

УДК 591.1: 615.849.11

## АНТИНОЦИЦЕПТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ ТОНИЧЕСКОЙ БОЛИ У КРЫС

*Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р.*

В настоящее время основным методом устранения боли является использование фармакологических препаратов – анальгезирующих средств, большинство из которых имеет нежелательные побочные эффекты, особенно при длительном их применении, оказывает только симптоматическое действие, вызывает эффект привыкания, что снижает эффективность их действия. Это делает чрезвычайно актуальным применение немедикаментозных методов обезболивания (акупунктурной анальгезии [1], транскраниальной электростимуляции [2], поляризованного света [3], низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) [4]).

В этой связи актуальным представляется изучение антиноцицептивных эффектов низкоинтенсивного ЭМИ крайне высокой частоты (КВЧ). Это обусловлено, во-первых, тем, что, как показано в наших предыдущих исследованиях, ЭМИ КВЧ с длиной волны 7,1 мм и плотностью потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup> обладает антистрессорным [5, 6], антиоксидантным и иммуностимулирующим [7] действием, что связано с подавлением активности симпатoadреналовой системы, одной из важнейших стресс-реализующих систем, увеличением активности стресс-лимитирующих систем, содержания эндогенных иммуномодуляторов, мелатонина, коррекцией инфранианной ритмики физиологических процессов [8]. Во-вторых, в настоящее время ЭМИ КВЧ широко внедряется в терапевтическую практику. Изучение эффектов влияния ЭМИ КВЧ на организм больного человека позволило выделить ряд характерных черт КВЧ-терапии: отсутствие побочных эффектов и отдаленных неблагоприятных результатов, хорошая сочетаемость с медикаментозными и немедикаментозными видами лечебного воздействия, высокая эффективность при использовании в качестве монотерапии, способность снижать побочные эффекты других методов лечения и повышать их переносимость пациентами. Кроме того, в клинических исследованиях показано, что воздействие ЭМИ КВЧ ослабляет или даже полностью снимает боль у людей с различными патологиями [9 – 11]. Использование протекторных свойств миллиметрового излучения на резонансных частотах может минимизировать неприятные последствия слишком интенсивного обезболивания [12]. Однако в связи с субъективной оценкой боли человеком и невозможностью

## АНТИНОЦИЦЕПТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ ТОНИЧЕСКОЙ БОЛИ У КРЫС

количественно определить ее интенсивность до и после лечения, многие аспекты противоболевого действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ остаются неизученными. Отсутствуют статистически достоверные данные об интенсивности и длительности анальгезии, не установлены режимы КВЧ-воздействия, которые вызывают максимальный анальгетический эффект, нет информации о механизмах антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ. Ответы на эти вопросы могут дать эксперименты на животных, в которых есть возможность точной количественной оценки боли, а, главное, отсутствует психогенный фактор, что всегда сопровождает исследования болевых реакций у человека.

Исходя из вышеизложенного, целью данной работы явилось выявление возможности применения ЭМИ КВЧ (7,1 мм; 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) для снижения болевого синдрома при экспериментально вызванной тонической боли у крыс, а также исследование зависимости анальгетического действия ЭМИ КВЧ от продолжительности курсового воздействия.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на взрослых беспородных белых крысах-самцах массой 180-220 грамм ( $n = 108$ ), полученных из питомника научно-исследовательского института биологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Для экспериментов отбирали животных со средним уровнем двигательной активности и низкой эмоциональностью, определяемых в тесте «открытого поля», которые, согласно нашим и литературным данным [13, 14], преобладают в популяции, поэтому можно утверждать, что именно у этих животных развивается наиболее типичная реакция на любое воздействие.

Всех животных распределяли на три равноценные группы по 36 особей в каждой. Животные первой группы подвергались подкожной инъекции в тыльную поверхность стопы задней конечности физиологического раствора (0,9% раствора NaCl – 0,08 мл на 100 грамм веса). У животных второй и третьей групп экспериментально вызывали тоническую боль путём подкожной инъекции 5%-ного раствора формалина (0,08 мл на 100 грамм веса) в тыльную поверхность стопы задней конечности крыс. Эта модель формалинового теста является классической моделью определения эффективности анальгетического действия фармакологических препаратов и физиотерапевтических факторов [15 – 17]. Животные третьей группы дополнительно подвергались превентивному воздействию ЭМИ КВЧ с помощью терапевтического генератора «КВЧ. РАМЕД-ЭКСПЕРТ – 01» с длиной волны 7,1 мм (частота излучения – 42,3 ГГц), плотностью потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>, изготовленного Центром радиофизических методов диагностики и терапии «РАМЕД» Института технической механики НАНУ, г. Днепропетровск. Воздействие осуществлялось ежедневно по 30 минут на затылочно-воротниковую область в течение девяти дней. Локализация воздействия обусловлена тем, что затылочно-воротниковая область животных является одной из основных рефлексогенных зон, где обнаружено большое количество рецепторных окончаний, сосудов микроциркуляторного русла, лимфатических сосудов,

биологически активных точек, тучных клеток, являющихся первичными мишенями для воздействия волн миллиметрового диапазона [18].

После инъекции каждую крысу возвращали в свою клетку и регистрировали на протяжении 90 минут частоту и продолжительность каждого цикла поведенческих реакций: болевой (вылизывание пораженной конечности) и неболевых (умывание, бег, принятие пищи, сон). Неболевые поведенческие реакции были рассмотрены в аспектах двигательной активности и пассивного поведения. При этом двигательная активность оценивалась по сумме времени перемещения животных по клетке и времени, тратящего животными на принятие пищи и умывание. Длительность пассивного поведения представляла сумму времени затраченного животными на сон и покой.

С помощью специальной компьютерной программы (Институт физиологии им. А.А. Богомольца НАНУ, Киев) подсчитывали продолжительность и частоту поведенческих реакций в течение 90-минутного наблюдения.

Учитывая тот факт, что у грызунов болевой порог в течение суток не постоянен [19], эксперименты проводились в одно и то же время светлой половины суток (с 9.00 до 11.00 часов). В формалиновом тесте крысы использовались однократно, после чего выбывали из эксперимента.

Обработку и анализ экспериментальных данных проводили с помощью параметрических методов. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента. Обработка результатов производилась на ПК с использованием стандартных статистических программ.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Инъекция формалина вызывала у крыс второй группы бурную болевую поведенческую реакцию лизания пораженной конечности. Общая продолжительность болевой реакции за 90 минут наблюдения была в 35,09 раз ( $1018,66 \pm 87,88$  с) больше значений этого показателя в первой группе животных ( $29,03 \pm 7,45$  с) ( $p < 0,001$ ). При этом пик болевой реакции регистрировался на 20 – 40-ой минутах после введения формалина ( $134,23 \pm 8,20$  с –  $117,58 \pm 7,61$  с) ( $p < 0,001$ ), после которого отмечалось линейное уменьшение боли с полным затуханием к 65-ой минуте эксперимента. У животных же первой группы, которым вводили физиологический раствор (0,9% раствор NaCl) небольшой пик болевой реакции регистрировался на пятой минуте наблюдения ( $15,00 \pm 3,90$  с), что, по-видимому, является типичной реакцией на укол (рис. 1 – А).

Частота (количество циклов) вылизывания пораженной конечности у животных второй группы, подвергнутых воздействию формалина отмечалось в 5,44 раз ( $25,09 \pm 3,19$  циклов) больше значений соответствующего показателя у животных первой группы ( $4,61 \pm 1,12$  циклов) ( $p < 0,01$ ). Пик частоты вылизывания у животных второй группы регистрировался на 5-ой ( $3,47 \pm 0,19$  циклов) ( $p < 0,01$ ) и 20-ой ( $4,30 \pm 0,52$  циклов) ( $p < 0,01$ ) минутах после инъекции формалина в отличие от животных первой группы, у которых пик наблюдался лишь на пятой минуте наблюдения ( $2,11 \pm 0,26$  циклов) ( $p < 0,01$ ) (рис. 1 – Б).

АНТИНОЦИЦЕПТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ ТОНИЧЕСКОЙ БОЛИ У КРЫС

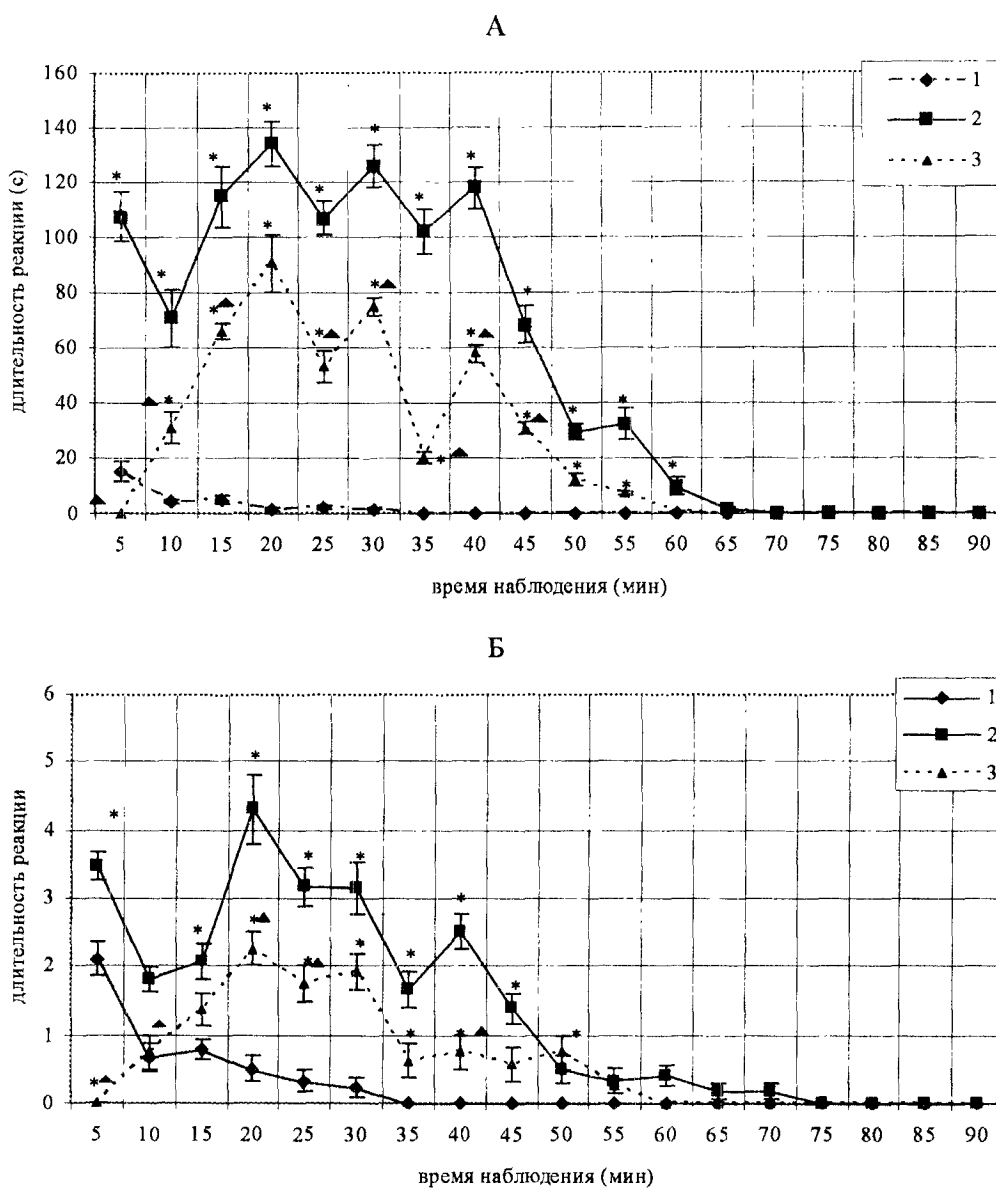


Рис. 1. Изменение продолжительности (А) и частоты (Б) болевой реакции у крыс, подвергнутых введению физиологического раствора (0,9% раствор NaCl) (1), введению 5% раствора формалина (2) и последовательному воздействию электромагнитного излучения крайне высокой частоты и формалина (3).

Примечание: \* – достоверность различий относительно значений у животных первой группы; ^ – достоверность различий относительно значений у животных второй группы.

Продолжительность неболевых как двигательных, так и пассивных поведенческих реакций у животных второй группы после инъекции формалина также отличалась от соответствующих показателей у животных, которые получили инъекцию 0,9% раствора NaCl (рис. 2).

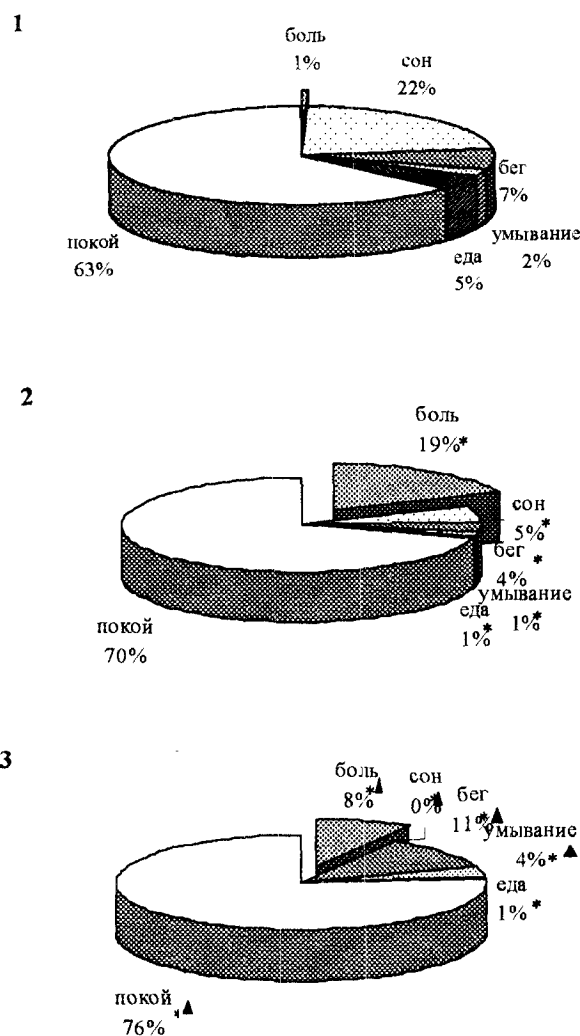


Рис. 2. Процентное соотношение продолжительности различных поведенческих реакций у крыс, подвергнутых введению физиологического раствора (0,9% раствор NaCl) (1), введению 5% раствора формалина (2) и последовательному воздействию электромагнитного излучения крайне высокой частоты и формалина (3).

Примечание: \* – достоверность различий относительно значений у животных первой группы; ▲ – достоверность различий относительно значений у животных второй группы.

## АНТИНОЦИЦЕПТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ ТОНИЧЕСКОЙ БОЛИ У КРЫС

Так, продолжительность реакции бега уменьшилась в 1,87 раза ( $p < 0,05$ ), принятия пищи – в 6,81 раза ( $p < 0,01$ ), умывания – в 2,22 раза ( $p < 0,05$ ), сна – в 4,15 раза ( $p < 0,02$ ), а продолжительность реакции покоя увеличилась в 1,86 раза ( $p > 0,05$ ) относительно значений соответствующих показателей у крыс первой группы.

Предварительное КВЧ-воздействие достоверно изменяло продолжительность болевой и неболевой поведенческих реакций в формалиновом тесте у крыс третьей группы. Так, уже после однократного воздействия ЭМИ КВЧ общая продолжительность болевой реакции у крыс третьей группы уменьшилась на 56,54% ( $p < 0,05$ ) относительно значений этого показателя во второй группе животных. При этом пик болевой реакции также наблюдался на 20-ой минуте после инъекции формалина ( $90,67 \pm 10,40$  с). Однако его амплитуда была на 32,45% ( $p < 0,05$ ) меньше значений этого показателя у животных, которые дополнительно не подвергались КВЧ-воздействию. После этого регистрировалось фазное уменьшение боли с небольшими пиками на 30-ой ( $74,67 \pm 3,53$  с) ( $p < 0,01$ ) и 40-ой ( $57,67 \pm 3,38$  с) ( $p > 0,05$ ) минутах эксперимента. Затухание болевой реакции регистрировалось с 60-ой минуты после инъекции формалина, т.е. на пять минут раньше, чем у крыс в формалиновом тесте, которые дополнительно не подвергались КВЧ-воздействию (рис. 1 – А).

Частота вылизывания пораженной конечности у крыс, подвергшихся КВЧ-воздействию за 90 минут наблюдения была в среднем на 56,16% ( $11,00 \pm 2,36$  циклов) меньше значения соответствующего показателя у животных второй группы ( $p < 0,05$ ). Пик частоты вылизывания у данных экспериментальных животных регистрировался на 20-й ( $2,25 \pm 0,25$  циклов) ( $p < 0,05$ ) и 30-ой ( $1,93 \pm 0,27$  циклов) ( $p < 0,05$ ) минутах после инъекции формалина (рис. 1 – Б). Таким образом, после воздействия ЭМИ КВЧ циклы вылизывания пораженной конечности стали более редкими и кратковременными, что свидетельствует об ослаблении боли.

Продолжительность неболевых реакций под влиянием ЭМИ КВЧ также изменялась (рис. 2). Так, продолжительность реакции бега увеличилась в 3,01 раз ( $p < 0,01$ ), реакции умывания – в 3,45 раз ( $p < 0,05$ ), покоя – в 1,08 раза ( $p < 0,05$ ), а продолжительность реакции сна уменьшилась в 28,78 ( $p < 0,05$ ) раза относительно значений этих показателей у животных второй группы.

Таким образом, после однократного 30-минутного воздействия ЭМИ КВЧ зарегистрирован достоверный антиноцицептивный эффект этого физического фактора.

Анальгетическое действие ЭМИ КВЧ проявлялось и при курсовом использовании ЭМИ КВЧ в течение девяти суток. После двухкратного КВЧ-воздействия антиноцицептивное действие этого физического фактора уменьшилось на 21,67% ( $p > 0,05$ ) по сравнению со значениями этого показателя, который был зарегистрирован у крыс той же экспериментальной группы после однократного действия ЭМИ КВЧ. При этом общая продолжительность болевой реакции имела тенденцию к снижению на 34,65% ( $p > 0,05$ ) относительно значений этого показателя у животных второй группы. На третьи сутки эксперимента наблюдалось максимальное уменьшение продолжительности болевой реакции на 85,30% ( $p < 0,01$ ) относительно соответствующих значений у животных, которые дополнительно не

подвергались КВЧ-воздействию. В течение последующих суток исследования наблюдался стойкий антиноцицептивный эффект КВЧ-воздействия, а продолжительность болевой реакции была в среднем на 47,86% ( $p < 0,05$ ) меньше значений этого показателя у второй группы животных (рис. 3).

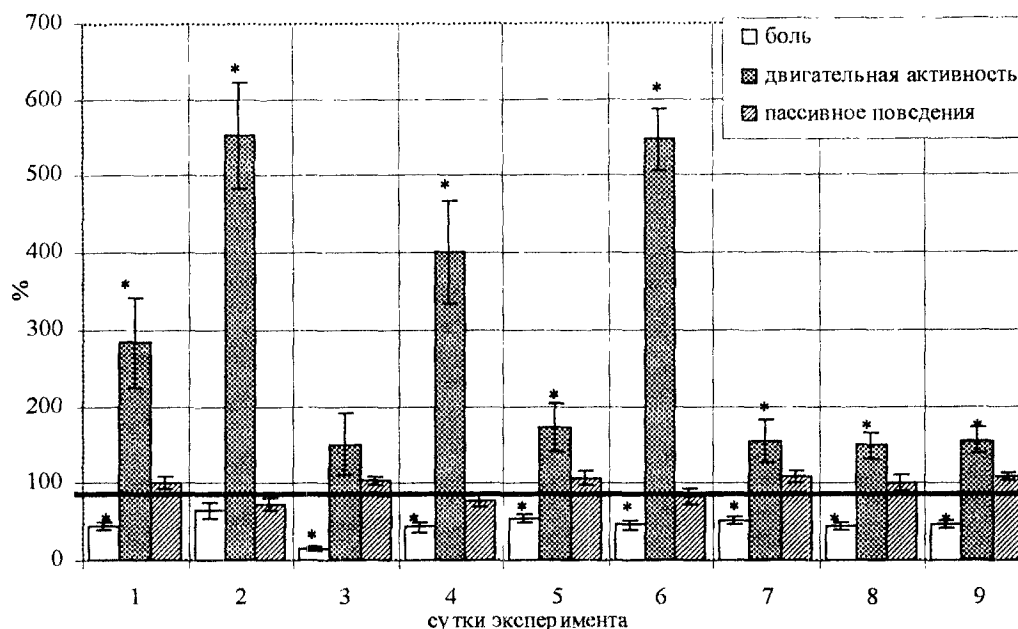


Рис. 3. Динамика продолжительности вызванных формалином болевой и неболевых (двигательная активность и пассивное поведение) поведенческих реакций после воздействия низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) (в % относительно значений у животных, получивших инъекцию формалина без КВЧ-воздействия, принятых за 100%).

Примечание: \* – достоверность различий относительно значений показателей у животных второй группы.

Продолжительность неболевых как двигательных, так и пассивных поведенческих реакций также изменилась. Общая продолжительность реакций бега увеличивалась в среднем в 1,86 раза ( $p < 0,05$ ), умывания – в 1,14 раза ( $p < 0,05$ ), сна – в 1,29 раза ( $p < 0,05$ ), покоя – в 1,16 раза ( $p < 0,05$ ), а продолжительность реакции принятия пищи уменьшилась в 0,05 раза ( $p > 0,05$ ) относительно значений соответствующих показателей у животных второй группы (рис. 3).

Таким образом, курсовое воздействие ЭМИ КВЧ достоверно снижает болевую реакцию у животных с экспериментально вызванной тонической болью. При этом стабильное ослабление болевой реакции у крыс наблюдалось после трехкратного воздействия, что может быть связано с тем, что при длительных воздействиях низкоинтенсивных ЭМИ микроволнового диапазона происходит кумуляция действия, которая проявляется в функциональных и морфологических изменениях

## АНТИНОЦИЦЕПТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ ТОНИЧЕСКОЙ БОЛИ У КРЫС

на разных уровнях живого организма (субклеточном, клеточном, тканевом и пр.) [20]. В наших исследованиях подтверждается этот принцип взаимодействия ЭМИ с живыми организмами, на что указывает увеличение уровня и устойчивости эффекта анальгезии при длительном применении ЭМИ КВЧ. По-видимому, на начальных этапах реакция на воздействие ЭМИ КВЧ развивается медленно, а при многократном облучении эффект ЭМИ КВЧ более выражен, что согласуется с данными других авторов [21, 22].

Механизмы анальгезии, вызванной воздействием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, пока еще не изучены. Однако, исходя из собственных и литературных данных механизмы антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ можно представить следующим образом. Следует отметить, что тонический компонент используемого в наших исследованиях формалинового теста возникает в результате воспалительного процесса в тканях и изменения функции нейронов дорсальных рогов спинного мозга [23]. Но поскольку в наших экспериментах КВЧ-воздействие проводилось не на очаг боли, а на одну из рефлексогенных зон у крыс и до воздействия формалина, то уменьшение продолжительности болевой реакции после облучения, по-видимому, не является следствием противовоспалительного действия ЭМИ КВЧ.

Известно, что ЭМИ КВЧ поглощается в кожных покровах на глубине до 1 мм, а максимум удельной поглощаемости в коже локализован на глубине 0,7 мм [24, 25]. При этом, многими исследованиями показано, что интенсивности ЭМИ КВЧ, используемые в терапии достаточны для активации рецепторов (механо-, термо-, и болевых), нервных окончаний и периферических волокон, расположенных в коже [26, 27]. Можно предположить, что периферическая активация антиноцицептивных механизмов с помощью ЭМИ КВЧ возможна, если в роли чувствительного рецептора выступают ноцицепторы, которые по данным Лебедевой Н.Н. [27] участвуют в восприятии ЭМИ КВЧ. Возможно, через интернейроны спинного мозга происходит активация серотонинергической эндогенной обезболивающей системы ствола головного мозга, состоящей из периаквадуктального серого вещества и ядра шва. Эта система оказывает тормозное влияние на нейроны задних рогов спинного мозга и таким образом блокирует передачу ноцицептивной информации [28, 28]. Показано, что уменьшение содержания серотонина в головном мозге путем введения DL-парахлорфенилаланина (блокатора синтеза серотонина) приводит к снижению уровня анальгезии, вызванному облучением микроволнами [30, 31], что доказывает участие серотонинергической системы в механизмах антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ.

Обезболивающий эффект ЭМИ КВЧ может быть вызван и системой эндогенных опиоидных пептидов, поскольку обнаружено, что первичное восприятие ЭМИ КВЧ может осуществляться также опиоидными рецепторами [32]. Опиоидергическая система, объединяющая нейроны в гипоталамусе и секреторные клетки в гипофизе, продуцирующая опиоидные пептиды, относится к основным центральным стресс-лимитирующим системам. На вовлеченность опиоидной системы в реализацию эффектов, вызываемых микроволновым излучением, указывается многими исследователями [33, 34]. Установлено, что при болевом синдроме эффект действия низкоинтенсивных ЭМИ миллиметрового диапазона



наиболее четко прослеживается в изменениях функций эндогенных опиатных систем мозга [35]. Кроме того, показано [369], что при периферическом КВЧ-воздействии реагирует кора головного мозга и особенно правое полушарие, которое имеет более тесную связь с диэнцефальными структурами. В диэнцефалоне находятся две важнейшие эндогенные обезболивающие системы головного мозга – энкефалинергическая гипоталамо-гипофизарная система и эндорфинергическая супраоптико-гипофизарная система [37, 38].

Следовательно, возможно, что активация серотонинергической и опиоидергической обезболивающих систем путем КВЧ-воздействия и приводит к антиноцицептивному эффекту ЭМИ КВЧ, зарегистрированному в настоящем исследовании.

Данными исследованиями показана эффективная возможность ЭМИ КВЧ (7,1 мм; 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) снижать тоническую болевую реакцию. Кроме того, удалось количественно оценить степень анальгезии ЭМИ КВЧ, что практически невозможно получить в клинике в силу субъективизма оценки боли человеком. Полученные результаты позволяют значительно повысить эффективность и расширить возможности применения КВЧ-терапии. Этот не травмирующий метод борьбы с болью может найти широкое применение при лечении самых разнообразных болевых синдромов у человека и животных. Полученные данные могут быть использованы в животноводстве, ветеринарии, производственной деятельности людей, в практическом здравоохранении в целях использования нового немедикаментозного анальгетического средства. Кроме того, результаты данного исследования позволяют предположить возможность применения низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ в качестве способа предупреждающей анальгезии, представляющего собой профилактический подход к защите пациента от действия операционной травмы и последующего развития послеоперационного болевого синдрома.

## ВЫВОДЫ

1. Низкоинтенсивное электромагнитное излучение крайне высокочастотного диапазона достоверно ослабляет синдром при экспериментально вызванной тонической боли у крыс.

2. Выраженное стабильное ослабление болевой реакции у крыс наблюдается после трехкратного воздействия, на что указывает увеличение уровня и устойчивости эффекта анальгезии при длительном применении электромагнитного излучения крайне высокочастотного диапазона.

## Список литературы

1. Игнатов Ю.Д., Качан А.Т., Васильев Ю.Н. Акупунктурная анальгезия: Экспериментально-клинические аспекты. – Л.: Наука, 1990. – 256 с.
2. Серебряна Л.А. Немедикаментозное лечение в клинике внутренних болезней. – Киев, 1995. – 56 с.
3. Гуляр С.А., Лиманский Ю.П., Тамарова З.А. Боль и цвет. Лечение болевых синдромов цветным поляризованным светом. Биосвет. – Киев-Донецк. – 2004. – 122 с.
4. Колбун Н.Д., Бессонов А.Е., Волянок Р.Е. Информационно-волновая терапия. Науч.-практ. руководство. – К.: Укр. енциклопедія. – 1993. – С. 310.

## АНТИНОЦИЦЕПТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ ТОНИЧЕСКОЙ БОЛИ У КРЫС

5. Декларацийний патент України № 53128 А, МПК 7 А 61 N2/00/ на винахід „Спосіб профілактики і корекції стресу”; Опубл. 15.01.2003. Бюл. № 1, Темур'янци Н.А., Чуян О.М., Шипко О.Ю., Верко Н.П.
6. Темур'янци Н.А., Чуян Е.Н., Московчук О.Б., Куртсеитова Э.Э., Верко Н.П., Шипко Е.Ю. Превентивное антистрессорное действие ЭМИ КВЧ // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2002. – № 2 (26). – С. 44 – 51.
7. Чуян Е.Н. Нейроімуносидокринні механізми адаптації до дії низько інтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти: Автореф. дис... докт. біол. наук: 03.00.13. – Київ. – 2004. – 42 с.
8. Чуян Е.Н., Темур'янци Н.А., Московчук О.Б. и др. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003. – 448 с.
9. Азов Н.А., Карнаухов А.В., Разживин А.П. и др. КВЧ-терапия аппаратом «Амфит» в педиатрии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 2 (14). – С. 45-48.
10. Бессонов А.Е., Балакирев М.В. Способ миллиметрово-волновой терапии // Вестник новых медицинских технологий. – 1998. – Т. 5, № 2. – С. 105-108.
11. Ронкин М.А., Бейцкий О.Б., Максименко И.М. и др. О некоторых возможностях КВЧ-излучения для лечения неврологических больных // Сб. докл. Междунар. симпози. «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР. – 1991. – С. 263-266.
12. Гуляев А.И., Лисенкова Л.А., Киричук В.Ф. и др. Решенные и нерешенные проблемы спектрально-волновой диагностики и прецизионно- волновой терапии // Сб. докладов 11 Российск. симпози. с Междун. участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: МТА КВЧ. – 1997. – С. 92-95.
13. Сантана Вега Л. Роль индивидуальных особенностей двигательной активности в развитии гипокинетического стресса у крыс: Автореф. дис...канд. биол. наук: 03.00.13 / СГУ. – Симферополь. – 1991. – 21 с.
14. Темур'янци Н.А., Чуян Е.Н., Туманянц Е.Н. и др. Зависимость антистрессорного действия ЭМИ миллиметрового диапазона от локализации воздействия у крыс с различными типологическими особенностями // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1993. – № 2. – С. 51-58.
15. Du J., He L.. Alterations of spinal dorsal horn substance P following electroacupuncture analgesia – a study of the formalin test with immunohistochemistry and densitometry. – Acupunct. Electrother. Res.– 1992. – 17, №1. – P. 1-6.
16. Dubuisson D., Dennis S.G.. The formalin test: a quantitative study of the analgesic effects of morphine, meperidine and brainstem stimulation in rats and cats. – 1997. – С 4. – P. 161-164.
17. Oyama T., ueda M., Kuraishi Y. et al. Dual effect of serotonin on formalin-induced nociception in the rat spinal cord // Neurosci. Res. – 1996. – 25. – P. 129-135.
18. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бейцкий О.В. Особенности медико-биологического применения миллиметровых волн. – М.: Изд-во ИРЭ РАН, 1994. – 164 с.
19. Golombek D.A., Escolar E., Burin L.J. et al. Time-dependent melatonin analgesia in mice: inhibition by opiate or benzodiazepine antagonist // Eur. J. Pharmacol. – 1991. – 194, №1. – P. 25-30.
20. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука. – 1968. – 268 с.
21. Авелев В.Д., Акоев Г.Н., Чалисова Н.И., Людънс М.И. Стимулирующее влияние электромагнитных волн миллиметрового диапазона нетепловой мощности на органотипические культуры спинальных ганглиев куриных эмбрионов // Сб. докл. Межд. симпози. «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР. – 1991. – С. 381-386.
22. Берус А.В., Столбиков А.Е., Шмаль О.В., Гапонюк П.Я. Особенности изменения параметров спектра ЭЭГ в ходе КВЧ-терапии у больных гипертонической болезнью с разными типами гемодинамики // Сб. докл. Межд. симпози. «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР. – Т.1. – С. 114-119.
23. Колбун Н.Д. Теория и практика информационно-волновой терапии. – К., Биополис, 1996. – 272 с.
24. Бейцкий О.В., Яременко Ю.Г. Кожа и электромагнитные волны // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1998. – № 1 (11). – С. 3-14.
25. Воронков В.Н., Хижняк Е.П. Морфологические изменения в коже при действии КВЧ ЭМИ // Сб. докл. Межд. симпози. «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – Т. 3. – М.: ИРЭ АН СССР. – 1991. – С. 635-638.

26. Алексеев С.И., Зискин М.С., Кочеткова Н.В. Электрофизиологическое исследование влияния миллиметровых волн на нервные клетки // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1997. – № 9-10. – С. 34-38.
27. Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. Экспериментально-клинические исследования в области биологических эффектов миллиметровых волн // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 3 (15). – С. 3-15.
28. Кирова Б.В. Предполагаемые механизмы КВЧ-пунктурного обезболивания // Сб. докл. 12 Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в медицине и биологии». – М.: ИРЭ РАН. – 2000. – С. 57-58.
29. Hain H.S., Belknap J.K., Mogil J.S. Pharmacogenetic evidence for the involvement of 5- hydroxytryptamm (serotonin) – 1B receptors in the mediation of morphine antinociceptive sensivity// J. Pharmacol. Exp. Ther. – 1999. – 291, №2. – P. 444 – 449.
30. Гура О.В., Багацка О.В. Участь серотонінергічної системи у больових реакціях, викликаних введенням формаліну у мишей // Фізіол. журн. – 2002. – Т. 48, № 2. – С. 22.
31. Гура Е.В., Багацкая Е.В., Лиманский Ю.П. Участие серотонинергической системы в анальгезии, вызванной действием низкоинтенсивных микроволн на противоболевую точку акупунктуры // Нейрофизиология. – 2002. – Т. 34, № 4. – С. 303-308.
32. Gordienko O., Radzievsky A., Cowan A., Radzievsky A. Jr., Ziskin M.C. Delta 1 and kappa-opioid receptor subtypes involved in the hypoalgesic effect of millimeter wave treatment // Abstract Jenty-Fourth Annual Meeting in Cooperation with the European Bioelectromagnetics Association. – Canada. – 2002. – P. 27.
33. Штемберг А.С., Узбеков М.Г., Шихов С.Н. Некоторые нейротропные эффекты электромагнитных волн малой интенсивности у крыс с разными типологическими особенностями высшей нервной деятельности // ЖВНД. – 2000. – Т. 50, № 5. – С. 867 – 877.
34. Kavaliers M., Prato F.S., Ossenkopp K.S., Carson J.J.L. Opioid systems and the biological effects of magnetic fields // Nature of Electromagnetic Field Interactions with Biological System / Ed. A.H. Frey. – Maryland: Potamac, R.G. Landes Co. – 1994. – P. 181-194.
35. Куликович Ю.М., Тамарова З.А. Роль опіатних рецепторів в анальгезії, викликаній дією на точку акупунктури низькоінтенсивних міліметрових хвиль // Мед. перспективи. – 1999. – Т. 4, № 3. – С. 9-14.
36. Чуян Е.Н., Темурьянц Н.А., Пономарева В.П., Чирский Н.В. Функциональные асимметрии у человека и животных: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона. – Симферополь: ЧП «Эльинь», 2004. – 440 с.
37. Самосюк И.З., Куликович Ю.Н., Тамарова З.А., Самосюк Н.И., Кажанова А.К. Подавление боли низкоинтенсивными частотно-модулированными миллиметровыми волнами при воздействии на точки акупунктуры // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2000. – № 4. – С. 7-11.
38. Sher L. Effects of natural and man-made electrical electromagnetic fields on human health: a possible mechanism // Med. Hypotheses. – 1997. – Vol. 49, № 1. – P. 31-34.

Поступила в редакцию 22.09.2005 г.