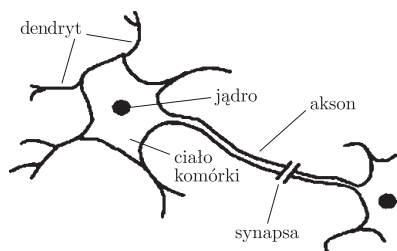


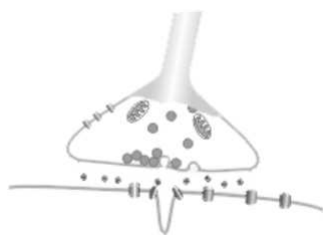
## Jak działa neuron?

W poprzednich numerach pisaliśmy, jak informację mogą przetwarzać pojedyncze cząsteczki chemiczne (białka) czy ich zespoły (systemy regulacji genów). Przyszedł czas omówić całe komórki. Które komórki bardziej się nadają do omówienia tych kwestii od komórek nerwowych? Cóż, w istocie ich działanie to zaledwie najprostszy przykład przetwarzania informacji przez komórki. Ciało neuronu tworzy wiele wypustek, z których jedna, przesyłająca sygnał, nazywana jest aksonem, pozostałe zaś, odbierające sygnały, dendrytami.



Neuron

Komórka jest otoczona błoną, która jest dobrym izolatorem elektrycznym. Neuron aktywnie utrzymuje różnicę potencjałów pomiędzy swoim środkiem a powierzchnią – po prostu stale wypompowuje kationy sodu na zewnątrz. Co prawda, w ich miejsce dość swobodnie napływają kationy potasowe, jednak nie mogą w pełni zrównoważyć potencjału powstałego w wyniku wypompowywania jonów sodowych, bowiem ich napływ ogranicza powstająca różnica ich stężeń pomiędzy wnętrzem komórki a jej otoczeniem, czyli nierównowaga osmotyczna. Błona komórkowa jest więc w istocie izolatorem miniaturowego kondensatora. Różnica potencjałów na błonie zależy od subtelnej równowagi pomiędzy stężeniem kationów sodowych, których wewnątrz komórki jest mało, a kationów potasowych, których jest tam nadmiar w stosunku do otoczenia. Aniony zazwyczaj niemal nie przenikają przez błonę. Komórka nerwowa odbiera sygnały od innych komórek nerwowych w miejscach zwanych synapsami. Są to niewielkie obszary, w których błony dwóch sąsiadujących ze sobą komórek są blisko siebie.

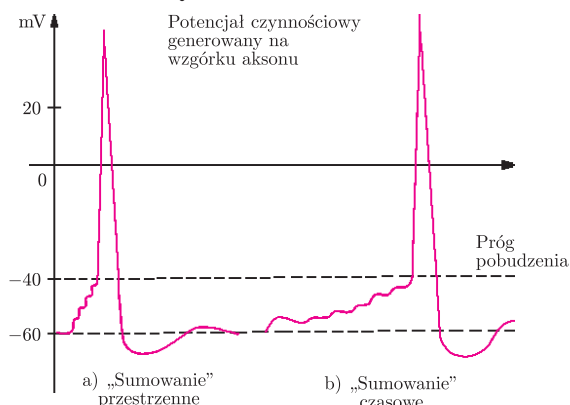


Synapsa

Komórka, żeby przekazać sygnał, wydziela pomiędzy błony porcje zawierające np. po kilka tysięcy cząsteczek substancji chemicznych – neurotransmiterów. Cząsteczki te dyfundują poprzez szczelinę synaptyczną w czasie około 2 ms i łączą się z białkami zakotwiczonymi w błonie komórki docelowej. W najprostszym przypadku białka te są tzw. kanałami jonowymi, które po aktywacji przez neurotransmiter wybiórczo przepuszczają jony sodu do wnętrza komórki.

Powoduje to zmniejszenie różnicy potencjałów pomiędzy wewnętrzną a zewnętrzną stroną błony neuronu.

Aktywacja jednej synapsy powoduje tylko nieznaczną zmianę potencjału błonowego, ale działanie wielu synaps się sumuje. Gdy osiągnie pewną wartość progową, otwierają się zależne od napięcia kanały sodowe, które przepuszczają te jony do wnętrza komórki, czyli wzmacniają aktywację. Powoduje to otwieranie kolejnych, coraz dalej położonych kanałów sodowych. W efekcie pojawia się fala zaniku różnicy potencjałów i fala otwierających się kanałów sodowych przesuująca się po błonie komórkowej od miejsca aktywacji do końca komórki, którym najczęściej jest akson. Kanały sodowe po krótkotrwałym otwarciu, zainicjowanym spadkiem różnicy potencjałów na błonie – zamykają się i przez kilka ms stają się niewrażliwe na pobudzenie. Z pewnym opóźnieniem otwierają się kanały potasowe, które przepuszczają jony na zewnątrz komórki. Dzięki nim dochodzi do odbudowania spoczynkowego potencjału w czasie rzędu 1 ms. Ponieważ kanały sodowe są niewrażliwe na pobudzenie jeszcze przez jakiś czas, sygnał nerwowy może rozchodzić się tylko w jednym kierunku od miejsca pobudzenia na zewnątrz.



Wykres potencjału czynnościowego

Gdy fala pobudzenia (tzw. potencjał czynnościowy) dojdzie do synaps znajdujących się w aksonie, powoduje wyrzucanie zawartości pęcherzyków z neurotransmiterem do szczeliny synaptycznej, czyli przekazanie sygnału do następnego neuronu. Inny rodzaj kanałów jonowych otwieranych po związaniu cząsteczki neurotransmitera (np. kwasu gamma amino masłowego – GABA) otwiera się dla anionów chlorkowych, które buforują zmiany potencjału wywołane otwieraniem się kanałów sodowych i zapobiegają powstawaniu pobudzenia. Tak więc są też receptory hamujące aktywność neuronu. Cóż może więc pojedynczy neuron? Może sumować pobudzenia przychodzące od innych neuronów i pobudzać następne. Może hamować inne neurony. Dzięki temu z kilku komórek nerwowych można zbudować każdą bramkę logiczną. Na przykład neuron, który łatwo ulega pobudzeniu przez jeden neuron wejściowy, może realizować funkcję OR. Taki, który wymaga pobudzenia przez dwa neurony wejściowe – będzie realizował funkcję AND. Aby zrealizować funkcję XOR, potrzebnych jest już kilka neuronów: neuron hamujący realizujący funkcję AND oraz neuron pobudzający realizujący funkcję OR. Czyli mamy wszystko co potrzeba, aby wykonywać wszystkie operacje, które realizują bramki logiczne. Czy to wszystko, co potrafią komórki? Skądże! Ale o tym następnym razem...

Anna LORENC, Jarek BRYK