

ностике смерти мозга // Межд.симп. по транскраниальной доплерографии и ирригационному мониторингу. С. Пб, 1995. С.81.

8.Хаджиев Д.,Эюмбюлева Р. Реоэнцефалографна диагноза на мозъчната смърт//Неврол.Психиатр.Неврохир. 1981. 20,2. С.127-131.

9. Anziska U.J., Cracco R.Q. Short latency somatosensory evoked potentials in brain dead patients// Arch. Neurol.(Chic.). 1980. 37,4. P.222-225.

УДК 612.822.3:615.847.8

В.А.Пестряев

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАКЦИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ НА ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ИМПУЛЬСОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ *ЦНИЛ, УГМА*

Исследования реакций центральной нервной системы (ЦНС) на действие низкоинтенсивных электромагнитных полей (ЭМП), а также механизмов их влияния на протекание информационных процессов, представляют значительный как теоретический, так и практический интерес для современной физиологии и гигиены.

Эфаптические (несинаптические) взаимодействия нейронов - одна из актуальных проблем современной нейрофизиологии. Но большинство работ в этой области касается лишь констатации характера взаимодействия нейронов. Собственные ЭМП нейронов (особенно их магнитная составляющая, в силу своей малости) и механизмы их полевых взаимодействий, а также роль последних в процессах синхронизации - десинхронизации активности нервных клеток остаются мало изученными [1, 7]. Последнее касается и механизмов влияния низкоинтенсивных внешних ЭМП, могущих по ряду своих параметров коррелировать с собственной биоэлектрической активностью мозга.

По общепризнанному мнению исследователей, биологическое действие низкоинтенсивных ЭМП носит в большинстве случаев неспецифический характер. Приспособительные реакции ЦНС на такой слабый раздражитель всегда накладываются на общий неспецифический фон. В силу этого результат воздействия зависит как от параметров ЭМП, так и от исходного (перед воздействием) функционального состояния (ФС) ЦНС. Биологическое действие ЭМП характеризуется многими параметрами. Кроме таких параметров как интенсивность, время воздействия, градиент, в случае переменных ЭМП возникают дополнительные параметры в виде частоты и формы электромагнитного сигнала, а при действии

импульсных ЭМП - определенное значение имеет частота следования импульсов (ЧСИ), форма и длительность импульсов [7]. Когда длительность импульсов значительно меньше интервалов между ними, возникает возможность регулирования последних, т.е. введения частотно-импульсной модуляции (ЧИМ) - того типа модуляции который используется для передачи информации в самой ЦНС [6].

Одним из самых эффективных методов изучения столь сложных процессов, а в случае ЧИМ воздействующих ЭМП - единственным, является управляемый автоматизированный эксперимент.

Для изучения реакций ЦНС кролика на действие ЭМП с ЧИМ использовался автоматизированный биотехнический комплекс, состоящий из микро-ЭВМ ДВК-2м, в кейт которой была встроена дополнительная плата с аналого-цифровым преобразователем (АЦП) и компаратором, усилителя энцефалографа 4ЭЭГ-1, генератора импульсов ЭМП (ИЭМП), обеспечивающего при получении управляющего сигнала разряд конденсатора на индуктор (длительность возникавших импульсов - 1 мс, напряженность МП в районе головы подопытного животного - 210 А/м).

За неделю до начала экспериментов подопытным животным под наркозом в прошерленные зубным бором отверстия в черепе ввинчивались серебряные электроды (=2 мм) и покрывались сверху зубоорачебной пластмассой. Во время экспериментов животное помещалось в станке, представляющем из себя деревянную раму, к передней части которой прикреплялись гибкие тязи, образующие упряжь. Такое крепление мало стесняло животное, но надежно его фиксировало [3]. Визуальный контроль за животным во время экспериментов осуществлялся с помощью телевизионной установки УКМ-1.

Сигнал электрокортикограммы (ЭКоГ) подавался на усилитель энцефалографа, а усиленный сигнал смешивался с постоянной составляющей при помощи специальной электронной схемы со стабилизацией нуля (чтобы все значения оцифрованного сигнала ЭКоГ были положительными) и подавался на АЦП с компаратором. В экспериментах использовались два режима воздействия ЭМП. В первом режиме после включения воздействия импульсы ЭМП подавались через равные промежутки времени (с фиксированной ЧСИ (ФЧСИ) - 5 Гц). Во втором режиме, управление генератором ИЭМП было задействовано на цифровой компаратор, сопряженный с АЦП. При этом ЭВМ устанавливала лишь режим работы компаратора после включения воздействия: порог срабатывания (т.е. мгновенное значение сигнала ЭКоГ, с которым синхронизируется импульс ЭМП), задержку работы компаратора после срабатывания (200 мс), необходимую для нивелирования возникающей от импульса ЭМП

наводки. Порог срабатывания в этом режиме всегда устанавливался выше среднего значения сигнала ЭКоГ: интервал между импульсами ЭМП при этом зависел от изменения во времени значений сигнала ЭКоГ, т.е. получалась цифровая динамическая ЧИМ (ДЧИМ) с регуляцией по принципу обратной связи [4, 6].

Оцифровка сигнала ЭКоГ в режиме воздействия ЭМП с ДЧИМ воцифровываемых интервалах составляла 128 отсчетов/с, а в режиме анализа ЭКоГ 128 отсчетов в 4 с. Полученные данные подвергались спектральному анализу на основе алгоритма быстрого преобразования Фурье, в результате чего вычислялся ряд из 64 гармоник от 0,25 до 16 Гц с шагом в 0,25 Гц (специфика биоэлектрической активности мозга кроликов требует более точной оценки вклада гармоник дельта- и тэта-ритмов), а также вычислению среднего квадратического отклонения (СКО) мгновенных значений сигнала ЭКоГ, считающегося разумной характеристикой ее амплитуды на измеряемом участке [2]. Данные спектрального анализа подвергались специально разработанному алгоритму вторичной обработки [5], в результате которой вычислялись две функции: F1 и F2. Функция F1 характеризовала распределение гармоник от 0,25 до 8 Гц. Если значения функции F1 превышали 1, это означало преобладание гармоник дельта-ритма (0,25 Гц - 4 Гц) над гармониками тэта-ритма (4,25 Гц - 8 Гц), значения функции $F1 < 1$ указывали, наоборот, о преобладании гармоник тэта-ритма в указанном гармоническом ряду. Превышение 1 функцией F2 указывало на больший вклад гармоник дельта- и тэта-ритмов (0,25 - 8 Гц) в спектр ЭКоГ по сравнению с гармониками альфа- и бета-ритмов (8,25 - 16 Гц) и наоборот. Были проведены управляемые эксперименты двух типов. В 1-м типе экспериментатором устанавливались: время воздействия (30 с), режим воздействия (с ДЧИМ или с ФЧСИ), интервалы между воздействиями (4 с)

для оцифровки ЭКоГ и вычисления характеризующих ее параметров (СКО, F1, F2). Во втором типе экспериментов дополнительно устанавливалось автоматическое управление включением воздействия на очередные 30 с после оцифровки и анализа ЭКоГ в зависимости от значений одного из управляемых параметров: F1, F2 или A (значение СКО на анализируемом участке ЭКоГ). Алгоритмы включения воздействия, использованные в этих экспериментах, были двух типов, условно: S и D. В режиме S включение воздействия осуществлялось при снижении значения управляемого параметра ниже порогового (1 - для функций F1, F2; для A - значение СКО, характерное для ЭКоГ кролика при выраженном дельта-ритме), а за положительный эффект воздействия принималось увеличение значения управляемого параметра после воздействия. Наоборот, в режиме D включение воздействия осуществлялось при увеличении управляемого параметра выше порогового (для A - значение СКО, характерное у ЭКоГ кролика при выраженном тэта-ритме), а за положительный эффект воздействия принималось уменьшение значения управляемого параметра. Таким образом, здесь имела место разница в целях воздействия (S - увеличение управляемого параметра, D - уменьшение).

Контролем по отношению к экспериментам второго типа (т.е. с управляемыми параметрами) служили как эксперименты первого типа, так и контрольные регистрации - оцифровки ЭКоГ без воздействия, которые осуществлялись через каждые 30 с в течение часа перед началом каждого эксперимента. Статистическая оценка преобладающих тенденций изменения управляемого параметра производилась с помощью Z-критерия знаков.

Анализ экспериментов показал наличие достоверных тенденций изменения управляемых параметров во втором типе экспериментов (табл. 1).

Таблица 1

Изменения значений управляемого параметра в экспериментах

Режим ЧИМ	Цель воздействия	Управляемый параметр	Изменение значения управляемого параметра после воздействия		P
			Увеличение (+)	Уменьшение (-)	
ДЧИМ	S	F1	22	9	= 0,05
		F2	77	22	< 0,01
		A	47	9	< 0,01
	D	F1	16	49	< 0,05
		F2	16	49	< 0,01
		A	21	79	< 0,01
ФЧСИ	S	F1	40	23	= 0,05
		F2	44	9	< 0,01
	D	F2	30	70	< 0,01

Таблица 2

Изменение значений управляемого параметра F2 на коротких интервалах экспериментов

Цель воздействия	Режим	Изменение значения F2 после воздействия		P
		Увеличение (+)	Уменьшение (-)	
S	ЧИМ			
	ДЧИМ	6	16	>0,05
D	ФЧСИ	19	3	< 0,01
	ДЧИМ	3	19	< 0,01
	ФЧСИ	16	6	> 0,05

В экспериментах первого типа, где включение воздействия не зависело от изменения параметров собственной биоэлектрической активности экспериментального животного, как увеличение, так и уменьшение значений параметров F1, F2 и A после воздействия было равновероятным. Вероятность направленности изменений этих параметров близкая к 0,5 наблюдалась и в контрольных регистрациях-оцифровках ЭКоГ, проводимых без воздействий.

Представленные в табл.1 достоверные изменения управляемых параметров, соответствующие навязанным "правилам игры", не зависели от вида ЧИМ воздействующих ЭМП на таких длительных интервалах экспериментов (до 100 воздействий). Другая картина получилась при анализе коротких интервалов экспериментов (по 22 воздействия, см. табл. 2).

Здесь достоверные изменения управляемого параметра (F2), соответствующие установленным правилам включения воздействия, наблюдались лишь в двух случаях. В случае, если целью воздействия было увеличение параметра F2, т.е. увеличение амплитуд гармоник дельта- и тэта- ритмов в спектре ЭКоГ, то на коротких интервалах экспериментов достоверные изменения управляемого параметра в нужную сторону происходили при воздействиях ИЭМП с ФЧСИ, наоборот, если целью воздействия было уменьшение значения F2, то это достигалось наилучшим образом при действии ЭМП с ДЧИМ.

Это хорошо согласуется с данными, полученными ранее автором в управляемых экспериментах с крысами [4], где было показано, что действие ИЭМП с ФЧСИ в инфранизком диапазоне сопровождается увеличением амплитуд гармоник тэта- и дельта-ритмов в спектре ЭКоГ в тех случаях, когда перед воздействием в спектре ЭКоГ уже есть высокоамплитудные гармоники ниже 8 Гц (в спектре ЭКоГ кролика почти всегда присутствуют такие гармоники), а действие ЭМП с ДЧИМ, регулируемой от ЭКоГ и обуславливающей корреляцию во времени импульсов ЭМП с активностью мозга, оказывает выраженное влияние на изменение характера суммарной биоэлектрической активности коры головного мозга, в особенности на процессы десинхронизации.

Но т.к. на длинных интервалах экспериментов получились достоверные результаты направленности изменений значений управляемых параметров вне зависимости от ЧИМ воздействия, но в зависимости от установленных правил включения воздействия, то именно последние играли определяющую роль в формировании возникавших адаптивных биоэлектрических реакций ЦНС.

Данные, представленные в таблицах 1 и 2, а также в работе [4], были получены в управляемых экспериментах с использованием межполушарных биполярных (сенсомоторная область) отведений ЭКоГ экспериментальных животных. Выбор этого вида отведения обуславливался следующими соображениями. Нервный импульс, приходящий по ветвящемуся волокну, вызывает синхронные постсинаптические потенциалы на всех клетках, охватываемых ветвлением этого волокна, а вся совокупность этих синхронных постсинаптических потенциалов образует единый дипольный источник внеклеточного поля и формирует в точке измерения элементарное изменение потенциала - "квант ЭЭГ" [1]. При этом уровень сигнала ЭЭГ (ЭКоГ) будет зависеть от существующей в данный момент (даже слабой) межнейронной корреляции, или от соотношений нейронов, находящихся в разных ФС. Логично было предположить, что в случае межполушарного отведения управляемые импульсы воздействующего ЭМП будут коррелировать с большим количеством нейронов, что облегчит выявление биоэлектрических реакций ЦНС на проводимые воздействия.

Чтобы проверить обоснованность этих рассуждений были проведены эксперименты с использованием однополушарных отведений ЭКоГ кроликов, давшие как и предполагалось, несколько иные результаты. На табл. 3 представлены сравнительные данные, полученные в экспериментах 2-го типа (цель включения воздействия - уменьшение значения управляемого параметра A) с различными отведениями ЭКоГ. Они показывают, что преобладающая тенденция изменений значений управляемого параметра при однополушарном отведении не была достоверной (P>0,05), хотя и соответствовала той, что наблюдалась при межполушарном отведении (P<0,01).

Таблица 3

Зависимость изменения управляемого параметра от типа биполярного отведения ЭКоГ

Отведение	Изменение значения управляемого параметра		Р
	Увеличение (+)	Уменьшение (-)	
Однополушарное	22	37	>0,05
Междуполушарное	21	79	< 0,01

В целом, проведенные исследования показали, что действие на ЦНС ЭМП с ЧИМ, коррелирующей с суммарной биоэлектрической активностью мозга, может вызывать разнонаправленные адаптивные к возникшему внешнему электромагнитному фактору реакции, проявляющиеся в изменениях суммарной биоэлектрической активности в соответствии с навязанными этим внешним фактором "правилами игры". С учетом отсутствия в нервной системе использовавшихся экспериментальных животных специализированных рецепторов, реагирующих на действие ЭМП, с учетом зависимости "информационности" воздействий ЭМП с ЧИМ от типа отведения ЭКоГ, использовавшегося для снятия информации о суммарной биоэлектрической активности мозга, объяснения наблюдавшихся в этих экспериментах эффектов следует, по мнению автора, связывать с использованием самой ЦНС полевых взаимодействий в механизмах синхронизации - десинхронизации работы нервных клеток.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гутман А.М. Биофизика внеклеточных токов мозга. /М.: Нау-ка, 1980.-154с.
2. Жадин М.И. Биофизические механизмы формирования электроэнцефалограммы. /Л.: Наука, 1971.-319с.
3. Кратин Ю.Г., Гусельников В.И. Техника и методики электроэнцефалографии. /Л.: Наука, 1971.-319с.
4. Пестряев В.А. Управляемое воздействие импульсного электро-магнитного поля на центральную нервную систему. /Биофизика, М., 1994, Т. 39, вып. 3, С. 515-518.
5. Пестряев В.А. Анализ электроэнцефалограмм с помощью нормированных эмпирических функций распределения вероятностей. /Био-физика, М., 1994, Т. 39, вып. 6, С. 1066-1068.
6. Попков Ю.С., Ашимов А.А., Асаубаев К.Ш. Статистическая теория автоматических систем с динамической частотно-импульсной модуляцией. /М.: Наука, 1988.-256с.
7. Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях. /М.: Нау-ка, 1982.-132с.

ОБЩАЯ ПАТОЛОГИЯ

УДК: 616 - 008 : 612 . 603 : 612 . 014 . 4 : 577 . 24

В.Н. Мещанинов

ВЛИЯНИЕ ГИПОКСИИ НА СВОБОДНО-РАДИКАЛЬНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ В ОРГАНАХ СИСТЕМЫ КРОВИ ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ СТАРЕНИЯ ОРГАНИЗМА.

Кафедра патологической физиологии УГМА. Лаборатория патофизиологии старения Свердловского областного клинического психоневрологического госпиталя для ветеранов войн

Одним из важнейших факторов в механизмах старения организма является активация свободнорадикального окисления липидов (СРО) [8]. В условиях воздействия на организм экстремальных факторов процессы СРО, как правило, активируются и его повреж-

дающее влияние усиливается [7,9]. В системе крови при физиологическом старении не обнаруживаются существенных изменений [6], они выявляются лишь в условиях патологии [5]. Из всех систем организма система крови при старении является наименее изученной [6,10].

Ранее нами на животных зрелого возраста показана возможность участия продуктов СРО в регуляции функций кровяной ткани в условиях патологии [10]. При старении на фоне экстремальных влияний на организм эти закономерности могут иметь существенные различия с зрелым возрастом.

Цель настоящей работы - выявить возрастные особенности влияния СРО на систему крови в условиях нормы и при воздействии на организм экстремальных факторов гипоксического характера.

Эксперименты проведены на 200 крысах линии Вистар, (из них 100 животных в возрасте 18 - 20 мес. (старые) массой 0,4 - 0,5 кг, 100 - в