

ОСЦИЛЛЯТОРНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ И СПОНТАННЫЕ ПОДПОРОГОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ В СЕТИ ДИФФУЗИОННО СВЯЗАННЫХ КАЛЬЦИЕВЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ

В.Б. Казанцев, А.В. Воробьев

Работа посвящена исследованию динамики сети взаимодействующих астроцитов – глиальных клеток мозга, способных генерировать химические сигналы активности – кальциевые импульсы. Астроциты, подобно нервным клеткам (нейронам), формируют сети, где взаимодействие между клетками осуществляется через так называемые щелевые контакты (в англ. gap junctions). Такие контакты представляют собой специальные каналы, по которым химически активные вещества диффундируют между клетками. Как считается, кальциевые сигналы в астроцитах могут регулировать эффективность синаптической передачи в близлежащих нейронных клетках. В работе исследуются процессы возникновения колебательной активности в одномерной сети диффузионно связанных между собой трехкомпонентную дискретную систему типа «реакция диффузия» с одной диффундирующей переменной. Установлено, что существует критическое значение коэффициента диффузии, превышение которого приводит к появлению осцилляторной неустойчивости на частотах 0:1 Гц и генерации спонтанных квазисинусоидальных колебаний малой (0:05 мкмоль) амплитуды. Получен соответствующий спектр собственных значений, анализ которого показывает, что при дальнейшем увеличении коэффициента связи в сети возникает мультичастотный режим, что приводит, в частности, к модуляции амплитуды квазисинусоидальных колебаний и спонтанной генерации кальциевых импульсов.

Ключевые слова: Кальциевые сигналы, подпороговые колебания, диффузионная неустойчивость, астроцит.

OSCILLATORY INSTABILITY AND SPONTANEOUS SUBTHRESHOLD OSCILLATIONS IN A NETWORK OF DIFFUSIVELY COUPLED CALCIUM OSCILLATORS

V.B. Kazantsev, A.V. Vorobiev

The paper is devoted to the investigation of the dynamics of a network of interacting astrocytes. The astrocytes represent brain glial cells capable to generate chemical activity signals (calcium pulses). Similarly to nerve cells (neurons) the astrocytes form networks of interacting units coupled by means of gap junctions. The junctions represent special protein channels providing the diffusion of chemically active species between neighboring cells. It is believed that calcium signals in astrocytes can regulate the efficiency of synaptic transmission in neighboring neuronal cells. In the present paper we investigate the processes of oscillatory activity generation in a one-dimensional network of coupled astrocytes. The dynamics of local cell is described by the third order nonlinear differential equation system that has been obtained from the detailed description of biochemical kinetics in the cell (de Young and Keizer, 1992; Li and Rinzel, 2003; Ullah, et al., 2006) The model accounting for the diffusive coupling represent a three-component reaction-diffusion network with single diffusing component. It is proven that there exists a critical

value of diffusion coefficient above which the oscillatory instability at 0.1 Hz frequency develops and spontaneous low-amplitude quasisinusoidal oscillations (of 0.05 mM) appear. Corresponding eigenvalue spectrum is obtained and analyzed. It is found that further increase of the coupling coefficients leads to the appearance of multi-frequency mode with the modulation of the oscillation amplitude and spontaneous calcium pulse generation.

Keywords: Calcium signals, subthreshold oscillations, diffusive instability, astrocyte.