

УДК 591.1: 615.849.11

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ АНТИСТРЕССОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ
НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ
ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ БОЛЕВОМ СТРЕССЕ
У КРЫС**

Джелдубаева Э.Р., Чуян Е.Н., Московских А.А.

Известно, что человек и животные постоянно подвергаются действию различных стрессоров – эмоционального, болевого, температурного и других, поэтому большинство физиологических процессов разворачивается на фоне стресса, и изучение механизмов и эффектов развития адаптационных защитных реакций в таких условиях имеет существенное значение для теории и практики физиологии и медицины [1]. Перспективным направлением профилактики и коррекции стрессорных повреждений является применение методов и средств, позволяющих ограничивать чрезмерную активность стресс-реализующих системы и чрезмерную стресс-реакцию [2]. Данные последних лет указывают на высокую чувствительность организмов к факторам низкой интенсивности самой различной природы. Это направление в биологии получило название «биофизики микродоз» [3].

Одним из факторов низкоинтенсивного действия является нетепловое электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ). Изучение низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ в настоящее время имеет ярко выраженный прикладной характер, т.к. уже на первых этапах его исследования был обнаружен выраженный терапевтический эффект. Показана высокая активность ЭМИ КВЧ при лечении многих заболеваний [4 – 6], особенно тех, течение которых сопровождается развитием общего адаптационного синдрома [7]. Однако фундаментальные исследования, посвященные изучению механизмов действия этого физического фактора, все еще проводятся не достаточно. Поэтому, несмотря на большое количество публикаций, свидетельствующих о высокой чувствительности биологических объектов к ЭМИ КВЧ [8 – 10], описывающих механизмы биологического действия ЭМИ КВЧ на организм [4, 11, 12], многие вопросы остаются открытыми. В частности, до сих пор считается, что ЭМИ КВЧ оказывает влияние только на организм с измененным функциональным состоянием, а интактные животные и здоровые люди не восприимчивы к этому виду излучения [4, 9]. Очевидно, для решения этого вопроса необходимо разработать новые методические приемы, позволяющие судить о результатах воздействия. Таким приемом, в частности, может быть превентивное применение ЭМИ КВЧ перед стрессирующим воздействием с последующей оценкой развивающихся изменений. В наших предыдущих исследованиях [13] показано, что ЭМИ КВЧ оказывает антистрессорное действие не только при комбинации со стресс-факторами иммунной (антиген) или неиммунной (гипокинезия)

природы, но и при предварительном воздействии перед стрессорирующим фактором. Однако предварительное антистрессорное действие ЭМИ КВЧ при болевом стрессе не изучено. Поэтому, целью данной работы явилось выявление влияния предварительного антистрессорного воздействия ЭМИ КВЧ (7,1 мм; 0,1 мВт/см²) на изменение поведенческих (болевого и неболевых) реакций при экспериментально вызванном болевом стрессе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения влияния превентивного действия ЭМИ КВЧ на изменения поведенческих реакций при болевом стрессе были проведены экспериментальные исследования на взрослых беспородных белых крысах-самцах массой 180-220 грамм (n = 144), 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 [13] и литературным данным [14], преобладают в популяции. Поэтому можно утверждать, что именно у этих животных развивается наиболее типичная реакция на любое воздействие.

Всех животных распределяли на четыре равноценные группы по 36 особей в каждой. У животных первой и второй 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]. У крыс третьей и четвертой групп вызывали висцеральную боль инъекцией 2 % раствора уксусной кислоты в брюшную полость (1 мл на 100 грамм веса) [16]. Животные второй и четвертой 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/см², 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 рефлексогениных зон, где обнаружено большое количество рецепторных окончаний, сосудов микроциркуляторного русла, лимфатических сосудов, биологически активных точек, тучных клеток, т.е. именно тех элементов, которые в настоящее время рассматриваются в качестве первичных мишеней для волн миллиметрового диапазона [9].

После инъекции каждую крысу возвращали в свою клетку и с помощью специальной компьютерной программы (Институт физиологии им. А.А. Богомольца НАНУ, Киев) регистрировали на протяжении 90 минут продолжительность поведенческих реакций. Показателем интенсивности болевой реакции у крыс при экспериментально вызванной тонической боли служила продолжительность вылизывания пораженной конечности, а при экспериментально вызванной висцеральной боли – длительность тонических поз

(корячение) и реакции вылизывания живота. Неболевы поведенческие реакции были рассмотрены в аспектах продолжительности двигательной активности и пассивного поведения. При этом двигательная активность оценивалась по сумме времени перемещения животных по клетке и времени, затраченного животными на принятие пищи и умывание. Длительность пассивного поведения представляло сумму времени, затраченного животными на сон и покой.

Учитывая тот факт, что у грызунов болевой порог в течение суток не постоянен [17], эксперименты проводились в одно и то же время светлой половины суток (с 9.00 до 11.00 часов). В эксперименте 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 первой и второй группы болевую поведенческую реакцию лизания пораженной конечности. Однако продолжительность болевой и неболевых поведенческих реакций у крыс, подвергнутых предварительному КВЧ-воздействию, достоверно отличались от соответствующих показателей у крыс первой группы. Так, уже после однократного воздействия ЭМИ КВЧ общая продолжительность болевой реакции у крыс второй группы уменьшилась на 56,54 % ($p < 0,05$) относительно значений этого показателя в первой группе животных (рис. 1–А). Продолжительность неболевых реакций под влиянием ЭМИ КВЧ также изменялась. Произошло увеличение продолжительности реакции бега в 3,01 раз ($p < 0,01$), реакции умывания – в 3,45 раз ($p < 0,05$), покоя – в 1,08 раза ($p < 0,05$), и уменьшение продолжительности реакции сна в 28,78 ($p < 0,05$) раза относительно значений этих показателей у животных первой группы (рис. 1–В).

После двукратного 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 первой группы. После трехкратного КВЧ-воздействия 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 первой группы животных (рис. 1–А). Продолжительность неболевых как двигательных, так и пассивных поведенческих реакций также изменялась. Общая продолжительность реакций бега увеличилась 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 ($p < 0,05$) относительно значений соответствующих показателей у животных первой группы (рис. 1–А).

В отличие от тонической боли, висцеральная боль имеет ряд особенностей: она не локализована, широко иррадирует, имеет сигнальное значение при поражении внутренних органов и в большинстве случаев позволяет констатировать развитие уже достаточно далеко зашедшего патологического процесса [18, 19]. В эксперименте висцеральная боль проявлялась в характерных тонических позах, таких, как боковые сгибания туловища, прогибание спины в дорсо-вентральном направлении, вытягивание туловища, трение животом пола (корячение), а также вылизывания живота. Уже после однократного предварительного воздействия ЭМИ КВЧ общая продолжительность болевых реакций у крыс четвертой группы уменьшилась на 54,22 % ($p < 0,01$) относительно значений этого показателя в третьей группе животных. При этом продолжительность болевой реакции вылизывания живота увеличилась в 2,58 раз ($p < 0,01$), а длительность болевой реакции корячения, напротив, уменьшилась в 2,12 раз ($p < 0,01$) по сравнению со значениями соответствующих показателей у животных в третьей группе (рис. 1–Б).

Таким образом, инъекция уксусной кислоты крысам которые предварительно подвергались однократному КВЧ-воздействию привела к инверсии изменения продолжительности болевых реакций по сравнению с животными, которые дополнительно не подвергались воздействию ЭМИ КВЧ: продолжительность реакции вылизывания живота увеличилась, а продолжительность болевой реакции корячения уменьшилась. Следует отметить, что реакция корячения свидетельствует о более интенсивном протекании болевой реакции по сравнению с реакцией вылизывания живота. Продолжительность пассивных неболевых поведенческих реакций увеличилась на 20,25 % ($p < 0,05$), а длительность двигательных реакций, напротив, уменьшилась на 42,73 % ($p < 0,05$) (принятия пищи – в 3,73 раза ($p < 0,002$), бега – в 1,66 раза ($p < 0,01$), умывания – 0,76 раз ($p > 0,05$)) относительно соответствующих значений у животных в третьей группе (рис. 1–Г).

Анальгетическое действие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ проявлялось у крыс четвертой группы и после курсового КВЧ-воздействия. При этом произошло однонаправленное изменение обоих проявлений болевой реакции – корячения и вылизывания живота. Так, после трехкратного КВЧ-воздействия также как и при экспериментально вызванной тонической боли, регистрировалось максимальное уменьшение продолжительности болевой реакции на 87,81 % ($p < 0,01$) (реакция вылизывания живота уменьшилась на 67,84 % ($p < 0,01$), корячения – на 89,95 % ($p < 0,002$)) по сравнению со значениями данного показателя у крыс третьей группы (рис. 1–Б). Продолжительность как двигательных, так и пассивных неболевых поведенческих реакций также изменилась. Длительность двигательных неболевых поведенческих реакций бега и приема пищи уменьшилась на 45,52 % ($p < 0,05$) и 272,60 % ($p < 0,001$) соответственно, а умывания увеличилась в 2,15 раз ($p < 0,05$) по сравнению со значениями этих показателей у крыс в третьей группе. Общая продолжительность пассивных неболевых поведенческих реакций увеличилась на

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ АНТИСТРЕССОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ

40,93 % ($p < 0,05$) относительно значений соответствующих показателей у животных, подвергнутых только внутрибрюшинной инъекции уксусной кислоты (рис. 1–Г).

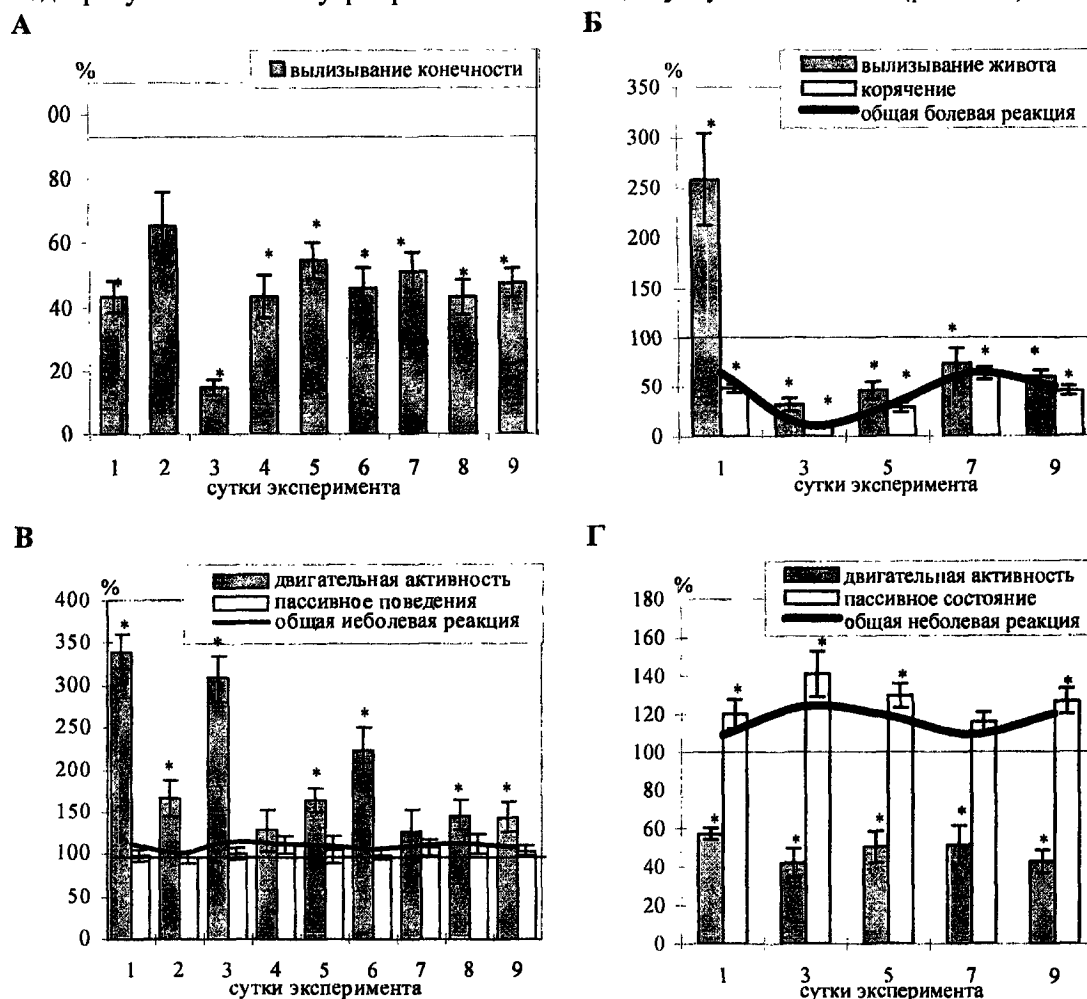


Рис. 1. Изменение болевых и неболевых поведенческих реакций при последовательном действии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (в % относительно значений у животных, подвергнутых изолированному воздействию болевого стресса): А – продолжительность болевой реакции вылизывания конечности в формалиновом тесте; Б – продолжительность реакций вылизывания живота и корячения при висцеральной боли; В – продолжительность неболевых (двигательная активность и пассивное состояние) поведенческих у крыс в формалиновом тесте; Г – продолжительность неболевых (двигательная активность и пассивное состояние) поведенческих у крыс при висцеральной боли.

* – достоверность различий относительно значений показателей у животных, подвергнутых изолированному воздействию болевого стресса.

В течение последующих воздействий регистрировался стойкий антиноцицептивный эффект ЭМИ КВЧ, а общая продолжительность болевых реакций в среднем была на 51,95 % ($p < 0,05$) (вылизывания живота – на 40,34 % ($p < 0,05$), корячения – на 54,06 % ($p < 0,01$)) меньше значений этого показателя у животных в третьей группе (рис. 1–Б). Общая продолжительность неболевых поведенческих реакций бега уменьшилась на 21,41 % ($p < 0,05$), в том числе продолжительность приема пищи – на 95,72 % ($p < 0,01$), а длительность реакций умывания и покоя, напротив, увеличилась на 62,87 % ($p < 0,01$) и на 30,77 % ($p < 0,05$) соответственно по сравнению со значениями этих показателей у крыс третьей группы (рис. 1–Г).

Таким образом, предварительное воздействие ЭМИ КВЧ оказывает выраженное антиноцицептивное действие при болевых стрессах, вызванных как подкожным введением формалина, так и перитонеальной инъекцией уксусной кислоты.

В настоящее время трудно исчерпывающе объяснить механизмы предлагаемого метода антиноцицептивной защиты. Однако, исходя из собственных и литературных данных механизмы анальгетического действия ЭМИ КВЧ можно представить следующим образом. Известно, что глубина проникновения ЭМИ КВЧ при воздействии на кожу составляет 300-500 мкм, т.е. в зону прямого действия миллиметрового излучения в первую очередь попадают рецепторы нервной системы (механорецепторы, ноцицепторы, свободные нервные окончания). [9, 20]. Можно предположить, что периферическая активация антиноцицептивных механизмов с помощью ЭМИ КВЧ возможна, если в роли чувствительного рецептора выступают ноцицепторы, которые по данным Н.Н. Лебедевой (1999) [20] участвуют в восприятии ЭМИ КВЧ. Ноцицептивная информация, поступающая в задние рога спинного мозга, попадает в головной мозг по лемнисковой и экстралемнисковой восходящим афферентным системам [18]. Возможно, через интернейроны спинного мозга происходит активация серотонинергической эндогенной обезболивающей системы ствола, 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 [21]. Обезболивающий эффект ЭМИ КВЧ может быть вызван и системой эндогенных опиоидных пептидов, поскольку обнаружено, что первичное восприятие ЭМИ КВЧ может осуществляться также опиоидными рецепторами [22]. 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 миллиметровым излучением, указывается многими исследователями [23 – 25]. Установлено, что при болевом синдроме эффект действия низкоинтенсивных ЭМИ миллиметрового диапазона наиболее четко прослеживается в изменениях функций эндогенных опиоидных систем мозга [26]. Кроме того, показано, что при введении крысам неспецифического блокатора всех субтипов опиоидных рецепторов налоксона происходит нивелирование эффектов ЭМИ КВЧ [27]. Таким образом, возможно, что

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ АНТИСТРЕССОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ

активация серотонинэргической и опиоидэргической обезболивающих систем путем КВЧ-воздействия и приводит к антиноцицептивному эффекту ЭМИ КВЧ, зарегистрированному в настоящем исследовании.

Таким образом, у крыс, подвергнутых предварительному КВЧ-воздействию болевой стресс развивался в гораздо меньшей степени, чем у животных контрольной группы. При этом стабильное ослабление болевой реакции у крыс наблюдалось после трехкратного воздействия, на что указывает увеличение уровня и устойчивости эффекта анальгезии при длительном применении ЭМИ КВЧ. По-видимому, курсовое предварительное воздействие ЭМИ КВЧ способствует возможности более успешной мобилизации резерва организма и достижения антистрессорного эффекта. Можно предположить, что курсовые воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ способствуют адаптации организма к последующим повреждающим стрессорных ситуациям (в данном случае к болевому стрессу), обладая выраженным перекрестным эффектом. Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными и клиническими исследованиями других авторов, в которых показано, что эффективность ЭМИ КВЧ зависит от последовательности воздействий. В частности, исследуя радиопротекторное действие ЭМИ КВЧ в опытах *in vitro*, Э.С.Зубенкова (1991) [28] установила, что режимом наилучшей защиты кровяной системы от рентгеновского излучения является облучение животных миллиметровыми волнами, проводимое за 3-5 мин до последующего рентгеновского облучения. Воздействие же КВЧ после рентгеновского излучения не только не улучшает, но в еще большей степени угнетает гемопоэз. Многочисленные клинические наблюдения подтверждают, что профилактические курсы КВЧ-терапии снижают риск заболеваемости острыми респираторными вирусными инфекциями или позволяют переносить их в легкой форме [29]. Л.В. Рыжковой с соавт. (1991) [30] показано, что степень выраженности защитного эффекта ЭМИ КВЧ при летальной гриппозной инфекции зависит от методики облучения – наилучший эффект защиты (смертность равна нулю) наблюдается при длительном профилактическом облучении здоровых животных до заражения.

Данные, полученные нами и другими исследователями, по-видимому, связаны с тем, что предварительное действие ЭМИ КВЧ модулирует чувствительность организма к стресс-фактору. Весьма важным моментом при таком режиме воздействия является то, что последующее раздражение падает на систему, уже сформировавшую новые физиологические отношения, т.е. в этих условиях идет как бы суммирование эффектов раздражений, а своеобразный момент рефрактерности оказывается преодоленным. Это обстоятельство позволяет наделить ЭМИ КВЧ свойствами демпфера, ослабляющего функциональные сдвиги и увеличивающего резерв времени, необходимый для адаптационных перестроек, что и наблюдалось в настоящем исследовании.

Совокупность данных, полученных в результате исследования убедительно доказывает, что воздействие ЭМИ КВЧ на интактный организм способно предотвратить возникновение негативных изменений, возникающих у животных при последующем действии болевого стресса. Поэтому, вопреки сложившемуся мнению о том, что ЭМИ КВЧ оказывает влияние только на организм с измененным функциональным состоянием, а интактные животные и здоровые люди не восприимчивы к этому виду излучения [4, 9], полученные результаты служат

доказательством того, что предварительное многократное облучение интактных животных низкоинтенсивным ЭМИ КВЧ оказывает выраженный обезболивающий эффект.

Таким образом, полученные результаты убедительно свидетельствуют о развитии в организме животных устойчивой, обладающей защитными эффектами адаптации к низкоинтенсивным КВЧ-воздействиям. Этот не травмирующий метод борьбы с болью может найти широкое применение при лечении самых разнообразных болевых синдромов у человека. В частности, результаты данного исследования позволяют предположить возможность использования 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. Использование воздействий информационного типа, в данном случае ЭМИ КВЧ, на биообъекты позволяет по-новому подойти к проблеме профилактики стрессорных патологий.

ВЫВОДЫ

1. Предварительное действие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ обладает выраженным антистрессорным действием при экспериментальном болевом стрессе у крыс.
2. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ достоверно ослабляет болевой синдром при экспериментально вызванной тонической и висцеральной боли у крыс.
3. Выраженное стабильное ослабление болевой реакции у крыс наблюдается после трехкратного воздействия, на что указывает увеличение уровня и устойчивости эффекта анальгезии при длительном применении ЭМИ КВЧ.

Список литературы

1. Корнева Е.А., Шхинек Э.К. Стресс и функции иммунной системы // Успехи физиологических наук. – 1989. – Т. 20, № 3. – С. 3-20.
2. Пшеничкова М.Г. Феномен стресса. Эмоциональный стресс и его роль в патологии // Патологическая физиология. – 2000. – № 3. – С. 20-26.
3. Бурлакова Е.В. Эффект сверхмалых доз // Вестник российской академии наук. - 1994. - №5 (64). - С. 425 - 431.
4. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и роль в процессах жизнедеятельности. - М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
5. Pakhomov A.G, Prol U.K., Mathur S.P., Ak'el Y., Camp-belt C.B.C. Search for frequency-specific effects of millimeter-wave radiation on isolated nerve function // Bioelectromagnetics. – 1997. – Vol. 18. – P. 324-334.
6. Ситько С.П. Физика живого – новое направление фундаментального естествознания // Вестник новых мед. техн. – 2001. – Т. 8, № 1. – С. 5-6.
7. Селье Г. Очерки об адапционном синдроме. – М.: Медицина, 1960. – 254с.
8. Grundler W., Keilmann F. Resonant microwave effect on locally fixed yeast microcolonies // Z. Naturforsch. – 1989. – Vol. 44. – P. 863-866.
9. Бецкий О.В., Лебедева Н.Н. Современные представления о механизмах воздействия низкоинтенсивных миллиметровых волн на биологические объекты // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2001. – № 3 (24). – С. 5-19.
10. Гапеев А.Б., Чемерис Н.К. Модельный подход к анализу действия модулированного электромагнитного излучения на клетки животных // Биофизика. – 2000. – Т. 45, № 2. – С. 299-312.
11. Колбун Н.Д. Теория и практика информационно-волновой терапии. - К., 1996. – 270 с.
12. Субботина Т.И., Яшин А.А. Основы теоретической и экспериментальной биофизики для реализации высокочастотной электромагнитной терапии. – Тула: ТулГУ, 1999. – 103 с.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ АНТИСТРЕССОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ

13. Чуян Е.Н. Нейроимунноендокринні механізми адаптації до дії низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти. Автореф. дис... докт. біол. наук: 03.00.13. – Київ. – 2004. – 42 с.
14. 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.
15. 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. – Р. 161-164.
16. Лиманський Ю.П., Тмарова З.А., Гуляв С.О. Пригнічення вісцерального болю дією низькоінтенсивного поляризованого світла на протибольові точки акупунктури // Фізіологічний журнал. – 2003. – Т. 49, № 5. – С. 43-51.
17. Golombek D.A., Escobar E., Burin L.J. et al. Time-dependent melatonin analgesia in mice: inhibition by opiate or benzodiazepine antagonist // Eur. J. Pharmacol. – 1991. – Vol. 194, № 1. – Р. 25-30.
18. Женило В.М., Азнаурьян И.А., Абрамов Ю.Б. Современные представления о функционировании ноцицептивной и антиноцицептивной систем организма // Вестник интенсивной терапии. – 2000. – № 2. – С. 30-35.
19. Cervero F. Visceral pain // Pain. – 1987. – Vol. 4 – Р. 81-87.
20. 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.
21. 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.
22. Gordienko O., Radziewsky A., Cowan A., Radziewsky A. Jr., Ziskin M.C. Delta 1 and kappa-opioid receptor subtypes involved in the hypoalgesic effect of millimeter wave treatment // Abstract Juenty-Fourth Annual Meeting in Cooperation with the European Bioelectromagnetics Association. – Canada. – 2002. – Р. 27.
23. Штемберг А.С., Узбеков М.Г., Шиков 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.
24. 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: Potomac, R.G. Landes Co. – 1994. – Р. 181-194.
25. Чуян Е.Н., Темуриянц Н.А., Верко Н.П. Налоксон модулирует гидролитическую активность фагоцитов на действие гипокинезии и низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2005. – Т. 18 (57), № 1. – С. 72-76.
26. Кулкович Ю.М., Тамарова З.А. Роль опиатных рецепторов в анальгезии, вызванной дією на точку акупунктури низькоінтенсивних міліметрових хвиль // Мед. перспективи. – 1999. – Т. 4, № 3. – С. 9-14.
27. Чуян Е.Н., Махонина М.М. Роль опиоидных пептидов в изменении функциональной активности нейтрофилов и лимфоцитов крови крыс при изолированном и комбинированном с гипокинезией воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2005. – Т. 18 (57), № 2. – С. 172-180
28. Зубенкова Э.С. Кроветворение и КВЧ-терапия // Сб. докл. Международного симпозиума «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине» - Том 2. - М.: ИРЭ АН СССР. – 1991. - С. 345-351.
29. Гуляев А.И., Петросян В.И., Лисенкова Л.А. Теория и практика спектрально-волновой диагностики и прецизионно-волновой терапии // Биомедицинская радиоселектроника. – 1996. – № 9. – С. 35-43.
30. Рыжкова Л.В., Старик А.М., Волгарев А.П. Запигный эффект низкоинтенсивного миллиметрового облучения при летальной гриппозной инфекции // Сб. докл. Межд. симп. «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – Т. 2. – М.: ИРЭ АН СССР. – 1991. – С. 373-377.

Поступила в редакцию 21.11.2005 г.