



# Elektroniczna Aparatura Medyczna 2019

Mateusz Moderhak, EA106

[matmod@biomed.eti.pg.gda.pl](mailto:matmod@biomed.eti.pg.gda.pl)



# Plan wykładu



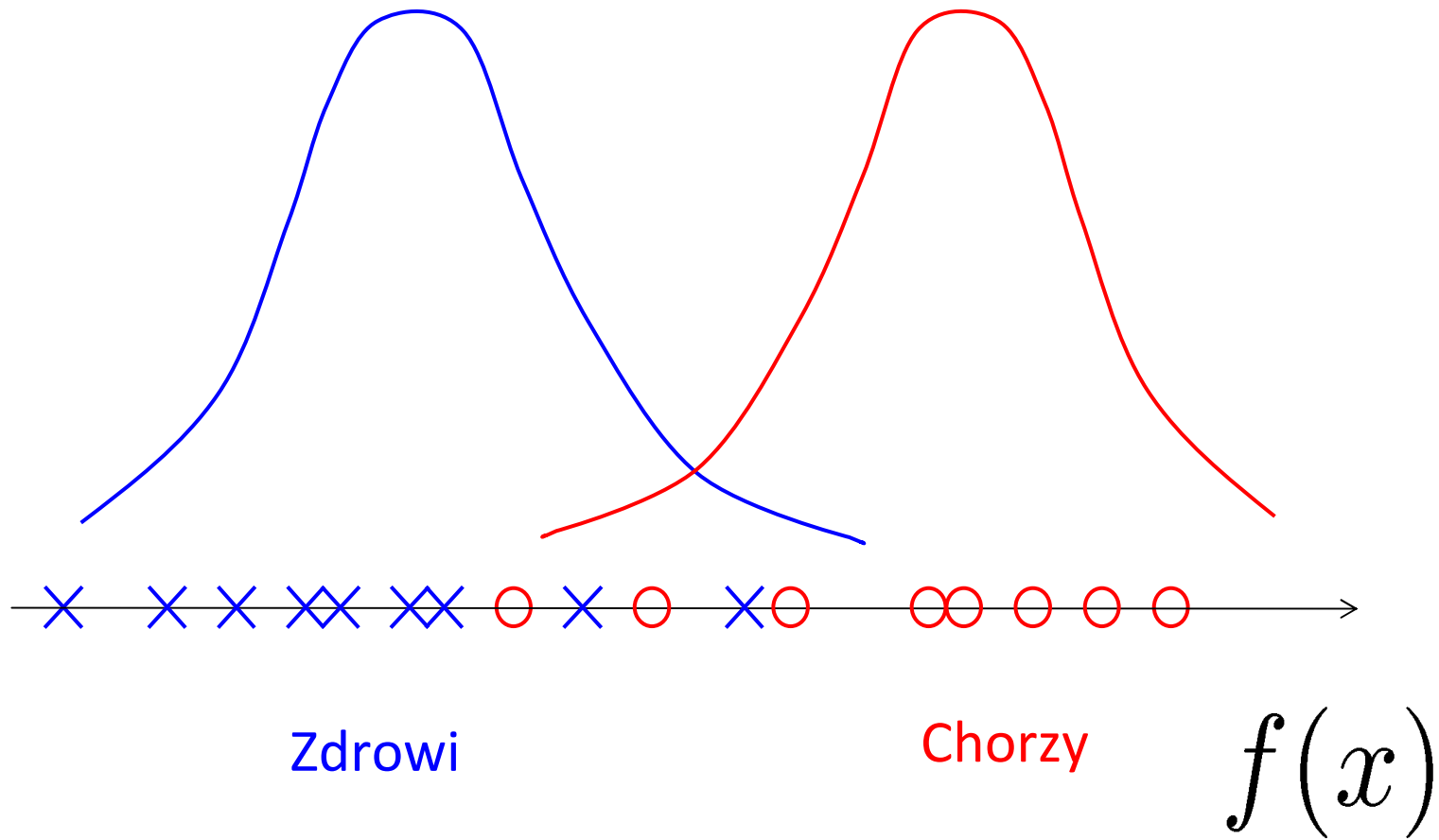
# Cechy wyrobu medycznego

- 1) „primum non nocere” - bezpieczeństwo
- 2) ??

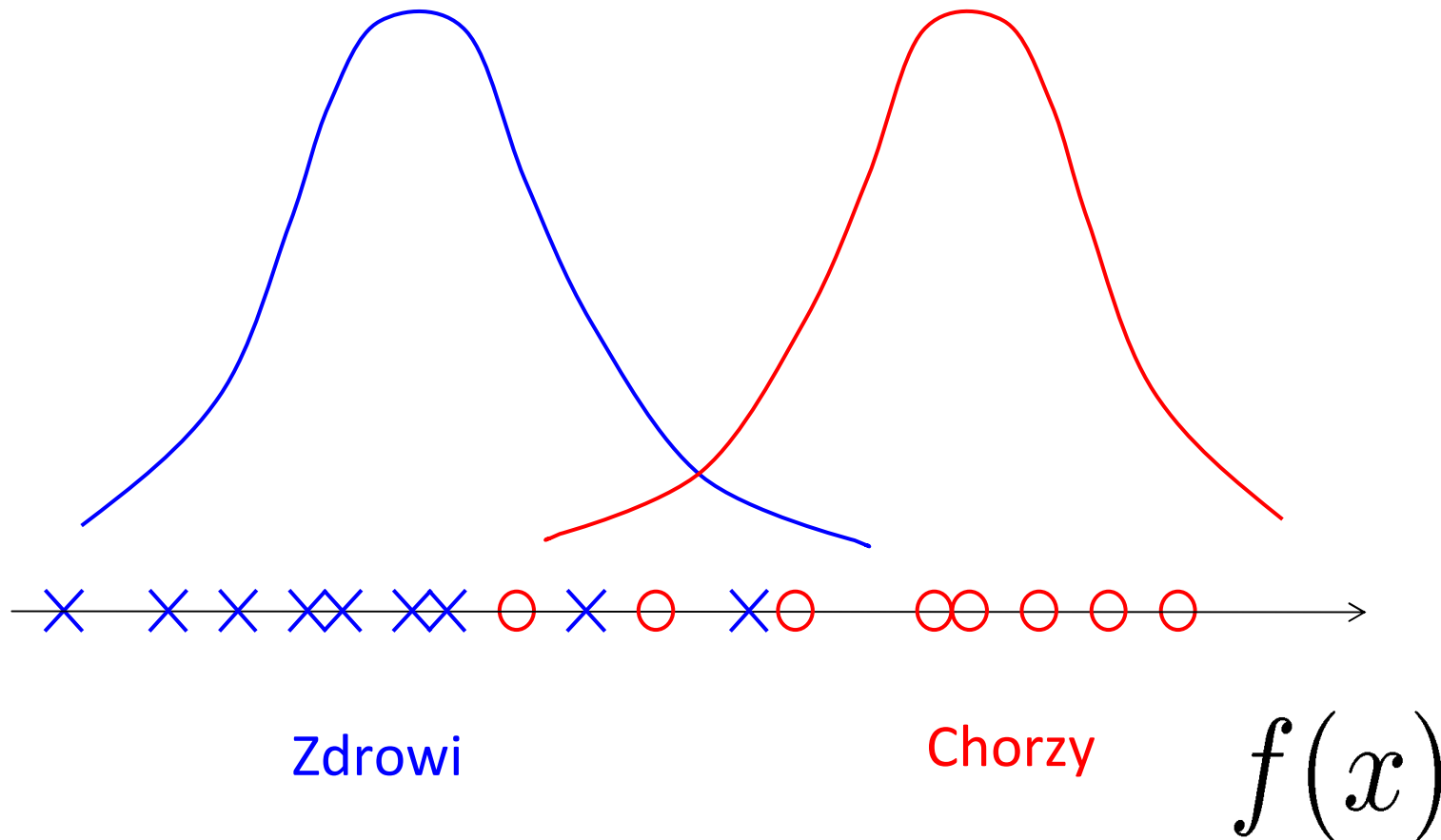


# Ocena wartości diagnostycznej



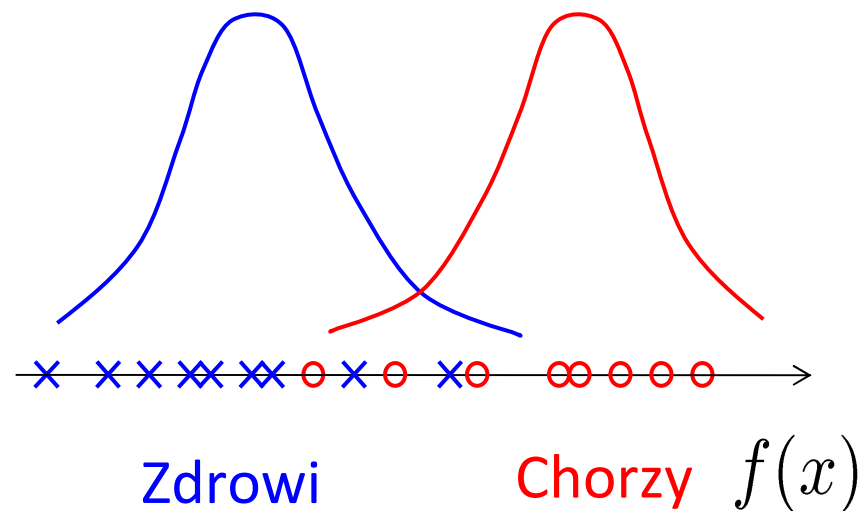


- Jaka wielkość jest na pionowej/poziomej osi współrzędnych?

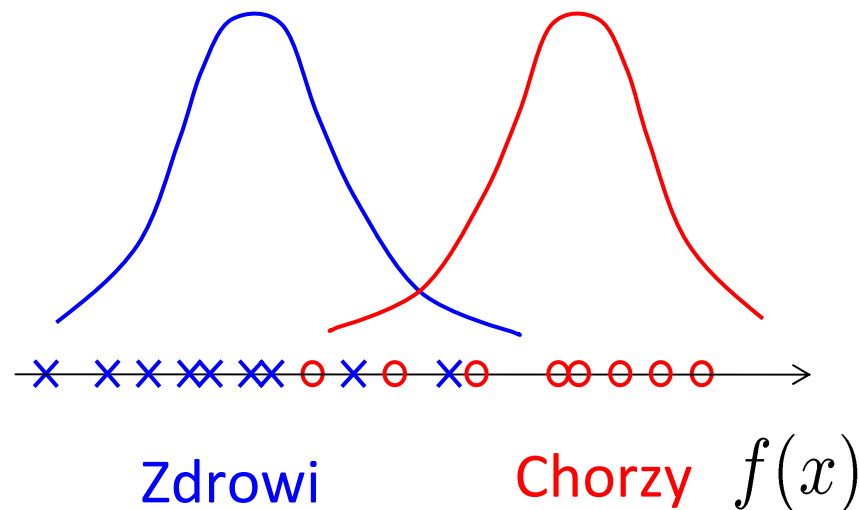




Zbiór wartości prawidłowych cechuje rozproszenie (dyspersja). Ponieważ przy przejściu od stanu zdrowia do stanu choroby najczęściej obserwuje się stopniowe zmiany wartości prawidłowych do nieprawidłowych rozgraniczenie wartości mierzonych na właściwe dla grupy chorych i grupy zdrowych musi mieć charakter umowny.



- Wartość graniczna (wartość odcięcia) – kryterium rozdzielające wyniki prawidłowe od wyników uznanych za nieprawidłowe
- Zawsze pewna ilość osób zdrowych będzie mieć wartości mierzonego parametru poza wartością graniczną
- W grupie osób chorych pewna ilość badanych będzie mieć wartości mierzone poniżej wartości granicznej, a więc mieszczące się w zakresie referencyjnym





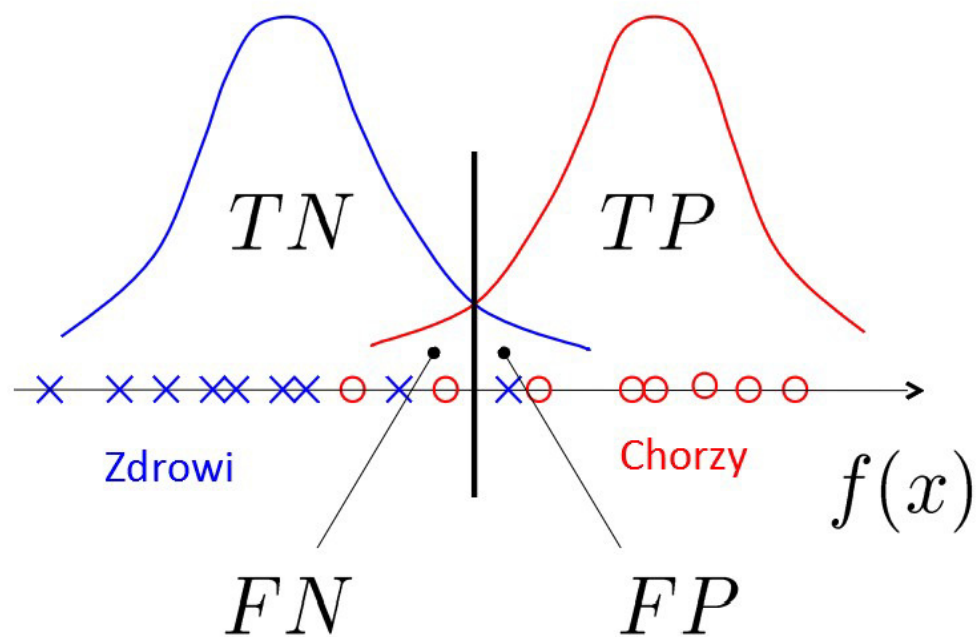


**TP=PD** – wyniki prawdziwie dodatnie

**TN=PU** – wyniki prawdziwie ujemne

**FP=FD** – wyniki fałszywie dodatnie

**FN=FU** – wyniki fałszywie ujemne



# Czułość diagnostyczna

- Stosunek wyników prawdziwie dodatnich do sumy prawdziwie dodatnich i fałszywie ujemnych
- Określa zdolność testu do wykrywania osób chorych
- Odnosi się tylko do populacji osób chorych

$$\text{czułość} = \frac{PD}{PD + FU} \times 100\%$$

# Swoistość diagnostyczna

- Stosunek wyników prawdziwie ujemnych do sumy prawdziwie ujemnych i fałszywie dodatnich
- Określa zdolność testu do wykrywania osób zdrowych (poprawnego wykluczenia choroby)
- Odnosi się tylko do populacji osób zdrowych

$$\text{swoistość} = \frac{PU}{PU + FD} \times 100\%$$

# Wartość predykcyjna dodatnia PPV

- Stosunek wyników prawdziwie dodatnich do sumy wyników prawdziwie dodatnich i fałszywie dodatnich (wszystkich wyników dodatnich)
- Proporcja osób rzeczywiście chorych wśród osób z dodatnim wynikiem testu

$$\begin{array}{l} \text{wartość} \\ \text{predykcyjna} \\ \text{dodatnia} \end{array} = \frac{PD}{PD + FD} \times 100\%$$

# Wartość predykcyjna dodatnia PPV

- Prawdopodobieństwo, że osobnik miał chorobę mając pozytywny wynik testu
- Jeśli więc badana osoba otrzymała pozytywny wynik testu, to PPV daje jej informację na ile może być pewna, że cierpi na daną chorobę

# Wartość predykcyjna ujemna NPV

- Stosunek wyników prawdziwie ujemnych do sumy wyników prawdziwie ujemnych i fałszywie ujemnych (wszystkich wyników ujemnych)
- Proporcja osób zdrowych wśród osób z ujemnym wynikiem testu

$$\begin{array}{l} \text{wartość} \\ \text{predykcyjna} \\ \text{ujemna} \end{array} = \frac{PU}{PU + FU} \times 100\%$$

# Wartość predykcyjna ujemna NPV

- Prawdopodobieństwo, że osobnik nie miał choroby mając negatywny wynik testu
- Jeśli więc badana osoba otrzymała negatywny wynik testu, to NPV daje jej informację na ile może być pewna, że nie cierpi na daną chorobę

# Wiarygodność testu

- Stopień, w jakim wyniki badania odzwierciedlają rzeczywistość
- Odsetek pacjentów prawidłowo zakwalifikowanych jako zdrowi lub jako chorzy

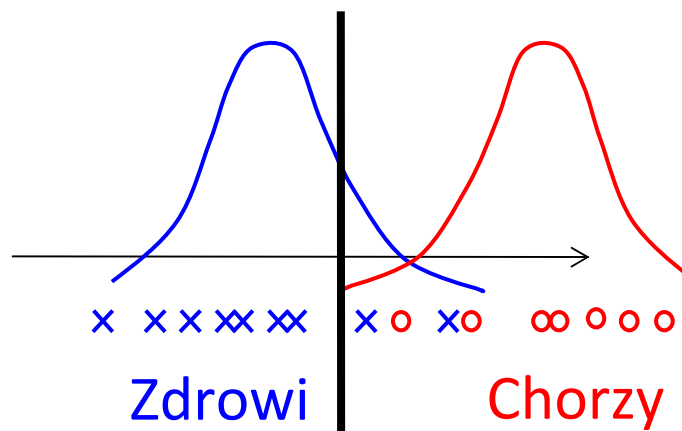
$$\text{wiarygodność} = \frac{PD + PU}{PD + PU + FD + FU} \times 100\%$$



# Kryteria ustalania wartości decyzyjnej

- Cel badania (przesiewowe, potwierdzające)
- „strata społeczna”
- Częstość choroby w populacji

## ■ Przesunięcie punktu odcięcia **w lewo**

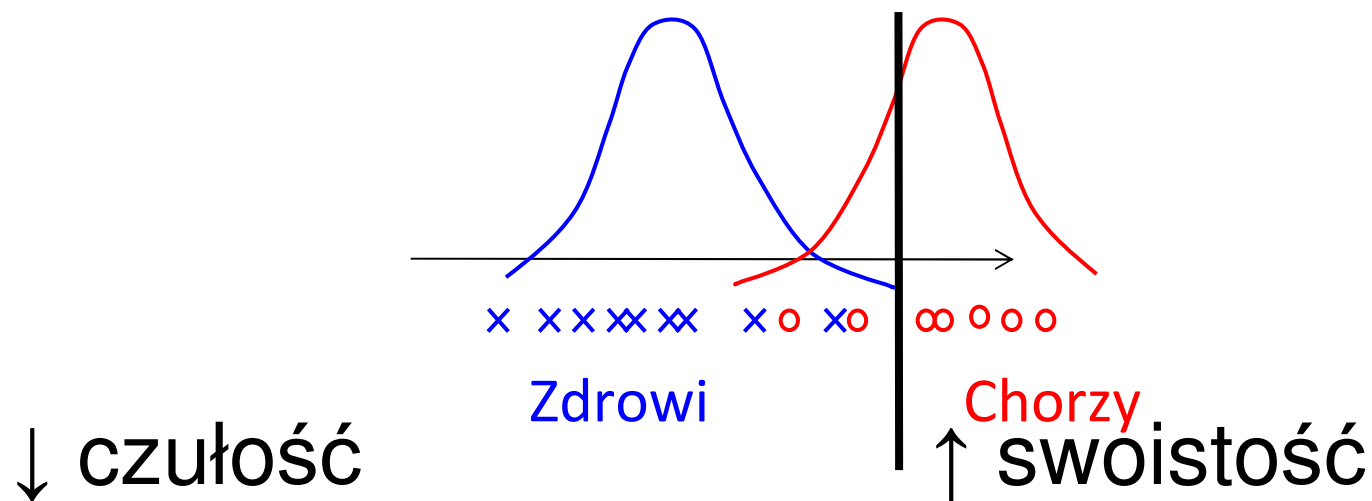


↑ czułość

↓ swoistość

Kiedy zależy nam na wykryciu wszystkich osób chorych, np. badania przesiewowe (np. wykrywanie fenylketonurii).

## ■ Przesunięcie punktu odcięcia w prawo



Kiedy zależy nam na wykluczeniu wszystkich osób zdrowych, np. jeśli trzeba zdecydować o bardzo inwazyjnym leczeniu.



# Przykład:

- Dane:
  - N badanych: 1000
  - TP = 10
  - Czułość = 1 (100%)
  - Swoistość = 0.95 (95%)
- Szukane:
  - TN, FP, FN ?
  - Prawdopodobieństwo, że osoba zdiagnozowana pozytywnie jest „chora”?



# Wnioski

- Konsekwencje sytuacji?
- Jak zaradzić?



# Przykładowe testy medyczne:

pdf



# Potencjały błonowe

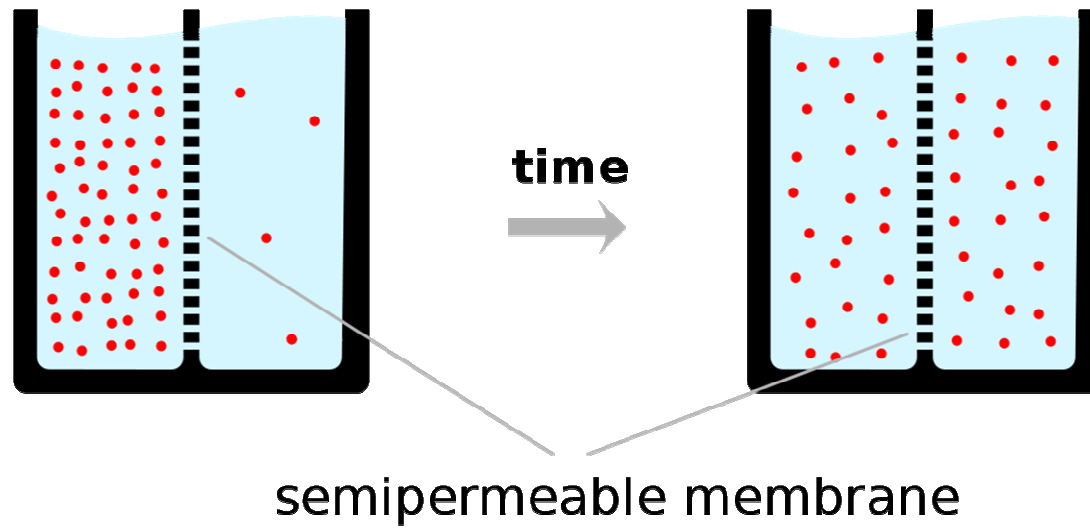
- Jest podstawą:
  - EKG
  - EMG
  - EEG
  - Elektrostymulacji
  - Defibrylacji, kardiowersji
  - ...



# Prąd elektryczny w ciele ludzkim

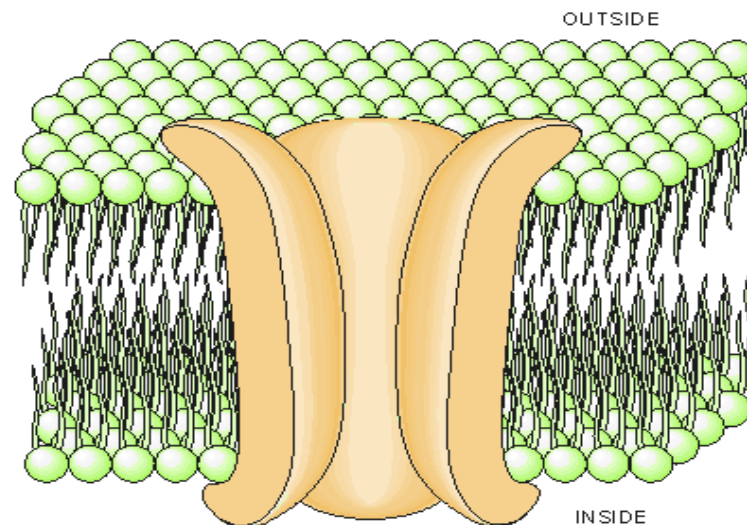
- Skąd?
- Jaki to prąd?





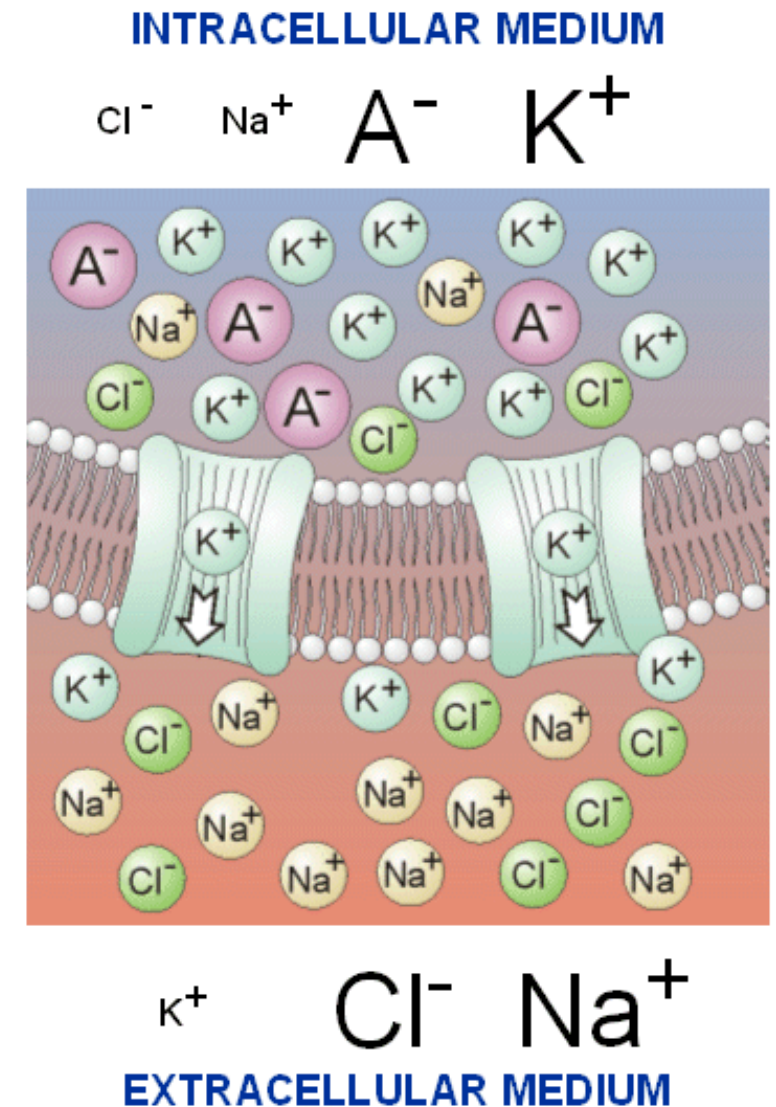
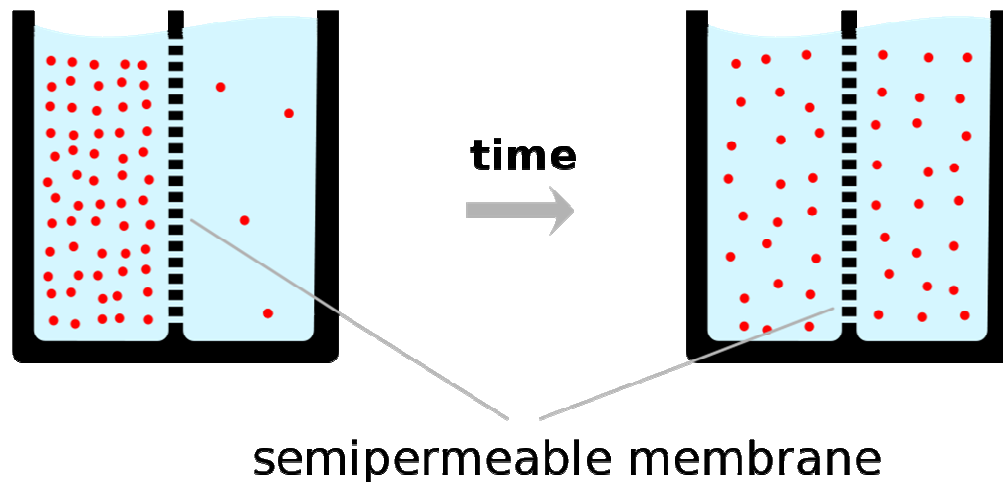
# Błona komórkowa

- Błona komórkowa – półprzepuszczalna błona biologiczna oddzielająca wnętrze komórki od świata zewnętrznego. Jest ona złożona z dwóch warstw fosfolipidów oraz białek, z których niektóre są luźno związane z powierzchnią błony (białka powierzchniowe), a inne przebijają błonę (białka przezbłonowe) lub są w niej mocno osadzone motywem białkowym lub niebiałkowym (białka błonowe).



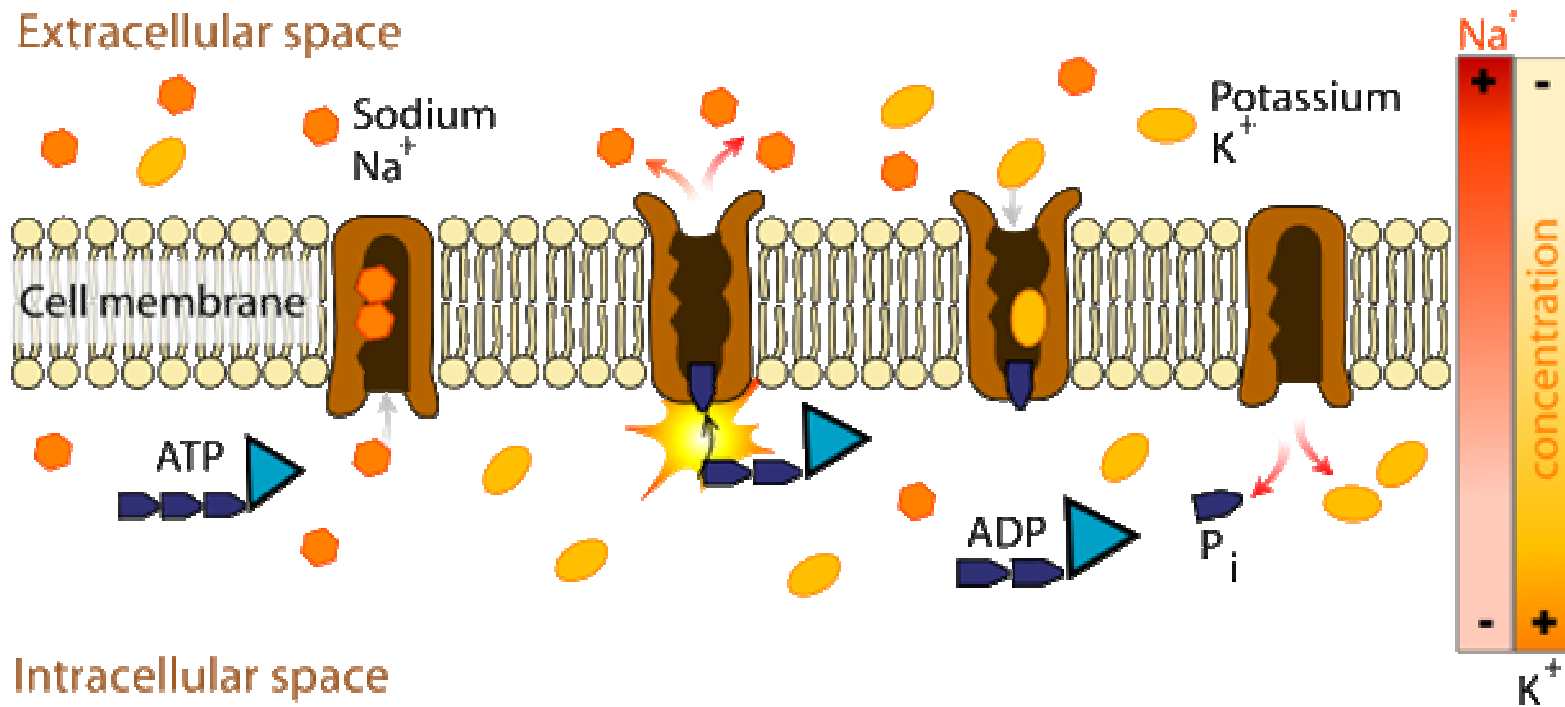
# Mechanizm: dyfuzja przez kanały sodowo-potasowe

- Może występować pasywnie lub aktywnie na drodze różnicy stężeń



# Mechanizm aktywny pompa sodowo-potasowa

- Wykorzystuje energię z konwersji ATP na ADP do transportu jonów wbrew gradientowi stężeń



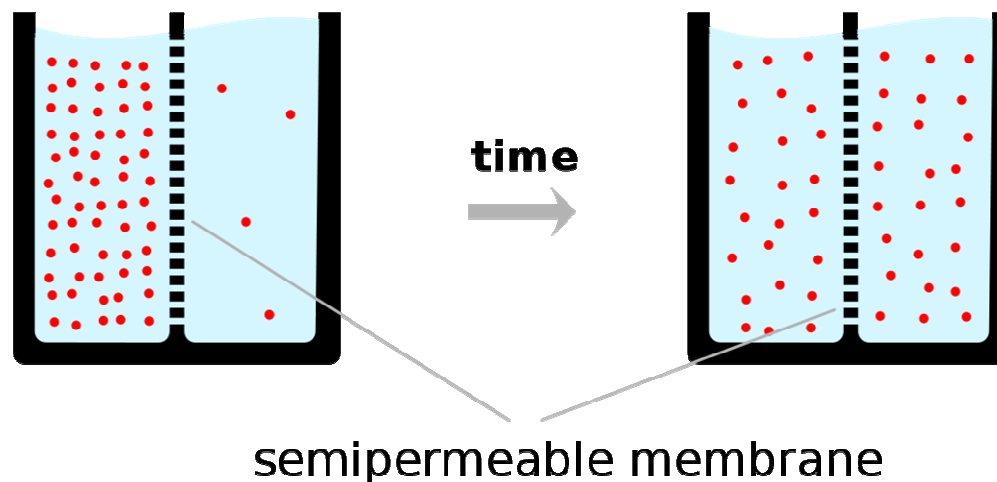


# Potencjał Nernsta

- Jeśli po dwu stronach przegrody przepuszczalnej dla jonów wytworzyć różnicę stężeń tych jonów, to na skutek dyfuzji będą one przechodziły z przedziału o stężeniu wyższym do przedziału o stężeniu niższym.
- Przepływ jonów pomiędzy przedziałami można zatrzymać wytwarzając pomiędzy nimi odpowiednią różnicę potencjałów. Pole elektryczne będzie powodowało ruch jonów (migrację) w stronę przeciwną do kierunku ich ruchu związanego z dyfuzją.

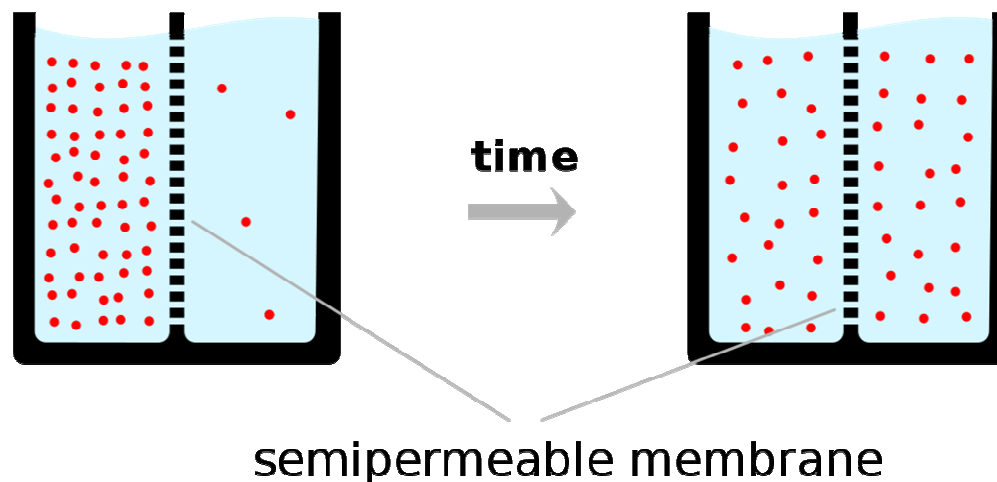
# Potencjał Nernsta

- W ten sposób może dojść do równowagi pomiędzy strumieniem dyfuzyjnym i migracyjnym. Tym samym całkowity strumień przez przegrodę będzie równy zero i stężenia jonów w obu przedziałach przestaną się zmieniać. Wartość różnicy potencjałów przy której dochodzi do takiej równowagi nazywamy potencjałem równowagi (Nernsta).



# Potencjał Nernsta

- Rozważmy sytuację, gdy w roztworze znajdują się dwa rodzaje jonów (np.  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$ ) zaś przegroda jest selektywna, to znaczy przepuszcza tylko jeden rodzaj jonów (np.  $\text{Na}^+$ ). Wówczas dyfuzyjne przechodzenie tych jonów z jednego przedziału do drugiego powoduje, że pomiędzy przedziałami wytwarza się różnica potencjałów elektrycznych.





# Potencjał Nernsta

- W układzie takim transport jonów będzie zachodził zatem do chwili, gdy rosnąca różnica potencjałów nie osiągnie wartości potencjału równowagi dla tych jonów.
- Wartość potencjału równowagi zależy od wartości stężeń przenikających jonów w obu przedziałach
- Potencjał równowagi dla rozpatrywanych jonów sodowych przedstawia wzór Nernsta:



# Potencjał Nernsta

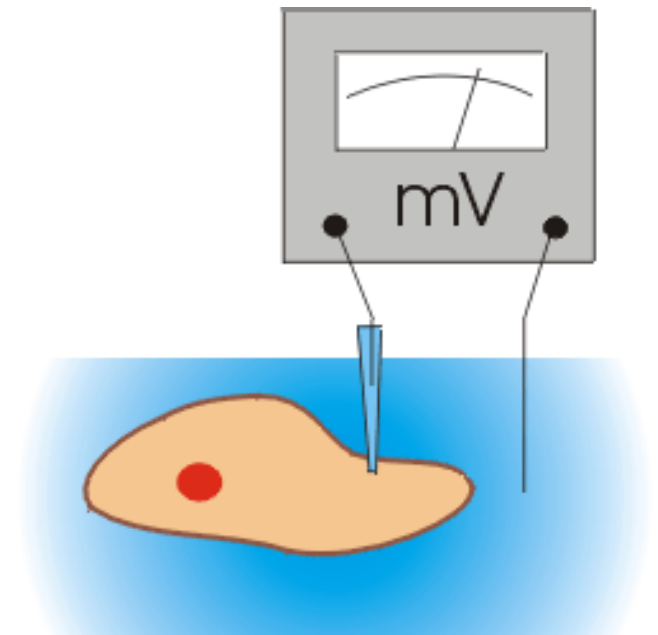
$$V_{Na} = \frac{RT}{zF} \ln\left(\frac{c_1}{c_2}\right)$$

- gdzie:
  - R oznacza stałą gazową, T - temperaturę, z - wartościowość jonu, F - stałą Faraday'a, c1, c2 – stężenie jonów Na po obu stronach przegrody.




Rodzaj jonu	Stęż. zewn. kom.	Stęż. wewn. kom.
K <sup>+</sup>	4 mM	140 mM
Na <sup>+</sup>	144 mM	ok. 10 mM
Cl <sup>-</sup>	114 mM	ok. 4 mM

# Potencjał błonowy:



- Potencjałem błonowym lub membranowym nazywamy różnicę potencjałów pomiędzy wnętrzem komórki i jej otoczeniem:  $V_m = V_w - V_z$
- Wygodnie jest przyjąć (i taka jest obowiązująca konwencja), że potencjał po zewnętrznej stronie błony wynosi zero. **W takim razie napięcie pomiędzy stronami błony jest potencjałem wnętrza komórki mierzonym względem jej otoczenia.**



# Potencjał spoczynkowy komórki

- Większość żywych komórek utrzymuje stałą wartość różnicy potencjałów pomiędzy swym wnętrzem a otoczeniem. Ten stały potencjał wnętrza komórki względem jej otoczenia nazywamy potencjałem spoczynkowym.
- Zdolność komórki do utrzymywania stałej wartości potencjału spoczynkowego związana jest bezpośrednio z istnieniem różnicy stężeń niektórych jonów pomiędzy wnętrzem i otoczeniem komórki.

# Potencjał spoczynkowy komórki

- Dla większości komórek jonami "najważniejszymi" z punktu widzenia potencjału spoczynkowego są jony sodu, potasu oraz chlorkowe.


Rodzaj jonu	Stęż. zewn. kom.	Stęż. wewn. kom.
K <sup>+</sup>	4 mM	140 mM
Na <sup>+</sup>	144 mM	ok. 10 mM
Cl <sup>-</sup>	114 mM	ok. 4 mM

# Potencjał spoczynkowy komórki


- Stała wartość potencjału błonowego może być utrzymana jedynie wtedy, gdy całkowity ładunek przepływający przez błonę jest równy zeru (w przeciwnym razie następowałaby zmiana ładunku błony i związana z tym zmiana potencjału):

- $I_{K^+} + I_{Na^+} + I_{Cl^-} = 0$

- Błona komórki jest przepuszczalna dla jonów - w stanie spoczynku najlepiej przepuszczane są jony potasu, gorzej chlorkowe, najgorzej zaś sodowe.




<b>Cell types</b>	<b>Resting potential</b>
Hair cell (Cochlea)	-15 to -40mV <sup>[4]</sup>
Skeletal muscle cells	-95 mV <sup>[5]</sup>
Smooth muscle cells	-60 mV
Astroglia	-80 to -90 mV
Neurons	-60 to -70 mV <sup>[6]</sup>
Erythrocytes	-8.4 mV <sup>[7]</sup>
Chondrocytes	-8mV <sup>[6]</sup>
Aorta Smooth muscle tissue	-45mV <sup>[6]</sup>
Photoreceptor cells	-40 mV



# Potencjał czynnościowy komórek:

- Niektóre z komórek, oprócz utrzymywania potencjału spoczynkowego są zdolne dodatkowo do szybkiej i krótkotrwałej zmiany potencjału błonowego - komórki pobudliwe. Komórki nie posiadające tej zdolności nazywamy niepobudliwymi.
- **Chwilową, impulsową zmianę potencjału błony komórkowej będziemy nazywali potencjałem czynnościowym.**





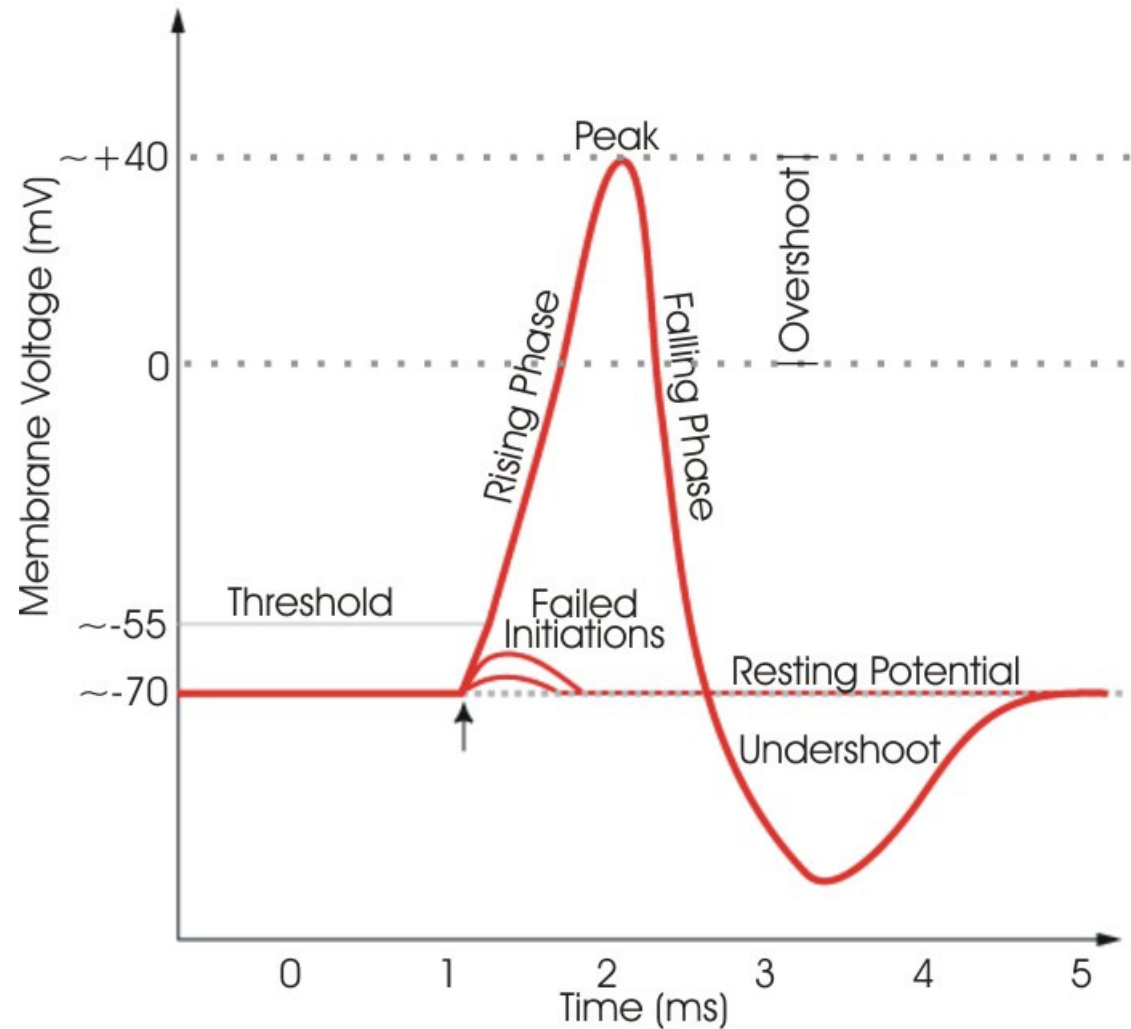
# Potencjał czynnościowy komórek:

- Potencjał czynnościowy powstaje w komórce pobudliwej, gdy potencjał jej błony przekroczy pewną graniczną wartość nazywaną progiem pobudzenia.
- Wielkość bodźca pobudzającego ma znaczenie jedynie dla powstania pojedynczego potencjału czynnościowego - nie ma ona natomiast wpływu na jego przebieg.

1. gwałtowny wzrost potencjału błonowego  
**depolaryzacja**

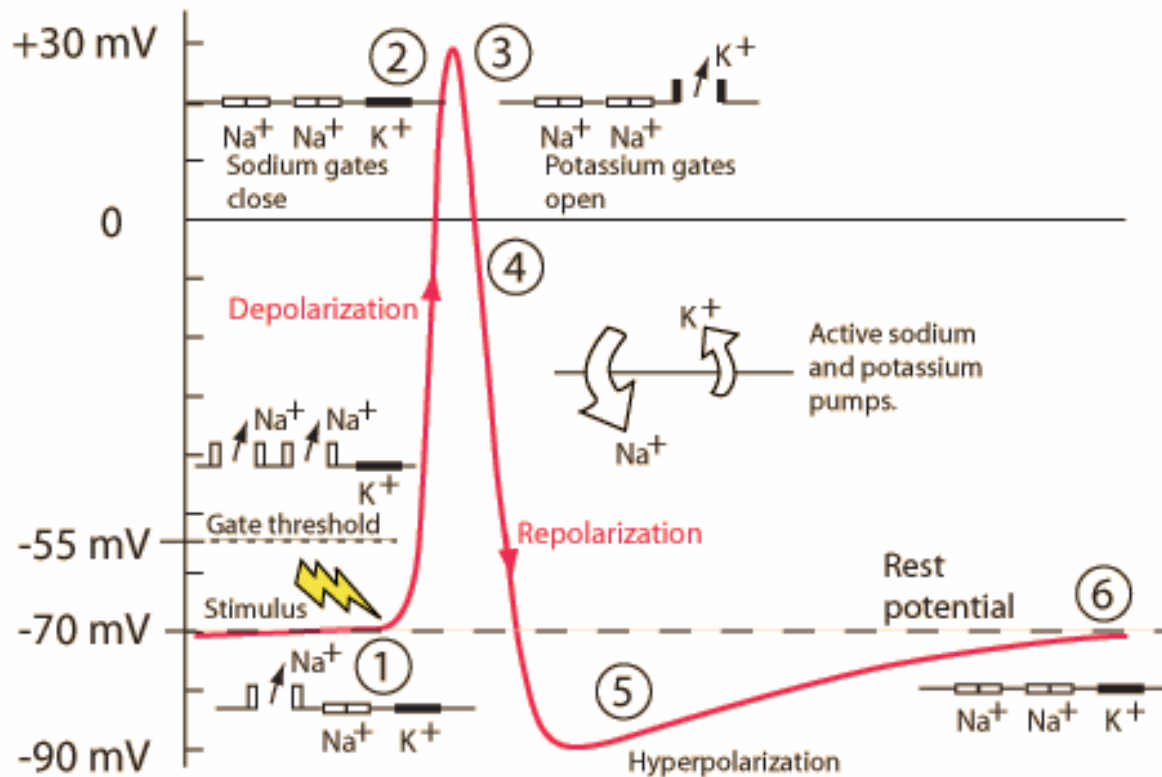
2. spadek potencjału błony  
**repolaryzacja**

3. potencjał błony jest niższy od potencjału spoczynkowego  
**hiperpolaryzacja**





Rodzaj jonu	Stęż. zewn. kom.	Stęż. wewn. kom.
K <sup>+</sup>	4 mM	140 mM
Na <sup>+</sup>	144 mM	ok. 10 mM
Cl <sup>-</sup>	114 mM	ok. 4 mM

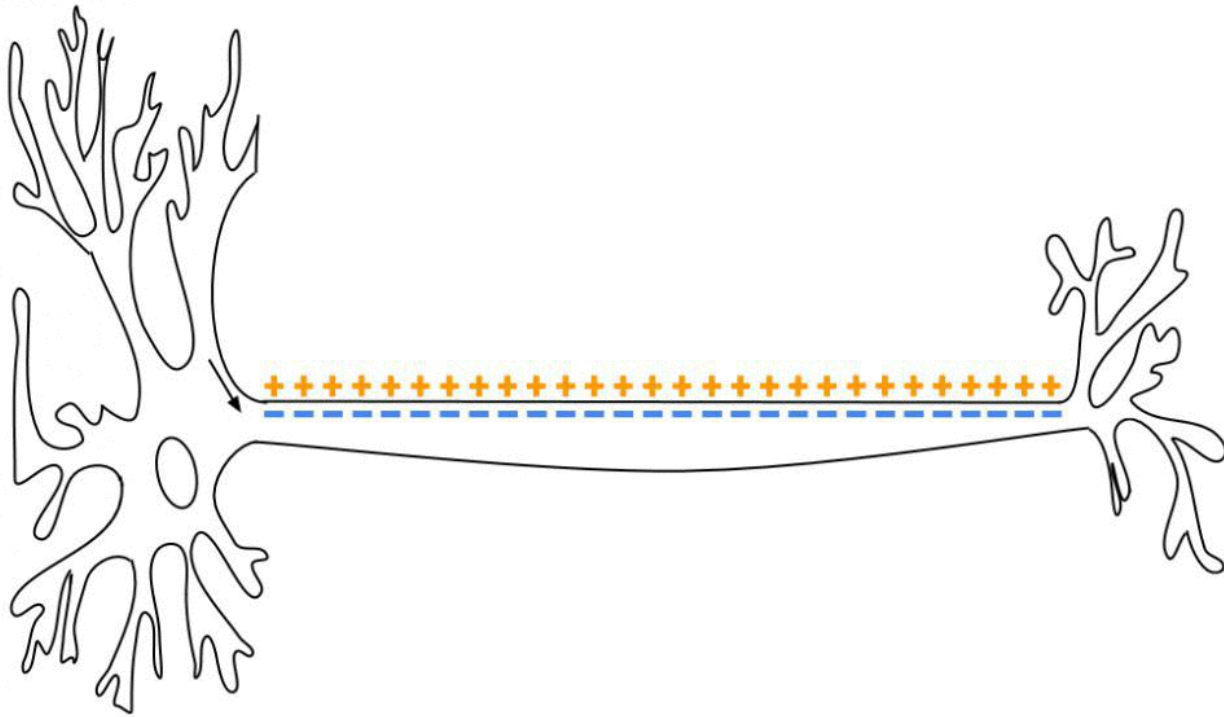


### Depolaryzacja:

- migracja jonów sodu zgodnie z gradientem stężeń

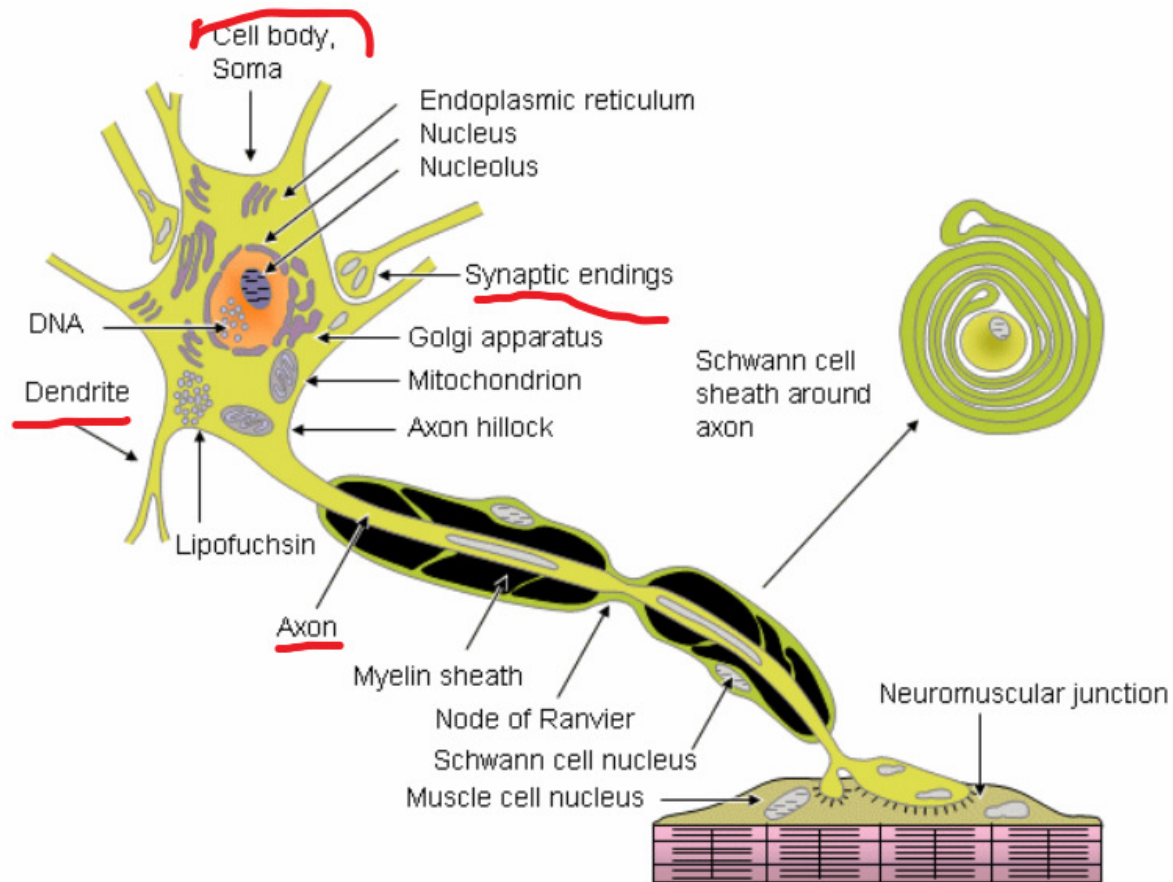
### Repolaryzacja:

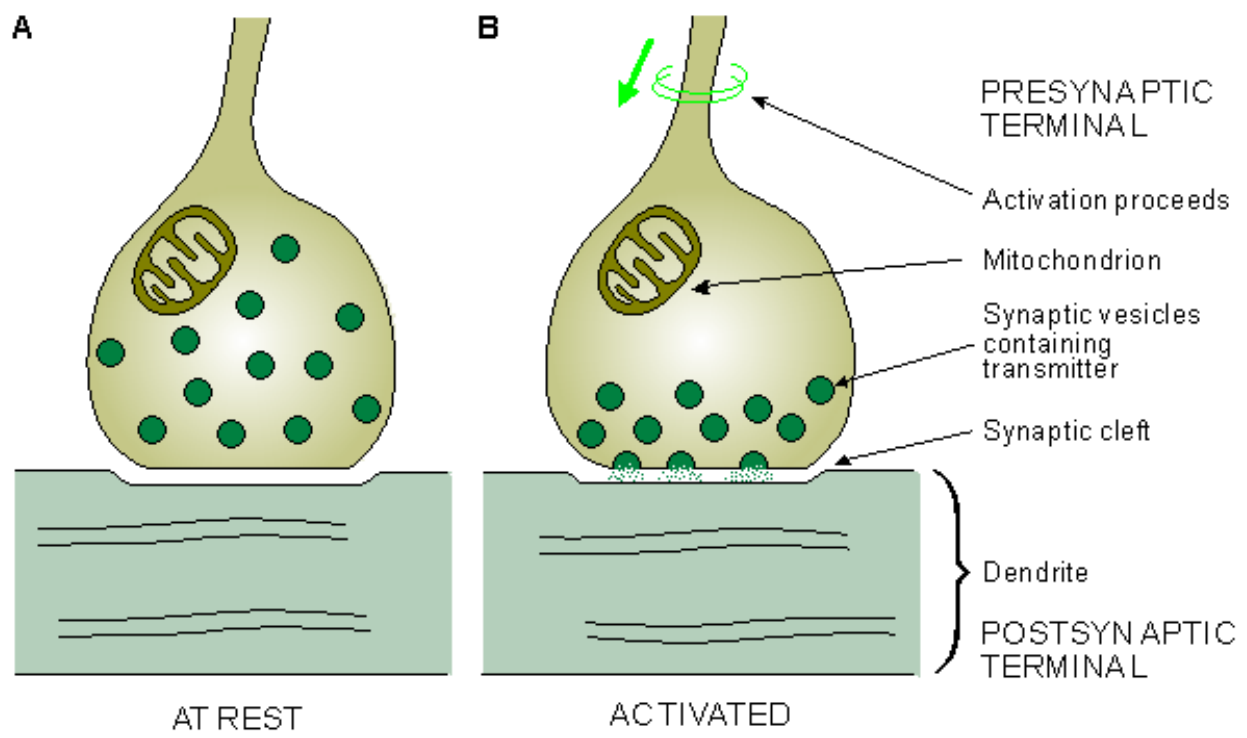
- koniec migracji Na,
- początek migracji K,
- początek pracy pompy sodowo-potasowej



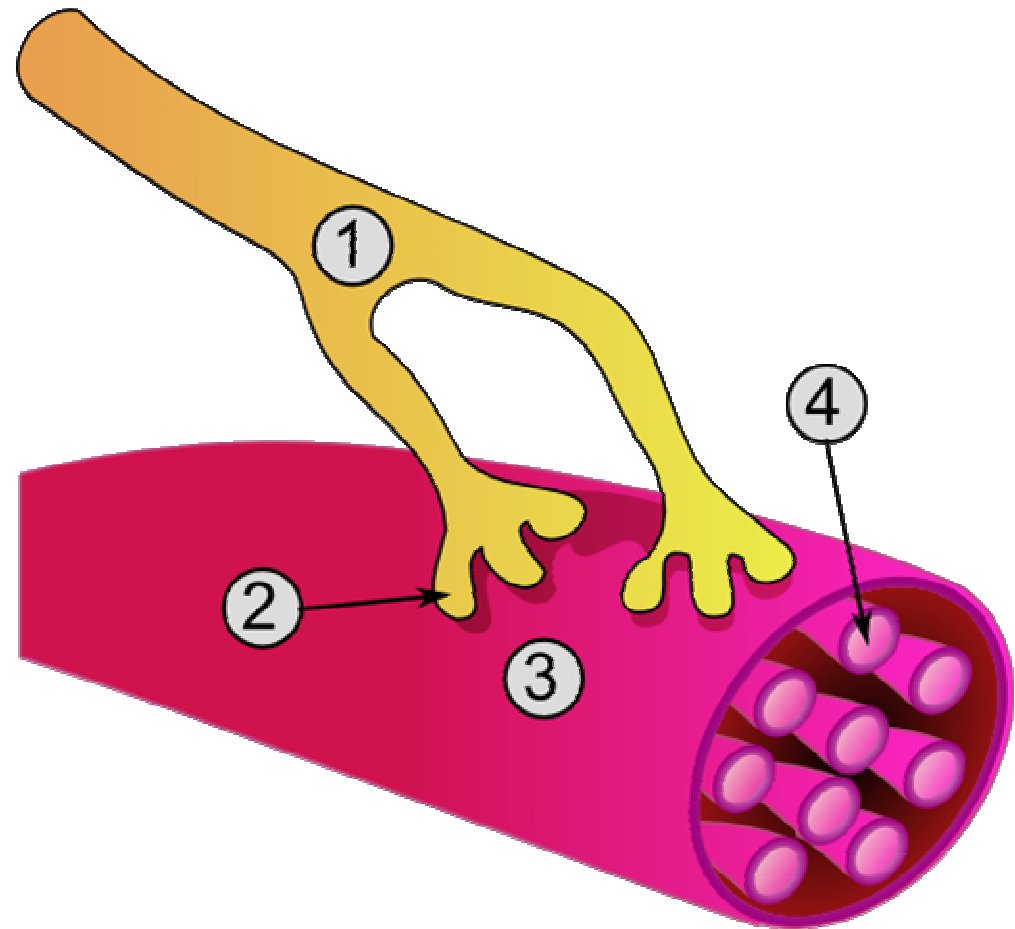
MakeAGIF.com

# Komórka nerwowa





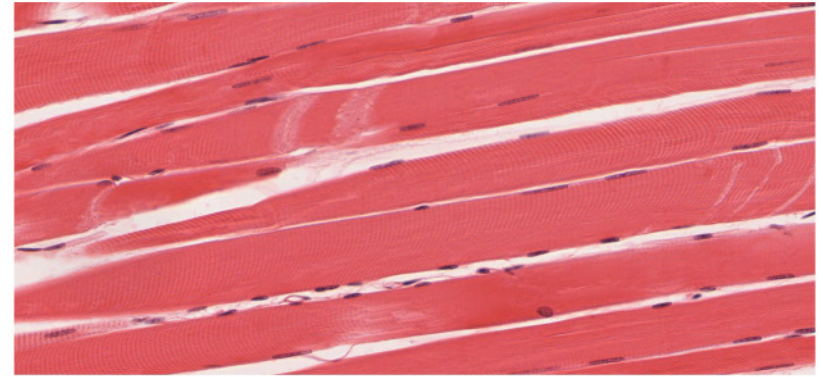
# Włókna mięśniowe



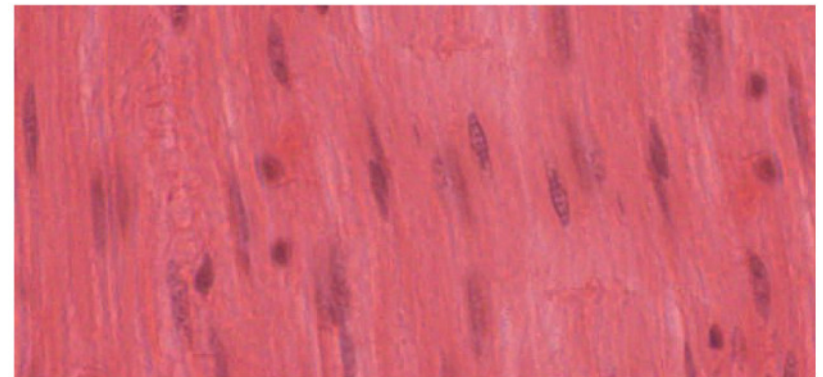
1. Axon
2. Połączenie neuronu z mięśniem
3. Miocyt (włókno mięśniowe)
4. Miofibryl (pojedyncza wiązka włókna mięśniowego)

# Włókna mięśniowe

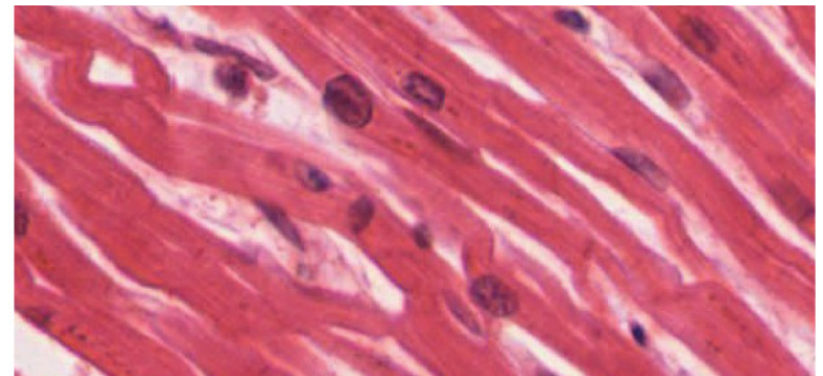
- Tkanka mięśniowa szkieletowa
- Tkanka mięśniowa gładka
- Tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana (serce)



(a)



(b)



(c)





**Dziękuję za uwagę**