

## ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИЗОФОРМ СУБЪЕДИНИЦЫ $\alpha 1$ ПОТЕНЦИАЛ-ЗАВИСИМЫХ $\text{Ca}^{2+}$ -КАНАЛОВ СЕМЕЙСТВ $\text{Ca}_v1$ , $\text{Ca}_v2$ и $\text{Ca}_v3$ В ЗОНАХ ХОЛИНЕРГИЧЕСКИХ СИНАПСОВ СОМАТИЧЕСКОЙ МУСКУЛАТУРЫ ДОЖДЕВОГО ЧЕРВЯ *LUMBRICUS TERRESTRIS*

© 2020 г. Л. Ф. Нуруллин<sup>1, 2, 3, \*</sup>, Е. М. Волков<sup>1, \*\*</sup>

<sup>1</sup>Казанский государственный медицинский университет, Казань, 420012 Россия

<sup>2</sup>Казанский институт биохимии и биофизики - обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра "Казанский научный центр Российской академии наук", Казань, 420111 Россия

<sup>3</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, 420008 Россия

\*E-mail: lenizn@yandex.ru

\*\*E-mail: euroworm@mail.ru

Поступила в редакцию 17.10.2019 г.

После доработки 18.11.2019 г.

Принята к публикации 19.11.2019 г.

Методами флуоресцентной и конфокальной микроскопии в соматической мышце дождевого червя *Lumbricus terrestris* идентифицированы следующие субъединицы  $\alpha 1$  потенциал-зависимых  $\text{Ca}^{2+}$ -каналов:  $\alpha 1S$ ,  $\alpha 1C$ ,  $\alpha 1D$ ,  $\alpha 1F$  каналов типов  $\text{Ca}_v1.1$ – $1.4$ ;  $\alpha 1A$  канала типа  $\text{Ca}_v2.1$ ;  $\alpha 1E$  канала типа  $\text{Ca}_v2.3$  и  $\alpha 1G$ ,  $\alpha 1I$ ,  $\alpha 1H$  канала типов  $\text{Ca}_v3.1$ – $3.3$ , а также определен белок экзо-эндоцитозного цикла синаптических везикул синаптофизин. Пресинаптическая мембрана холинергических синапсов содержит потенциал-зависимые  $\text{Ca}^{2+}$ -каналы типов  $\text{Ca}_v1.1$ ,  $\text{Ca}_v1.2$  (в состав которых входят субъединицы  $\alpha 1S$  и  $\alpha 1C$ ),  $\text{Ca}_v2.1$  (с субъединицей  $\alpha 1A$ ),  $\text{Ca}_v2.3$  (с субъединицей  $\alpha 1E$ ),  $\text{Ca}_v3.2$  и  $\text{Ca}_v3.3$  (с субъединицами  $\alpha 1H$ ,  $\alpha 1I$ ), тогда как  $\text{Ca}^{2+}$ -каналы  $\text{Ca}_v1.3$  и  $\text{Ca}_v1.4$  (имеющие субъединицы  $\alpha 1D$ ,  $\alpha 1F$ ) и каналы  $\text{Ca}_v3.1$  (с субъединицей  $\alpha 1G$ ) преимущественно входят в состав мышечных мембран.

**Ключевые слова:** потенциал-зависимые  $\text{Ca}^{2+}$ -каналы, изоформы субъединицы  $\alpha 1$ , соматическая мышца, холинергические синапсы, аннелиды

DOI: 10.31857/S0041377120020042

Ключевым моментом в процессе запуска везикулярного цикла синаптических пузырьков, лежащего в основе секреции медиатора, является вход  $\text{Ca}^{2+}$  в двигательные нервные окончания через потенциал-зависимые  $\text{Ca}^{2+}$ -каналы. Потенциал-зависимые  $\text{Ca}^{2+}$ -каналы состоят из каналообразующей субъединицы  $\alpha 1$ , связанной с тремя вспомогательными субъединицами  $\alpha 2/\delta$ ,  $\beta$ , и  $\gamma$  (Catterall, 2000). Субъединица  $\alpha 1$  в составе ионного канала может быть представлена различными изоформами. Каждая подобная изоформа контролируется отдельным геном. В настоящее время известно, что геном как позвоночных, так и беспозвоночных животных может включать до 10 подобных генов (Catterall et al., 2005). Так, изоформы  $\alpha 1S$ ,  $\alpha 1C$ ,  $\alpha 1D$  и  $\alpha 1F$  субъединицы  $\alpha 1$  характерны для каналов  $\text{Ca}_v1.1$ – $1.4$ , субъединица  $\alpha 1A$  – для

$\text{Ca}_v2.1$ ,  $\alpha 1B$  – для  $\text{Ca}_v2.2$ ,  $\alpha 1E$  – для  $\text{Ca}_v2.3$ ,  $\alpha 1G$ ,  $\alpha 1H$  и  $\alpha 1I$  – для  $\text{Ca}_v3.1$ – $3.3$  (Catterall et al., 2005).

$\text{Ca}^{2+}$ -каналы, в состав которых входят разные изоформы субъединицы  $\alpha 1$ , имеют разную чувствительность к деполяризации и по этому критерию и ряду фармакологических отличий объединяются в ряд семейств, а именно: высокопороговые каналы  $\text{Ca}_v1.1$ – $1.4$  (L-типа),  $\text{Ca}_v2.1$  (P/Q-типа),  $\text{Ca}_v2.2$  (N-типа) и низкопороговые  $\text{Ca}_v3.1$ – $3.3$  (T-типа) (Catterall, 2000; Nurullin et al., 2011; Нуруллин и др., 2013). Между высокопороговыми и низкопороговыми каналами находятся каналы типа  $\text{Ca}_v2.3$  (R-типа) (Pardo et al., 2006; Wormuth et al., 2016). Характеристики экзо(эндо)везикулярного цикла, а именно синхронности вызванного и спонтанного выброса медиатора в нервно-мышечных синапсах в значительной степени определяются особенностями функционирования  $\text{Ca}^{2+}$ -каналов пресинаптической мембраны (Smith et al., 2012; Kaeser, Regehr, 2014). Установлено,

**Принятые сокращения:** АХ – ацетилхолин, ТМР-Б – тетраметилродамин- $\alpha$ -бунгаротоксин.