

## Transformacje kształtu wieloskładnikowych membran biologicznych

mgr. Nataliya Bobrovska

Promotorzy: dr hab. Wojciech Gózdź

prof. dr. Ales Iglic

### Streszczenie

Segregacja składników w błonach komórkowych (membranach) odgrywa ważną rolę w procesach życiowych komórki oraz jej funkcjonowaniu. Głównym celem rozprawy doktorskiej jest głębsze zrozumienie mechanizmów fizycznych odpowiadających za segregację składników w wieloskładnikowych membranach biologicznych oraz za zmianę kształtu ich kształtu, związaną z tymi procesami.

Różnorodność funkcji, które pełni komórka związana jest ściśle z kształtem jej powierzchni oraz ze składem błony komórkowej. Membrana komórkowa składa się z dwuwarstwy lipidowej oraz innych molekuł i makromolekuł (cholesterol, białka), częściowo lub całkowicie zanurzonych w dwuwarstwie lipidowej. Zakłada się, że membrana lipidowa zachowuje się jak ciecz dwuwymiarowa, tak więc cząsteczki mogą swobodnie się przemieszczać w obrębie membrany. Rozmieszczenie składników w błonie komórkowej może mieć bezpośredni wpływ na kształt komórki. Jedno z możliwych wyjaśnień wyżej wymienionego zjawiska jest oparte na hipotezie, iż nierównomierny rozkład oraz segregacja składników membrany wiąże się ze wzajemną zależnością pomiędzy geometrią (kształtem) samej membrany oraz rozmieszczeniem składników. Zakłada się, że poszczególne składniki membrany charakteryzują się swoją własną geometrią wewnętrzną (kształtem) i wolą znajdować się w tej części membrany, w której lokalna krzywizna jest zgodna z ich spontaniczną krzywizną.

Sugerowany mechanizm segregacji składników membrany może być szczególnie ważny w procesie formowania się oraz stabilizacji rurkowatych struktur membranowych, w przypadku gdy nie jest stosowana żadna siła zewnętrzna.

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej było sprawdzenie następujących hipotez:

1. Zmiana kształtu membrany może powodować segregację lub mieszanie się jej składników.
2. Formowanie się oraz stabilizacja rurkowanych struktur membranowych może w znacznej mierze zależeć od wewnętrznej geometrii (kształtu) składników membrany oraz od ich gromadzenia się w częściach membrany z odpowiednią lokalną krzywizną.

Na podstawie dwóch modeli matematycznych, opisujących membrany lipidowe – model SC (spontaneous curvature model) oraz model DE (deviatoric elasticity model), opracowane zostały programy komputerowe, których użyto do bezpośredniej minimizacji funkcjonałów energii swobodnej. W ramach rozprawy doktorskiej badaliśmy modele zamkniętych pęcherzyków o obrotowej symetrii, zbudowanych z dwuskładnikowej membrany lipidowej.

Wyniki zaprezentowane w danej rozprawie doktorskiej pokazują, że zmiana rozmieszczenia składników w wyniku zmiany kształtu membrany może pojawiać się tylko przy określonym zestawie parametrów takich jak: wielkość pęcherzyka membranowego, objętość zredukowana pęcherzyka, powierzchnia składników oraz ich kształt, stała elastyczności membrany. Zmiana kształtu pęcherzyka może wywołać przemieszczenie się składników membrany do miejsca o krzywiznie najlepiej odpowiadającej krzywiznie spontanicznej składnika. Wyniki pokazują silną zależność pomiędzy rozmieszczeniem składników membrany a jej krzywizną.

Innym ważnym wynikiem, jest zaobserwowanie formowania się struktur rurkowatych w pęcherzykach membranowych, przy zastosowaniu zewnętrznej siły. Także w tym przypadku, składniki o większej krzywiznie były zgromadzone w miejscach, gdzie lokalna krzywizna membrany była również duża, a mianowicie w rurkowatej części membrany.

Pokazaliśmy, że w przypadku, gdy membrana składa się z co najmniej jednego składnika anizotropowego, niejednorodne rozmieszczenie składników może prowadzić do tworzenia się struktur rurkowatych bez zastosowania jakichkolwiek sił zewnętrznych.

W przypadku, gdy oba składniki membrany są izotropowe, formowanie się struktur rurkowatych jest możliwe tylko przy zastosowaniu siły zewnętrznej.