

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 591.18:591.104:615:83

В. Р. Файтельберг-Бланк, Г. М. Перевалов

ДИНАМИКА ИМПУЛЬСНОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙРОНОВ ЗАДНЕГО ОТДЕЛА ГИПОТАЛАМУСА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МИКРОВОЛН

Известно [3, 6, 7], что после облучения животных микроволнами при определенной плотности потока мощности и продолжительности воздействия наблюдаются дистрофические изменения нервных клеток головного мозга (явления асинапсии, вакуолизации и кариоцитолита) наиболее четко выраженные в гипоталамической области. На электрогипоталамограмме под влиянием облучения значительно нарастает количество высокоамплитудных медленных волн и веретенообразных колебаний, что расценивается как усиление тормозных процессов [8]. В то же время, реакции отдельных нервных клеток гипоталамуса, в особенности его заднего отдела, мало изучены, хотя в ряде работ [5, 7, 8] гипоталамусу отводится важная роль в механизме реализации электромагнитного воздействия.

Задачей настоящего исследования было определение количественной характеристики реакций нервных клеток мамиллярных ядер гипоталамуса на воздействие микроволн нетепловых интенсивностей.

Методика исследований

Эксперименты выполнены на 18 кроликах-самцах породы шиншилла весом 2—3 кг. Импульсную активность нервных клеток мамиллярного ядра гипоталамуса регистрировали шлейфным осциллографом с помощью стеклянных микроэлектродов по [4]. Локализацию треков микроэлектродов контролировали на гистологических срезах мозга, окрашенных по Нисслю. Частоту потенциалов действия нервных клеток измеряли автоматически с помощью электронносчетного частотомера. Животных облучали электромагнитными колебаниями ($\lambda = 12,6$ см) с плотностью потока мощности (ППМ) 0,5 и 5 мВт/см², экспозиция 10 мин. Вибратор излучателя генератора ориентировали вдоль осевой линии тела животного на расстоянии 4λ от головы. В контрольных опытах животных не подвергали воздействию микроволн. Статистическая обработка полученных данных проводилась на ЭВМ «Минск-22» по *t*-критерию Стьюдента. Наличие реакции нервной клетки на микроволновое облучение принималось только при статистически достоверном ($p < 0,05$) отклонении частоты импульсов от исходного фонового уровня. Нейроны, частота потенциалов действия которых при воздействии микроволн была достоверно выше исходного уровня, определены как возбудимые, ниже — тормозные.

Результаты исследований

В области мамиллярных ядер гипоталамуса обследована импульсная активность 128 нервных клеток. По характеру фоновой активности нейроны мамиллярного ядра можно подразделить на три группы: 1) генерирующие нерегулярные одиночные потенциалы действия (68%); 2) генерирующие потенциалы действия, сгруппированные в разряды (11%); 3) генерирующие одиночные и сгруппированные в разряды потенциалы действия (21%).

В ответ на воздействие микроволн с ППМ $0,5 \text{ мВт/см}^2$ значительное число нервных клеток мамиллярного ядра гипоталамуса повышало частоту разрядов (рис. 1). Наибольшее количество возбудимых нейронов (80%) зарегистрировано на 4 мин облучения. Анализ распределения нейронов мамиллярного ядра по средней частоте пиков

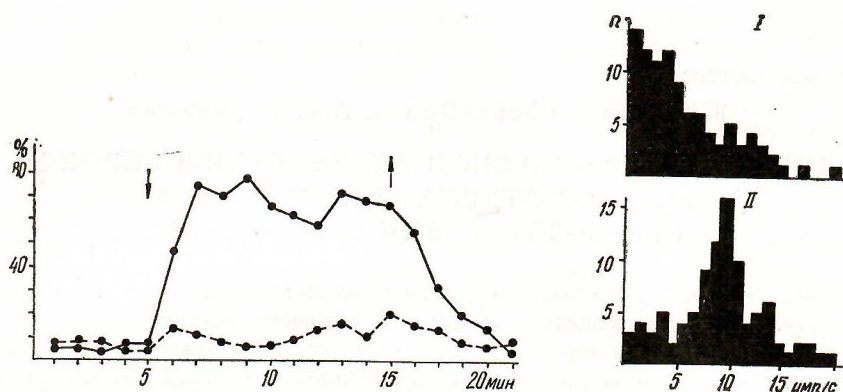


Рис. 1. Соотношение нейронов мамиллярного ядра гипоталамуса, реагирующих повышением или снижением частоты потенциалов действия в ответ на воздействие микроволн с ППМ $0,5 \text{ мВт/см}^2$.

Сплошная линия — нейроны с повышенной, прерывистая — с пониженной частотой пиков по сравнению с исходным уровнем. По — вертикали — число нейронов, выраженное в процентах к общему количеству обследованных в мамиллярном ядре гипоталамуса. По горизонтали — время регистрации, в мин; момент начала и окончания облучения обозначен стрелками.

Рис. 2. Распределение нейронов мамиллярного ядра гипоталамуса по средней частоте разрядов до воздействия (I) и на 4 мин облучения (II) микроволнами с ППМ $0,5 \text{ мВт/см}^2$.

По вертикали — число нервных клеток; по горизонтали — средняя частота разрядов (имп/с).

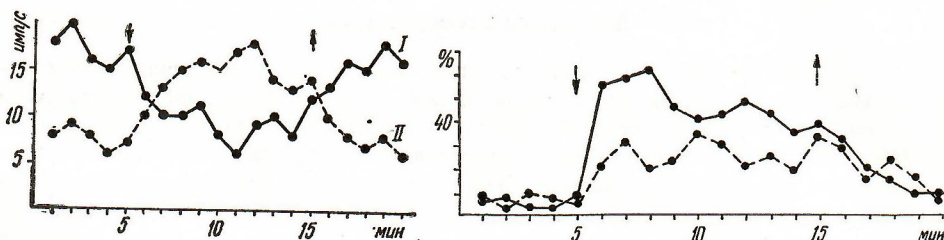


Рис. 3. Динамика импульсной активности нейронов мамиллярного ядра гипоталамуса при воздействии микроволн с ППМ $0,5 \text{ мВт/см}^2$. I — тормозный, II — возбудимый нейрон.

По вертикали — средняя частота разрядов (имп/с); по горизонтали — время регистрации, в мин; момент начала и окончания облучения обозначен стрелками.

Рис. 4. Соотношение нейронов мамиллярного ядра гипоталамуса, реагирующих повышением или снижением частоты потенциалов действия в ответ на воздействие микроволн с ППМ 5 мВт/см^2 .

Условные обозначения см. рис. 1.

показывает, что в этот период происходит перестройка частоты их генерации на более высокий уровень (рис. 2). Так, если до воздействия микроволн большинство нервных клеток разряжалось с частотой $1-7 \text{ имп/с}$, то после облучения микроволнами с ППМ $0,5 \text{ мВт/см}^2$ — с частотой $8-14 \text{ имп/с}$. Максимальное количество тормозных нервных клеток наблюдалось на 10 мин облучения (22%). В большинстве случаев исходный уровень импульсной активности нервных клеток, тормозящихся под влиянием микроволн, был значительно выше, чем у возбудимых (рис. 3). После прекращения облучения в течение $1-2 \text{ мин}$ часть нервных клеток сохраняла повышенную или пониженную частоту потенциалов действия по сравнению с исходным уровнем (рис. 1 и 3). Так, на 1 мин

после воздействия микроволн число нейронов с повышенной частотой пиков составляло 55%, с пониженной — 15%. В течение последующих 4 мин регистрации импульсной активности наблюдалось восстановление частоты потенциалов действия нервных клеток до фонового уровня.

При воздействии микроволн с ППМ 5 мВт/см² зарегистрировано значительно меньше клеток мамиллярного ядра, реагирующих повышением частоты пиков (рис. 4). Число клеток с пониженной частотой разрядов, напротив, существенно увеличилось. Наибольшее количество возбудимых нейронов отмечено на 3 мин (62%), тормозных — на 5 и 10 мин (36%) действия микроволн. На 3 мин облучения, по данным распределения нейронов по средней частоте разрядов, произошла перестройка частоты их генерации на более высокий уровень (9—15 имп/с). Исходный уровень импульсной активности нервных клеток мамиллярного ядра, тормозящихся под влиянием микроволн с ППМ 5 мВт/см², так же как и при воздействии микроволн с ППМ 0,5 мВт/см², был значительно выше, чем у возбудимых. После прекращения облучения микроволнами с ППМ 5 мВт/см² восстановление импульсной активности нервных клеток мамиллярного ядра до исходного уровня наблюдалось на 4—5 мин.

В контрольных условиях эксперимента (при имитации включения генератора микроволн) в среднем у 4% обследованных нейронов мамиллярного ядра отмечалось увеличение, а у 5% — снижение частоты потенциалов действия.

Обсуждение результатов исследований

На основании анализа импульсной активности нейронов мамиллярного ядра установлено, что эти клетки обладают весьма высокой чувствительностью к микроволновому облучению. В ответ на воздействие микроволн с ППМ 0,5 мВт/см² у большинства обследованных нейронов мамиллярного ядра наблюдалось повышение частоты потенциалов действия. При увеличении интенсивности микроволн до 5 мВт/см² возбудимых клеток зарегистрировано меньше, а тормозных больше. Однако, в обоих случаях общее количество нейронов мамиллярного ядра гипоталамуса, изменяющих частоту потенциалов действия при облучении, значительно превосходит число не реагирующих на электромагнитное поле. Механизм включения нейронов в реакцию на электромагнитное поле до настоящего времени остается дискуссионным [3, 8]. С одной стороны, изменение активности нервных клеток может быть вызвано усилением афферентной импульсации из областей, обладающих повышенной чувствительностью к электромагнитному воздействию. Ввиду того, что задний отдел гипоталамуса имеет обширные связи с другими структурами мозга и подвержен воздействиям различной модальности [2], то такое влияние не исключено. С другой стороны, возможно непосредственное действие электромагнитного излучения на нейроны гипоталамуса, что показано как морфологическими [7], так и электрофизиологическими [5, 8] исследованиями. О прямом влиянии микроволн на нервные клетки свидетельствуют также результаты исследований [1], в которых выявлены изменения ультраструктуры нейронов при воздействии излучения. Таким образом, при облучении животных микроволнами не исключена возможность как прямого, так и опосредованного через другие структуры влияния излучения на деятельность нервных клеток заднего отдела гипоталамуса.

Литература

1. Арбер С. Л., Косых В. А. Влияние микроволн на ультраструктуру гигантских нейронов виноградной улитки. — В кн.: Актуальные вопросы экспериментальной и клинической физиотерапии. М., 1976, с. 56—58.
2. Вейн А. М. Гипоталамус. — В кн.: Клиническая нейрофизиология. Л.: Наука, 1972, с. 105—115.
3. Думанский Ю. Д., Сердюк А. М., Лось И. П. Влияние электромагнитных полей радиочастот на человека. — Киев: Здоров'я, 1975. — 159 с.
4. Константинов В. А., Иванов О. В., Иванов К. П., Дымникова Л. П. Стереотаксический способ введения животным микроэлектродов в подкорковые образования головного мозга без наркоза и без фиксации головы. — Физиол. журн. СССР, 1969, 55, № 4, с. 517—519.

5. Лапин В. И. Вызванная электрическая активность головного мозга под влиянием местного и общего воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты: Автореф. ... канд. мед. наук.— Ставрополь, 1970.— 20 с.
6. Сердюк А. М. Взаимодействие организма с электромагнитными полями как с фактором окружающей среды.— Киев : Наукова думка, 1977.— 227 с.
7. Толгская М. С., Гордон З. В. Морфофизиологические изменения при действии электромагнитных волн радиочастот.— М. : Медицина, 1971. 136 с.
8. Холодов Ю. А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля.— М. : Наука, 1975.— 207 с.

Кафедра патологической физиологии и биофизики
Одесского сельскохозяйственного института

Поступила в редакцию
26.XII 1977 г.

УДК 612.261.273.2

Ю. М. Алферов

ДИФфуЗИОННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ БИСЛОЙНОЙ ЛИПИДНОЙ МЕМБРАНЫ ПОТОКУ КИСЛОРОДА

В ряде недавно опубликованных работ высказано предположение о том, что транспорт кислорода через клеточные мембраны осуществляется не только за счет диффузии, но и за счет других процессов, возникающих на границе раздела фаз [1, 2]. Для выяснения возможности участия таких процессов в массопереносе кислорода представляет интерес исследовать диффузионное сопротивление кислороду со стороны искусственных липидных мембран. Точных сведений о величине такого сопротивления потоку кислорода нет.

Мы измеряли величину диффузионного сопротивления бислойной липидной мембраны (БЛМ) потоку кислорода с помощью специальной полярографической ячейки.

Конструкция предлагаемой нами ячейки предусматривает наличие двух камер одинакового диаметра, разделенных плоской перегородкой с центрально расположенным отверстием. Ячейка изготавливалась из тефлона при наружном диаметре 50 мм. Емкость нижней камеры — 50 мл. Диаметр отверстия в горизонтально расположенной перегородке 1 мм. Липидную мембрану высаживали в отверстие между верхней и нижней камерами. Нижнюю камеру заполняли 0,1 М раствором хлористого калия, парциальное давление кислорода в котором доводили до практически нулевых величин 20 мин барботированием аргона. Объем верхней камеры 25 мл. Боковая стенка нижней камеры содержит поршневое устройство, позволяющее изменять объем нижней камеры на 0,1 мл (рис. 1).

Профиль напряжений кислорода на отверстии снимали с использованием рабочих микроэлектродов. Микроэлектроды изготавливали из платинового микропровода диаметром 30 мкм в стеклянной изоляции. Необходимая прочность микроэлектрода достигалась введением микропровода в стеклянную пипетку с последующим оплавлением. Кончик его электрически затачивали под визуальным контролем до получения точечного электрода и подвергали стабилизации чувствительности к кислороду путем электрохимического состаривания [3]. Для того, чтобы электрод не вызывал возмущений диффузионного потока, длина его тонкой части была значительно больше, а толщина — значительно меньше диаметра отверстия. Используемые рабочие электроды имели длину тонкой части 15 мм. В качестве вспомогательного электрода использовали выносные стандартные хлорсеребряные полуэлементы ЭВЛ-1-М2, расположенные в верхней и нижней камерах. Вспомогательные электроды соединяли параллельно. Измерения диффузионного тока производили с применением электрометрического усилителя, выполненного на МОП транзисторах с последующей регистрацией на самопишущем приборе Н-373. Подачу электрода осуществляли с помощью микроманипулятора с шагом поддачи 5 мкм.

Мембранный раствор готовили из общих липидов мозга крупного рогатого скота по стандартной методике [6]. Бислойную липидную мембрану формировали в отверстии