

УДК 615.849.11:[159.9.019.4:616.891]]:57.084./(045)

ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ У ЖИВОТНЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРЕВЕНТИВНОГО РЕЖИМА ТГЧ-ОБЛУЧЕНИЯ НА ЧАСТОТАХ МОЛЕКУЛЯРНОГО СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ ОКСИДА АЗОТА ПРИ ГИПОКИНЕТИЧЕСКОМ СТРЕССЕ

Киричук В.Ф., Антипова О.Н., Ногеров А.Р.

*ГБОУ ВПО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России,
Саратов, e-mail: alim_07__@mail.ru*

Проводился сравнительный анализ превентивного режима облучения электромагнитными волнами терагерцевого диапазона частот оксида азота 150,176–150,664 ГГц на стресс-зависимые изменения в поведенческих реакциях белых крыс-самцов в состоянии гипокинетического стресса с помощью тестов-моделей: «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт», «Темно-светлая камера», «Экстраполяционное избавление». Показано, что ТГЧ-облучение частично или полностью предотвращает нарушения в поведенческих реакциях белых крыс-самцов, вызванные гипокинетическим стрессом. 15-минутное превентивное воздействие электромагнитными терагерцевыми волнами вызвало лишь частичное восстановление таких показателей поведенческих реакций животных, как горизонтальная и вертикальная двигательная активность в тесте «Открытое поле», количество пересечений центральной платформы и число заглядываний вниз из концов открытых рукавов в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт», количество выходов из темного отсека в светлый в тесте «Темно-светлая камера», а также латентный период подныривания и число прыжков в тесте «Экстраполяционное избавление». Превентивный 30-минутный режим облучения полностью предотвращает стресс-зависимые изменения поведенческих реакций.

Ключевые слова: превентивный режим, поведенческие реакции, гипокинетический стресс, терагерцевые волны, оксид азота

THE CHANGES OF BEHAVIOURAL REACTIONS INFLUENCED BY PREVENTIVE THZ-RADIATION AT FREQUENCIES OF MOLECULAR EMISSION AND ABSORPTION SPECTRA OF NITRIC OXIDE OF ANIMALS UNDER HYPOKINETIC STRESS

Kirichuk V.F., Antipova O.N., Nogero A.R.

Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovskiy, Saratov, e-mail: alim_07__@mail.ru

We have held a comparative analysis of influence of prevention THZ electromagnetic radiation of nitric oxide at 150, 176–150, 664 GHz frequencies on stress-dependent changes in behavioural reactions of white male-rats under hypokinetic stress. The following test-models were used: «Openfield», «Elevated plus-maze», «Dark-light chamber», «Extrapolatory release». It has been shown that THZ-radiation prevents white male-rats' behavioural reactions infringements caused by hypokinetic stress partially or completely. 15 minutes preventive effects of electromagnetic terahertz waves caused only partial recovery of such indicators of behavioral reactions of animals, both horizontal and vertical locomotor activity in the test «open field», the number of intersections of the Central platform and the number of zaglyadyvanie down from the open ends of the sleeves in the test «Elevated cross maze», the number of outputs from a dark section to a light in the test «Dark-light camera», and also the latent period of diving and the hop count in the test «Extrapolation deliverance». Preventive 30-min irradiation mode completely prevents stress-dependent changes of behavioural reactions.

Keywords: preventive mode, behavioral responses, hypokinetic stress, terahertz waves, nitric oxide

Человек и животные постоянно подвергаются действию стрессоров – эмоционального, болевого, гипокинетического, температурного и др. Стресс характеризуется комплексным воздействием на нейрогуморальные механизмы организма и сопровождается выраженными изменениями поведения человека и животных [10]. Стресс и поведение, связанное с ним, представляют собой область, в которой сегодня наиболее активно работают нейрофизиологи мира.

Большое внимание в настоящее время уделяется вопросам взаимодействия биологических объектов с терагерцевым диапазоном частот, в том числе и на частотах моле-

кулярного спектра излучения и поглощения (МСИП) оксида азота – 150,176–150,664 ГГц [3, 4, 5]. Оксид азота является важнейшим естественным регулятором внутриклеточных и межклеточных взаимодействий. Он выполняет целый ряд важнейших функций в организме, являясь нейромедиатором, мощным фактором гемостаза, антиагрегантом, эндогенным вазодилататором [11, 12]. Показано, что оксид азота обладает стресс-лимитирующим эффектом [9].

В результате исследований по изучению влияния электромагнитных полей (ЭМП) на поведение человека и животных была установлена роль рецепторов в реализации

биоэффекта ЭМП, обнаружено прямое их действие на мозг, глию мозга, мембраны нейронов, память, условно-рефлекторную деятельность, обнаружено изменение функции гематоэнцефалического барьера [13, 14].

Электромагнитные излучения терагерцевого диапазона достаточно широко вошли в медицинскую практику и показали свою эффективность в лечении широкого круга заболеваний, оказывая нормализующее действие на основные механизмы развития общепатологических процессов, лежащих в основе многочисленных заболеваний [1, 6, 7]. В свою очередь установлено, что непрерывный режим облучения электромагнитными терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц в течение 30 минут полностью восстанавливает нарушения всех показателей поведенческих реакций животных, вызванных гипокинетическим стрессом [8].

Цель исследования – выявить эффективность воздействия превентивного режима облучения и провести сравнительный анализ различных временных промежутков волн терагерцевого диапазона частот 150,176–150,664 ГГц оксида азота на стресс-зависимые изменения в поведенческих реакциях белых крыс-самцов в состоянии гипокинетического стресса.

Материал и методы исследования

Исследование проведено на 100 белых крысах-самцах массой 180–220 г. В качестве модели стресса был выбран гипокинетический стресс, воспроизведенный путем помещения животных в индивидуальные клетки-пеналы на 3 часа [15]. Эксперимент проведен на 5 группах белых крыс-самцов. 1-я группа – контрольная (интактные крысы-самцы), включающая 20 особей; 2-я группа – сравнительная, включающая крыс-самцов, находящихся в состоянии гипокинетического стресса – 20 особей; 3, 4, 5 группы – опытные, которые были подвергнуты облучению волнами терагерцевого диапазона на частотах 150,176–150,664 ГГц МСИП оксида азота превентивно в течение 5, 15 и 30 минут соответственно. Для изучения поведенческих реакций были выбраны следующие тесты: «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт», «Темно-светлая камера» и «Экстраполяционное избавление». Длительность теста «Открытое поле» составляла 5 минут, в нем регистрировали горизонтальную (число пересеченных квадратов) и вертикальную (стойки) двигательную активность, число заглядываний в «норки» и обнюхивание отверстий. Также регистрировали число болюсов дефекации, частоту актов и суммарную продолжительность груминга (с), которые характеризуют неспецифическое поведение животных. В тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» были использованы следующие поведенческие показатели: число выходов в открытые рукава лабиринта (исследовательская активность), число стоек (вертикальная исследовательская активность), количество заглядываний вниз из концов закрытых рукавов («оценка риска»), а также число переходов через центральную платформу лабиринта.

Длительность тестирования составляла 5 минут. При эксперименте в тесте «Темно-светлая камера» тестирование длилось 5 минут, при этом были использованы следующие поведенческие показатели исследовательской активности животных: число и латентность (с) выглядываний из темного отсека в светлый через отверстие в перегородке, а также количество выходов в светлый отсек, суммарная длительность (с) выглядываний и выходов в освещенную часть камеры. Показателем неспецифического поведения служила интенсивность дефекаций – число болюсов, обнаруженных в темном отсеке после окончания тестирования. При проведении теста «Экстраполяционное избавление» были использованы следующие показатели поведенческих реакций: латентный период начала аверсивных реакций после посадки в установку, число прыжков за тестовый период, латентный период подныривания. Время тестирования: вплоть до подныривания (но не более 2-х минут).

Облучение животных осуществлялось малогабаритным генератором «КВЧ-НО-Орбита», разработанным в Медико-технической ассоциации КВЧ (г. Москва) и ОАО ЦНИИИА (г. Саратов), на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц [2]. Аппарат предназначен для оказания терапевтического воздействия на организм животных электромагнитными волнами на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота самостоятельно или в сочетании с другими лечебными средствами. Поверхность кожи площадью 3 см² над областью мечевидного отростка грудины облучалась с расстояния 1,5 см от поверхности тела животного. Мощность излучения генератора составляла 0,7 мВт, а плотность мощности, падающей на участок кожи размером 3 см² – 0,2 мВт/см². Длительность однократного облучения составляла 5, 15 и 30 минут соответственно.

Все животные находились в одинаковых условиях и на обычном рационе питания. Все эксперименты выполнялись согласно требованиям Хельсинкской декларации о гуманном отношении к животным (2006 г). Статистическая обработка полученных данных осуществлялась при помощи программы Statistica 6.0.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного исследования выявлено, что гипокинетический стресс приводит к выраженной стресс-реакции поведения животных. В тесте «Открытое поле» обнаружено статистически достоверное ($p < 0,05$) уменьшение количества стоек и пересеченных квадратов, характеризующее вертикальную и горизонтальную двигательную активность. Также происходит статистически достоверное ($p < 0,05$) уменьшение числа заглядываний в «норки» и обнюхивание отверстий. В свою очередь, гипокинетический стресс у животных привел к статистически достоверному ($p < 0,05$) увеличению актов дефекаций, характеризующееся повышением уровня тревожности, а также уменьшению количества и общей продолжительности груминга по сравнению с группой контроля (табл. 1). Статистически достоверное ($p < 0,05$) уменьшение числа пересечений центральной платформы,

выходов в открытые рукава лабиринта, стоек и заглядываний вниз из концов открытых рукавов в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» по сравнению с группой контроля свидетельствует об уменьшении двигательной и исследовательской активности стрессированных животных (табл. 2). В тесте «Темно-светлая камера» наблюдается статистически достоверное ($p < 0,05$) уменьшение количества и длительности выглядываний и выходов из темного отсека камеры в светлый по сравнению с группой контроля. Повышение уровня дефекации

в тесте является неспецифическим маркером стресс-реакции (табл. 3). Тест «Экстраполяционное избавление» показал, что у животных в состоянии стресса происходит статистически достоверное ($p < 0,05$) увеличение латентного периода начала аверсивных реакций и периода подныривания. Кроме того, наблюдается статистически достоверное ($p < 0,05$) уменьшение числа прыжков (табл. 4). Следовательно, гипокINETический стресс вызывает выраженные изменения в поведенческих реакциях белых крыс.

Таблица 1

Эффективность воздействия превентивного режима ТГЧ-облучения на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц на измененные гипокINETическим стрессом показатели поведенческих реакций белых крыс-самцов в методике «Открытое поле»

Показатели	Группы Контроль (n = 20)	ГипокINETический стресс (n = 20)	Стрессор совместно с превентивным облучением (n = 20)		
			5 минут	15 минут	30 минут
Кол-во пересеченных квадратов	55,35 (38; 79)	17,00 (13; 20) $p_1 = 0,000001$ $z_1 = 5,01779$	17,8 (13; 21,5) $p_1 = 0,000000$ $z_1 = 5,27477$ $p_2 = 0,498881$ $z_2 = -0,676252$	33 (28,5; 38) $p_1 = 0,000758$ $z_1 = 3,36774$ $p_2 = 0,000003$ $z_2 = -4,65262$	45,6 (39,5; 53) $p_1 = 0,297678$ $z_1 = 1,04143$ $p_2 = 0,000000$ $z_2 = -5,18009$
Кол-во стоек	15,65 (12; 19,5)	8,4 (7; 12,5) $p_1 = 0,000018$ $z_1 = 4,28744$	9,65 (6,5; 12,5) $p_1 = 0,000836$ $z_1 = 3,34069$ $p_2 = 0,432775$ $z_2 = -0,784453$	11,45 (8; 14) $p_1 = 0,004905$ $z_1 = 2,81321$ $p_2 = 0,043881$ $z_2 = -2,01523$	13,9 (11,5; 16) $p_1 = 0,250298$ $z_1 = 1,14963$ $p_2 = 0,001481$ $z_2 = -3,17839$
Кол-во актов дефекации	0,65 (0; 2)	2,7 (1; 4) $p_1 = 0,000356$ $z_1 = -3,57061$	2,15 (1; 3,5) $p_1 = 0,000921$ $z_1 = -3,31364$ $p_2 = 0,261617$ $z_2 = 1,122579$	1,15 (1; 2) $p_1 = 0,074213$ $z_1 = -1,78531$ $p_2 = 0,001866$ $z_2 = 3,11076$	1 (0,5; 1,5) $p_1 = 1,155571$ $z_1 = -1,42013$ $p_2 = 0,000722$ $z_2 = 3,38126$
Кол-во актов груминга	2,55 (1; 3,5)	0,55 (0; 1) $p_1 = 0,000008$ $z_1 = 4,47679$	0,45 (0; 1) $p_1 = 0,000018$ $z_1 = 4,28744$ $p_2 = 0,978420$ $z_2 = -0,027050$	0,9 (0; 1) $p_1 = 0,001287$ $z_1 = 3,21896$ $p_2 = 0,104589$ $z_2 = -1,62301$	2,3 (1; 3) $p_1 = 0,924573$ $z_1 = 0,09468$ $p_2 = 0,000019$ $z_2 = -4,27391$
Общая продолжительность груминга (с)	11,5 (7; 15,5)	2,65 (0; 4) $p_1 = 0,000003$ $z_1 = 4,70672$	2,6 (0; 5,5) $p_1 = 0,000031$ $z_1 = 4,16571$ $p_2 = 0,684926$ $z_2 = -0,405751$	7,25 (0; 12) $p_1 = 0,085856$ $z_1 = 1,71768$ $p_2 = 0,018605$ $z_2 = -2,35336$	33 (18,5; 40) $p_1 = 0,000020$ $z_1 = -4,26039$ $p_2 = 0,000011$ $z_2 = -5,35592$
Кол-во заглядываний в «норки»	7,4 (4; 12)	3,00 (1; 4) $p_1 = 0,000921$ $z_1 = 3,31364$	3,15 (2; 4) $p_1 = 0,000622$ $z_1 = 3,42184$ $p_2 = 0,725100$ $z_2 = -0,351651$	4,5 (3; 5,5) $p_1 = 0,051463$ $z_1 = 1,94761$ $p_2 = 0,053104$ $z_2 = -1,93408$	7,1 (4; 8) $p_1 = 0,935323$ $z_1 = -0,08115$ $p_2 = 0,000062$ $z_2 = -4,00341$

Примечания: в каждом случае приведены показатели и ошибка средней величины из 20 измерений: p_1, z_1 – по сравнению с группой контроля; p_2, z_2 – по сравнению с группой животных в состоянии гипокINETического стресса.

Таблица 2

Эффективность воздействия превентивного режима ТГЧ-облучения на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц на измененные гипокинетическим стрессом показатели поведенческих реакций белых крыс-самцов в методике «Приподнятый крестообразный лабиринт»

Показатели	Группы Контроль (n = 20)	Гипокинетический стресс (n = 20)	Стрессор совместно с непрерывным облучением (n = 20)		
			5 минут	15 минут	30 минут
Кол-во пересечений центральной платформы	4,9 (3; 7)	1,5 (1; 2) $p_1 = 0,000028$ $z_1 = 4,19276$	2,25 (1; 3) $p_1 = 0,001227$ $z_1 = 3,23249$ $p_2 = 0,085856$ $z_2 = -1,71768$	4,25 (2; 5,5) $p_1 = 0,675014$ $z_1 = 0,41928$ $p_2 = 0,000062$ $z_2 = -4,00341$	4,7 (4; 5) $p_1 = 0,473481$ $z_1 = -0,716827$ $p_2 = 0,000001$ $z_2 = -4,84197$
Кол-во выходов в открытые рукава	3,05 (2; 4)	0,95 (0; 2) $p_1 = 0,000035$ $z_1 = 4,13866$	0,95 (0; 1,5) $p_1 = 0,000056$ $z_1 = 4,03046$ $p_2 = 0,839232$ $z_2 = 0,20288$	1,45 (0,5; 2) $p_1 = 0,001481$ $z_1 = 3,17839$ $p_2 = 0,133284$ $z_2 = -1,50128$	2,65 (2; 3) $p_1 = 0,409356$ $z_1 = 0,825028$ $p_2 = 0,000010$ $z_2 = -4,40916$
Кол-во стоек	7,75 (3; 12)	2,4 (0; 3,5) $p_1 = 0,000110$ $z_1 = 3,86816$	3 (2; 4) $p_1 = 0,001227$ $z_1 = 3,23249$ $p_2 = 0,054789$ $z_2 = -1,92056$	2,95 (2; 3) $p_1 = 0,000200$ $z_1 = 3,71939$ $p_2 = 0,060112$ $z_2 = -1,87998$	8,2 (5,5; 10) $p_1 = 0,401721$ $z_1 = -0,838553$ $p_2 = 0,000006$ $z_2 = -4,54441$
Кол-во заглядываний вниз из концов открытых рукавов	12,55 (5; 15)	1,3 (0; 2) $p_1 = 0,000000$ $z_1 = 5,30182$	1 (0; 1,5) $p_1 = 0,000000$ $z_1 = 5,38297$ $p_2 = 0,507506$ $z_2 = 0,66273$	3,6 (1; 6) $p_1 = 0,000321$ $z_1 = 3,59766$ $p_2 = 0,009787$ $z_2 = -2,58328$	11,6 (7; 16) $p_1 = 0,432775$ $z_1 = -0,78445$ $p_2 = 0,000000$ $z_2 = -5,32887$
Кол-во актов дефекации	0,55 (0; 1)	1,65 (1; 2) $p_1 = 0,000078$ $z_1 = -3,94931$	1,2 (1; 2) $p_1 = 0,009046$ $z_1 = -2,61033$ $p_2 = 0,101730$ $z_2 = -1,63653$	0,85 (0; 1,5) $p_1 = 0,291447$ $z_1 = -1,05495$ $p_2 = 0,006294$ $z_2 = 2,73206$	0,75 (0; 1) $p_1 = 0,364842$ $z_1 = -0,90618$ $p_2 = 0,000886$ $z_2 = 3,34069$

Примечания: в каждом случае приведены показатели и ошибка средней величины из 20 измерений: p_1, z_1 – по сравнению с группой контроля; p_2, z_2 – по сравнению с группой животных в состоянии гипокинетического стресса.

Исследование влияния различных временных режимов превентивного облучения белых крыс-самцов в состоянии гипокинетического стресса электромагнитными волнами ТГЧ диапазона на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц оказывает неодинаковое влияние на поведенческие реакции стрессированных животных. Так, при 5-минутном превентивном облучении стрессированных животных терагерцевыми

волнами не происходит изменения по сравнению с группой контроля двигательной и исследовательской активности животных в тестах «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт», «Темно-светлая камера» и «Экстраполяционное избавление» по сравнению с группой стресса. Количество пересеченных квадратов, стоек, заглядываний в «норки» и обнюхивание отверстий в тесте «Открытое поле» (табл. 1),

количество пересечений центральной платформы, выходов в открытые рукава, число заглядываний вниз из концов открытых рукавов и стоек в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» (табл. 2), количество выходов и выглядываний из темного отсека камеры в светлый в тесте «Темно-светлая камера» (табл. 3), а также латентный период аверсивных реакций и период подныривания, количество

прыжков у опытной группы животных при гипокинетическом стрессе статистически достоверно ($p > 0,05$) не отличаются от животных в состоянии гипокинетического стресса в тесте «Экстраполяционное избавление» (табл. 4). Это свидетельствует о низкой эффективности данного режима облучения в предотвращении нарушений поведенческих реакций белых крыс-самцов.

Таблица 3

Эффективность воздействия превентивного режима ТГЧ-облучения на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц на измененные гипокинетическим стрессом показатели поведенческих реакций белых крыс-самцов в методике «Темно-светлая камера»

Показатели	Группы Контроль ($n = 20$)	Гипокинетический стресс ($n = 20$)	Стрессор совместно с непрерывным облучением ($n = 20$)		
			5 минут	15 минут	30 минут
Кол-во выглядываний из темного отсека в светлый	5,35 (4; 6,5)	2,55 (2; 3) $p_1 = 0,000015$ $z_1 = 4,32801$	2,45 (2; 3) $p_1 = 0,000006$ $z_1 = 4,51736$ $p_2 = 0,755743$ $z_2 = 0,311076$	2,9 (2; 3,5) $p_1 = 0,000066$ $z_1 = 3,989888$ $p_2 = 0,343765$ $z_2 = 0,94675$	4,85 (3,5; 6) $p_1 = 0,524987$ $z_1 = 0,63568$ $p_2 = 0,000247$ $z_2 = -3,66529$
Длительность выглядываний из темного отсека в светлый (с)	30 (20; 37)	14,7 (9,5; 20) $p_1 = 0,000200$ $z_1 = 3,71939$	16,55 (11,5; 21) $p_1 = 0,001349$ $z_1 = 3,20544$ $p_2 = 0,379333$ $z_2 = -0,879128$	17,25 (11; 23) $p_1 = 0,003967$ $z_1 = 2,980834$ $p_2 = 0,261617$ $z_2 = -1,12258$	25,2 (19,5; 31,5) $p_1 = 0,635945$ $z_1 = 0,47338$ $p_2 = 0,000179$ $z_2 = -3,74644$
Кол-во выходов из темного отсека в светлый	1,8 (1; 2)	0,45 (0; 1) $p_1 = 0,000116$ $z_1 = 3,85464$	0,6 (0; 1) $p_1 = 0,000484$ $z_1 = 3,48946$ $p_2 = 0,465175$ $z_2 = -0,730352$	1,1 (1; 1,5) $p_1 = 0,048308$ $z_1 = 1,974656$ $p_2 = 0,012345$ $z_2 = -2,50213$	1,35 (1; 2) $p_1 = 0,208454$ $z_1 = 1,25783$ $p_2 = 0,000796$ $z_2 = -3,35421$
Длительность выходов из темного отсека в светлый (с)	18,3 (4; 22,5)	5,55 (0; 12) $p_1 = 0,006041$ $z_1 = 2,74558$	6,2 (0; 13) $p_1 = 0,026548$ $z_1 = 2,21811$ $p_2 = 0,579219$ $z_2 = -0,554527$	9,25 (4,5; 14,5) $p_1 = 0,343765$ $z_1 = 0,946753$ $p_2 = 0,078705$ $z_2 = -1,75826$	18,15 (11; 26) $p_1 = 0,119857$ $z_1 = -1,55538$ $p_2 = 0,000234$ $z_2 = -3,67881$
Кол-во актов дефекации	0,35 (0; 0,5)	1,35 (1; 2) $p_1 = 0,000375$ $z_1 = -3,55709$	1,25 (1; 2) $p_1 = 0,001014$ $z_1 = -3,28659$ $p_2 = 0,786775$ $z_2 = 0,270501$	0,35 (0; 1) $p_1 = 0,725100$ $z_1 = -0,351651$ $p_2 = 0,000275$ $z_2 = 3,63824$	0,65 (0; 1) $p_1 = 0,144097$ $z_1 = -1,46070$ $p_2 = 0,012345$ $z_2 = 2,50213$

Примечания: в каждом случае приведены показатели и ошибка средней величины из 20 измерений; p_1, z_1 – по сравнению с группой контроля; p_2, z_2 – по сравнению с группой животных в состоянии гипокинетического стресса;

Таблица 4

Эффективность воздействия превентивного режима ТГЧ-облучения на частотах МСИП оксида азота – 150,176–150,664 ГГц на измененные гипокинетическим стрессом показатели когнитивных функций белых крыс-самцов в методике «Экстраполяционное избавление»

Показатели	Группы Контроль (n = 20)	Гипокинетический стресс (n = 20)	Стрессор совместно с непрерывным облучением (n = 20)		
			5 минут	15 минут	30 минут
Латентный период начала аверсивных реакций (с)	8,45 (5,5; 10)	29,3 (23,5; 34) $p_1 = 0,000001$ $z_1 = -5,19362$	31,25 (25; 37) $p_1 = 0,000002$ $z_1 = -5,30182$ $p_2 = 0,533842$ $z_2 = -0,62215$	20,25 (16,5; 25) $p_1 = 0,000001$ $z_1 = -4,82844$ $p_2 = 0,001413$ $z_2 = 3,19191$	10,55 (7,5; 12) $p_1 = 0,159546$ $z_1 = -1,40660$ $p_2 = 0,000002$ $z_2 = 4,78787$
Число прыжков	5,35 (4; 6,5)	1,95 (1; 2) $p_1 = 0,000002$ $z_1 = 5,0989$	1,9 (1; 2,5) $p_1 = 0,000004$ $z_1 = 5,16657$ $p_2 = 0,924573$ $z_2 = -0,09468$	4,4 (3; 6) $p_1 = 0,116671$ $z_1 = 1,56891$ $p_2 = 0,000037$ $z_2 = -4,12514$	5,85 (4,5; 7,5) $p_1 = 0,560852$ $z_1 = -0,58158$ $p_2 = 0,000031$ $z_2 = -4,77434$
Латентный период подныривания (с)	40,75 (27; 50,5)	69,2 (62; 73,5) $p_1 = 0,000017$ $z_1 = -4,50384$	74,1 (69; 79) $p_1 = 0,000002$ $z_1 = -4,76082$ $p_2 = 0,119857$ $z_2 = -1,55538$	62,05 (43,5; 74,5) $p_1 = 0,002238$ $z_1 = -3,05666$ $p_2 = 0,101730$ $z_2 = 1,63653$	40,3 (33; 47) $p_1 = 0,956855$ $z_1 = 0,05410$ $p_2 = 0,000012$ $z_2 = 4,73377$

Примечания: в каждом случае приведены показатели и ошибка средней величины из 20 измерений: p_1, z_1 – по сравнению с группой контроля; p_2, z_2 – по сравнению с группой животных в состоянии гипокинетического стресса.

Воздействие превентивного 15-минутного режима облучения электромагнитными волнами ТГЧ диапазона на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц на белых крыс-самцов, находящихся в состоянии гипокинетического стресса, оказывает влияние на поведенческие реакции животных. Так, происходит частичное восстановление показателей поведенческих реакций животных, нарушенных гипокинетическим стрессом. В тесте «Открытое поле» увеличивается горизонтальная и вертикальная двигательная активность, которую характеризует число пересеченных квадратов и количество стоек, и статистически достоверно ($p < 0,05$) отличается как от группы контроля, так и от группы стресса, что можно рассматривать как тенденцию к восстановлению нарушенной стрессом двигательной активности (табл. 1). В тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» количество пересечений центральной платформы и количество заглядываний вниз из концов открытых рукавов статистически достоверно ($p < 0,05$) увеличилось по сравнению с груп-

пой стресса и не отличается от группы контроля, что свидетельствует об эффективности превентивного 15-минутного облучения в отношении исследовательской активности животных (табл. 2). Количество выходов из темного отсека в светлый группы стрессированных животных, подвергшихся превентивному 15-минутному облучению терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц, в тесте «Темно-светлая камера» статистически достоверно не отличается от группы контроля (табл. 3). В тесте «Экстраполяционное избавление» происходит статистически достоверное ($p < 0,05$) уменьшение латентного периода аверсивных реакций и статистически достоверное ($p < 0,05$) увеличение количества прыжков (табл. 4). Следовательно, 15-минутный превентивный режим облучения терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц является эффективным в отношении некоторых показателей двигательной и исследовательской активности, нарушенных гипокинетическим стрессом.

Превентивный 30-минутный режим облучения белых крыс-самцов в состоянии гипокинетического стресса электромагнитными волнами ТГЧ диапазона на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц оказывает выраженное корригирующее влияние на поведенческие реакции стрессированных животных. Так, происходит восстановление таких показателей поведенческих реакций животных, как двигательная и исследовательская активность в тестах «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт», «Темно-светлая камера» по сравнению с группой стрессированных животных. Количество пересеченных квадратов, стоек, заглядываний в «норки» и обнюхиваний отверстий в тесте «Открытое поле» (табл. 1), число пересечений центральной платформы, выходов в открытые рукава, заглядываний вниз из концов открытых рукавов и стоек в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» (табл. 2), количество выходов и выглядываний и их длительность из темного отсека камеры в светлую в тесте «Темно-светлая камера» (табл. 3), а также латентный период аверсивных реакций и период подныривания, количество прыжков группы животных в состоянии стресса совместно с облучением терагерцевыми волнами статистически достоверно не отличаются от контрольной группы животных в тесте «Экстраполяционное избавление» (табл. 4). Это свидетельствует о высокой эффективности указанного временного режима облучения в коррекции нарушенных гипокинетическим стрессом поведенческих реакций белых крыс-самцов.

Таким образом, 30-минутный превентивный режим воздействия электромагнитными терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц эффективен и полностью предотвращает стресс-зависимые нарушения горизонтальной и вертикальной двигательной активности, а также исследовательской активности у крыс-самцов.

Выводы

1. Превентивное 5-минутное облучение электромагнитными волнами на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц не предотвращает острые стресс-зависимые изменения горизонтальной и вертикальной двигательной и исследовательской активности у крыс-самцов.

2. Превентивное облучение электромагнитными терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц в течение 15 минут вызвало частичное предотвращение таких показателей поведенческих реакций животных, как го-

ризонтальная и вертикальная двигательная активность в тесте «Открытое поле», количество пересечений центральной платформы и число заглядываний вниз из концов открытых рукавов в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт», количество выходов из темного отсека в светлый в тесте «Темно-светлая камера», а также латентный период подныривания и число прыжков в тесте «Экстраполяционное избавление».

3. Превентивный режим облучения электромагнитными терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150,176–150,664 ГГц в течение 30 минут полностью предотвращает нарушения всех показателей поведенческих реакций животных, вызванных гипокинетическим стрессом в тестах: «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт», «Темно-светлая камера» и «Экстраполяционное избавление».

Список литературы

1. Бецкий О.В., Лебедева Н.Н. История становления КВЧ-терапии и десятилетние итоги работы Медикотехнической ассоциации КВЧ // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2002. – № 4. – С. 10–17.
2. Бецкий О.В., Креницкий А.П., Майбородин А.В. и др. Аппарат для лечения электромагнитными волнами крайне высоких частот. Патент на полезную модель, № 50835, 2006.
3. Киричук В.Ф., Иванов А.Н., Антипова О.Н. Влияние КВЧ-НО облучения на функции тромбоцитов и эритроцитов белых крыс, находящихся в состоянии стресса // Цитология. – 2005. – Т. 47. – № 1. – С. 64–70.
4. Киричук В.Ф., Иванов А.Н., Антипова О.Н. Электромагнитное излучение терагерцового диапазона на частотах оксида азота в коррекции и профилактике нарушений функциональной активности тромбоцитов у белых крыс при длительном стрессе // Цитология. – 2007. – Т. 49. – № 6. – С. 484–490.
5. Киричук В.Ф., Иванов А.Н., Кириязи Т.С. Восстановление микроциркуляторных нарушений электромагнитным излучением терагерцового диапазона на частотах оксида азота у белых крыс при остром стрессе // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2011. – Т. 151. – № 3. – С. 259–262.
6. Киричук В.Ф., Андронов Е.В., Мамонтова Н.В. Применение электромагнитного излучения терагерцового диапазона для коррекции показателей реологии крови у больных нестабильной стенокардией на фоне действия донатора NO изокета // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2008. – Т. 145. – № 9. – С. 266–271.
7. Киричук В.Ф., Головачева Т.В., Чиж А.Г. КВЧ-терапия. – Саратов: Изд-во СГМУ. 1999. – 360 с.
8. Киричук В.Ф., Антипова О.Н., Ногеров А.Р. Корригирующее влияние электромагнитных волн терагерцового диапазона частот оксида азота на стресс-зависимые изменения поведенческих реакций у белых крыс-самцов в условиях эксперимента // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 10–6. – С. 1110–1115.
9. Мальшев И.Ю., Манухина Е.Б. Стресс, адаптация и оксид азота // Биохимия. – 1998. – № 63 (7). – С. 992–1006.
10. Пшеничкова М.Г. Феномен стресс-са // Пат.физиол. – 2001. – № 2. – С. 26–30.
11. Реутов В.П., Сорокина Е.Г. NO-синтез и нитритредуктазная компоненты цикла оксида азота // Биохимия. – 1998. – № 63 (7). – С. 1029–1040.

12. Северина И.С. Растворимая форма гуанилатциклазы в молекулярном механизме физиологических эффектов окиси азота и в регуляции процесса агрегации тромбоцитов // Бюл. эксперим. биол. мед. – 1995. – № 3. – С. 230–235.

13. Холодов Ю.А., Лебедева Н.Н. Реакция нервной системы человека на электромагнитные поля. – М.: Наука, 1992. – С. 187.

14. Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях. – М.: Наука, 1982. – С. 123.

15. Чуян Е.Н., Горная О.И. Изменение двигательной активности животных с разным профилем моторной асимметрии в условиях гипокинезии // Физика живого. – 2009. – Т. 17, № 2. – С. 193–198.

References

1. Betskiy O.V., Lebedeva N.N. Millimetrovye volny v biologii i meditsine – Millimeter waves in biology and medicine, 2002, no.4, pp. 10–17.

2. Betskiy O.V., Krenitskiy A.P., Mayborodin A.V. Apparat dlya lecheniya elektromagnitnym i volnami krayne vysokikh chastot. Patent na poleznuyu model [Apparatus for EHF-therapy. Utility model patent], no. 50835, 2006.

3. Kirichuk V.F., Ivanov A.N., Antipova O.N. Tsitologiya – Cytology, 2005, Vol. 47, no. 1, pp. 64–70.

4. Kirichuk V.F., Ivanov A.N., Antipova O.N. Tsitologiya – Cytology, 2007, Vol. 49, no. 6, pp. 484–490.

5. Kirichuk V.F., Ivanov A.N., Kiriyaizi T.S. Byulleten eksperimentalnoy biologii i imeditsiny – Bulletin of Experimental Biology and Medicine, 2011, Vol. 151, no. 3, pp. 259–262.

6. Kirichuk V.F., Andronov E.V., Mamontova N.V. Byulleten eksperimentalnoy biologii i meditsiny – Bulletin of Experimental Biology and Medicine, 2008, Vol. 145, no. 9, pp. 266–271.

7. Kirichuk V.F., Golovacheva T.V., Chizh A.G. KVCh-terapiya [EHF-therapy]. Saratov, SGMU Publ., 1999, pp. 360.

8. Kirichuk V.F., Antipova O.N., Nogerov A.R. Fundamentalnye issledovaniya – Fundamental research, 2014, no. 10–6, pp. 1110–1115.

9. Malyshev I.Yu., Manukhina E.B. Biokhimiya – Biochemistry, 1998, no. 63(7), pp. 992–1006.

10. Pshennikova M.G. Patologicheskaya fiziologiya – Pathological Physiology, 2001, no. 2, pp. 26–30.

11. Reutov V.P., Sorokina E.G. Biokhimiya – Biochemistry, 1998, no. 63(7), pp. 1029–1040.

12. Severina I.S. Byulleten eksperimentalnoy biologii i meditsiny – Bulletin of Experimental Biology and Medicine, 1995, no. 3, pp. 230–235.

13. Kholodov Yu.A., Lebedeva N.N. Reaktsiya nervnoy sistemy cheloveka na elektromagnitnye polya [The reaction of the human nervous system to electromagnetic fields]. Moscow, Nauka Publ., 1992, pp. 187.

14. Kholodov Yu.A. Mozgv elektromagnitnykh pol'yakh [Brain in electromagnetic fields]. Moscow, Nauka Publ., 1982, pp. 123.

15. Chuyan E.N., Gornaya O.I. Fizikazhivogo [Physics of the Alive]. 2009. Vol. 17, no. 2. pp. 193–198.

Рецензенты:

Понукалина Е.В., д.м.н., профессор кафедры нормальной физиологии им. И.А. Чуевского, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава РФ, г. Саратов;

Токаева Л.К., д.м.н., профессор кафедры нормальной физиологии им. И.А. Чуевского, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава РФ, г. Саратов.