

Katedra i Zakład Biofizyki

Struktura błon biologicznych

[Funkcje błon biologicznych](#)
[Składniki błon - lipidy](#)
[Składniki błon - białka](#)
[Struktura błon biologicznych](#)

Funkcje błon biologicznych

Błony biologiczne są strukturami rozgraniczającymi odrębne przedziały w układach biologicznych. Zaliczamy do nich zarówno błony komórkowe jak i błony organelli wewnętrznych (np. mitochondrialne, tylakoidów, dysków w grębkach i czopkach). Bez względu na ich lokalizację błony te zbudowane są w identyczny niemal sposób (co zostanie omówione poniżej).

Błony pełnią wiele rozmaitych funkcji. Przede wszystkim **odgradzają** one wnętrze danego przedziału (komórki lub organelli) od środowiska zewnętrznego. Funkcja ta jest podstawowa z punktu widzenia zachowania odrębności i integralności np. komórki. Dzięki błonom bowiem jest możliwe utrzymywanie różnicy stężeń różnych substancji oraz **różnicy potencjałów elektrycznych** pomiędzy wnętrzem i otoczeniem komórki. Odseparowanie wnętrza od otoczenia nie jest jednak całkowite. W błonach istnieją bowiem wyspecjalizowane **systemy transportu**, pozwalające na kontrolowany przepływ różnorodnych związków chemicznych oraz jonów. Transport materii jest konieczny aby komórka była w stanie utrzymać wszystkie procesy życiowe.

Dzięki innym wyspecjalizowanym mechanizmom błony pośredniczą w **wymianie informacji** pomiędzy wnętrzem i otoczeniem komórki. Są one w stanie przyjmować docierające do nich rozmaite bodźce (chemiczne, elektryczne, mechaniczne) i przekazywać je do wnętrza komórki. W błonach znajdują się również "urządzenia" pozwalające komórce na wysyłanie takich bodźców. Błony niektórych komórek (np. nerwowych) posiadają także zdolność do przetwarzania informacji. Na przykład **sygnał chemiczny** przetwarzany jest na elektryczny, zaś sygnały elektryczne mogą być przez błonę sumowane.

Błony biologiczne pełnią także ważną rolę w procesach **przekształcania energii**. I tak na przykład w błonach tylakoidów dochodzi do zamiany energii świetlnej na energię wiązań chemicznych, w błonach mitochondriów energia uwalniana w procesie glikolizy przetwarzana jest na energię "zmagazynowaną" w ATP.

Składniki błon - lipidy

Lipidy oraz białka stanowią dwa podstawowe składniki błon biologicznych. Lipidami nazywamy szeroką grupę cząsteczek charakteryzujących się bardzo złą rozpuszczalnością w wodzie i dobrą rozpuszczalnością w rozpuszczalnikach niepolarnych (np. chloroformie). W błonach komórek przeważającą część frakcji lipidowej stanowią **fosfolipidy**. Nazwa ta oznacza, że w cząsteczkach tych lipidów "łącznikiem" pomiędzy resztą glicerolu (lub sfingozynu) a resztą alkoholu jest grupa fosforanowa (PO_3^{2-}). Oprócz fosfolipidów w błonach występują także **sterole** i **glikolipidy**.

Cząsteczki lipidów posiadają charakter amfifilowy, to znaczy że jedna część cząsteczki posiada własności hydrofobowe ("nie lubi wody") natomiast druga własności hydrofilowe ("lubi wodę"). Hydrofilowa część cząsteczki fosfolipidu, w zależności od swej budowy chemicznej, może być naładowana elektrycznie (np. fosfatydyloseryna) bądź też może posiadać charakter dipola elektrycznego (np. fosfatydylocholina, fosfatydyloetanoloamina). W przypadku glikolipidów hydrofilową część cząsteczki stanowi łańcuch węglowodanowy (cukrowy).

Część hydrofobową cząsteczek fosfolipidów tworzą łańcuchy węglowodorowe - reszty kwasów tłuszczowych. Ich ilość w cząsteczkach lipidów może być różna - od jednego do kilku łańcuchów. W błonach komórek zwierzęcych przeważają fosfolipidy posiadające dwie reszty kwasów tłuszczowych. łańcuchy węglowodorowe fosfolipidów z błon biologicznych posiadają parzystą ilość atomów węgla (od 14 do 24), przeważają fosfolipidy posiadające łańcuchy o długości 16 lub 18 atomów węgla. Przy takiej długości łańcucha cząsteczka lipidu ma długość około 3.25 nm. Dość często występują lipidy w których jeden lub dwa łańcuchy posiadają przynajmniej jedno wiązanie nienasycone. Obecność wiązań nienasyconych jest bardzo istotna - w miejscu takiego wiązania łańcuch "skręca" - czyli przyjmuje konfigurację cis, co powoduje, że w porównaniu z łańcuchem całkowicie nasyconym zajmuje on efektywnie większą przestrzeń.

Amfifilowy charakter lipidów sprawia, że w środowisku wodnym spontanicznie grupują się one tak by z wodą kontaktowały się wyłącznie części hydrofilowe. Istnieje wiele sposobów ułożenia cząsteczek spełniających powyższy warunek - często sposób ułożenia zależy od kształtu cząsteczek lipidu oraz czynników takich jak temperatura czy stosunek ilości wody do lipidu. W przypadku fosfolipidów jedną z takich spontanicznie formowanych struktur jest **dwuwarstwa**. Zbudowana jest ona z dwu monomolekularnych warstw lipidów ułożonych tak, że ich hydrofobowe, węglowodorowe łańcuchy skierowane są do wnętrza dwuwarstwy, natomiast części hydrofilowe (główki polarne) znajdują się na jej powierzchni i kontaktują się z wodą. Takie ułożenie cząsteczek sprawia, że dwuwarstwa lipidowa stanowi barierę bardzo trudną do przebycia dla cząsteczek polarnych - rozpuszczalnych w wodzie. Jej grubość równa jest w przybliżeniu podwójnej długości cząsteczki fosfolipidu i wynosi około 6.5 nm.

Pomiędzy cząsteczkami fosfolipidów tworzących dwuwarstwę istnieje cały szereg oddziaływań wzmacniających strukturę dwuwarstwy. W polarnym rejonie błony duże znaczenie mają oddziaływania o charakterze elektrostatycznym: pomiędzy ładunkami lub/i dipolami główek polarnych. Dla stabilizacji struktury dwuwarstwy ważne jest także tworzenie wiązań wodorowych pomiędzy główkami polarnymi i cząsteczkami wody. W rejonie łańcuchów węglowodorowych największe znaczenie mają: efekt hydrofobowy oraz oddziaływania van der Waals'a.

Składniki błon - białka

Białka zbudowane są z aminokwasów połączonych w łańcuchach wiązaniami peptydowymi. Bardzo ważną własnością tych wiązań jest to, że cząsteczki nimi powiązane mają dużą możliwość rotacji wokół nich. Pomimo, że w białkach występuje powszechnie jedynie 20 aminokwasów to jednak różnorodność tworzonych przez nie struktur białkowych jest praktycznie nieograniczona. Wynika to między innymi z faktu, że poszczególne aminokwasy silnie różnią się właściwościami. I tak występują aminokwasy posiadające ładunek elektryczny oraz elektrycznie obojętne; hydrofilowe i hydrofobowe; posiadające zdolność do tworzenia wiązań wodorowych i mostków siarczkowych oraz nie posiadające tych zdolności. Oprócz tej różnorodności składników różna może być też długość łańcucha białkowego: może on zawierać od kilkudziesięciu do kilkuset aminokwasów. Wszystkie powyższe czynniki sprawiają, że na podstawie znajomości wyłącznie sekwencji aminokwasowej (struktury pierwszorzędowej) bardzo trudno jest określić dokładnie jaką jest struktura przestrzenna całej molekuly danego białka. Znajomość sekwencji aminokwasowej pozwala jednak na przewidywanie struktur tworzonych przez niektóre fragmenty białek.

Jedną z takich struktur jest **struktura typu alfa-helisy**. W ułożeniu tym łańcuch białka przyjmuje kształt linii śrubowej. Na jeden obrót śruby przypada około 3.6 reszt aminokwasowych. Struktura ta jest stabilizowana przez wiązania wodorowe pomiędzy grupami NH i CO leżącymi na kolejnych zwojach łańcucha aminokwasowego (patrz rysunek obok). Prawdopodobieństwo wystąpienia struktury typu alfa-helisy jest duże, gdy w danym fragmencie białka występuje przewaga aminokwasów o charakterze hydrofobowym.

Innym typem regularnego przestrzennego ułożenia reszt aminokwasowych jest struktura typu **harmonijki (kartki) beta**. W ułożeniu tym kilka fragmentów łańcucha biegnie równoległe do siebie i struktura ta jest stabilizowana przez wiązania wodorowe tworzone pomiędzy grupami NH i CO sąsiadujących nici aminokwasowych.

Udział powyżej omówionych sposobów uporządkowania w ogólnej strukturze molekuly białka może być bardzo różny - od białek uporządkowanych w znacznym stopniu do białek prawie nie posiadających uporządkowanych fragmentów. Nieuporządkowane fragmenty białka tworzą pętle łączące fragmenty o określonej strukturze. Ponieważ łańcuch białka nie jest wyprostowany i wielokrotnie skręca, więc nawet odległe w sekwencji aminokwasowej fragmenty mogą znajdować się blisko siebie. Daje to możliwość tworzenia wiązań wodorowych i mostków siarczkowych stabilizujących konkretne przestrzenne ułożenie fragmentów białka. Zauważyć tu należy, że na możliwość tworzenia np. wiązań wodorowych mają wpływ warunki w których znajduje się molekula białka (np. pH, oddziaływania z otaczającymi cząsteczkami). Widać zatem, że również warunki zewnętrzne (nie tylko sekwencja aminokwasowa) mogą mieć wpływ na strukturę białka. Utrzymywanie określonej struktury przestrzennej cząsteczki białka jest bardzo ważne z punktu widzenia pełniących przez nie funkcji. Odpowiednia konformacja molekuly jest bowiem warunkiem aktywności enzymów, białek receptorowych, [kanałów jonowych](#) i wielu innych.

Jak widać z powyższego krótkiego opisu problem struktury cząsteczki białka może być rozpatrywany na wielu poziomach. Pierwszym z nich jest sekwencja aminokwasowa (struktura pierwszorzędowa). Drugim poziomem (strukturą drugorzędową) jest wzajemne ułożenie sąsiadujących ze sobą aminokwasów. Pod pojęciem struktury trzeciorzędowej rozumiemy tworzenie przez fragmenty białka uporządkowanych struktur typu helikalnego lub harmonijki. Wreszcie strukturą czwartorzędową jest przestrzenne ułożenie wszystkich elementów białka.

Struktura błon biologicznych

Jak zostało powiedziane już powyżej, podstawowymi składnikami błon biologicznych są lipidy oraz białka. Na skutek oddziaływania ze środowiskiem wodnym lipidy formują dwuwarstwę. Białka błonowe są albo wbudowane w błonę albo też zakotwiczone są na jej powierzchni. Ze względu na hydrofobowy charakter wnętrza dwuwarstwy lipidowej białka wbudowane w błonę (**integralne**) muszą również posiadać hydrofobowe

Cząsteczki: fosfolipidu, sterolu i glikolipidu

Cząsteczka fosfolipidu

Dwuwarstwa lipidowa

Struktura typu alfa-helisy

Struktura typu harmonijki beta

Białko powierzchniowe i integralne

fragmenty mogące przenikać przez dwuwarstwę. Fragmenty te w przeważającej części przyjmują strukturę alfa-helisy. Dobrym przykładem białek integralnych są białka typu G - uczestniczące w procesach recepcji rozmaitych sygnałów docierających do powierzchni błony. Wszystkie białka tego typu posiadają siedem alfa-helikalnych fragmentów przenikających przez błonę.

Oprócz białek integralnych występują też białka związane z powierzchnią błony (**powierzchniowe, peryferyczne**). Istnieje kilka sposobów wiązania białek z powierzchnią błony: oddziaływania elektrostatyczne z główkami lipidów, oddziaływanie z białkiem integralnym lub tzw. acylacja białka (w cząsteczce białka znajduje się łańcuch węglowodorowy, który wnika w dwuwarstwę lipidową). Bez względu na sposób wiązania białka powierzchniowe znacznie łatwiej niż integralne mogą być od błony odcążone - wystarczy do tego zastosowanie roztworu o odpowiedniej wartości pH lub sile jonowej.

Zgodnie z obecnym stanem wiedzy na temat budowy błon komórkowych podkreślić należy następujące ich cechy charakterystyczne: **plynność** - polegająca na tym, że wszystkie praktycznie składniki błon poruszają się. Cząsteczki lipidów mogą obracać się wokół osi prostopadłej do powierzchni błony (tzw. dyfuzja rotacyjna) jak i przemieszczać się w jej płaszczyźnie (dyfuzja lateralna). Oprócz ruchu cząsteczek lipidów jako całości duże znaczenie posiadają także ruchy ich łańcuchów węglowodorowych. Ich ruchliwość zależy od wielu czynników - przede wszystkim od temperatury oraz ilości wiązań nienasyconych. Im bardziej ruchliwe są łańcuchy węglowodorowe tym większą zajmują efektywną objętość i tym samym luźniej upakowane są cząsteczki lipidów w dwuwarstwie. Ma to duże znaczenie zarówno dla własności błony jako przegrody jak i dla działania wielu białek błonowych. Czynnikiem regulującym plynność błon jest obecność w nich cząsteczek steroli - w błonach komórek eukariotycznych przede wszystkim cholesterolu. Cząsteczki lipidów mogą też przechodzić z warstwy cytoplazmatycznej do zewnętrznej (lub odwrotnie). Zjawisko takie nazywane jest "flip-flop" - w błonach komórkowych występuje ono z małym prawdopodobieństwem.

Białka integralne mogą ulegać dyfuzji rotacyjnej i lateralnej. Ze względu na rozmiary ich cząsteczek oba typy dyfuzji są dla białek wolniejsze niż dla lipidów. W odniesieniu do białek nie spotyka się natomiast procesu analogicznego do "flip-flop" - białka nie zmieniają swej orientacji względem powierzchni błony.

asymetryczność - polegająca na tym, że strona cytoplazmatyczna błony ma z reguły inny skład niż strona kontaktująca się z otoczeniem.

Cecha ta dotyczy zarówno składu lipidowego jak i białkowego obu połówek błony. I tak po cytoplazmatycznej stronie błony znajduje się znacznie więcej lipidów posiadających elektrycznie naładowane głowy polarne (fosfatydyloseryna) oraz łatwo tworzących wiązania wodorowe (fosfatydyloetanolamina). Zewnętrzna warstwa błony zawiera natomiast więcej fosfatydylocholiны i sfingomieliны. Białka powierzchniowe zlokalizowane są przede wszystkim po cytoplazmatycznej stronie błony, po stronie zewnętrznej natomiast często występuje duża ilość glikolipidów i glikoprotein (np. glikoforyna). Cecha asymetrii dotyczy również funkcji pełnionych przez błonę: w poprzek błony istnieje różnica potencjałów elektrycznych, różnica stężeń wielu substancji, transport określonych substancji odbywa się z reguły w jednym tylko kierunku itp.

heterogenność - czyli występowanie niejednorodności w rozkładzie składników w płaszczyźnie błony. Białka oraz lipidy nie są bowiem "przypadkowo" wymieszane - w płaszczyźnie błony można wyróżnić tzw. domeny, wyraźnie różniące się między sobą składem oraz własnościami. Przyczyną istnienia domen jest między innymi to, że białka integralne często otoczone są przez specyficzne rodzaje lipidów. Własności błony w rejonie takiej otoczki są zwykle odmienne od własności rejonów w których nie występuje oddziaływanie białkowo-lipidowe. Tworzeniu się domen sprzyja też fakt, że białka błonowe często tworzą agregaty (zwykle jest to związane z pełnionymi przez nie funkcjami).

Heterogenność błon komórkowych umożliwia "specjalizację" różnych rejonów błon. Przykładem takiej specjalizacji jest płytka ruchowa (fragment błony komórki mięśniowej znajdujący się w miejscu połączenia pomiędzy neuronem i komórką mięśniową czyli **synapsy**). Tylko w rejonie płytki ruchowej występuje bowiem w błonie komórki mięśniowej nagromadzenie receptorów acetylocholiны i w związku z tym tylko ten rejon jest zdolny do przekazywania pobudzenia.

Ruchy składników błony

Asymetria błony

Heterogenność błony

[Powrót](#)

Copyright © 1998 Katedra i Zakład Biofizyki

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