

Modelowanie transportu neurotransmitera w kolbce presynaptycznej neuronu

Maciej Gierdziewicz

Zachodzący w czasie przewodzenia impulsu nerwowego transport neuroprzebieżnika w obrębie synapsy, czyli w końcowej części wypustki neuronu (w kolbce presynaptycznej), w szczeliny synaptycznej i w kolbce postsynaptycznej drugiego neuronu, jest bardzo złożonym procesem. Działalność zespołu BIOSIG jest ukierunkowana obecnie na modelowanie przetwarzania sygnału w kolbce presynaptycznej. Kolbka presynaptyczna zawiera liczne organelle, które odgrywają ważną rolę w przesyłaniu impulsu nerwowego. Do najważniejszych należą: mitochondrium (jedno lub więcej), dostarczające energii niezbędnej do transportu neuroprzebieżnika; mikrotubule, czyli szlaki transportowe m. in. mitochondriów albo pęcherzyków synaptycznych; kanały wapniowe z kompleksem SNARE odpowiedzialnym za fuzję pęcherzyków synaptycznych z błoną komórkową, tworzące obszar aktywny na powierzchni kolbki.

Celem prac zespołu jest przede wszystkim kontynuacja dotychczasowych badań nad omawianym procesem. Badania te koncentrowały się nad projektem realistycznego modelu kolbki presynaptycznej, oraz nad stworzeniem matematycznego modelu przepływu przebieżnika. W pierwszej fazie badań model był dwuwymiarowy, a następnie trójwymiarowy o różnym stopniu komplikacji: a) model złożony z dwóch koncentrycznych sfer ("globów") pokrytych siatką powierzchniową analogiczną do siatki geograficznej; wewnątrz modelu było następnie wypełniane czworoscianami; obszar wewnątrz mniejszego globu był modelem "strefy zaopatrzenia" kolbki w neuroprzebieżnik, a "strefa podbiegunowa" na globusie oznaczała obszar aktywny, czyli rejon uwalniania neuroprzebieżnika; b) model wzbogacony przez uwzględnienie podziału całej ilości przebieżnika w kolbce na pule, analogicznie do rzeczywistej sytuacji (pula zadokowana, pula gotowa do zadokowania i pozostała pula zapasowa; c) model, w którym występuje jedna strefa "zaopatrzenia", ale niekoniecznie położona w środku kolbki, albo więcej takich stref; d) model wzorowany na realistycznym kształcie kolbki, opisywanym w literaturze, z uwzględnieniem mitochondrium, którego część zajmuje pewien procent objętości kolbki, strefa dostawy jest położona w pobliżu środka kolbki, zaś strefa uwalniania przebieżnika ma nieregularny kształt; e) powyższy model, uzupełniony o mikrotubule, których zakończenia są traktowane jako strefa dostawy neuroprzebieżnika do kolbki.

Za znaczące wyniki przeprowadzonych do tej pory symulacji można uznać: stworzenie równania opisującego przepływ przebieżnika; potwierdzenie zjawiska depresji synaptycznej dla modelu 2D i 3D; analizę wpływu liczby i położenia stref dostawy przebieżnika na zawartość jego poszczególnych pul w kolbce, i dodatkowo zbadanie wpływu jakości siatki przestrzennej modelu na symulowany przebieg uwalniania przebieżnika.

Dalsze prace zespołu BIOSIG będą dotyczyć m. in. symulowania badanego zjawiska w całej synapsie, a także użycie innych narzędzi matematycznych do jego modelowania.