Bulletin of Medical Internet Conferences (ISSN 2224-6150)
2012. Volume 2. Issue 6

ID: 2012-06-7-A-1597 Оригинальная статья

Киричук В.Ф., Антипова О.Н., Крылова Я.А., Андронов Е.В.

Сравнительная эффективность различных временных режимов воздействия волн терагерцевого диапазона частот оксида азота на поведенческие реакции белых крыс-самцов в условиях стресса

ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздравсоцразвития России

Резюме

Проводился сравнительный анализ воздействия волн терагерцевого диапазона частот 150,176-150,664 ГГц оксида азота на стресс - зависимые изменения в поведенческих реакциях белых крыс-самцов в состоянии острого гипокинетического стресса с помощью тестов «Открытое поле», «Крестообразный лабиринт», «Темно-светлая камера». Гипокинетический стресс моделировался путем помещения животных в индивидуальные клетки-пеналы на 3 часа. Облучение животных осуществлялось малогабаритным генератором «КВЧ-NO-Орбита». Показано, что гипокинетический стресс приводит к развитию выраженной стресс-реакции, проявляющейся в изменении поведения животных. ТГЧ-облучение на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения (МСИП) NO 150,176 – 150,664 ГГц частично или полностью нормализует нарушения в поведенческих реакциях белых крыс-самцов, вызванные гипокинетическим стрессом. Наиболее эффективным является непрерывный 30-ти минутный режим облучения.

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

Введение

Поведение человека и животных является крайне чувствительным к действию стресса. При анализе воздействия стресса на поведение животных или человека особое внимание следует уделить изучению эмоциональной сферы. Наиболее часто встречающиеся проявления отрицательных эмоций – состояния страха или тревожности. При всем многообразии этих состояний именно тревожность является наиболее часто встречающимся спутником эмоционального стресса, своего рода “первым эшелоном” реакций ЦНС на стрессор, биологический смысл которых заключается в мобилизации резервов организма для избежания угрозы. Формулируя классическую концепцию биологического стресса, Г.Селье (1968) использовал психиатрический термин “тревога” для описания первой стадии универсальных физиологических изменений в организме, вызванных появлением биологического стрессора в любом его виде. Именно поэтому актуальным вопросом современной биологии и медицины является изучение эмоционального поведения животных в различных экспериментальных моделях стресса. Тревожность - это эмоциональное состояние, характеризующееся ощущением ожидания грозящей опасности. При изучении тревожности у животных невозможно непосредственно оценить и измерить ее путем опроса, как это делается на людях, и для этого используют модели. Тесты-модели основаны на анализе спонтанного поведения при помещении животных в незнакомую для них среду. Ожидание потенциальной опасности и новизна/неопределенность окружающей среды в этих тестах порождают тревожность. При этом степень ингибирования поведения (прежде всего, исследовательской активности как самостоятельной потребности в получении информации о новых стимулах с невыясненным прагматическим значением) будет объективно отражать уровень тревожности. Данная активность максимальна в самом начале, однако затем плавно снижается по мере привыкания животного к новым условиям в ходе его ориентировочно-исследовательской деятельности и накопления первичной информации. В данной ситуации в поведении животного сталкиваются две противоположные тенденции - боязнь нового и тяга к нему, а тревожные тесты строятся на балансе двух данных мотиваций. Более того, некоторые из тестов используют не просто новизну окружающей среды, а делают ее более аверсивной для животного – например, используя высоту, открытые и освещенные пространства и т.д. [1]. Возникающая при этом аверсия условий теста вызывает у людей и животных страх и тревожность, которые могут быть скорректированы воздействием терагерцового облучения на частотах оксида азота.

Известно, что стресс является одной из адаптационных реакций организма на воздействие факторов внешней среды, которая способствует, с одной стороны, приспособлению и выживанию организма в экстремальных условиях, а с другой – к развитию патологических изменений [2]. Человек и животные постоянно подвергаются действию стрессоров – эмоционального, болевого, гипокинетического, температурного и др. [1].

Многочисленные данные литературы свидетельствуют о том, что при ограничении подвижности (гипокинезии) нарушается деятельность практически всех органов и систем организма [3 – 5]. Показано, что при действии гипокинезии на животных наблюдается значительное увеличение активности симпатоадреналовой системы (САС), снижение неспецифической резистентности и иммунореактивности, изменение поведенческих реакций [6], что указывает на развитие стресс-реакции.

В последние годы появилось новое направление информационной терапии – терагерцевая терапия, осуществляемая терагерцевыми волнами на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота – универсального посредника в регуляции различных функций организма. Показано его антистрессорное действие [7, 8].

Целью работы явился сравнительный анализ различных временных режимов воздействия волн терагерцевого диапазона частот 150,176-150,664 ГГц оксида азота на стресс-зависимые изменения в поведенческих реакциях белых крыс-самцов в состоянии острого стресса.

Материал и методы

Для достижения поставленной цели проводили изучение поведенческих реакций 75 белых крыс-самцов массой 180-220 г. В качестве модели стресса использовался гипокинетический стресс, который моделировался путем помещения животных в индивидуальные клетки-пеналы на 3 часа [9].

Исследование проведено на 5 группах белых крыс-самцов, в каждой из которой было по 15 особей: 1-я группа – контрольная – интактные крысы-самцы; 2-я группа – сравнительная, включающая крыс-самцов, находящихся в состоянии гипокинетического стресса; 3-я, 4-я, 5-я группы – опытные, в которых крыс-самцов облучали волнами терагерцевого диапазона на частотах 150,176-150,664 ГГц оксида азота непрерывно в течение 5, 15 и 30 минут соответственно.

 © Bulletin of Medical Internet Conferences, 2012

Для исследования поведенческих реакций были выбраны тесты: «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт» и «Темно-светлая камера».

Длительность теста «Открытое поле» составляла 5 минут. В ходе эксперимента были использованы следующие поведенческие показатели: число пересеченных квадратов (горизонтальная двигательная активность), стойки (вертикальная двигательная активность) и число обследованных отверстий-«норок» (исследовательская активность). Отдельно регистрировали также неспецифическое поведение животных – число болюсов дефекации, частоту актов и суммарную продолжительность груминга в секундах.

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 (сек) выглядываний из темного отсека в светлый через отверстие в перегородке, а также количество выходов в светлый отсек, суммарная длительность (в сек) выглядываний и выходов в освещенную часть камеры. Показателем неспецифического поведения служила интенсивность дефекаций – число болюсов, обнаруженных в темном отсеке после окончания тестирования.

Облучение животных, осуществлялось малогабаритным генератором «КВЧ-NO-Орбита», разработанным в Медико-технической ассоциации КВЧ (г. Москва) и ОАО ЦНИИИА (г.Саратов) [10] на частотах МСИП оксида азота 150,176-150,664 ГГц. Облучалась поверхность кожи площадью 3 $см^2$ над областью мечевидного отростка грудины. Облучатель располагался на расстоянии 1,5 см над поверхностью тела животного. Мощность излучения генератора составляла 0,7 мВт, а плотность мощности, падающей на участок кожи размером 3 $см^2$ – 0,2 $мВт/см^2$. Доза облучения определялась плотностью мощности, падающей на кожу, и заданным временем облучения.

Эксперименты на животных проводились в соответствии с требованиями Женевской конвенции «International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals» (Geneva, 1990). Статистическая обработка полученных результатов проводилась при помощи непараметрического анализа с определением Т-критерия теста Манна-Уитни (пакет программ Statistica 6.0).

Результаты

Результаты проведённых исследований показывают, что гипокинетический стресс приводит к развитию выраженной стресс-реакции, проявляющейся в изменении поведения животных: о повышении уровня тревожности свидетельствует статистически достоверное снижение вертикальной и горизонтальной двигательной активности ($p<0,05$), а так же исследовательской активности ($p<0,05$) по сравнению с группой контроля (таблицы 1,2,3). В тесте «Открытое поле» наблюдается статистически достоверное снижение количества пересеченных квадратов, стоек, числа заглядываний в «норки», а также изменение неспецифического поведения животных – статистически достоверное увеличение актов дефекаций по сравнению с контрольной группой животных, что свидетельствует о высоком уровне тревожности животных (табл.1). Понижение 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 уменьшение числа и длительности выглядываний и выходов из темного отсека камеры в светлый по сравнению с группой контроля. Повышение уровня дефекации является неспецифическим маркером стресс-реакции (табл.3). Следовательно, гипокинетический стресс вызывает выраженные изменения в поведенческих реакциях белых крыс.

Исследование влияния различных временных режимов непрерывного 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 (табл.1, 2, 3). Так, при 5-ти минутном непрерывном 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» и «Темно-светлая камера» по сравнению с группой стресса. Количество пересеченных квадратов, стоек и заглядываний в «норки» в тесте «Открытое поле», количество пересечений центральной платформы, выходов в открытые рукава, число заглядываний вниз из концов открытых рукавов и стоек в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт», а также количество выходов и выглядываний из темного отсека камеры в светлую у опытной группы животных при гипокинетическом стрессе статистически достоверно не отличаются от животных в состоянии гипокинетического стресса. Это свидетельствует о низкой эффективности данного режима облучения в предотвращении нарушений поведенческих реакций белых крыс-самцов (табл.1, 2, 3).

Воздействие непрерывного 15-ти 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 (табл.1, 2, 3). Так, происходит частичное восстановление показателей поведенческих реакций животных, нарушенных гипокинетическим стрессом. В тесте «Открытое поле» увеличивается горизонтальная двигательная активность, которую характеризует число пересеченных квадратов, и статистически достоверно 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 стоек статистически достоверно увеличилось по сравнению с группой стресса и не отличается от группы контроля, что свидетельствует об эффективности непрерывного 15-ти минутного облучения в отношении вертикальной двигательной активности животных (табл.2). Длительность выходов из темного отсека в светлый группы стрессированных животных, подвергшихся непрерывному 15-ти 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). Следовательно, 15-ти минутный непрерывный режим облучения терагерцевыми волнами

Bulletin of Medical Internet Conferences (ISSN 2224-6150)
2012. Volume 2. Issue 6

на частотах МСИП оксида азота 150,176-150,664 ГГц является эффективным в отношении некоторых показателей двигательной и исследовательской активности, нарушенных гипокинетическим стрессом.

Таблица 1. Эффективность воздействия терагерцевых волн на частотах МСИП оксида азота 150,176-150,664 ГГц на измененные гипокинетическим стрессом показатели поведенческих реакций белых крыс-самцов в методике «Открытое поле»

Показатели	Контроль (n=15)	Гипокинетический стресс (n=15)	Стрессор совместно с непрерывным облучением (n=15)		
			5 минут	15 минут	30 минут
Кол-во пересеченных квадратов	38,20 (29,0; 49,0)	17,00 (13,0; 20,0) p_1=0,00005 z_1=4,56259	18,13 (13; 21) p_1=0,000007 z_1 = - 4,47963 p_2=0,493731 z_2 = 0,684388	23,53 (19; 28) p_1=0,000284 z_1 =- 3,62933 p_2=0,006592 z_2 = 2,711681	36,27 (28; 41) p_1=0,708923 z_1 = - 0,373303 p_2=0,000005 z_2 = 4,56259
Кол-во стоек	16,60 (13,0; 20,0)	9,60 (5,0; 13,0) p_1=0,000494 z_1=3,48416	10,20 (6; 14) p_1=0,000906 z_1 = - 3,31825 p_2=0,724416 z_2 = 0,352564	12,40 (8; 15) p_1=0,012822 z_1 = - 2,48868 p_2=0,184411 z_2 = 1,32730	16,13 (14; 20) p_1=0,693551 z_1 = - 0,394042 p_2=0,000906 z_2 = 3,31825
Кол-во актов дефекации	0,87 (0; 2,0)	2,33 (1,0; 4,0) p_1=0,010745 z_1= - 2,55090	2,07 (1; 4) p_1=0,27926 z_1 =2,19834 p_2=0,604127 z_2 = - 0,518476	1,53 (0; 3) p_1=0,158466 z_1 =1,41025 p_2=0,184411 z_2 = - 1,32730	0,87 (0; 1) p_1=0,787462 z_1 =0,269607 p_2=0,008972 z_2 = - 2,61312
Кол-во актов груминга	3,00 (2,0; 4,0)	0,27 (0; 1,0) p_1=0,000007 z_1=4,50037	0,40 (0; 1) p_1=0,000010 z_1 = - 4,41741 p_2=0,533830 z_2 =0,622171	0,73 (0; 1) p_1=0,000053 z_1 = - 4,04411 p_2=0,085190 z_2 =1,72134	2,80 (2; 4) p_1=0,708923 z_1 = - 0,373303 p_2=0,000007 z_2 =4,50037
Общая продолжительность груминга, сек.	21,40 (10,0; 38,0)	1,33 (0; 4,0) p_1=0,000003 z_1=4,64554	2,07 (0; 5) p_1=0,000003 z_1 = - 4,64554 p_2=0,493731 z_2 =0,684388	4,06 (0; 6) p_1=0,000028 z_1 = - 4,18928 p_2=0,089019 z_2 =1,70060	20,20 (10; 28) p_1=0,819546 z_1 = - 0,228129 p_2=0,000003 z_2 =4,66628
Кол-во заглядываний в «норки»	7,00 (4,0; 10,0)	2,73 (1,0; 4,0) p_1=0,000671 z_1=3,40120	3,07 (2; 4) p_1=0,001050 z_1 = - 3,27677 p_2=0,678303 z_2 =0,414781	3,67 (3; 4) p_1=0,004494 z_1 = - 2,84125 p_2=0,205843 z_2 =1,26508	7,27 (5; 9) p_1=0,506915 z_1 =0,663649 p_2=0,000125 z_2 =3,83672

Примечание: в каждом случае приведены показатели и ошибка средней величины из 15 измерений: p_1, z_1 - по сравнению с группой контроля; p_2 , z_2 - по сравнению с группой животных в состоянии гипокинетического стресса.

Непрерывный 30-ти 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 (табл.1, 2, 3). Так, происходит восстановление таких показателей поведенческих реакций животных, как двигательная и исследовательская активность в тестах «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт» и «Темно-светлая камера» по сравнению с группой стрессированных животных. Количество пересеченных квадратов, стоек и заглядываний в «норки» в тесте «Открытое поле», число пересечений центральной платформы, выходов в открытые рукава, заглядываний вниз из концов открытых рукавов и стоек в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт», а также количество выходов и выглядываний и их длительность из темного отсека камеры в светлую в тесте «Темно-светлая камера» группы животных в состоянии стресса совместно с облучением терагерцевыми волнами статистически достоверно не отличаются от контрольной группы животных. Это свидетельствует о высокой эффективности указанного временного режима в коррекции нарушенных гипокинетическим стрессом поведенческих реакций белых крыс-самцов (табл.1, 2, 3).

Обсуждение

Показано, что ТГЧ-облучение на частотах МСИП NO 150,176 – 150,664 ГГц частично или полностью нормализует нарушения в поведенческих реакциях белых крыс-самцов, вызванные гипокинетическим стрессом. Анализируя результаты проведённых

 © Bulletin of Medical Internet Conferences, 2012

исследований, можно сделать следующие выводы: 1) непрерывное 5-ти минутное облучение электромагнитными волнами указанного диапазона частот не предотвращает острые стрессорные изменения горизонтальной и вертикальной двигательной активности, исследовательской активности у крыс-самцов; 2) 15-ти минутное непрерывное воздействие электромагнитными терагерцовыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150,176-150,664 ГГц вызвало лишь частичное восстановление показателей поведенческих реакций животных; 3) 30-ти минутный непрерывный 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.

Таблица 2. Эффективность воздействия терагерцевых волн 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	Контроль (n=15)	Гипокинетический стресс (n=15)	Стрессор совместно с непрерывным облучением (n=15)		
			5 минут	15 минут	30 минут
Кол-во пересечений центральной платформы	4,53 (3; 6)	1,20 (0;2) p_1=0,000105 z_1=3,87820	1,33 (1; 2) p_1=0,000174 z_1 =3,753765 p_2=0,787462 z_2 = -0,269607	3,19 (1; 4) p_1=0,004014 z_1 =2,877070 p_2=0,124861 z_2 = - 1,53469	4,13 (3; 5) p_1=0,851934 z_1 =0,186651 p_2=0,000105 z_2 = - 3,87820
Кол-во выходов в открытые рукава	3,13 (2; 4)	0,93 (0; 2) p_1=0,000053 z_1=4,04411	0,53 (0; 1) p_1=0,000018 z_1 =4,292980 p_2=0,229030 z_2 =1,202864	1,97 (1; 3) p_1=0,000053 z_1 =4,041526 p_2=0,708923 z_2 =0,37330	2,60 (2; 4) p_1=0,205843 z_1 =1,265081 p_2=0,000391 z_2 = - 3,54637
Кол-во стоек	6,53 (3; 11)	1,27 (0; 2) p_1=0,000040 z_1= 4,10633	0,87 (0; 1) p_1=0,000011 z_1 =4,396675 p_2=0,467921 z_2 =0,725866	4,97 (2,5; 6,5) p_1=1,161328 z_1 =1,400621 p_2=0,001404 z_2 = - 3,19381	6,20 (3; 9) p_1=0,900972 z_1 =0,124434 p_2=0,000040 z_2 = - 4,10633
Кол-во заглядываний вниз из концов открытых рукавов	13,33 (5;16)	0,73 (0; 1) p_1=0,000003 z_1=4,66628	0,6 (0; 1) p_1=0,000003 z_1 =4,666283 p_2=0,533830 z_2 =0,622171	6,65 (1; 8) p_1=0,000003 z_1 =4,695427 p_2=0,819546 z_2 =0,22813	11,67 (5; 16) p_1=0,803463 z_1 =0,248868 p_2=0,000003 z_2 = - 4,66628
Кол-во актов дефекации	0,47 (0; 1)	1,47 (1; 2) p_1=0,000457 z_1= - 3,50490	0,73 (0; 1) p_1=0,361497 z_1 = - 0,912517 p_2=0,010745 z_2 =2,55090	0,53 (0; 1) p_1=1,000000 z_1 =0,000000 p_2=0,000457 z_2 =3,50490	0,40 (0; 1) p_1=0,755736 z_1 =0,311086 p_2=0,000242 z_2 =3,67081

Примечание: в каждом случае приведены показатели и ошибка средней величины из 15 измерений: p_1, z_1 - по сравнению с группой контроля; p_2 , z_2 - по сравнению с группой животных в состоянии гипокинетического стресса.

Известно, что адаптация организма к различным стрессорным воздействиям тесно связана со стресс-реализующими и стресс-лимитирующими системами [11]. В основе изменений поведенческих реакций организма лежит активация стресс-реализующих систем и соответственно действия их медиаторов, среди которых центральное место занимают кортикотропин-рилизинг-гормон, адренокортикотропный гормон, глюкокортикоиды, в частности, кортикостерон. Можно предположить, что гипокинетический стресс вызывает активацию симпатико-адреналовой и гипоталамо-гипофизарно-адреналовой систем с последующим увеличением концентрации кортикостерона в крови. Чрезмерная концентрация кортикостерона, как одного из стресс-реализующих гормонов, может явиться одной из причин патологических изменений в поведенческих реакциях животных. В настоящее время накоплен экспериментальный материал, который свидетельствует о том, что фактором, ограничивающим чрезмерную активацию стресс-реализующей системы и, одновременно являющейся средством успешной профилактики и коррекции стрессорных повреждений является активация естественных эндогенных медиаторов стресс-лимитирующих систем. Показано, что именно эндогенная опиоидная система играет ключевую роль в координации реакций организма на стресс, предупреждая подъем уровня глюкокортикоидов в крови. Обнаружено, что первичное восприятие ЭМИ миллиметрового диапазона может осуществляться опиоидными рецепторами, что указывает на систему эндогенных опиоидов (α- и β- эндорфины, метэнкефалин и др.) как возможный механизм эффектов миллиметрового излучения [12].

Отдельного внимания заслуживают NO-зависимые изменения нейрогуморальной регуляции функций организма. Активация NO-эргических нейронов в центральной нервной системе предупреждает гиперсекрецию основных гипоталамо-гипофизарных

Bulletin of Medical Internet Conferences (ISSN 2224-6150)
2012. Volume 2. Issue 6

стрессорных гормонов, таких как адренокортикотропин, рилизинг-фактор кортикотропина и др. Так же NO- эргические нейроны богато иннервируют мозговое вещество надпочечников, непосредственно контактируя с хромаффинными клетками, и при активации блокируют выброс катехоламинов надпочечниками [13,14]. Кроме того, оксид азота способен блокировать выделение катехоламинов из нервных окончаний [13,15].

Таблица 3. Эффективность воздействия терагерцевых волн 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	Контроль (n=15)	Гипокинетический стресс (n=15)	Стрессор совместно с непрерывным облучением (n=15)		
			5 минут	15 минут	30 минут
Кол-во выглядываний из темного отсека в светлый	5,00 (4;6)	2,33 (2;3) p_1=0,000075 z_1=3,96116	2,47 (2; 3) p_1=0,000097 z_1 = - 3,89894 p_2= 0,693551 z_2 = 0,394042	2,93 (2; 3) p_1=0,000494 z_1 =- 3,48416 p_2=0,085190 z_2 =1,72134	4,67 (4; 6) p_1=0,724416 z_1 =- 0,352564 p_2=0,000174 z_2 =3,75377
Длительность выглядываний из темного отсека в светлый (сек.)	33,47 (25;39)	16,27 (10;22) p_1=0,000189 z_1=3,73303	17,27 (11; 23) p_1=0,000906 z_1 = - 3,31825 p_2=0,693551 z_2 =0,394042	18,13 (12; 24) p_1=0,001130 z_1 =- 3,25603 p_2=0,430649 z_2 =0,78808	33,20 (25; 42) p_1=0,771551 z_1 =0,290346 p_2=0,000136 z_2 =3,81598
Кол-во выходов из темного отсека в светлый	1,93 (1;2)	0,53 (0;1) p_1=0,000976 z_1= 3,29751	0,67 (0; 1) p_1=0,002637 z_1 = - 3,00716 p_2=0,589739 z_2 =0,539215	0,93 (0; 1) p_1=0,020192 z_1 =- 2,32277 p_2=0,213375 z_2 =1,24434	2,13 (1; 3) p_1=0,418618 z_1 =0,808822 p_2=0,000284 z_2 =3,62933
Длительность выходов из темного отсека в светлый (сек.)	21,27 (4;40)	6,20 (0;13) p_1=0,015247 z_1=2,42647	5,93 (0; 13) p_1=0,025104 z_1 = - 2,23982 p_2=0,803463 z_2 =0,248868	7,33 (0; 12) p_1=0,097092 z_1 =- 1,65912 p_2=0,575511 z_2 =0,55995	17,87 (11; 22) p_1=0,395159 z_1 =0,850300 p_2=0,004494 z_2 =2,84125
Кол-во актов дефекации	0,47 (0;1)	1,33 (1;2) p_1=0,010745 z_1= - 2,55090	1,27 (1; 2) p_1=0,012093 z_1 =2,50942 p_2=0,917411 z_2 = - 0,103695	0,93 (0; 2) p_1=0,119845 z_1 =1,55543 p_2=0,290197 z_2 =- 1,05769	0,40 (0; 1) p_1=0,950390 z_1 =0,062217 p_2=0,005114 z_2 =- 2,79977

Примечание: в каждом случае приведены показатели и ошибка средней величины из 15 измерений: p_1, z_1 - по сравнению с группой контроля; p_2 , z_2 - по сравнению с группой животных в состоянии гипокинетического стресса.

Показано, что ТГЧ-излучение на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц белых крыс самцов способно снижать уровень кортикостероидов у животных в состоянии стресса и предотвращать повышение их уровня при облучении до начала действия стрессора [12].

Необходимо отметить, что NO-эргическая система находится в тесной взаимосвязи с другими стресс- лимитирующими системами. Так, оксид азота потенцирует ГАМК-эргическую систему за счет блокады ГАМК-трансаминазы, приводя к увеличению концентрации ГАМК, и стимулирует высвобождение опиоидных пептидов в мозге, вследствие чего потенцирует опиоид-эргическую стресс-лимитирующую систему [16].

Можно предположить, что воздействие электромагнитного низкоинтенсивного миллиметрового излучения терагерцевого диапазона на частотах МСИП оксида азота 150,176-150,664 ГГц активирует эндогенную опиоидную систему и тем самым оказывает антистрессорное действие на показатели поведенческих реакций животных в условиях стресса, что обусловлено снижением концентрации в крови стресс-реализующего гормона кортикостерона.

Заключение

Таким образом, воздействие волн терагерцевого диапазона частот 150,176-150,664 ГГц оксида азота приводит к снижению тревожности, агрессивности и нормализации двигательной активности белых крыс-самцов в состоянии гипокинетического стресса.

Литература

1. Пшенникова М.Г. Феномен стресса. Эмоциональный стресс и его роль в патологии // Пат.физиол.– 2001. – №2. – С. 26-30.
2. Вальдман А.В. Боль как эмоционально-стрессовая реакция // Вестн. АМН СССР. – 1980. – № 9. – С. 11-17.

 © Bulletin of Medical Internet Conferences, 2012

3. Мотылянская Р.Е., Каплан Э.Е., Велитченко В.К., Артамонов В.Н. Двигательная активность –важное условие здорового образа жизни // Теория и практика физической культуры. – 1990. – № 1. – С. 14-18.
4. Смирнов К.В. Пищеварение и гипокинезия. – М.: Медицина, 1990. – 224 с.
5. Коваленко Е.А., Гуровский Н.Н. Гипокинезия. – М.: Медицина, 1980. – 307 с.
6. Чуян Е.Н. Нейроиммуноэндокринные механизмы адаптации к действию низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты: Автореф. дисс. … доктора биол. наук: 03.00.13 / КНУ. – Киев, 2004. – 40 с.
7. Малышев И.Ю., Манухина Е.Б. Стресс, адаптация и оксид азота. – Биохимия, № 63 (7), 1998.
8. В.Ф. Киричук, А.Н. Иванов, А.А. Цымбал, Е.В. Андронов. Механизм действия терагерцовых волн на частотах оксида азота с физиологической точки зрения // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2009. - № 1-2(53-54). – С. 47-54.
9. Чуян Е.Н. Изменение двигательной активности животных с разным профилем моторной асимметрии в условиях гипокинезии / Е.Н. Чуян, О.И. Горная / / Физика живого — 2009. — Т. 17, № 2. — С. 193-198.
10. Бецкий О.В., Креницкий А.П., Майбородин А.В. и др. Патент на полезную модель, №50835, 2006.
11. Смирнов В.М. Нормальная физиология. – М.: Академия, 2010. – 452 с.
12. В.Ф. Киричук, А.Н. Иванов, А.А. Цымбал, Е.В. Андронов. Механизм реализации физиологических эффектов волн терагерцового диапазона на частотах оксида азота // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2009. - № 3(55). – С. 58-65.
13. Addicks K. Nitric oxide modulates sympathetic neurotransmission at the prejunctional level / K. Addicks, W. Bloch, M. Feelisch // Microsc. Res. Technique. – 1994. - №29. – P. 161 – 168.
14. Патент RU 2396993 C2 МПК A61N5/02 Способ снижения концентрации катехоламинов в крови в условиях стресса/А.Н. Иванов, В.Ф. Киричук, А.П. Креницкий [и др.] (Иванов А.Н. RU). - 2008144850/14; Заявл. 13.11.2008; Опубл. 20.08.2010. – Бюл. № 23.
15. Манухина Е.Б. Стресс-лимитирующая система оксида азота / Е.Б. Манухина, И.Ю. Малышев // Росс.физиол. журнал им. И.М. Сеченова. – 2000. – Т.86. - №. 10. – С. 1283 – 1292.
16. Armstead W.M. Nitric oxide contributes to opioid release from glia during hypoxia / W.M. Armstead //Brain Res. – 1998. – V.813. – P. 398 – 401.