

В естественных условиях роль Наблюдателя принадлежит постсинаптическому нейрону. Его функции вполне адекватны решению описанной задачи [1].

Выводы. Результаты работы показывают, что УСКП сочетает достаточное число постулатов для отображения с удовлетворительной точностью основных особенностей кратковременных изменений синхронической эффективности при разных условиях пресинаптической стимуляции.

Анализ и вычислительных экспериментах эффектов фасилитации дал основания для теоретического предсказания эффекта синаптического резонанса. Условия возникновения этого эффекта свидетельствуют о чувствительности химического синапса к интервалам и/или образам импульсной активности и предлагают оригинальную интерпретацию принципов декодирования афферентной информации, передаваемой пакетами импульсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельник Л. С. Переходные процессы в нейронных системах. 408, Ереван, 1987.
2. Мелконян Т. Г., *Publ. Cybern.*, 62, 33—548, 1991.
3. Caron P., *Exper. M. J. Neurophysiol.*, 40, 9, 105, 1977.
4. Eecklin DR, Eccles JC. *J. Physiol.*, 159, 374—399, 1960.
5. Del Castillo J, Katz B. *J. Physiol.*, 121, 567—573, 1954.
6. Del Castillo J, Katz B. *J. Physiol.*, 124, 574—595, 1954.
7. Ingeff J, Katz B. *J. Physiol.*, 155, 510—542, 1961.
8. Fatt P, Katz B. *J. Physiol.*, 117, 109—128, 1952.
9. Katz B. *The release of neural transmitter substances*. Liverpool, Liverpool Univ. Press, 1969.
10. McLachlan E. *Ann. Rev. Physiol.*, 17, 49—117, 1978.
11. Redman S. *Physiol. Rev.*, 50, 165—198, 1970.

Получено 19.11.1991 г.

Вестник АН Армении, № 2 (145), 1992

УДК 612.8.52—50

ЧАСТОТНЫЙ МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ГЛАВНОГО КОМПОНЕНТА ЭЛЕКТРОРЕТИНОГРАММЫ

А. Р. САРКИСЯН, С. С. МУРАДЯН, С. Г. АДАМЯН

Институт физиологии им. Л. А. Орбели АН Армении, Ереван

Для идентификации главного компонента электроретинограммы на основе ее частотных характеристик предлагается динамическая модель, которая использует кабельные уравнения для описания мембранной клетки.

Վարչարկում է նվիրում Գրականագիտության համալսարանի գրականության քոլեջին, որը բաժնետիրական գործընկերություն է հիմնադրվել է Մյունխենի քոլեջի հետ:

Сокращения: ЭРГ—электроретинограмма; АЧХ—амплитудно-частотная характеристика; МЧХ—линейная частотная характеристика.

In order to identify the glial component on the base of the electroretinogram frequency characteristics the dynamic model which used cable equations for Muller cell description, is suggested.

Глиальный компонент — метод идентификации.

ЭРГ является суммарной реакцией сетчатки, определяемой взаимодействием множества ее клеточных элементов. Сложный характер изменения ЭРГ во времени говорит о том, что она может быть разделена на несколько основных компонентов, характеризующих синхронную активацию различных групп клеточных популяций сетчатки [2, 3, 7].

Основные представления о компонентном составе ЭРГ базируются на результатах внутриклеточных исследований, которые, в частности, выявили существенный вклад в ЭРГ деполяризации миеллеровских клеток [4, 8]. Последние представляют собой радиально-глиальные клетки, вытянутые от стекловидной поверхности ретины до пределы внешней ограничивающей мембраны. Близкое соответствие ответов миеллеровских клеток с трансетинально регистрируемой волной «в» электроретнограммы дало основание для построения модели волны «в» как результата деполяризации миеллеровских клеток [5, 6].

Однако отмеченная модель не дает возможности выделения глиального компонента непосредственно по ЭРГ. В настоящей работе предлагается решение этой задачи, основанное на использовании частотных характеристик ЭРГ.

Согласно закону Фика, в модели Е. А. Ньюмана и Л. Л. Одетта глиальный компонент описывается уравнением:

$$\frac{d[K^+]_i}{dt} = -\alpha \frac{d^2[K^+]_i}{dx^2} - [K^+]_i \left(\frac{1}{\tau_1 \alpha_1} + \frac{1}{\tau_2} \right) - \frac{G_m}{\tau_3} \quad (V_1) \quad (1)$$

где α — величина, пропорциональная проницаемости мембраны; α — пространственная константа; τ — постоянная времени активного поглощения; G_m — общая мембранная проводимость на единицу объема; ΔV — разность между потенциалом равновесия K^+ и мембранным потенциалом; D^* — коэффициент диффузии.

Поскольку концентрация K^+ в мембране миеллеровской клетки пропорциональна изменению экстраклеточного потенциала, формулу (1) можно представить в виде уравнения линии с распределенными параметрами:

$$C_c \frac{dU}{dt} = G_c \frac{d^2U}{dx^2} - \frac{U}{R_c} \quad (2)$$

где R_c — сопротивление линии; G_c — проводимость между линиями; C_c — емкость между линиями.

Входными сигналами для модели являются импульсы тока различной амплитуды, а выходным — напряжение на нагрузке.

Уравнение для передаточного сопротивления линии с распределенными параметрами имеет вид:

$$Z = \frac{U(X, t)}{I(O, t)} = \frac{(1 + \bar{n})Z_c}{e^{\gamma x} - \bar{n}e^{-\gamma x}}$$

где λ —длина линии;

\bar{n} —коэффициент отражения линии:

$$\bar{n} = \frac{Z_n - Z_c}{Z_n + Z_c}$$

Z_c —характеристическое сопротивление кабеля, равное отношению продольного сопротивления на поперечную проводимость:

$$Z_c = \frac{R_c}{G_c + j\omega C_c}$$

γ коэффициент распространения:

$$\gamma = \sqrt{R_c(G_c + j\omega C_c)}$$

С использованием коэффициентов λ и τ , где λ —постоянная длины линии с распределенными параметрами:

$$\lambda = \frac{1}{R_c G_c}$$

τ —постоянная времени линии:

$$\tau = \frac{C_c}{G_c}$$

l —электродинамическая длина линии:

$$l = \frac{x}{\lambda}$$

Величины Z и γ выражаются в виде:

$$Z_c = \sqrt{\frac{z_0}{1 - j\omega\tau}}$$

где z_0 —сопротивление линии при нулевой частоте,

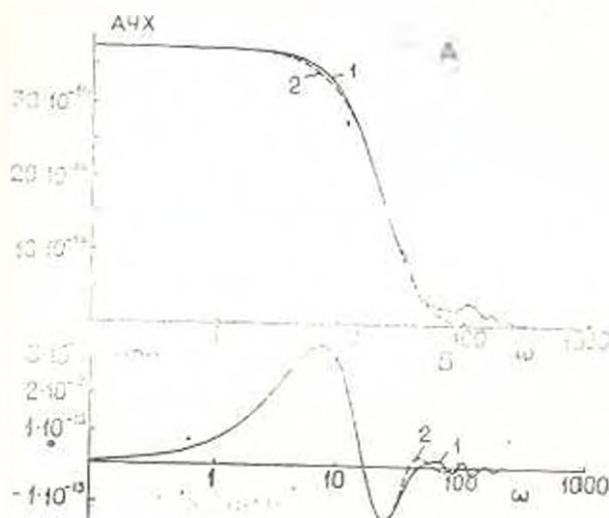
$$\gamma = \frac{1}{\lambda} \sqrt{1 - j\omega\tau}$$

При анализе задачи в частотной области наряду с исходной ЭРГ используются ее частотные характеристики, которые, сохраняя практически полную информацию об исходной ЭРГ, создают более ясное представление о процессах, происходящих в сетчатке.

На рис. 1 сплошной линией представлены амплитудная и фазовая частотные характеристики электроретинограммы кролика (14 мин теневой адаптации, продолжительность вспышки—10 мсек), полученные с помощью кусочно-линейного преобразования Фурье на неравноотстоящих отчетах экспериментальной кривой. Пунктирной линией обозначены АЧХ и ФЧХ смоделированных ответов мюллеровских клеток. Подбор параметров в модели осуществлялся путем ав-

томатизированного поиска с использованием оригинальной программы оптимизации [1].

Как видно из рис. 1, частотные характеристики модели практически совпадают с характеристиками ЭРГ в диапазонах частот меньше, чем 800 Гц, при следующих значениях параметров: электротоковая длина линии—9,369 единиц длины, постоянная времени—5,2 мсек.



А. 1—АЧХ ЭРГ в модели, 2—АЧХ модели. Б. 1—МЧХ ЭРГ в модели, 2—МЧХ модели.

Переход во временную область осуществляется с помощью эффективного алгоритма обратного преобразования Фурье по неравноотстоящим отсчетам, расположенным по закону геометрической прогрессии.

Полученный с помощью модели галавный компонент с удовлетворительной точностью повторяет волну «в». Разность между исходной ЭРГ и полученной волной «в» может быть идентифицирована с волной «а» и осциллятором потенциалом электрорегистраграммы. Полученный в виде разности компонент ЭРГ может генерироваться или одним или несколькими процессами, происходящими в сетчатке. Предварительные исследования позволяют допустить, что она является результатом одного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марьяян А. Г., Степанян А. С. Механизмы зрения, научн. тр., 39—42. Ереван, 1993.
2. Мелконян А. С. Переходные процессы в нейронных системах. Ереван, 1987.
3. Babel J., Stangos N., Korol S., Spiessens M. *Ocular Electrophysiology*. Stuttgart, 1977.
4. Newman E. A. *Electrophysiology of Retinal Ganglion Cells*. Pergamon press, 1973.
5. Newman E. A., Odette L. L. *J. Neurophysiol.*, 1, 161—182, 1964.
6. Odette L. L., Newman E. A. *Opt.*, 1, 198—210, 1980.
7. Riggs L. A. *Vision Res.*, 9, 1443—1453, 1966.
8. Tomita T., Yanagida T. *Vision Res.*, 12, 1703—1707, 1981.

Поступило 19.III 1991 г.