

## Katedra i Zakład Biofizyki

### Kanały jonowe

- [Ogólna klasyfikacja i własności kanałów jonowych](#)
- [Kanały zależne od napięcia](#)
- [Kanały zależne od ligandu](#)
- [Kanały aktywowane naprężeniem mechanicznym](#)

#### Ogólna klasyfikacja i własności kanałów jonowych

Kanałami jonowymi nazywamy **białka integralne** (wbudowane w dwuwarstwą lipidową), posiadające zdolność do kontrolowanego przepuszczania jonów. Jedną z podstawowych cech budowy wszystkich kanałów jonowych jest występowanie w nich tzw. pory wodnej - hydrofilowej przestrzeni wewnątrz białka, przez którą jony mogą przenikać przez błonę komórkową. Cechą charakterystyczną kanałów jonowych jest to, że para wodna ulega otwarciu lub zamknięciu w zależności od czynników zewnętrznych. Ze względu na rodzaj czynnika otwierającego (aktywującego) kanały jonowe dzielimy na trzy zasadnicze grupy:

- kanały zależne od napięcia
- kanały zależne od ligandu
- kanały aktywowane naprężeniem mechanicznym

Bardzo istotną cechą kanałów jest ich **selektywność**, czyli zdolność do przepuszczania ściśle określonych typów jonów. Mówimy więc o kanałach kationowych lub anionowych, a gdy kanały są jeszcze bardziej "wyspecjalizowane" to określamy je jako sodowe, potasowe itd. Trzeba tu jednak zaznaczyć, że określenie: np. kanał sodowy oznacza jedynie, iż kanał ten najlepiej przepuszcza jony sodu. Oprócz nich, choć znacznie gorzej, mogą przez ten kanał przechodzić także inne kationy.

Nezależnie od rodzaju kanału jego otwieranie się jest procesem typu "wszystko albo nic". Oznacza to, że kanał albo jest zamknięty i nie przewodzi jonów albo jest otwarty i wówczas jego przewodnictwo nie zależy od wielkości czynnika otwierającego. Dodać przy tym jednocześnie należy, że procesy zmiany stanu kanału jonowego są procesami przypadkowymi (stochastycznymi). Tak więc na przykład zaistnienie czynnika powodującego otwarcie kanału wpływa jedynie na prawdopodobieństwo tego, że kanał będzie znajdował się w stanie otwartym. Konsekwencją takiego zachowania się pojedynczych kanałów jest to, że wielkość czynnika otwierającego wpływa (w pewnym stopniu) na przykład na ilość kanałów jonowych w błonie znajdujących się w stanie otwartym.

#### Kanały zależne od napięcia

Kanały zależne od napięcia regulowane są przez **potencjał błonowy**. Prawdopodobieństwo otwarcia większości z tych kanałów wzrasta wraz ze wzrostem potencjału błonowego - mówimy, że są to kanały aktywowane przez depolaryzację. Istnieją jednak również kanały aktywowane przez hiperpolaryzację błony.

Wrażliwość kanałów na potencjał błonowy związana jest z obecnością w strukturze białka kanałowego naładowanego elektrycznie fragmentu (nazywanego **czujnikiem potencjału**) reagującego na zmiany pola elektrycznego w błonie. Uważa się obecnie, że ruch tego czynnika powoduje zmianę konformacji białka kanałowego prowadzącą do przemieszczenia tzw. **bramki aktywacyjnej**, otwierającej porę wodną. Innym istotnym elementem kanału zależnego od napięcia jest tzw. **bramka inaktywacyjna**. Obecność tej bramki powoduje, że kanał w pewien czas po aktywacji (czyli otwarciu bramki aktywacyjnej) przestaje przewodzić jony - niezależnie od tego, że napięcie na błonie sprzyja jego otwarciu. Mówimy wówczas, że kanał znajduje się w stanie inaktywacji. Ponowne otwarcie bramki inaktywacyjnej jest możliwe dopiero, gdy potencjał błonowy powróci do wartości spoczynkowej.

Aniono- bądź kationo-selektywność kanałów (nie tylko zależnych od napięcia) związana jest z istnieniem **filtra selektywności**. Filtr ten są dodatnio (kanały anionoselektywne) lub ujemnie (kanały kationoselektywne) naładowane fragmenty molekuly białka kanałowego. Dzięki elektrostatycznemu odpychaniu przez filtr "niewłaściwe" jony nie mogą wchodzić do wnętrza kanału. Sądzi się obecnie, że budowa wnętrza kanału (czyli "ściany" pory wodnej) ma decydujące znaczenie dla zdolności kanału do przepuszczania specyficznych jonów (sodowych, potasowych itp.).

Zależne od napięcia kanały sodowe i potasowe są odpowiedzialne za zmiany przepuszczalności błony wielu typów komórek pobudliwych w trakcie **potencjału czynnościowego**. Jeśli bodziec pobudzający błonę ma wielkość ponadprogową to powoduje on otwarcie odpowiednio dużej ilości kanałów sodowych i gwałtowny wzrost przewodnictwa błony dla jonów sodowych. Kanały sodowe po krótkim czasie ulegają inaktywacji i przewodnictwo błony dla sodu szybko maleje. Jednocześnie z kanałami sodowymi otwieraniu ulegają kanały potasowe - proces ten jest jednak wolniejszy i dlatego błona później osiąga maksymalną wartość przewodnictwa dla jonów potasu. Przebieg zmian przepuszczalności błony dla jonów sodu i potasu w trakcie potencjału czynnościowego przedstawiony jest na rysunku obok.

#### Kanały zależne od ligandu

Kanały zależne od ligandu (nazywane również kanałami aktywowanymi chemicznie) otwierają się gdy cząsteczka (lub większa ich ilość - w zależności od typu kanału) ligandu zostaje związana w specyficznym dla niej miejscu wiążącym w molekule białka kanału. Ponieważ wiązanie ligandu jest odwracalne, więc w pewien czas po związaniu z białkiem ligand odłącza się od jego cząsteczki i kanał ulega zamknięciu. Jednakże jeśli stężenie ligandu jest wystarczające to możliwe jest przyłączenie kolejnej jego cząsteczki i ponowne otwarcie kanału. W przypadku kanałów zależnych od ligandu istnieje mechanizm zbliżony do inaktywacji kanałów zależnych od napięcia - nazywany jest on odczuleniem. Polega ono na okresowej utracie wrażliwości na obecność ligandu przez kanały poddane przedłużającej się obecności wysokich stężeń ligandu. Odczulenie ustępuje, gdy stężenie ligandu ulegnie znacznemu obniżeniu.

Kanały zależne od ligandu są klasyfikowane w zależności od rodzaju cząsteczki aktywującej je. Mówimy zatem o kanałach takich jak receptory acetylocholiny, kwasu gammaaminomasłowego (GABA), dopaminy i wielu innych. Podobnie jak kanały zależne od napięcia są one również selektywne względem różnych rodzajów jonów. Różnorodność kanałów aktywowanych chemicznie pozwala na wykorzystywanie ich do regulowania ogromnej ilości procesów zachodzących w żywych komórkach. Biorą one udział między innymi w transmisji synaptycznej i jej modulacji, w procesie fotorecepcji, regulacji procesów fosforylacji białek itd.

Najlepiej jak do tej pory poznanym kanałem zależnym od ligandu jest kationo-selektywny nikotynowy receptor acetylocholiny (nAChR). Przy zastosowaniu całego szeregu metod biochemicznych, biofizycznych, biologii molekularnej i elektrofizjologicznych poznano wiele szczegółów dotyczących zarówno budowy tego białka jak i związku pomiędzy strukturą i funkcjonowaniem kanału. Wiadomo między innymi, że białko to składa się z pięciu podjednostek ułożonych w kształcie rozety (rysunek obok przedstawia "widok z góry" takiej rozety). Każda z podjednostek w kolei posiada cztery transmembranowe segmenty. Ułożenie podjednostek w rozecie jest takie, że odpowiednie segmenty tych podjednostek (identyczne w każdej z nich) skierowane są do wnętrza rozety i tworzą w ten sposób ścianę pory wodnej kanału. Zna się także miejsca wiązania ligandu w tym kanale oraz miejsca w których molekula białka może ulegać fosforylacji. Fosforylacja białka ma duże znaczenie dla modulacji działania kanału.

#### Kanały aktywowane naprężeniem mechanicznym

Kanały aktywowane naprężeniem mechanicznym (mechanoreceptory) ulegają otwarciu w odpowiedzi na pojawienie się w błonie sił odszkalających ją (naprężeń). Ta ich właściwość powoduje, że są one wykorzystywane w komórkach dokonujących zamiany sygnałów mechanicznych na elektryczne. Typowym przykładem są tu komórki rzęsatki znajdujące się w błonie podstawnej w narządzie Cortiego, przetwarzające dźwięki na impulsy elektryczne. Mechanoreceptory są chyba - jak do tej pory - najmniej poznaną grupą kanałów jonowych.

[Powrót](#)

Copyright © 1998 Katedra i Zakład Biofizyki

Copyright ©; 1998-2010 Katedra i Zakład Biofizyki  
Uwagi wyślesz tu: [LF](#)  
Ostatnia aktualizacja: 6.3.2012

Kanał jonowy

Prąd płynący przez pojedynczy kanał jonowy

Schemat budowy kanału nAChR