

## ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ЗРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В.М. КОЗАК\*, Б.А. АРУТЮНЯН-КОЗАК\*\*, А.А. ЭКИМЯН\*\*, А.Л. КАЗАРЯН\*,  
Г.А. ОРБЕЛЯН\*\*

\**Университет Карнеги-Меллон, Питтсбург, США*

\*\**Институт прикладных проблем физики НАН Армении, 375014, Ереван*

Изучалась роль межимпульсных интервалов синаптических потенциалов в формировании количества и распределения спайковых разрядов нейронов латерального коленчатого тела (ЛКТ), как основного механизма кодирования зрительной информации в центрах головного мозга. Результаты опытов показали, что количество спайков и их распределение во времени обратно коррелировано с количеством и распределением межимпульсных интервалов синаптических потенциалов. Чем длиннее межимпульсный интервал последних, тем большая вероятность возникновения спайка. Эта зависимость и определяет формирование информационного кода у нейронов ЛКТ.

Ուսումնասիրվել է կողմնային ձևակառուցման մարմնի (ԿԾՍ) նեյրոնների սինապտիկ պոտենցիալների միջմպուլսային ինտերվալների դերը սպայկերի քանակի և բաշխման պատկերի ձևավորման մեջ, որպես գլխուղեղի կենտրոններում տեսողական ինֆորմացիայի կողմնորոնման հիմնական մեխանիզմ: Փորձերի արդյունքները ցույց են տալիս, որ սպայկերի քանակը և ըստ ժամանակի նրանց բաշխումը հակադարձ համեմատական են սինապտիկ պոտենցիալների քանակին և միջմպուլսային ինտերվալների բաշխմանը: Որքան երկար են միջմպուլսային ինտերվալները, այնքան ավելի մեծ է սպայկերի ծագման հնարավորությունը: Ենթադրվում է, որ այս փոխհարաբերությունն է պայմանավորում ԿԾՍ-ի նեյրոնների կողմից տեսողական ինֆորմացիայի ծածկագրի ձևավորումը:

The role of synaptic potential interpulse intervals in generation and distribution of lateral geniculate nucleus (LGN) neuron's spike potentials has been investigated. It was considered as a main mechanism in central processing of visual information. The results of experiments show that there is a correlation between the number and distribution of spikes and that of synaptic potential interpulse intervals. It was shown that as a rule LGN neuron spikes are generated at the longest intervals between synaptic potentials. This relationship is the basic factor in visual information coding mechanisms in the brain centers.

*Нейрон ЛКТ - межимпульсный интервал - генерация спайка - синаптический потенциал*

В настоящее время установлено, что нейроны латерального коленчатого тела (ЛКТ) не являются только релейными нейронами в процессах передачи зрительной информации из сетчатки в кору [1-3, 5-11]. Зрительная информация подвергается определенной обработке в ЛКТ, и из более общей, недифференцированной информации нейроны ЛКТ передают в зрительную кору дискретную, специализированную информацию о конкретных свойствах предметов в поле зрения и уровне общей освещенности [2, 10]. И хотя никем не оспаривается положение о том, что процесс обработки афферентной информации нейрон осуществляет определенным распределением межимпульсных интервалов (информационный код), тем не менее до настоящего времени нет достоверных данных о способах или механизмах,

которые осуществляют эту важную функцию центрального нейрона. Благодаря методике отдельной регистрации синаптических и спайковых потенциалов одного и того же нейрона ЛКТ [4], появилась возможность подробного изучения соотношения вход-выход информации нейрона и факторов, влияющих на это соотношение. Последнее рассматривается нами как возможный механизм трансформации информации на уровне нейрона ЛКТ. Настоящая статья представляет результаты наших исследований, посвященных этой проблеме.

**Материал и методика.** Методика операции и регистрации описаны в предыдущей статье (см. стр. 65-69). При помощи запуска триггером Шмитта отдельного стандартного импульса регистрировали синаптические и спайковые потенциалы одного и того же нейрона, которые затем анализировали по программе межимпульсных интервалов (МИ) на анализаторе АНОПС-101. Определенные соотношения синаптических и спайковых потенциалов, (количество спайковых/количество синаптических потенциалов) рассматривали как один из показателей степени трансформации информации исследуемым нейроном. После опыта производили гистологическую верификацию местонахождения электрода.

**Результаты и обсуждение.** Результаты наших опытов показывают, что, как правило, при раздражении сетчатки зрительными стимулами общее количество вызванных синаптических потенциалов в несколько раз превышает таковое спайковых потенциалов исследуемого нейрона, т.е. для возникновения одного спайка необходимо несколько возбуждающих постсинаптических потенциалов (ВПСП). Подробный анализ межимпульсных интервалов синаптических потенциалов показал, что оптимальными для генерации спайка являются длинные МИ. Количественно у большинства нейронов, как правило, МИ синаптических потенциалов превалируют в пределах 10-100 мсек. Оказалось, что в некоторых случаях один постсинаптический потенциал может вызвать залп нескольких спайков, но это наблюдается только тогда, когда синаптическому потенциалу, генерирующему залп, предшествует длинный (50 и более мсек) МИ. Из рис. 1 видно, что амплитуда синаптических потенциалов положительно коррелирована с величиной МИ синаптических потенциалов, а именно, чем длиннее МИ, тем больше амплитуда синаптического потенциала (ордината на рис.1), а следовательно, и вероятность возникновения спайка. При интервалах 100 мсек и больше один синаптический потенциал может генерировать 2-3 спайка (рис.1). На рис.2 представлены данные, полученные путем сопоставления количества спайков исследуемого нейрона и количества синаптических потенциалов. Как видно из рис.2, чем больше количество спайковых потенциалов, тем выше отметка на оси ординат, что указывает на уменьшение частоты синаптических потенциалов, а следовательно, удлинение их МИ. Наибольшее количество спайков возникает при МИ 40 мсек и больше, соответственно величина соотношения количество спайков/синаптические потенциалы увеличивается. Из рис.2 видно также, что максимум данного соотношения соответствует МИ около 200 мсек. Таким образом, чем длиннее интервал между синаптическими потенциалами, тем больше амплитуда последующего ВПСП и, следовательно, вероятность генерации спайкового разряда нейрона.

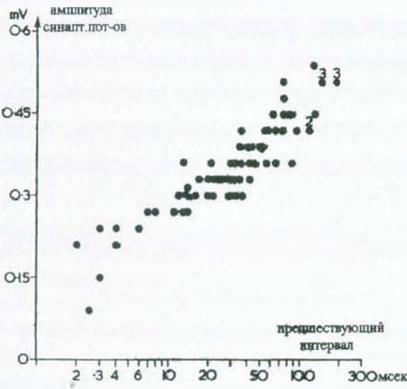


Рис. 1. Зависимость амплитуды синаптического потенциала от предшествующего межимпульсного интервала. (Ось абсцисс – межимпульсный интервал, мсек, ось ординат – амплитуда синаптического потенциала.)

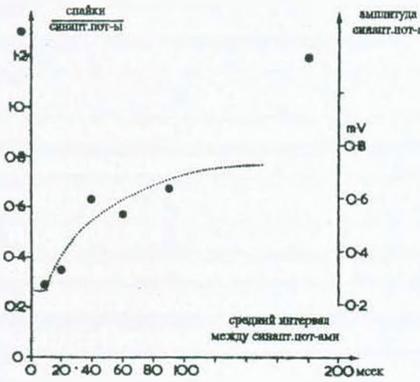


Рис. 2. Вероятность возникновения спайковых потенциалов от межимпульсных интервалов синаптических потенциалов. (Ось абсцисс – средний межимпульсный интервал синаптических потенциалов, ось ординат – соотношение число спайков/число синаптических потенциалов.)

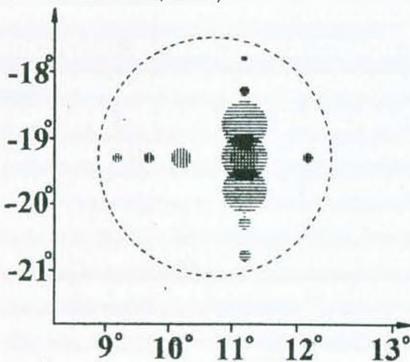


Рис. 3. Асимметричное расположение разрядного центра в рецептивном поле дирекционно-чувствительного нейрона в поле зрения.

Особый интерес представляли дирекциональные нейроны ЛКТ, отличающие направление движения стимула по РП. Оказалось, что они обладают РП с ассиметрично расположенным разрядным центром (рис.3). При движении слева направо в таком РП зрительный стимул проходит большую часть менее чувствительного пространства РП по сравнению с движением справа налево. Таким образом, наличие ассиметричное распределение как количества синаптических потенциалов, так и их межимпульсных интервалов при двух противоположных направлениях движения зрительного стимула через РП, что, надо полагать, может являться причиной ассиметричного ответа клетки и тем самым дополнительным механизмом, обеспечивающим специализированный дирекциональный ответ нейрона. Опыты показали, что амплитуда возбуждающих синаптических потенциалов снижается при больших частотах их возникновения (превалирование коротких интервалов) и, наоборот, амплитуда ВПСП повышается при редкой частоте их возникновения (превалирование длинных интервалов). Поскольку генерация спайков зависит от пороговой величины ВПСП, наиболее вероятными для передачи информации являются его низкие частоты с длинными межимпульсными интервалами.

Таким образом, результаты опытов позволяют предполагать, что распределение межимпульсных интервалов ВПСП, модулирующих уровень мембранного потенциала нейрона, фактически является

основой механизма кодирования в процессе передачи зрительной информации из сетчатки нейронам ЛКТ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнян-Козак Б.А., Экимян А.А., Казарян А.Л., Дец К., Козак А.Ю., Григорян Г.Г. *Нейрофизиология*, 3, 5, 413-420, 1995.
2. Арутюнян-Козак Б.А., Экимян А.А., Казарян А.Л., Дец К., Козак А.Ю., Григорян Г.Г. *Нейрофизиология*, 4, 1, 77 – 81, 1996.
3. Козак В.М., Арутюнян-Козак Б.А., Экимян А.А., Орбелян Г.А. *Биолог. журн. Армении*, 52, 3-4, 1999.
4. Bishop P.O., Burke W., Davis R. *J. Physiol.*, 162, 1, 451-472, 1962.
5. Cleland B.G., Dubin M.W., Levick W.R. *Nature*, 231, 191-192, 1971.
6. Jones H.E., Sillito A.M. *J. Physiol.*, 479, 475-486, 1994.
7. Kozak W., Rodieck R.W., Bishop P.O. *J. Neurophysiol.*, 28, 1, 19-47, 1965.
8. Lee b.b., Creutzfeldt O.D. *Exp. Br. Res.*, 35, 3, 547-557, 1979.
9. Levick W.R. *Australian Physiol. and Pharm. Soc.*, 8, 9-16, 1977.
10. Thompson K.G., Leventhal Au.G., Zhou Y., Liu D. *Vis. Neurosci.*, 11, 939-951, 1994.
11. Thompson K.G., Zhou Y., Leventhal Au.G. *Vis. Neurosci.*, 11, 923-938, 1994.

Поступила 18.IV.1999