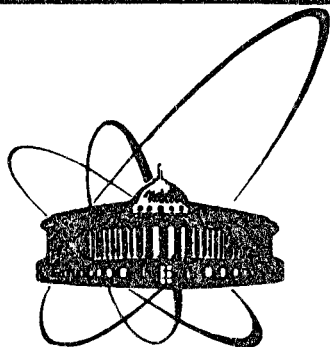


5596/82



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

19-82-590

В.И.Данилов, В.В.Паршинцев, В.В.Туркин*

ВЛИЯНИЕ ОДИНОЧНОГО ИМПУЛЬСА
МАГНИТНОГО ПОЛЯ
НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ НЕЙРОНОВ

Направлено в журнал "Радиобиология"

* Московский государственный университет
им. М.В.Ломоносова.

1982

О возможности влияния магнитных полей /МП/ на электрическую активность /ЭА/ нервных клеток сообщалось в работах /1,2/. Цель настоящего исследования - выяснить, зависит ли реакция нейронов от скорости изменения МП. В этом сообщении приведены результаты изучения зависимости реакции нейронов от скорости фронтов одиночного импульса МП треугольной формы.

Работа проведена на отдельных гигантских нейронах изолированного мозга моллюска *Limnaea stagnalis* как обладавших, так и не обладавших спонтанной активностью. Изолированный мозг помещали в исследовательскую камеру объемом 2,5 мл с протоком раствора Рингера при комнатной температуре $22 \pm 1^\circ\text{C}$. Оболочки ганглиев надрезались, в результате чего поверхностные клетки становились доступными для введения микроэлектрода. ЭА нейронов регистрировались стеклянными микроэлектродами /2,0 М КСl, сопротивление 10-50 Мом/, соединенными с предусилителем /входное сопротивление 10^{10} Ом/. Наблюдение и запись сигналов производилась с помощью запоминающего осциллографа С8-11 и перьевого самописца НЗ27-5. МП создавалось с помощью двух колец Гельмгольца и генератора тока^{/3/}. Направление поля было горизонтальным и совпадало с земным. Неоднородность МП в рабочем объеме 1 см^3 - не более 1%. Измерение МП производилось магнитометром МПХ-1М, изготовленным в ОИЯИ^{/4/}. Нейроны подвергались воздействию импульсов МП треугольной формы с пиковой амплитудой от 1 до 100 Э и скоростями фронтов: $5 \cdot 10^{-2}$; 10^{-1} ; 1; 10; 10^2 ; $2 \cdot 10^3$ Э/с. Эксперименты по воздействию МП начинали через 30-40 мин после введения микроэлектрода в нейрон, когда устанавливался стационарный уровень ЭА нейрона.

О реакции клетки судили по изменению частоты импульсации /для клеток, обладавших импульсной активностью/ или по изменению мембранного потенциала. Эти параметры анализировались на 5-минутных интервалах времени до и после воздействия на них импульсом МП.

По установлении стационарного уровня ЭА у клеток, обладавших регулярной импульсной активностью, ошибка среднего значения частоты импульсации, выраженная в относительных единицах, не превышала 5%. В небольшом количестве экспериментов на нейронах с нерегулярной импульсной активностью и с малой частотой импульсации /менее 5 импульсов в минуту/, ошибка среднего значения достигала 20%. У нейронов, не обладавших импульсной активностью, отклонение мембранного потенциала от среднего значения не превышало 1 мВ.

ОБЪЕДИНЕННЫЕ

КОПИИ

БИБЛИОТЕКА

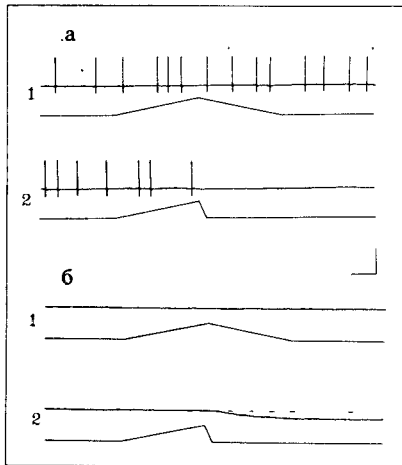


Рис.1. Влияние на электрическую активность /ЭА/ нейрона, обладавшего /а/ и не обладавшего /б/ импульсной активностью, импульса магнитного поля /МП/ амплитудой 10 Э со скоростью нарастания 0,1 Э/с и скоростью спада: а1 и б1 - 0,1 Э/с, а2 и б2 - 1 Э/с. На каждом кадре /1,2/ верхняя кривая соответствует записи ЭА нейрона, нижняя - записи МП. Пунктирная линия на кадре б2 соответствует уровню мембранного потенциала до воздействия МП. Калибровка: горизонтальный отрезок соответствует 30 с, вертикальный - 60 мВ /для а и б/.

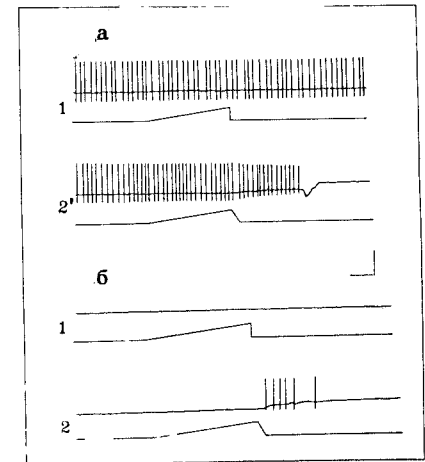
При воздействии на нейроны одиночным импульсом МП амплитудой 1 Э изменений ЭА не наблюдалось при всех вышеуказанных скоростях изменения МП /количество экспериментов $n=26$ / группа А/. Изменений ЭА нейронов не наблюдалось при воздействии импульсами МП амплитудой 10 Э со скоростями фронтов, меньшими или равными 0,1 Э/с ($n=38$)/группа Б/.

При воздействии на эти же нейроны /групп А и Б/ импульсом амплитудой 10 Э, скорость одного из фронтов которого была увеличена до 1-10 Э/с, происходили изменения ЭА в 70% случаев /рис.1/.

В реакциях различных нейронов на импульсы МП отмечалось значительное разнообразие. У клеток, не обладавших спонтанной активностью, наблюдали развитие или гиперполяризации /рис.1б/, или деполяризации /рис.2б/ на 5-20 мВ. В отдельных экспериментах наблюдалось возникновение импульсной активности у клеток, ранее ею не обладавших /рис.2б/. У нейронов, обладавших спонтанной активностью, наблюдалось увеличение частоты активности или уменьшение ее вплоть до полного исчезновения /рис.1а/. В некоторых случаях изменение частоты активности наблюдали без заметного изменения потенциала покоя. У ряда клеток воздействие импульса МП вызвало трансформацию характера активности с регулярной на "пачечную".

Латентный период реакции /отсчитываемый в случае, когда эффект вызывался передним фронтом - от начала импульса, а в случае, когда эффект вызывался задним фронтом, - от вершины треугольного импульса/ варьировал от опыта к опыту в пределах от 7 до 60 с /обычно 10-20 с/. Время полного развития реакции составляло от десятка секунд до нескольких минут. Как правило, изменение ЭА носило необратимый характер /наблюдение в течение

Рис.2. Влияние на электрическую активность нейрона, обладавшего /а/ и не обладавшего /б/ импульсной активностью, импульса магнитного поля амплитудой 10 Э со скоростью нарастания 0,1 Э/с и скоростью спада: а1 и б1 - 100 Э/с, а2 и б2 - 1 Э/с /обозначения те же, что и на рис.1/. Калибровка: горизонтальный отрезок соответствует 30 с, вертикальный: для а/ - 70 мВ, для б/ - 50 мВ.



30-40 мин/, однако в ряде опытов первоначальный характер ЭА восстанавливался через 10-15 мин после воздействия импульсом МП.

Эффективность воздействия импульсами амплитудой 10 Э уменьшалась при дальнейшем увеличении скорости изменения МП. Так, при скорости одного из фронтов импульса 100 Э/с изменения ЭА происходили у 6 нейронов из 19 исследованных, а при скорости $2 \cdot 10^3$ Э/с ни в одном эксперименте реакции клеток не наблюдалось ($n=16$). У этих же клеток наблюдали изменения ЭА при воздействии импульсом МП, скорость одного из фронтов которого была уменьшена до 1-10 Э/с /рис.2/.

Импульс МП амплитудой 100 Э /со скоростью фронтов 1 Э/с/ не приводил к существенному увеличению количества прореагировавших нейронов. Так, при воздействии на нейроны /не прореагировавшие на импульс МП амплитудой 10 Э со скоростью изменения одного из фронтов 1-10 Э/с/ импульсом амплитудой 100 Э наблюдались изменения ЭА только у 4 нейронов из 16. Качественная картина реакции нейронов в этих экспериментах не отличалась от реакции на импульс амплитудой 10 Э.

Проведенное исследование показало, что одиночный импульс МП, по амплитуде всего на порядок превышающий МП Земли, вызывает изменение ЭА нейронов, при условии, что скорость одного из фронтов импульса лежит в определенном диапазоне. Зависимость реакции нейрона от скорости изменения МП свидетельствует в пользу предположения, что влияние МП опосредуется через вихревое электрическое поле /ВЭП/. Заслуживает внимания совпадение скорости изменения МП, вызывающего реакцию нейронов в наших экспериментах, с минимальной скоростью изменения МП, вызывающего реакцию специализированного органа электрочувствительности скатов - ампулы Лоренцини, равной 2-5 Э/с^{5,6/}.

Представляет интерес сравнение величины однородного электрического поля /ОЭП/, способного оказать влияние на нервные клетки, и амплитуды ВЭП, возникающего в наших экспериментах. Эйдиди⁷⁷, сопоставив собственные данные о влиянии низкочастотных ОЭП на нейроны мозга с литературными данными о пороговых значениях ОЭП, влияющих на поведенческие реакции животных, оценил нижнюю границу чувствительности к ОЭП в 10^{-7} - 10^{-8} В/см. По нашим оценкам, максимальная амплитуда ВЭП /на периферии исследовательской камеры, используемой в наших экспериментах/ при скорости изменения МП 1 Э/с составляла $2 \cdot 10^{-9}$ В/см, а амплитуда ВЭП на поверхности нейрона /при размерах нейрона 200 мкм/ составляла всего $5 \cdot 10^{-11}$ В/см.

Полученные данные свидетельствуют о высокой чувствительности нервных клеток к меняющемуся во времени МП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля. "Наука", М., 1975.
2. Semm P., Schneider T., Vollrath L. Nature, 1980, vol.288, p.607.
3. Данилов В.И., Попов А.А., Хабаров В.С. ПТЭ, 1981, №4, с.142.
4. Лачинов В.М., Маковеев В.К., Стариков А.М. ПТЭ, 1980, №6, с.135.
5. Броун Г.Р., Ильинский О.Б., Волкова Н.К. Физиологический журнал СССР, 1972, т.58, с.1499.
6. Броун Г.Р., Андрианов Ю.Н., Ильинский О.Б. ДАН СССР, 1974, т.216, с.232.
7. Adey W.R. Proc. IEEE, 1980, vol.68, No.1, p.119.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 августа 1982 года.

Данилов В.И., Паршинцев В.В., Туркин В.В. 19-82-590
Влияние одиночного импульса магнитного поля
на электрическую активность нейронов

Исследовалось влияние одиночного импульса магнитного поля /МП/ треугольной формы на электрическую активность нейронов моллюска *Limnaea stagnalis*, отводимую внутриклеточно. Обнаружена зависимость реакции нейрона от скорости изменения МП. Эффективные значения скоростей фронтов импульса находятся в диапазоне от 1 до 100 Э/с. Пороговая амплитуда импульса МП для большинства нейронов расположена между 1 и 10 Э. При увеличении амплитуды МП до 100 Э эффективность воздействия существенно не возрастала.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Danilov V.I., Parshintsev V.V., Turkin V.V. 19-82-590
The Influence of Single Impulses of Magnetic Field
on the Electrical Activity of Neurons

The influence of the single impulse of magnetic field (MF) of triangular shape of electrical activity (EA) of neurons of the *Limnaea stagnalis* mollusc, registered intracellularly, was studied. The dependence of the neuron reaction on the MF speed changing has been found. The effective values of speeds of impulse fronts were within the 1 upto 100 Oe/s range. The threshold amplitude of MF impulse for most neurons was between 1 and 10 Oe. With increasing MF amplitude upto 100 Oe the efficiency of the effect does not essentially increase.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.