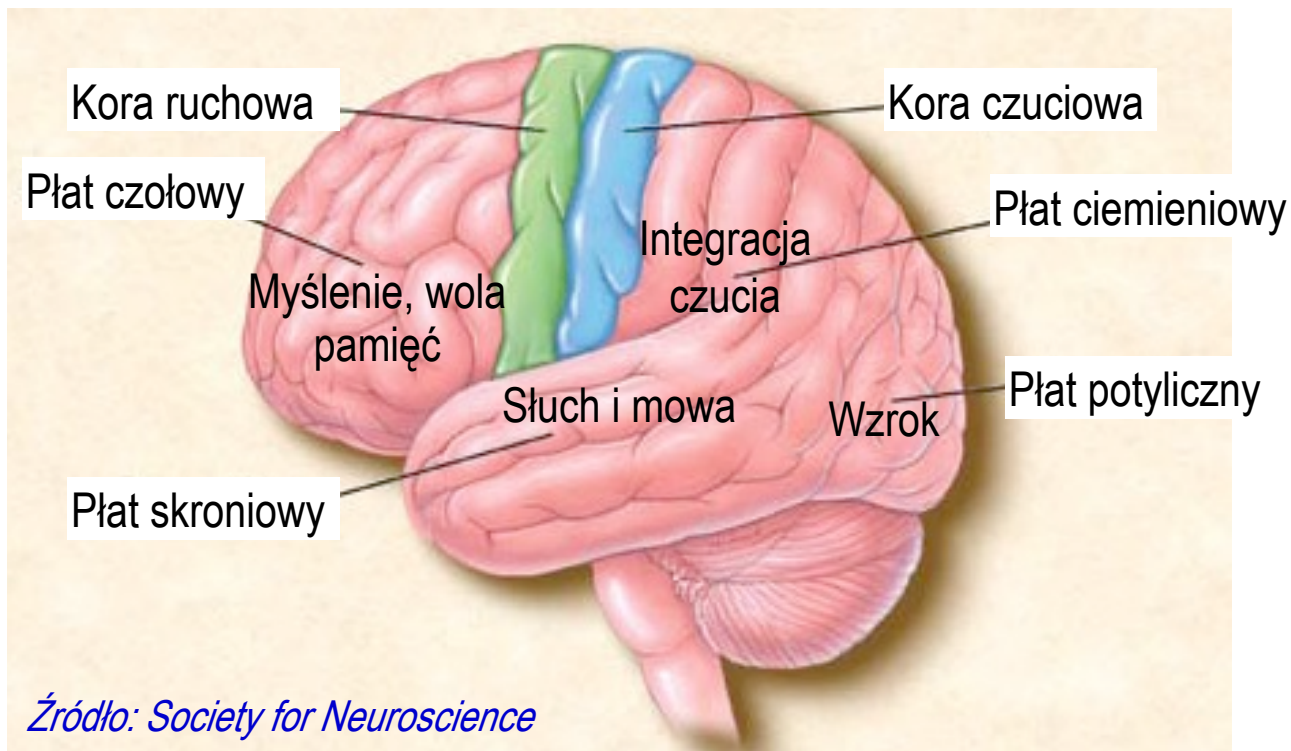
Śr. objętość: 1350 ml

Liczba komórek neuronowych:
100mln

Każdy neuron łączy się średnio z 7 tys. innych (daje to ok. 10^{15} połączeń zwanych synapsami)



Mózg człowieka



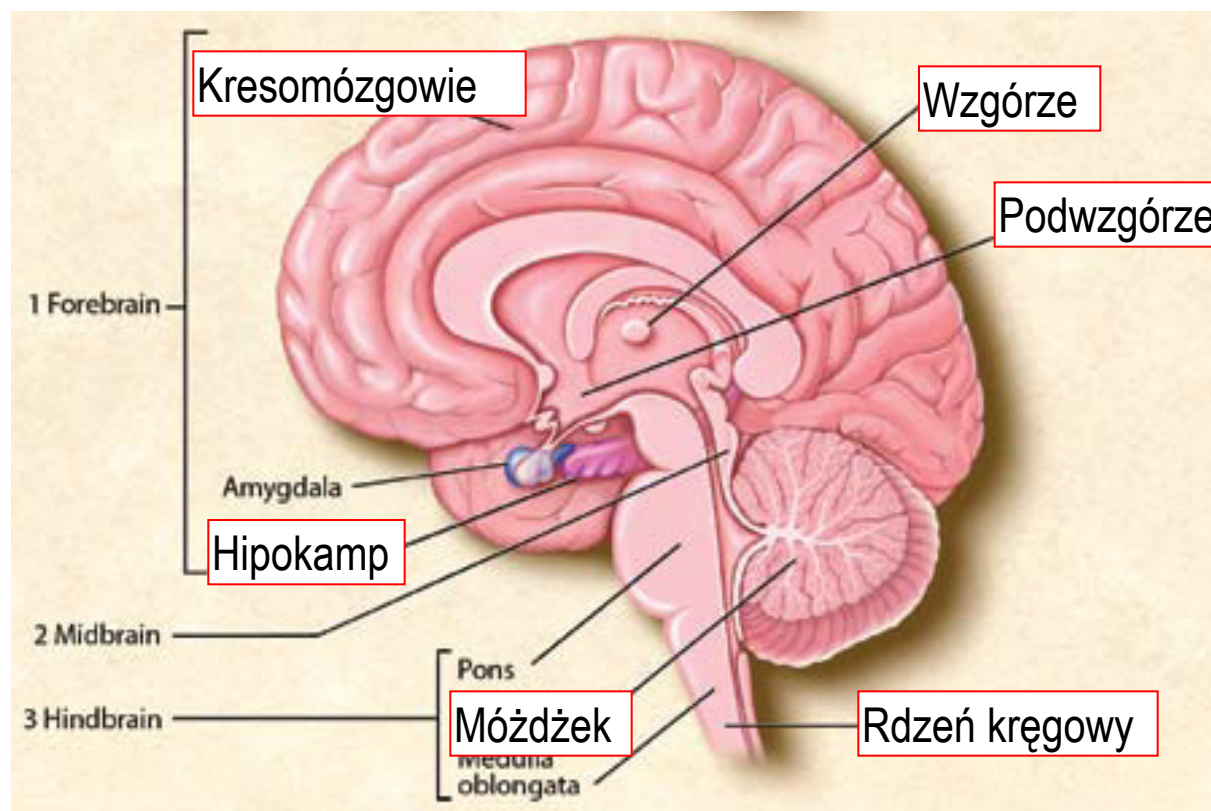
Mózg człowieka

Kresomózgowie – nadzoruje czynności fizyczne i umysłowe

Wzgórze – integracja informacji czuciowych i ruchowych

Hipokamp – pamięć, uczenie, emocje

Móżdżek – równowaga ciała

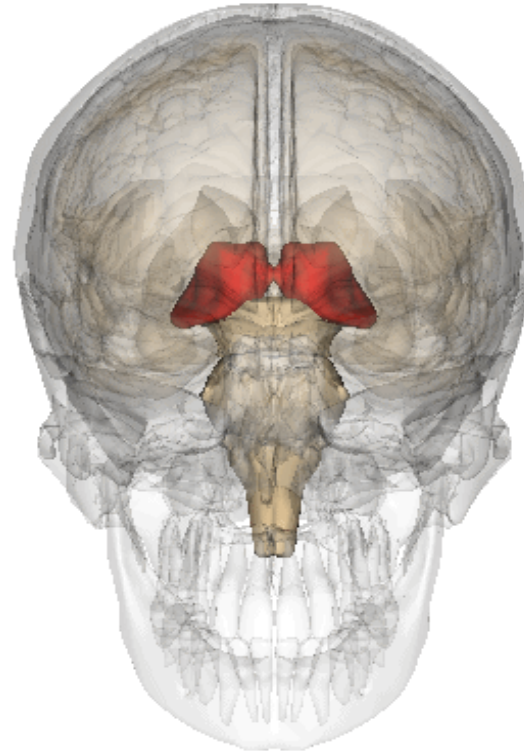


Źródło: Society for Neuroscience



Mózg człowieka

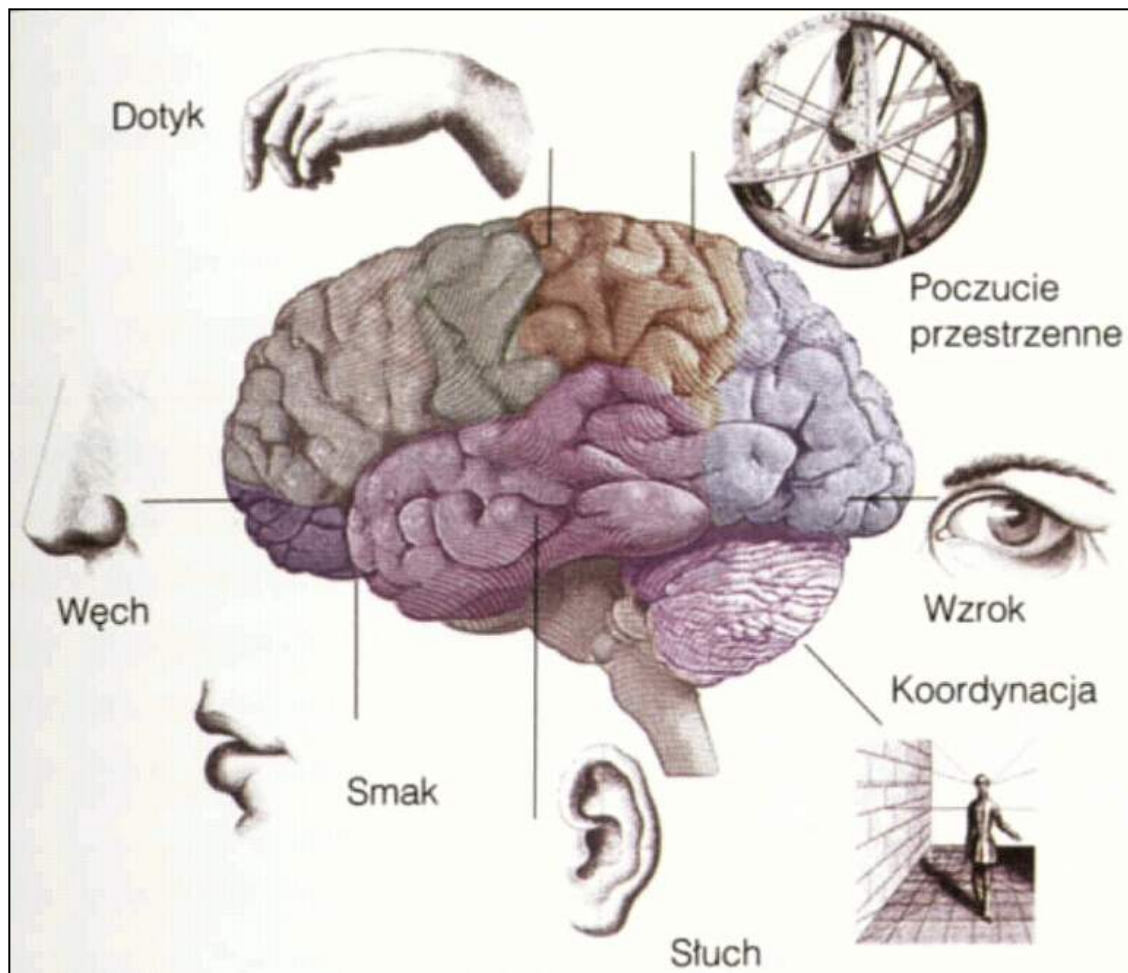
Źródło: [Wikipedia](#)



Pień mózgu - ośrodek oddychania, ośrodek regulujący pracę serca, ośrodek regulujący ciśnienie tętnicze, ośrodek regulujący temperaturę organizmu, ośrodek regulujący metabolizm, ośrodki odruchowe wzroku i słuchu, ośrodek integracji bodźców ruchowych i czuciowych; przysadka będąca ważnym gruczołem dokrewnym,



Mózg i zmysły

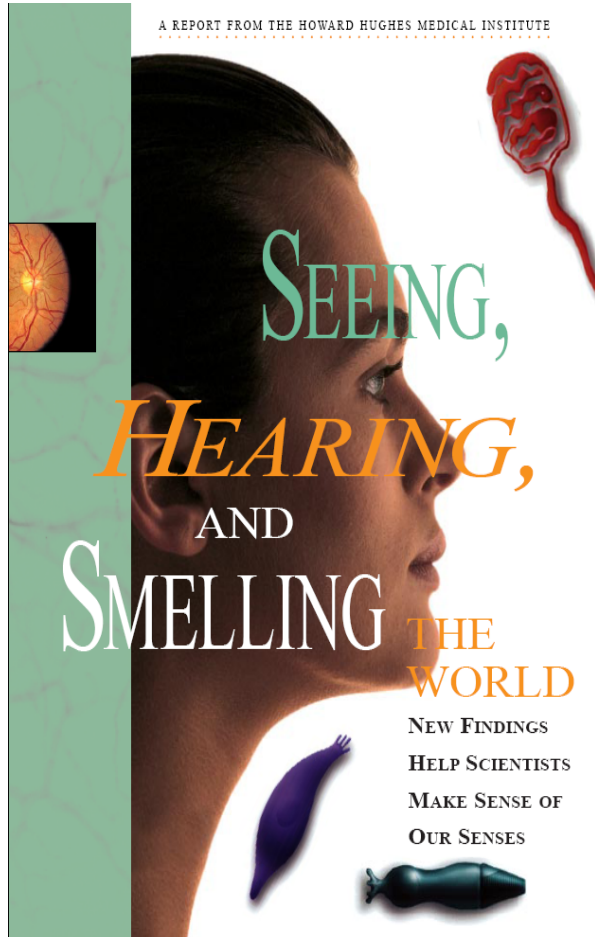


<http://www.fizyka.umk.pl/~ Duch/Wyklady/Kog1/Mozg-mapa.htm>



prof. Duch

Zmysty



Zmysty człowieka :

wzrok – percepcja bodźców świetlnych (fala elektromagnetyczna w zakresie 380-750nm)
receptory barwy i jasności;

słuch – percepcja przestrzenna fal dźwiękowych w zakresie częstotliwości ~20Hz-16kHz) związany z uchem

smak – "chemiczny" receptor, wykrywa smaki: słodki, słony, kwaśny i gorzki

węch – to drugi zmysł "chemiczny,,; wykorzystuje wiele setek receptorów rozpoznających różne cząstki;

dotyk - ...

Zmysły

tzw. zmysły somatyczne (łac. soma - ciało):

Tradycyjnie związane ze zmysłem dotyku, obecnie uznaje się ten zmysł jako składający się z wielu receptorów:

dotyk - bodźce czuciowe (nacisk)

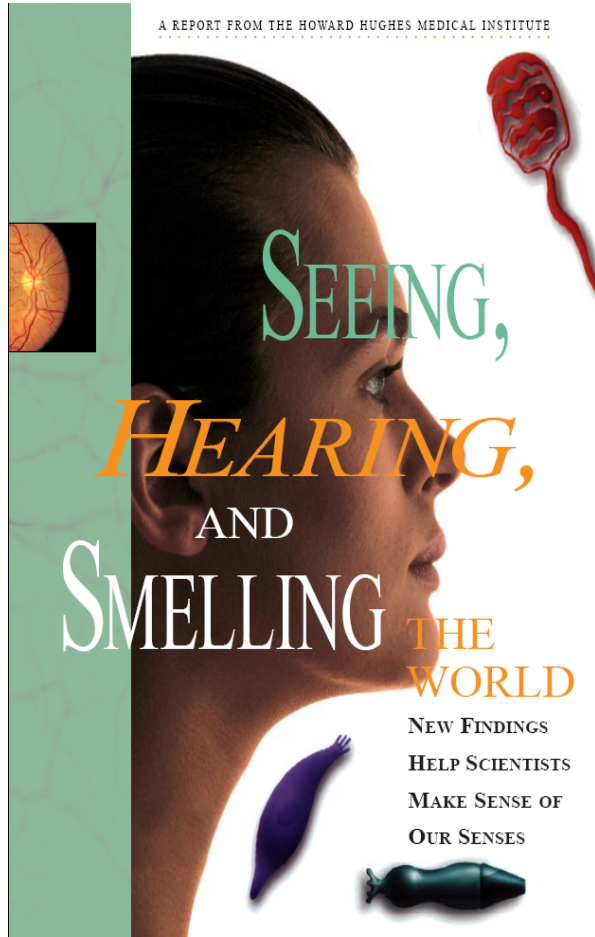
nocycepcja – zmysł bólu (uszkodzenie)

zmysł temperatury - czucie zimna/ciepła przez skórę

Inne zmysły:

zmysł równowagi – związany jest z uchem i wzrokiem

propriocepcja (kinestezja) – zmysł ułożenia części ciała względem siebie oraz napięcia mięśniowego.





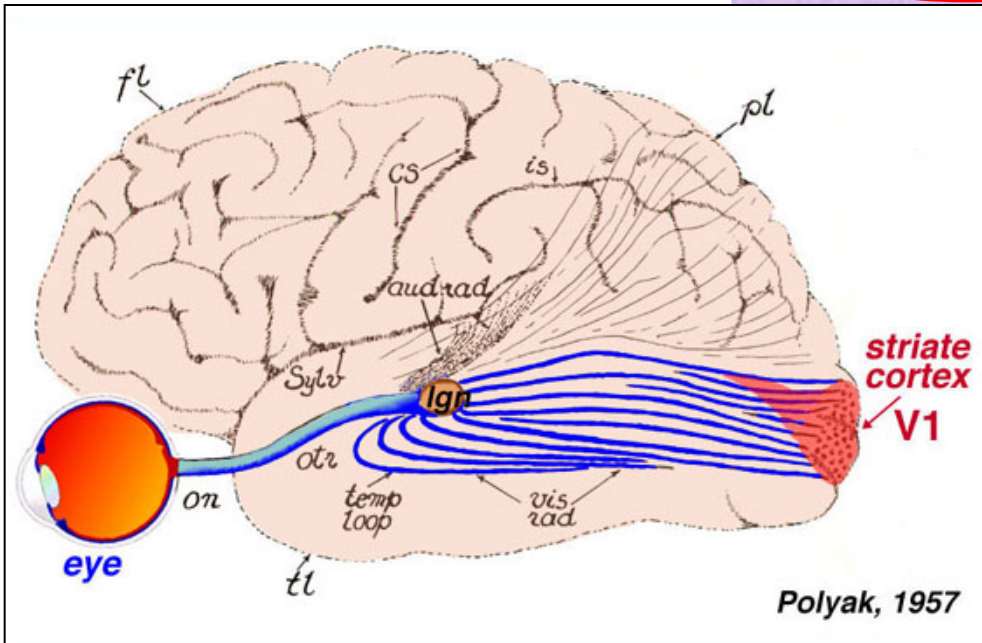
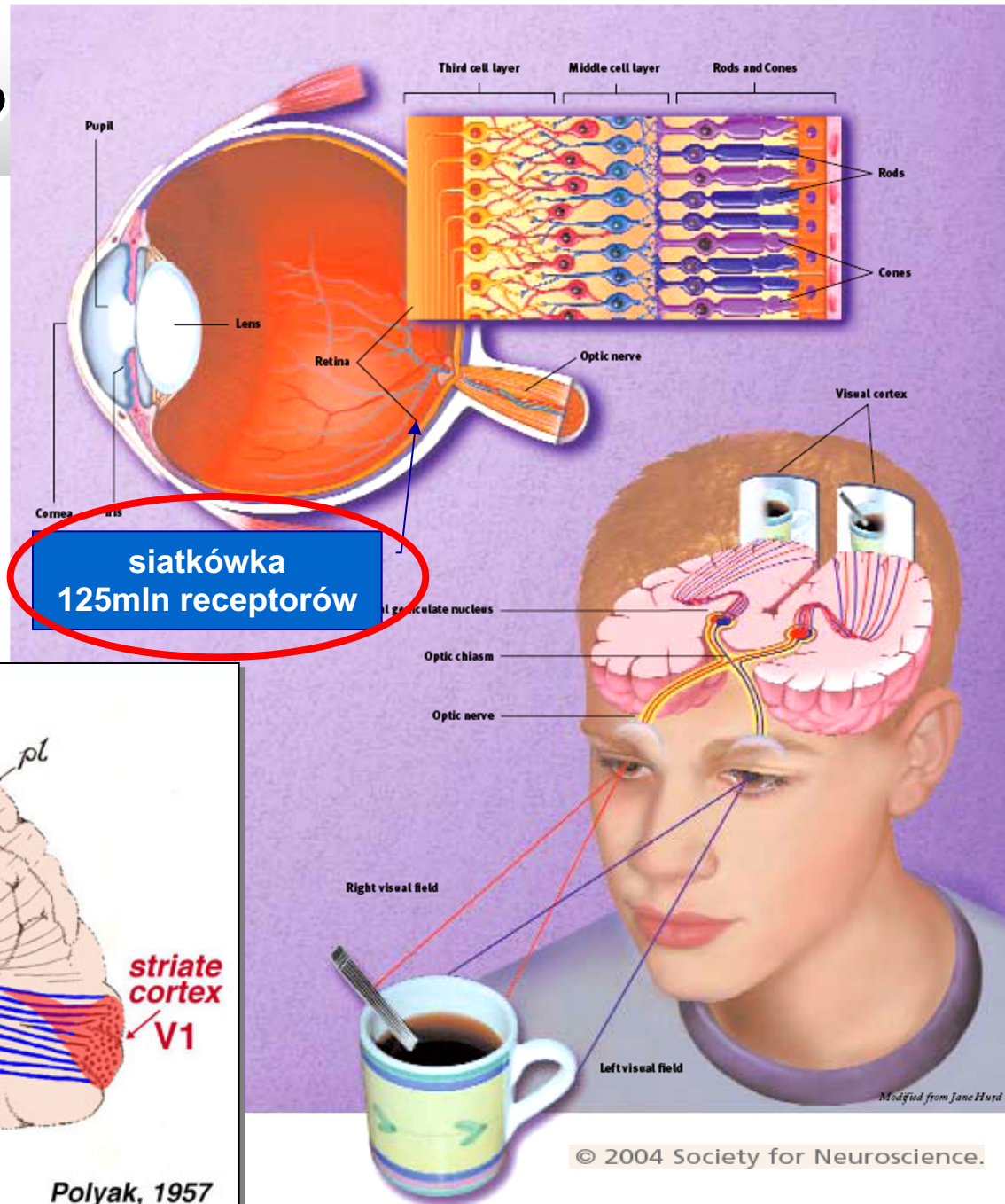
Jak widzimy?

W korze wzrokowej są rozpoznawane:

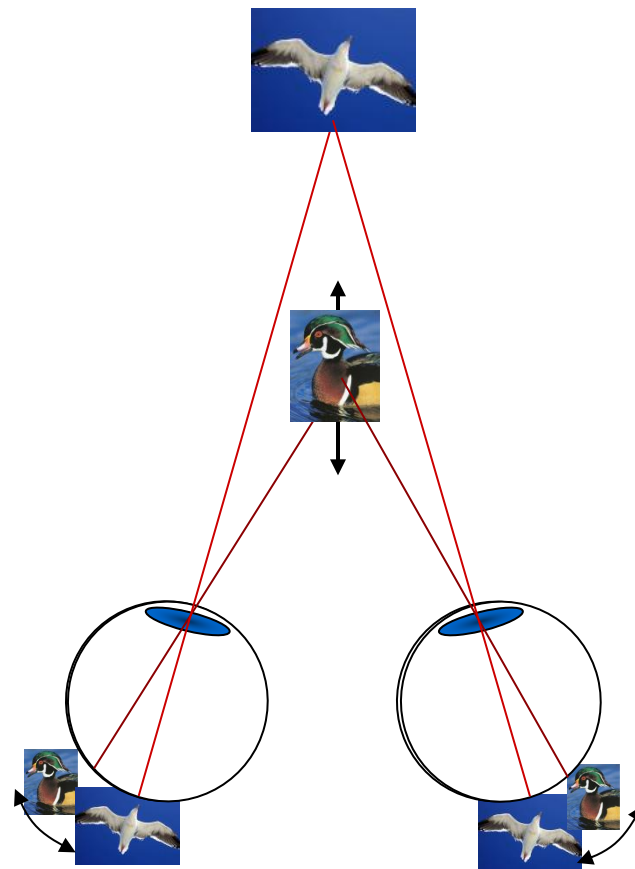
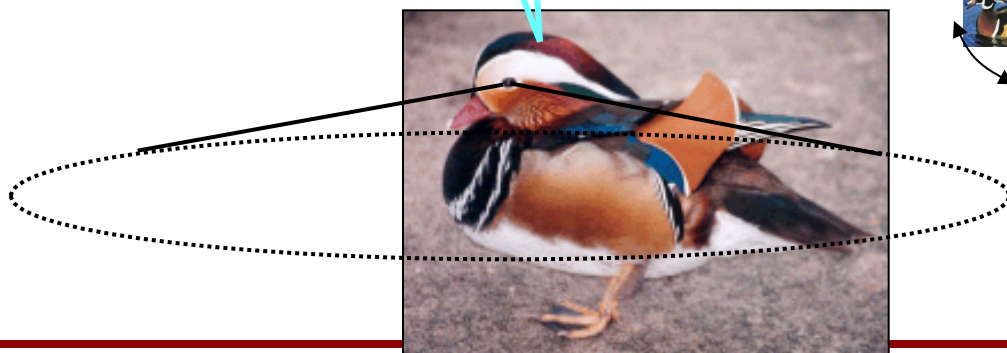
kształty, kolory,

oraz

ruch, położenie i odległość



Paralaksa w widzeniu obuocznym



Kodowanie wzorców



„Thatcher illusion” - Thompson (1980)

Kodowanie wzorców



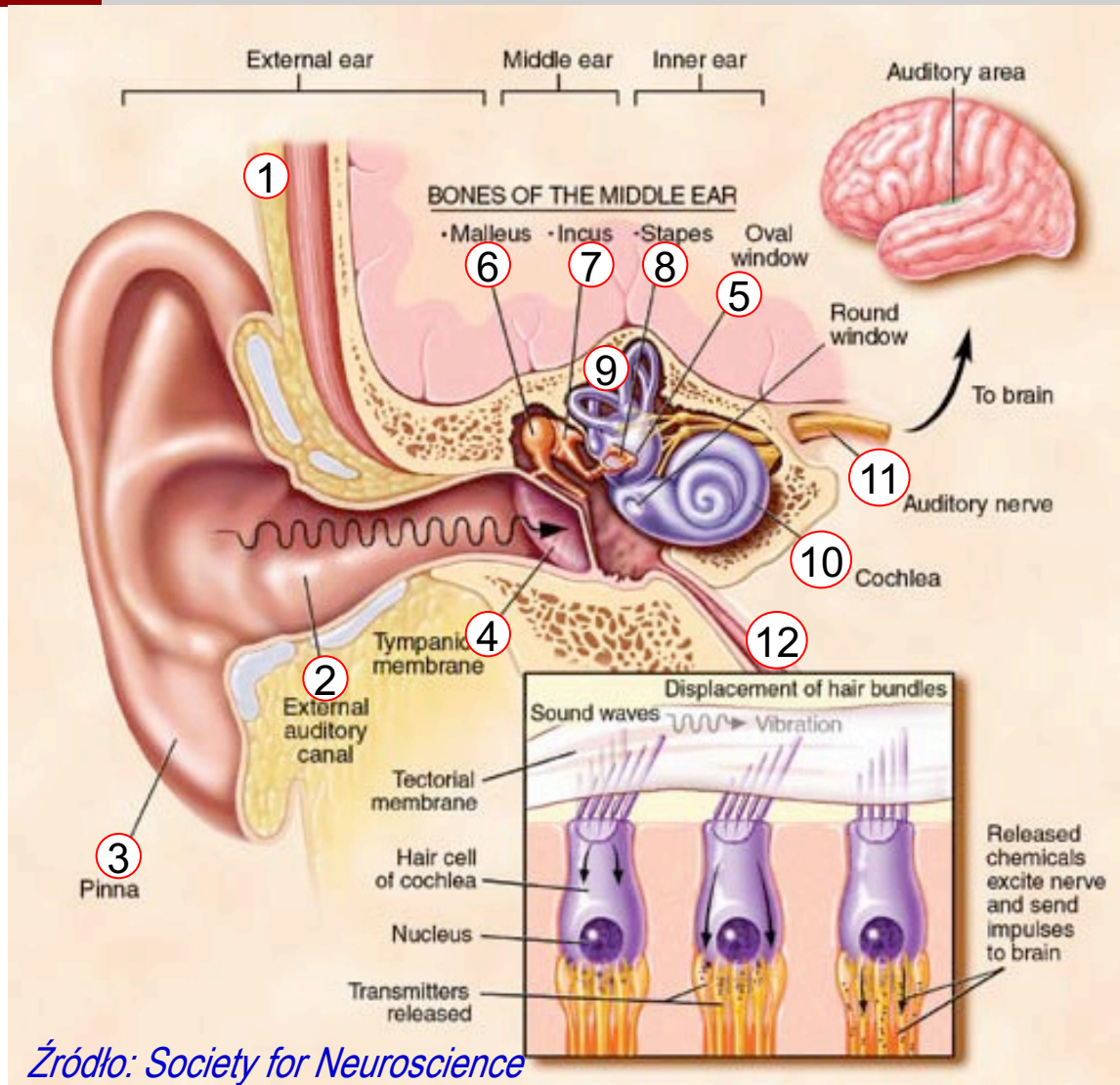
„Thatcher illusion” - Thompson (1980)



Czynności kognitywne związane ze wzrokiem

- **orientacja przestrzenna** – w znanym i nieznanym otoczeniu (własne położenie względem otoczenia)
- **poruszanie się** – w znanym i nieznanym otoczeniu
- **percepcja wzrokowa (rozpoznawanie)** – otoczenia, kształtów, osób, obiektów, ruchu (zdjęcia, filmy)
- **zapamiętywanie** - kształtów obiektów, miejsc, ...
- **czytanie** - potrzebne rozpoznawanie ciągi liter i kojarzenie ich w słowa i ich znaczenia, ruch gałek ocznych,..)
- **pisanie** – wyuczona koordynacja ruchów dłoni i wzroku
- **obsługa urządzeń i mechanizmów** – komputer, samochód, ...

Jak słyszymy?



Budowa ucha ludzkiego:

- 1 - czaszka
- 2 - przewód słuchowy
- 3 - małżowina uszna
- 4 - błona bębenkowa
- 5 - okienko owalne
- 6 - młoteczek
- 7 - kowadełko
- 8 - strzemiączko
- 9 - kanał półkolisty
- 10 - ślimak
- 11 - nerw słuchowy
- 12 - trąbka Eustachiusza

Źródło: Society for Neuroscience



Słuch

- Dostarcza informacji o otoczeniu (ocena zagrożeń) i orientacji przestrzennej (wraz ze wzrokiem), np. ocena odległości
- Cechy postrzeganych dźwięków:
 - ton podstawowy
 - głośność
 - barwa dźwięku
 - wzór czasowy
 - częstotliwość
 - amplituda
 - kształt widma
 - implusowy, przerywany, falujący
- Strumienie dźwiękowe - Bregman („coctail-party problem ”)



Prawo Webera

Prawo Webera-Fechnera:

Reakcja układu biologicznego jest proporcjonalna do logarytmu bodźca

$$r = k \cdot \ln \frac{B}{B_0}$$

gdzie:

r - reakcja układu biologicznego (wrażenie zmysłowe),

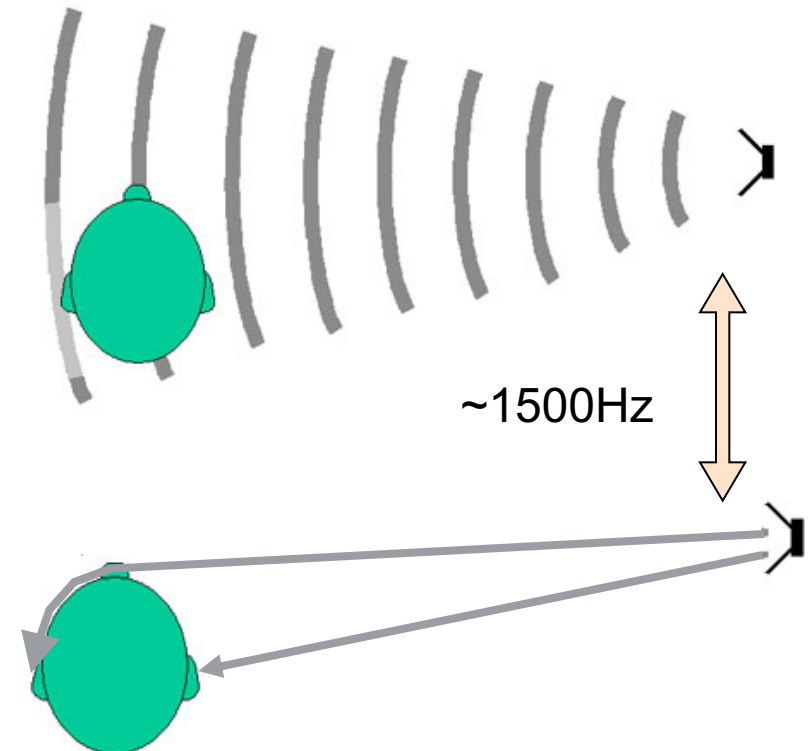
B - natężenie danego bodźca,

B_0 - wartość początkowa natężenia danego bodźca (wartość progowa),

np. prawo to uzasadnia stosowanie skali decybelowej dla głośności dźwięku

Teoria duplex: Wg tej teorii w lokalizacji źródła dźwięku z otoczenia biorą udział dwa mechanizmy:

- międzyuszna różnica poziomu (ang. ILD)
- międzyuszna różnica czasu (ang. ITD)

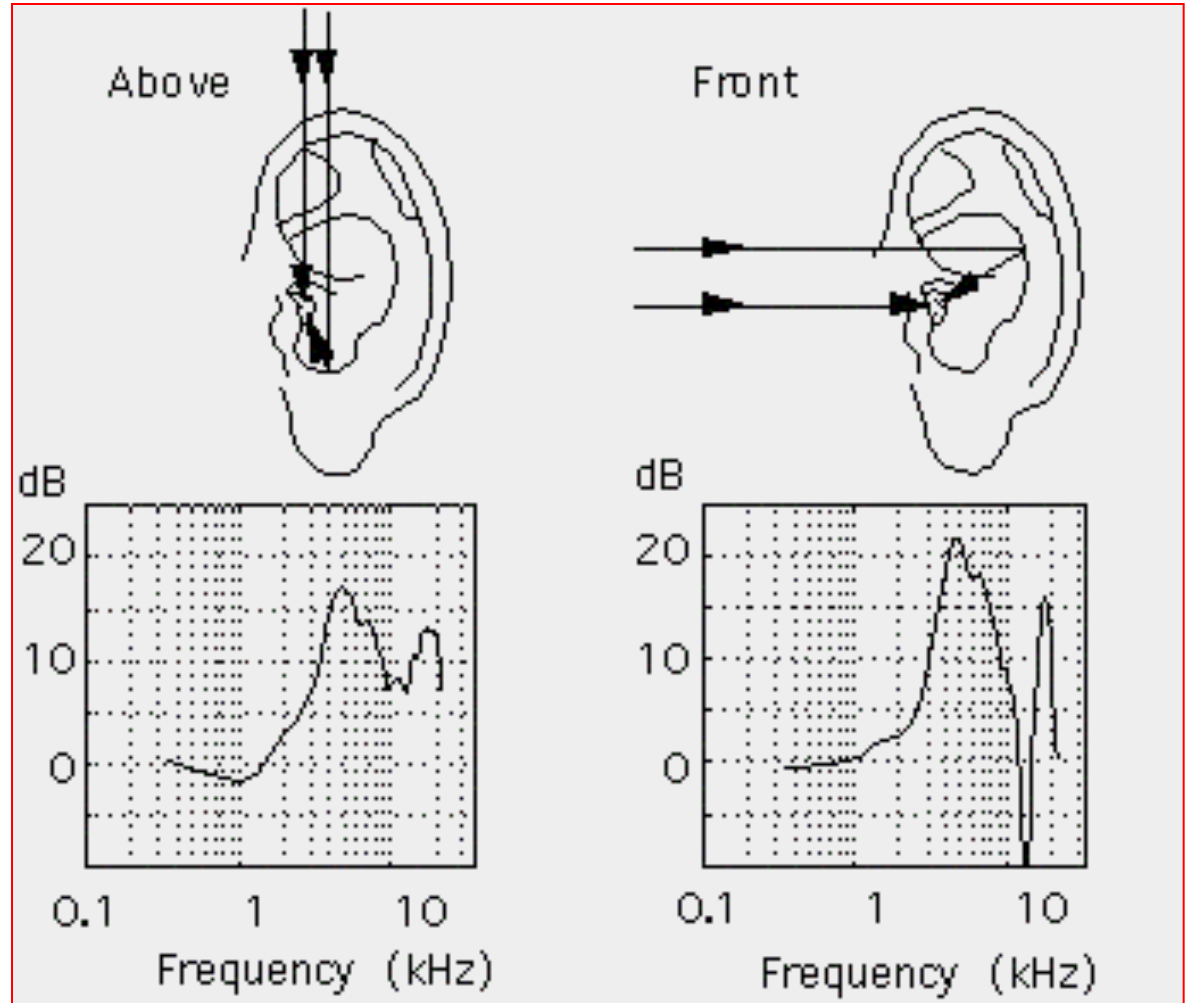


Zadanie: Wyznaczyć maksymalną różnicę czasu dotarcia dźwięku do ucha lewego i prawego?



Słyszenie przestrzenne – rola małżowiny

Małżowina uszna pełni rolę akustycznego filtra kierunkowego



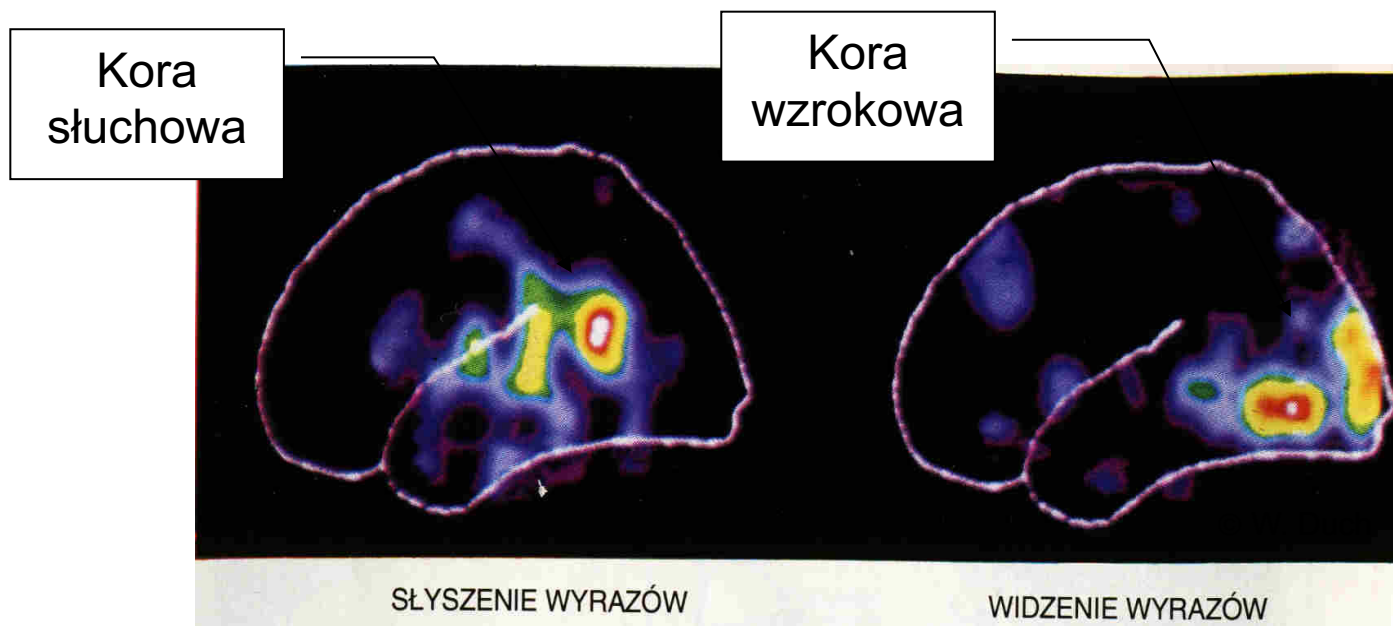
© Univ. Magdeburg



Czynności kognitywne związane ze słuchem

- **komunikacja werbalna (rozpoznawanie mowy)** – człowiek-człowiek, człowiek-maszyna
- **słyszenie własnej mowy, śpiewu**
- **percepcja otoczenia (wraz ze wzrokiem)** – mechanizm „gdzie – co”
- **skupianie uwagi na zadanym źródle dźwięku** (spośród wielu dźwięków)
- **jednoczesne skupianie uwagi na kilku źródłach**
- **lokalizacja źródeł dźwięku** (dźwięki alarmowe)
- **zapamiętywanie dźwięków** (rozpoznawanie osób po głosie)
- **„granie” muzyki i śpiew**

Słyszenie a widzenie wyrazów

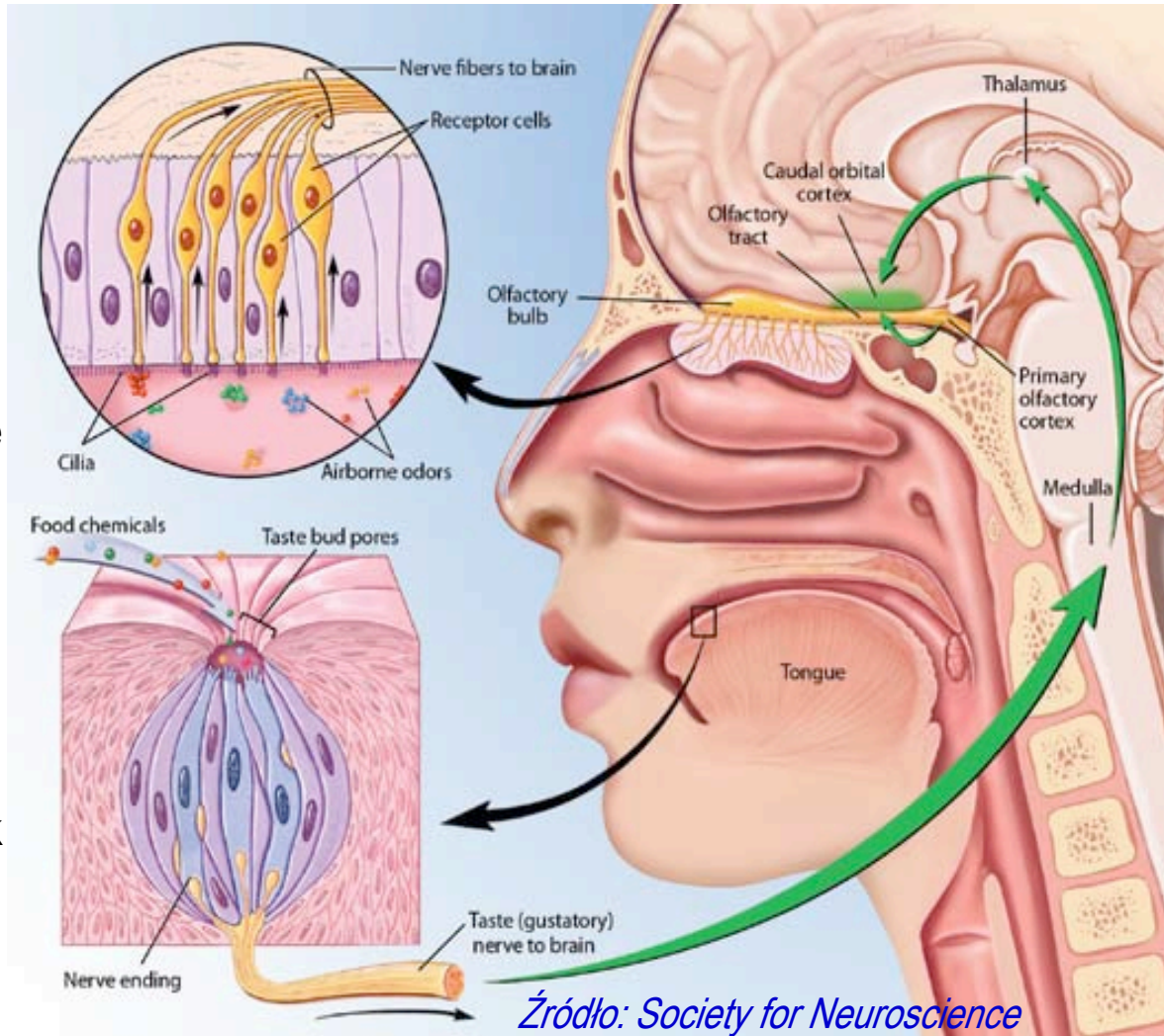


Widzenie uaktywnia ok. 70% obszaru mózgu

Jak czujemy zapach i smak?

Węch – jeden z dwóch (obok smaku zmysłów chemicznych), zapach odczuwa się na skutek wdychania do nosa powietrza. Związki (cząsteczki) o właściwościach zapachowych pobudzają receptory zapachowe – tj. specjalizowane zespoły komórek, połączonych układem nerwowym bezpośrednio z mózgiem.

Smak – służy do analizy składu chemicznego pokarmu, człowiek posiada 5 receptorów smakowych znajdujących się w języku

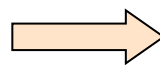


Dotyk

Zmysł dotyku jest umiejscowiony w skórze. Wrażenie dotyku jest kombinacją sygnałów z komórek reagujących na temperaturę, ucisk lub uszkodzenie skóry (mechanizm obronny).

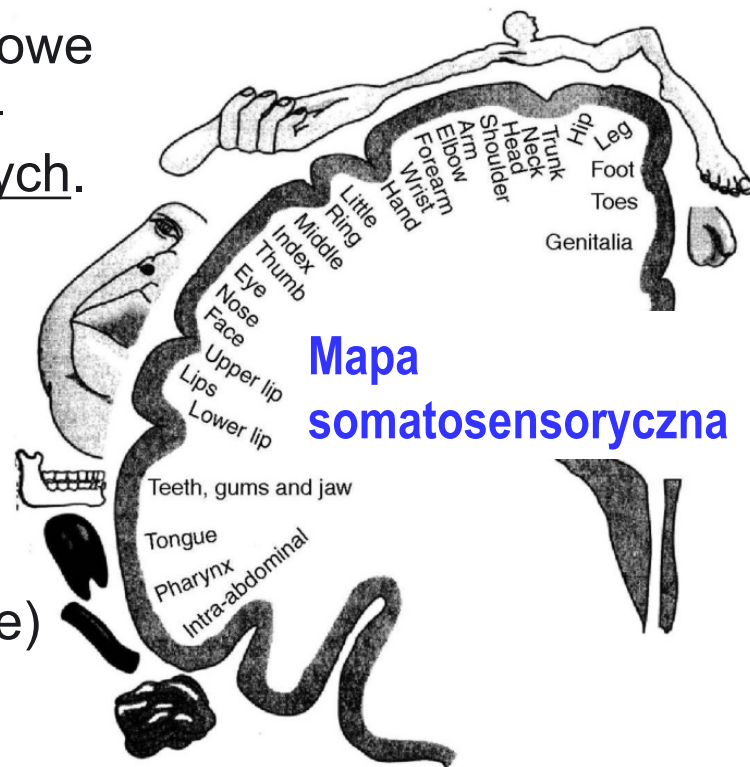
Dotyk i ruch („zmysł ruchu”) stanowią podstawowe elementy umożliwiające percepcję otoczenia – szczególnie ważne zmysły dla osób niewidomych.

Receptory dotyku są rozmieszczone nierównomiernie na powierzchni ciała



Receptory dotyku dzieli się na:

- receptory czucia powierzchniowego (w skórze)
- receptory czucia głębokiego (mięśnie, stawy)





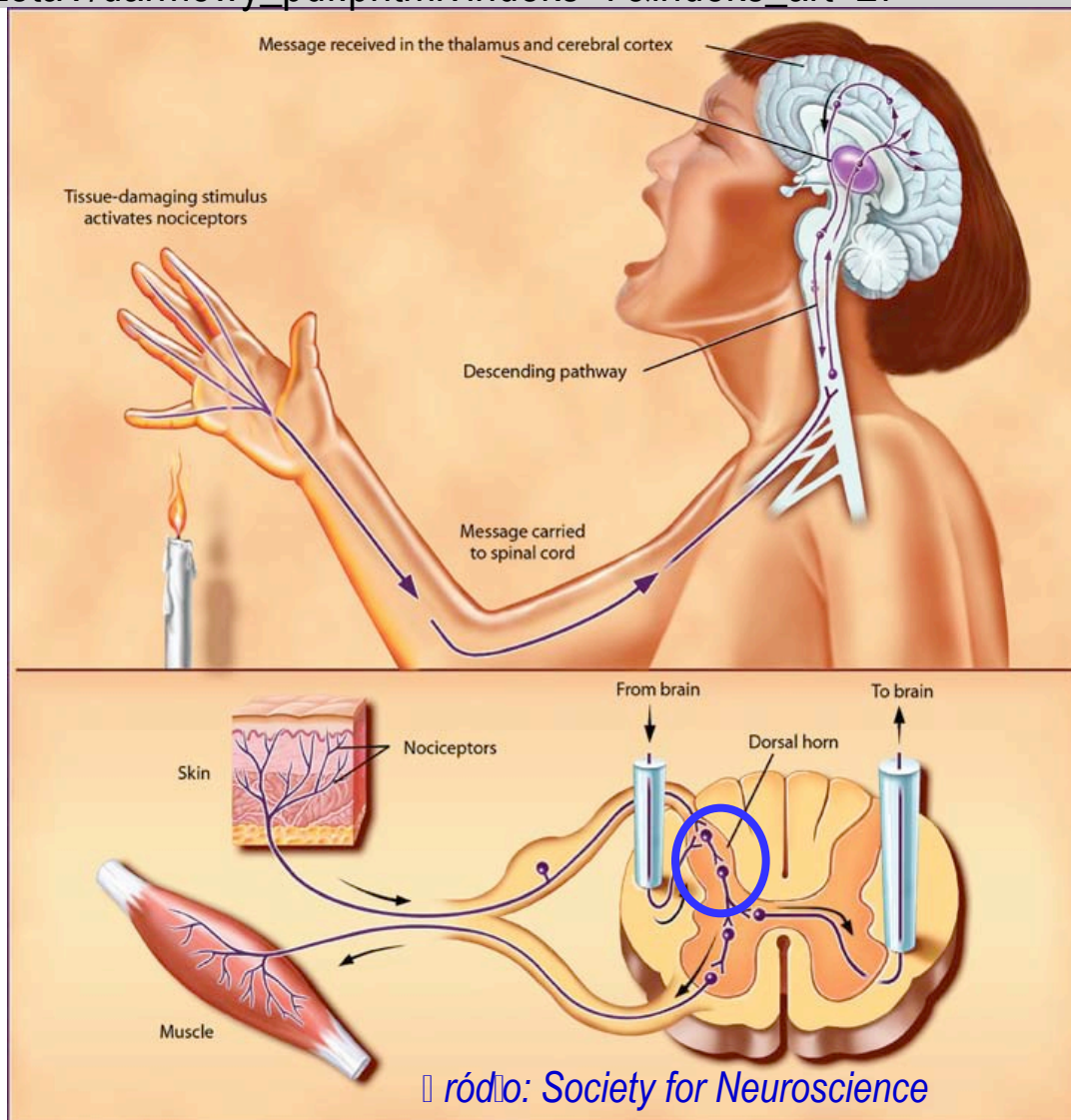
Jak odczuwamy ból?

Jak powstaje ból?

http://www.viamedica.pl/gazety/gazetaV/darmowy_pdf.phtml?indeks=7&indeks_art=27

Sygnaly o uszkodzeniu tkanki są przesyłane do rdzenia kręgowego poprzez nerwy obwodowe, dalej impulsy płyną do pnia mózgu, wzgórze (który pełni funkcje „rozdzielni” bodźców czuciowych) by trafić do kory mózgowej. Tam są odczuwane świadomie jako ból.

Odczucie bólu może zostać zmniejszone poprzez „sprężenie zwrotne” wysyłane z kory mózgowej do rdzenia kręgowego gdzie „transmisja bólu” jest blokowana z wykorzystaniem hormonów wytwarzanych w mózgu i rdzeniu kręgowym nazywanych endorfinami (tzw. hormony szczęścia, „wewnętrzna morfina”).





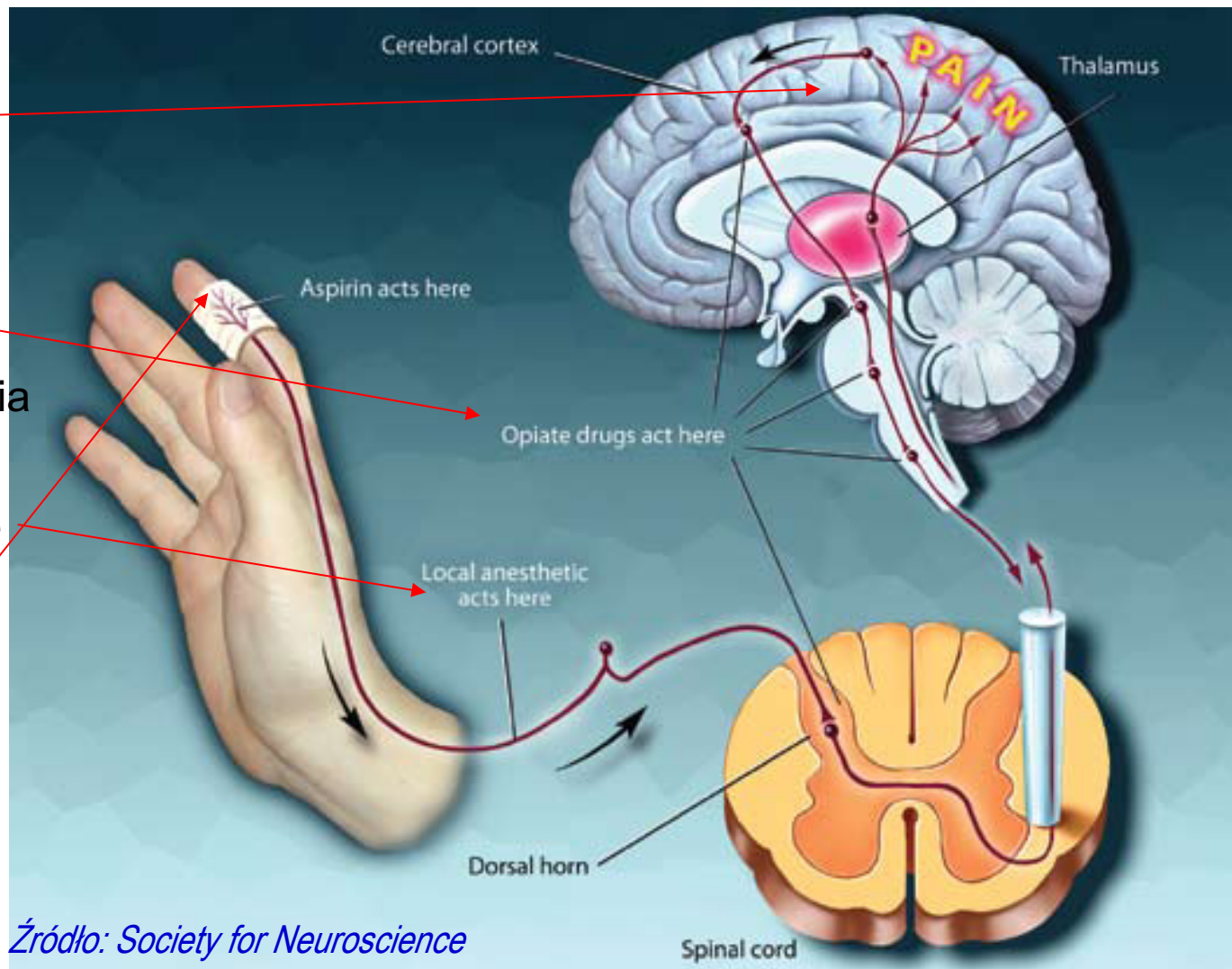
Jak działają leki przeciwbólowe?

Acetaminophen –
blokuje ból w samym
mózgu

Opiaty –
blokują transmisję
„sygnału bólu” z rdzenia
do mózgu

Lokalne znieczulenie
– blokuje transmisję
„sygnału bólu” w
nerwach obwodowych

Aspiryna –
blokuje produkcję
prostaglandyny
(hormonu)



Źródło: Society for Neuroscience

Odruchy

Odruch bezwarunkowy (ang. *reflex reaction*) – automatyczna (wrodzona) reakcja organizmu na bodziec wewnętrzny lub zewnętrzny, w której nie uczestniczy mózg

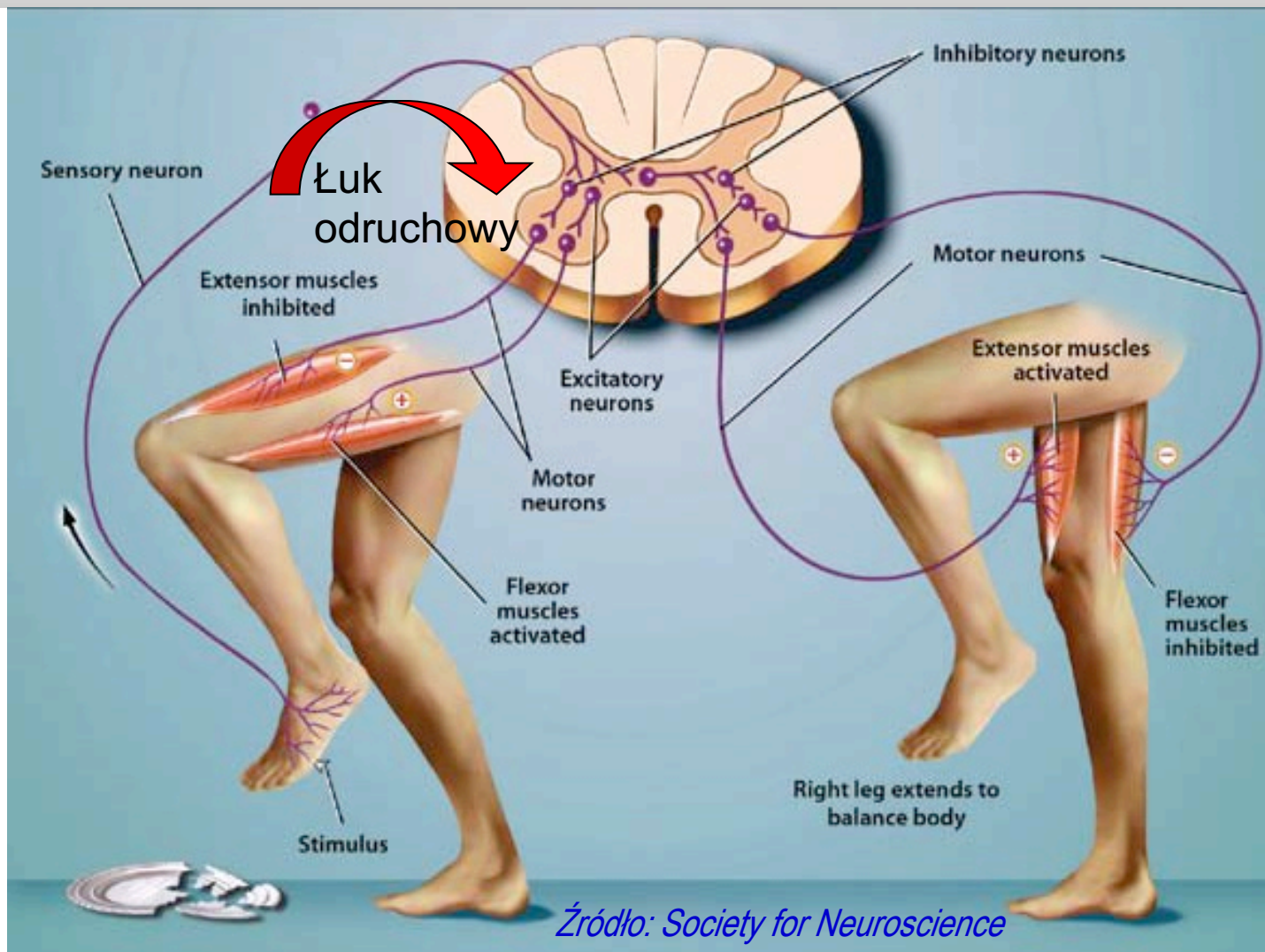
Przykłady odruchów bezwarunkowych :

- odruch akomodacji oka (zmiana kształtu soczewki)
- odruch źreniczny
- odruch rzepekowy, inaczej odruch kolanowy
- odruch chwytania u noworodków





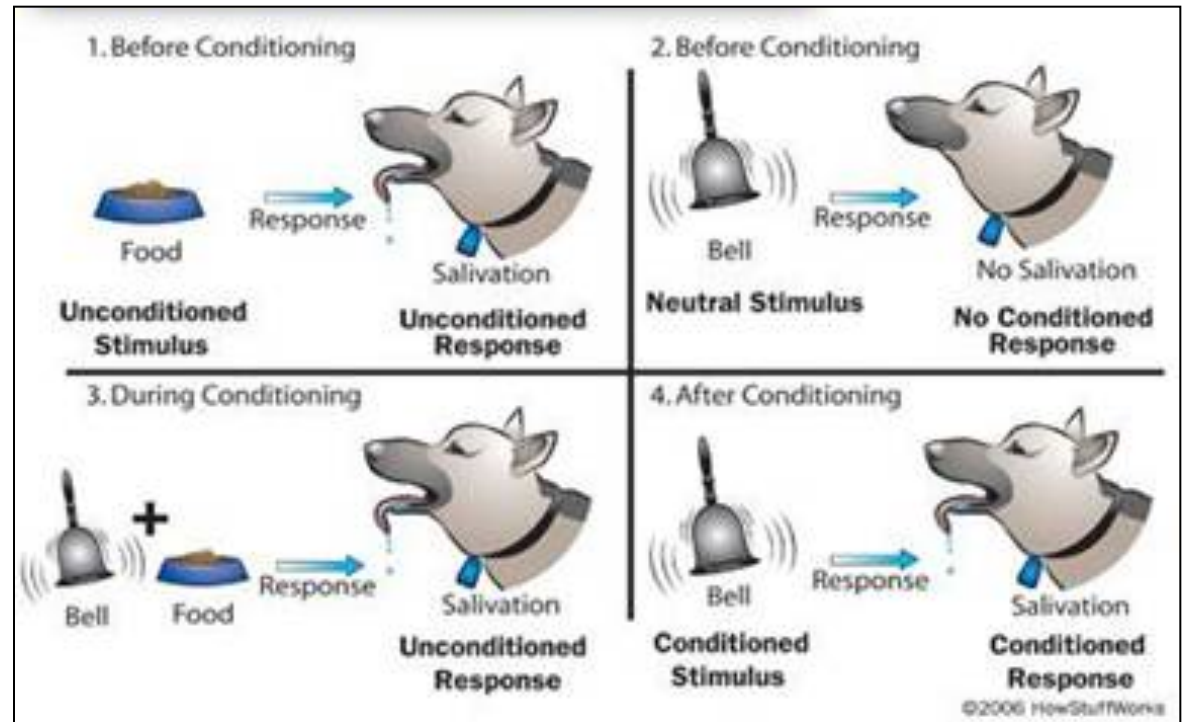
Odruch bezwarunkowy



Odruchy

Odruch warunkowy (ang. *conditioned response*) – nabyta reakcja organizmu, następuje po analizie bodźca przez ośrodek kojarzenia w pniu mózgu; odruch powstaje na skutek wielokrotnego powtarzania bodźców

Doświadczenie
Pawłowa
(1849-1936)





Zamierzony ruch

Czas reakcji ruchowej na bodźce:

wzrokowe - ok. 190ms
słuchowe - ok. 160ms
czuciowe (ból) - ok. 700ms (dotyk 150ms)

Czas reakcji zależy od wieku i wytrenowania

Prawo Fittsa (opisuje czas potrzebny do wskazania celu):

$$T = a + b \cdot \log_2 \left(1 + \frac{D}{W} \right)$$

gdzie:

T – czas wykonania ruchu.
 a, b – stałe dobrane empirycznie,
 D – odległość,
 W – rozmiar celu (tolerancja błędu).

Interpretacja?

Jak budować
dobre interfejsy?



Prawo Fitts'a

$$T = a + b \cdot \log_2 \left(1 + \frac{D}{W} \right)$$



Pamięć, emocje, ..., zmęczenie

Interesuje nas w jakim zakresie:

- parametry zmysłów,
- zdolności poznawcze
- inne parametry fizyczne i psychofizyczne (pamięć, emocje, stres, zmęczenie, ..)

powinny być uwzględniane w projektowaniu urządzeń i systemów obsługiwanych przez człowieka.

