ID: 2012-06-7-R-1562 Обзор

Киричук В.Ф., Андронов Е.В., Антипова О.Н., Иванов А.Н., Креницкий А.П., Крылова Я.А., Сухова С.В., Цымбал А.А.

Влияние электромагнитных волн терагерцового диапазона на живые системы

ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздравсоцразвития России, кафедра нормальной физиологии им. И.А. Чуевского
ОАО «Центральный научно-исследовательский институт измерительной аппаратуры», г. Саратов

Kirichuk V.F., Andronov E.V., Antipova O.N., Ivanov A.N., Krenitskij A.P., Krylova J.A., Suhova S.V., Tsymbal A.A.

Influence of electromagnetic waves theragertz range on live systems

Saratov State Medical University, Saratov, Russia
Central scientific research institute of measuring equipment, Saratov, Russia

Резюме

В статье приводятся данные о влиянии электромагнитных волн терагерцового диапазона на частотах МСИП оксида азота и атмосферного кислорода на функциональную активность тромбоцитов и реологические свойства крови больных нестабильной стенокардией, полученные в условиях in vitro, а также на поведенческие реакции животных в условиях гипокинетического стресса.

Ключевые слова: агрегация, микроциркуляция, перфузия, эндотелий, терагерцовые волны, гемодинамика, линейная скорость кровотока, оксид азота, поведенческие реакции, гипокинетический стресс

Abstract

In article the data about influence of electromagnetic waves of theragertz range at nitric oxide frequencies and atmospheric oxygen on functional activity platelets and rheological properties of blood sick of the astable stenocardia, received in conditions in vitro, and also on behavioural reactions of animals in the conditions of hypokinetic stress is given.

Key words: platelet aggregation, microcirculation, perfusion, endotelium, theragertz waves, haemodynamics, linear speed of a blood-groove, nitric oxide, behavioural reactions, hypokinetic stress

В настоящее время большой интерес вызывают два вновь открытых внутриклеточных посредника (мессенджера) - оксид азота (NO) и окись углерода (CO), являющиеся универсальными регуляторами физиологических и метаболических процессов, как в отдельной клетке, так и организме в целом [1,2]. В настоящее время наиболее полно и обстоятельно изучена роль NO [3,4]. В биологической науке возникло новое направление - биология NO [4-11].

В зависимости от уровня стационарной концентрации оксида азота в биообъектах проявляется «двойственность» эффектов его воздействия. С одной стороны, он является мессенджером при реализации значительного ряда физиологических функций [3]. С другой стороны, при более высоком уровне концентрации NO проявляется его цитотоксическое действие при защите организма от бактериальных инфекций и злокачественных опухолей [3].

Из отмеченного выше следует, что исследование и разработка методов регулирования синтеза, поддержание физиологического уровня концентрации и функционального состояния эндогенного оксида азота в клетках, органах и в организме в целом представляет несомненный научный и практический интерес.

В связи с этим в настоящее время ведутся интенсивные поиски методов по созданию фармакологических активаторов ГЦ на основе химических структур (доноров), обеспечивающих возможность образования в организме эндогенного оксида азота, регуляцию его концентрации и реакционной способности [4,12,13].

Однако фармакологическая регуляция синтеза NO в живом организме может сопровождаться возникновением нежелательных, а иногда и вредных побочных эффектов. Это диктует необходимость изыскания неинвазивных физических регуляторов эндогенного оксида азота на основе естественного физиологического регулирования.

Перспективным с точки зрения поставленной задачи является использование низкоинтенсивного электромагнитного излучения терагерцовой частоты (ЭМИ ТГЧ) [11,14,15].

При облучении молекул энергия ТГЧ-волн излучения расходуется на переходы молекул из одного энергетического состояния в другое. При используемых в медико-биологической практике уровнях мощности ТГЧ излучения экзогенное воздействие ЭМИ ТГЧ приводит к изменению вращательной составляющей полной энергии молекул [16]. При совпадении частоты проводимого облучения с частотой вращения полярных молекул возможна перекачка энергии излучения молекуле, сопровождающаяся увеличением ее вращательной кинетической энергии, влияющей на ее реакционную способность [16].

Известно, что вращательные молекулярные спектры резонансного поглощения и излучения молекул важнейших клеточных метаболитов (NO, CO, O_2, CO_2 и др.) находятся именно в КВЧ диапазоне [17-19]. В связи с этим нами было предложено использовать при облучении сложных биологических объектов электромагнитные колебания ТГЧ диапазона с частотами, соответствующими вращательным молекулярным спектрами поглощения и излучения этих веществ [14,15,20].

Для решения поставленной задачи использовался панорамно-спектрометрический комплекс с квазиоптическим трактом и создание на его основе аппарата «КВЧ-NO» («Орбита»), в котором возбуждались электромагнитные ТГЧ колебания, имитирующие структуру молекулярного спектра поглощения и излучения оксида азота [14,15,20].

Молекула NO, являющаяся нейротрансмитером, мощным фактором гемостаза, ингибитором агрегации тромбоцитов, эндогенным вазодилататором, проникающая непосредственно в клетку, а также являющаяся стартовой молекулой, включающей биохимические реакции [1-3,5,6,14,15,21], имеет молекулярный спектр поглощения и излучения, совпадающий с максимумом спектрального излучения реликтового микроволнового фона, спектром «прозрачности» воды и находится в частотной области электромагнитного излучения, испытывающего сильное поглощение в биологической среде, которое приводит к ее молекулярному резонансному возбуждению на частоте молекулярного спектра поглощения и излучения (МСПИ) NO [20].

В результате проведенных совместных работ ОАО ЦНИИИА и Саратовского Государственного медицинского университета в 2000 г. впервые предложен новый метод – терагерцовой или NO-терапии, основанный на использовании электромагнитных

© Бюллетень медицинских Интернет-конференций, 2012.

излучений (ЭМИ), имитирующих молекулярные терагерцовые спектры излучения и поглощения метаболитов NO, O_2, CO и т.д. [7,8,9,14,15].

1.Функциональная активность тромбоцитов больных нестабильной стенокардией при ТГЧ-облучении на частотах молекулярных спектров излучения и поглощения NO 150,176-150,664 ГГц в условиях in vitro

Изучение биологических эффектов ТГЧ-излучений представляет значительный интерес как для теоретической, так и для практической медицины. Учитывая, что клетка живого организма излучает широкий спектр ТГЧ-колебаний [21,22], исследования воздействия на живые объекты ТГЧ-волн, имитирующих молекулярные спектры излучения и поглощения биологически активных веществ, могли бы расширить современные представления о механизмах клеточной и молекулярной регуляции функций [9].

Значительный интерес представляет изучение тромбоцитарных эффектов ТГЧ-излучения, имитирующего молекулярный спектр излучения и поглощения оксида азота.

Показано, что облучение на частотах МСИП оксида азота в условиях in vitro тромбоцитов больных нестабильной стенокардией привело к значительному ингибированию большинства показателей, характеризующих функциональную активность кровяных пластинок.

Следует отметить, что используемые режимы ТГЧ-воздействия (частотно-модулированный и непрерывный) снижали функцию тромбоцитов и вызывали, как правило, однонаправленные изменения показателей агрегатограммы. Однако анализ полученных данных позволил выделить как обладающее наиболее выраженным гипоагрегационным действием 15-минутное ТГЧ-облучение в режиме непрерывной генерации сигнала. Данный режим вызывал наиболее заметное снижение, как активации, так и агрегации тромбоцитов больных нестабильной стенокардией.

Наименьшим эффектом на активацию тромбоцитов обладало 30-минутное ТГЧ-воздействие (непрерывный и амплитудно-модулированный режимы), в случае спонтанной агрегации наблюдалось даже повышение уровня этого показателя по сравнению с исходной величиной, не достигшее, впрочем, статистически достоверного уровня ($p>0,05$). Следует также отметить, что 15-минутное ТГЧ-воздействие (непрерывный и амплитудно-модулированный режимы) обладает более выраженным влиянием на уровень спонтанной агрегации, а 5-минутное облучение в тех же режимах - на спонтанную и начальную скорость агрегации.

При анализе собственно агрегации облученных тромбоцитов было отмечено неодинаковое влияние различных видов ТГЧ-воздействия на частотах МСИП оксида азота на различные параметры их агрегационной способности. Несмотря на достаточно выраженную антиагрегационную активность всех рассматриваемых видов ТГЧ-излучения на частотах МСИП оксида азота необходимо отметить 30-минутное облучение при амплитудно-модулированном и непрерывном режимах как наименее благоприятное. При указанных видах воздействий наблюдается наименьшее число статистически достоверных гипоагрегационных изменений параметров, а также отмечаются проагрегационные изменения, не достигающие, впрочем, уровня статистической достоверности.

Таким образом, можно сделать заключение, что ТГЧ-воздействие на частотах молекулярного спектра поглощения и излучения оксида азота эффективно ингибирует функциональную активность тромбоцитов (как активацию, так и агрегацию) больных нестабильной стенокардией. Возможные причины данного эффекта можно будет обозначить после точного выяснения механизма действия ТГЧ-излучения. Однако можно предположить, что значительная эффективность воздействия ТГЧ-колебаний на частотах МСИП оксида азота на тромбоциты связана с их узконаправленным воздействием на некоторые важные механизмы внутриклеточной регуляции.

2. Влияние облучения электромагнитного излучения частоты МСИП оксида азота на реологические свойства цельной крови больных нестабильной стенокардией

У больных нестабильной стенокардией при 15-минутном облучении цельной крови в условиях in vitro ЭМИ частоты МСИП оксида азота с уровнем падающей мощности 0,3 мВт обнаружено преимущественно повышение ее вязкости при больших и малых скоростях сдвига, достигающее статистической достоверности при низких скоростях сдвига. Повышение вязкости цельной крови происходило в 64,3 % случаев, в 25% - наблюдалось понижение вязкостных свойств крови, а в 10,7 % случаев отмечалось отсутствие изменений. Отмечались увеличение агрегационной способности эритроцитов в среднем на 4,9 % и снижение их деформируемости на 6,5 %. При этом зарегистрированы повышение прочности эритроцитарных агрегатов и снижение зоны суспензионной активности крови в сторону больших значений скорости сдвига. Обнаружены зависимость выраженности эффекта ТГЧ-воздействия от исходной вязкости облучаемого образца крови как при высоких (200с-1), так и низких (20с-1) скоростях сдвига. Так, при облучении образцов крови с исходной вязкостью на высоких скоростях сдвига до 3 мПа*с включительно обращает на себя внимание статистически достоверное повышение вязкости цельной крови от 50 до 114 %. При этом повышалась и агрегационная способность эритроцитов ($p<0,01$). У образцов цельной крови с исходным уровнем вязкости от 3 до 4 мПа*с статистически достоверное повышение вязкости крови происходит при всех скоростях сдвига ($p<0,01$). При этом повышение агрегационной способности эритроцитов не достигало уровня статистически достоверной значимости, а пластичность их мембран достоверно ($p<0,01$) снижалась от 8,6 до 15,1 %. Если же исходная вязкость крови находилась в диапазоне от 4 до 5 мПа*с, то вязкость после облучения повышалась в среднем на 4 %. При облучении цельной крови, вязкость которой составляла более 5 мПа*с, происходило отчетливое ее снижение на 28-30 % от исходного уровня. Отмеченная тенденция прослеживалась при оценке степени изменения вязкости крови цельной крови и при низких скоростях сдвига ($20с^{-1}$).

При облучении образцов цельной крови больных нестабильной стенокардией в условиях in vitro в течение 15 минут ЭМИ ТГЧ частотой МСИП оксида азота с уровнем падающей мощности 3 мВт в 82,2 % случаев отмечалось повышение вязкости крови, как при высоких, так и малых скоростях сдвига. При этом наблюдалось статистически достоверное увеличение агрегационной способности эритроцитов в среднем на 3,04 % с тенденцией к повышению вязкости их мембран. Вместе с этим необходимо отметить, что в 10,7 % случаев происходило снижение вязкости цельной крови, а изменения отсутствовали в 7,1 % случаев.

Установлено, что 15-минутное облучение ЭМИ ТГЧ частоты МСИП оксида азота с уровнем падающей мощности 3 мВт также приводит к увеличению прочности эритроцитарных агрегатов больных нестабильной стенокардией. Зона суспензионной стабильности цельной крови пациентов после облучения снижается в сторону более высоких скоростей сдвига.

© Bulletin of Medical Internet Conferences, 2012

При рассматриваемом режиме облучения также проявляется зависимость выраженности эффекта ТГЧ-воздействия от исходной вязкости облучаемого образца как при высоких (200с-1), так и низких (20с-1) скоростях сдвига. У образцов с исходной вязкостью на высоких скоростях сдвига более 5 мПа*с происходило отчетливое снижение вязкости цельной крови на 13,9-18,6 %. Отмеченная тенденция проявлялась и в зависимости от исходной вязкости облучаемого образца на разных скоростях сдвига.

При 30-минутном облучении в 80% случаев установлена тенденция к повышению уровня вязкости крови у больных нестабильной стенокардией на всех скоростях сдвига, достигающая степени статистической значимости при высоких скоростях сдвига. Отмечалось повышение агрегационной способности эритроцитов и жесткости их мембран. Существенных отличий в прочности эритроцитарных агрегатов до и после облучения цельной крови больных стабильной стенокардией ЭМИ ТГЧ частоты МСИП оксида азота с уровнем пороговой мощности 3 мВт и времени экспозиции 30 минут не было выявлено.

Таким образом, влияние электромагнитного облучения ТГЧдиапазона частоты МСИП оксида азота (150,176-150,-664 ГГц) на реологические свойства крови больных стабильной стенокардией различно в зависимости от времени экспозиции и мощности излучения: увеличение времени экспозиции, как правило, к более выраженному увеличению вязкости крови. Аналогичная закономерность выявлена при нарастании мощности излучения. При всех дозах облучения ЭМИ частоты МСИП оксида азота изменения функциональных параметров эритроцитов были разнонаправленными: установлено повышение их агрегационной способности и понижение деформируемости мембран.

3. Влияние ЭМИ ТГЧ – диапазона на внутрисосудистый компонент микроциркуляции в условиях in vitro

Изучены эффекты ТГЧ-облучения на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения (МСИП) оксида азота 150,176-150,664 ГГц, 240 ГГц и 400 ГГц на внутрисосудистые показатели микроциркуляции в условиях in vitro.

Показано, что ТГЧ-излучение на частотах МСИП оксида азота 150,176-150,664 ГГц оказывает выраженное ингибирующие воздействие на повышенную функциональную активность тромбоцитов больных нестабильной стенокардией в условиях in vitro. Наиболее выраженные тромбоцитарные эффекты в этих условиях вызывает ТГЧ-воздействие в непрерывном режиме в течение 15 минут.

В условиях in vitro влияние ЭМИ ТГЧ-диапазона на указанных частотах МСИП NO на реологические свойства крови больных нестабильной стенокардией различно в зависимости от времени экспозиции и мощности облучения: увеличение времени экспозиции приводило, как правило, к выраженному увеличению вязкости крови как у больных, так и практически здоровых лиц. Аналогичная закономерность выявлена при нарастании мощности излучения. При всех режимах облучения ЭМИ на частотах МСИП NO 150,176-150,664 ГГц изменения функциональных параметров эритроцитов были разнонаправлены: установлено повышение агрегационной способности эритроцитов и понижение их деформируемости.

Облучение обогащенной тромбоцитами плазмы больных нестабильной стенокардией ТГЧ-волнами частотой МСИП оксида азота 240 ГГц в условиях in vitro не оказывает влияния на процесс активации кровяных пластинок, но угнетает их агрегационную способность, причем в более выраженной степени, чем при воздействии на частотах МСИП NO 150,176-150,664 ГГц. Одновременно происходит увеличение вязкости цельной крови как при малых, так и при больших скоростях сдвига у больных нестабильной стенокардией по сравнению с группой относительно здоровых доноров-добровольцев.

В условиях эксперимента in vitro на обогащенной тромбоцитами плазме показана эффективность использования скрещенных электрического и постоянного магнитного полей для повышения диффузии возбужденных молекул NO в обогащенную тромбоцитами плазму и их влияние на функциональную активность тромбоцитов на частоте МСИП оксида азота 240 ГГц. При этом происходит резкое угнетение функциональной активности тромбоцитов до такой степени, что не наблюдается ее восстановления, а напротив способность кровяных пластинок к агрегации становится менее выраженной, чем у практически здоровых лиц. Установлено, что в условиях in vitro 5-ти минутный режим облучения ЭМИ ТГЧ 240 ГГц на реологические свойства крови больных нестабильной стенокардией, находящейся в естественном электромагнитном поле, является неэффективным в нормализации ни одного из нарушенных показателей гемореологии. 15-ти минутный режим облучения является наиболее эффективным в восстановлении нарушенных реологических свойств крови – вязкости крови, агрегации и деформируемости эритроцитов. В то же время 30-ти минутный режим облучения эффективен только для коррекции повышенной вязкости крови при высоких скоростях сдвига и пониженной деформируемости эритроцитов. Нормализующий эффект ЭМИ ТГЧ на частоте МСИП оксида азота 240 ГГц в условиях in vitro на нарушенные вязкостные свойства крови, способность эритроцитов к агрегации и их деформируемость у больных нестабильной стенокардией наиболее выражено сохраняется в течение 30 минут после облучения и продолжается в течение 60 минут.

В условиях in vitro показано нормализующее действие терагерцового излучения на частоте МСИП оксида азота 240 ГГц на реологические показатели крови больных нестабильной стенокардией, находящейся в скрещенных магнитном и электрическом полях. Так, происходит восстановление повышенной вязкости крови при всех скоростях сдвига, наиболее выраженное при 15-ти минутном воздействии на цельную кровь. Полное восстановление нарушенной агрегации и деформируемости эритроцитов зависит от времени облучения крови: агрегации эритроцитов – при 30 минутном, а деформируемости – при 15 минутном облучении.

Оксид азота наряду с молекулярными спектрами излучения и поглощения на частотах 150,176-150,664 ГГц и 240 ГГц имеет и другие МСИП, в том числе и на частоте 400 ГГц, который обладает наибольшей энергией кванта hv. Поэтому можно полагать, что реакционная способность эндогенных молекул NO в биологической среде, например, в обогащенной тромбоцитами плазме, будет максимальной на данной частоте.

При воздействии в течение 15 минут на обогащенную тромбоцитами плазму больных нестабильной стенокардии в условиях in vitro терагерцовыми волнами на частоте МСИП оксида азота 400 ГГц, наблюдалось значительное снижение агрегационной способности кровяных пластинок, что сопровождалось статистически достоверным уменьшением максимального размера образующихся тромбоцитарных агрегатов, максимальной скорости образования наибольших тромбоцитарных агрегатов, максимальной степени и скорости агрегации.

При сравнении эффективности воздействия терагерцовых волн частотой 240 ГГц и 400 ГГц на агрегационную активность тромбоцитов больных нестабильной стенокардией были получены следующие данные. Облучение в течение 15 мнут на частоте

240 ГГц приводило к снижению всех показателей агрегации тромбоцитов. Причем необходимо отметить, что при этом не только не происходило восстановление функциональной активности тромбоцитов до уровня практически здоровых людей, а, напротив, произошло значительное падение их агрегационной способности практически по всем показателям по сравнению с группой контроля. В то же время, данные, полученные при облучении обогащенной тромбоцитами плазмы на частоте 400 ГГц, были более приближены к показателям агрегации кровяных пластинок относительно здоровых доноров из группы контроля.

4. Функциональная активность тромбоцитов и ТГЧ-воздействие на частоте 129 ГГц

Нами изучен также характер изменений в агрегационной активности тромбоцитов белых крыс, развившихся при остром иммобилизационном стрессе, под влиянием электромагнитного излучения терагерцового диапазона на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения кислорода 129 ГГц.

При 5-ти минутном ТГЧ - воздействии на частоте МСИП кислорода на животных в состоянии острого иммобилизационного стресса установлено снижение повышенной агрегационной способности кровяных пластинок. Установлено статистически достоверное уменьшение максимального размера образующихся тромбоцитарных агрегатов на 62%; максимальной скорости образования наибольших тромбоцитарных агрегатов на 73%; максимальной степени агрегации на 27%; максимальной скорости агрегации на 29% по сравнению с группой животных, подвергнутых иммобилизационному стрессу. По сравнению с группой контроля статистически достоверных различий не выявлено. Следовательно, представленные данные свидетельствуют о том, что ТГЧ - воздействие на частоте МСИП кислорода 129,0 ГГц в течение 5 - ти минут способствует восстановлению нарушенной функциональной активности тромбоцитов.

Воздействие ТГЧ - излучения на частоте МСИП кислорода 129,0 ГГц в течение 15 минут также вызывает изменение нарушенной функциональной активности тромбоцитов, что выражается в статистически достоверном снижении максимального размера образующихся тромбоцитарных агрегатов на 63%; максимальной скорости образования наибольших тромбоцитарных агрегатов на 72%; максимальной степени агрегации на 47%; максимальной скорости агрегации на 49% по сравнению с животными из группы сравнения. Кроме этого, при данном режиме облучения установлено статистически достоверное по сравнению с группой контроля уменьшение максимальной скорости агрегации тромбоцитов на 29%, в то время как в отношении других показателей статистически достоверных различий не выявлено. Представленные данные указывают на то, что при данном режиме облучения также происходит восстановление нарушенной функциональной активности тромбоцитов.

30- ти минутное воздействие ТГЧ- излучения на частоте МСИП кислорода 129,0 ГГц на животных в состоянии иммобилизационного стресса ведет к снижению повышенной функциональной активности тромбоцитов, что проявляется статистически достоверным уменьшением максимального размера образующихся тромбоцитарных агрегатов на 63%; максимальной скорости образования наибольших тромбоцитарных агрегатов на 72%; максимальной степени агрегации на 51%; максимальной скорости агрегации на 46% по сравнению с группой животных, находящихся в состоянии иммобилизационного стресса. Установлено также статистически достоверное уменьшение максимальной степени агрегации на 27%; максимальной скорости агрегации на 25% по сравнению с группой интактных животных. Следовательно, данный временной режим облучения обладает свойством не только восстановления нарушенной функции тромбоцитов, но даже и ее снижение относительно контрольной группы животных.

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют, что ТГЧ-облучение на частотах 129 ГГц, 150,176-150,664 ГГц, 240 ГГц и 400 ГГц является эффективным в восстановлении нарушений во внутрисосудистом и сосудистом компонентах микроциркуляции и характеризуется различной степенью нормализации нарушенных функций тромбоцитов, эритроцитов, процесса свертывания крови, гемореологических показателей и региональной гемодинамики у животных, находящихся в состоянии острого и длительного стресса. Этот факт позволяет экстраполировать полученные результаты на пациентов с нарушениями в системе микроциркуляции и ставить вопрос о применении ЭМИ ТГЧ в клинической практике.

5. Воздействие терагерцовых волн на частотах оксида азота на поведенческие реакции крыс в состоянии стресса

Стресс-реакция имеет большое значение в адаптации организма человека и животных к изменяющимся условиям окружающей среды. Воздействие стресса на организм носит системный характер. Поведение человека и животных также является крайне чувствительным к действию стресса. Наиболее часто встречающиеся его проявления - состояния страха и тревожности. При анализе воздействия стресса на поведение животных или человека особое внимание следует уделить изучению подобных отрицательных эмоций.

Проведен сравнительный анализ воздействия электромагнитных волн терагерцового диапазона на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц на стресс - зависимые изменения в поведенческих реакциях белых крыс-самцов в состоянии гипокинетического стресса.

Показано, что на фоне гипокинетического стресса угнеталось исследовательское поведение животных. Это выражалось в статистически достоверном ($p<0,05$) уменьшении числа переходов через центральную платформу и выходов в открытые рукава в тесте «Крестообразный лабиринт», уменьшении количества выглядываний и выходов в светлый отсек темно-светлой камеры, а также в угнетении горизонтальной (число пересеченных квадратов) и вертикальной (стойки) двигательной активности групп животных, подвергшихся острому гипокинетическому стрессу по сравнению с группой контроля. Результаты проведенных исследований можно трактовать как повышение общего уровня тревожности.

Показано, что ТГЧ-воздействие в непрерывном режиме в течение 15 минут оказывает выраженное активирующее влияние на поведенческие реакции белых крыс, находящихся в состоянии гипокинетического стресса. Это проявляется в активации исследовательского поведения животных, повышении двигательной активности, что доказывает статистически достоверное ($p<0,05$) увеличение числа переходов через центральную платформу и выходов в открытые рукава в тесте «Крестообразный лабиринт», увеличение количества выглядываний и выходов в светлый отсек темно-светлой камеры, а также в активацию горизонтальной (число пересеченных квадратов) и вертикальной (стойки) двигательной активности групп животных, подвергшихся гипокинетическому стрессу совместно с 15-минутным ТГЧ-облучением на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения (МСИП) оксида азота 150,176-150,664 ГГц по сравнению с группой животных, подвергшихся только гипокинетическому стрессу. В

© Bulletin of Medical Internet Conferences, 2012

свою очередь, группа контроля статистически достоверно не отличается от группы животных, подвергшихся гипокинетическому стрессу совместно с 15-минутным облучением терагерцовыми волнами на частотах оксида азота.

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют, что ТГЧ-воздействие на частотах МСИП оксида азота является эффективным в восстановлении нарушенных гипокинетическим стрессом показателей поведенческих реакций белых крыс, таких как двигательная и исследовательская активность.

Литература

1. Furchgott R.F., Jothianandan D. // Blood Vessels, 1991, 28, pp. 52-61.
2. Ignarro I., Murad F. // Adv. Pharmacol., 1995, v.34, pp. 1-516.
3. Меньшикова Е.Б., Зенков Н.К., Реутов В.П. // Биохимия, 2000, т.65, вып.4, С.485-503.
4. Ванин А.Ф. // Успехи физических наук, 2000, т.170, №4, С.455-458.
5. Киричук В.Ф., Иванов А.Н., Антипова О.Н., Креницкий А.П., Майбородин А.В., Тупикин В.Д., Бецкий О.В. Влияние КВЧ – NO – облучения на функции тромбоцитов и эритроцитов белых крыс, находящихся в состоянии стресса // Цитология. 2005. №1. С. 64-70.
6. Киричук В.Ф., Бецкий О.В., Креницкий А.П., Майбородин А.В., Тупикин В.Д. //Биомед.технологии и радиоэлектроника, 2005, №3, С.40-48.
7. Киричук В.Ф. // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2007, №2-4, С.98-126.
8. Киричук В.Ф. // Миллиметровые волны в биологии и медицине, 2007, №3-4, С.6-62.
9. Киричук В.Ф., Креницкий А.П., Майбородин А.В., Тупикин В.Д. Микроциркуляция и электромагнитное излучение ТГЧ-диапазона.- Изд-во СарГМУ, 2006.-361 с.
10. Киричук В.Ф., Андронов Е.В., Иванов А.Н. и др. // Тромбоз, гемостаз и реология, 2007, №4, С.14-21.
11. Андронов Е.В., Киричук В.Ф., Иванов А.Н. и др. // Саратовский научно-медицинский журнал, 2007, №3, С.39-44.
12. Северина И.С.// Бюлл. экспериментальной биологии и мед., 1995, №3, С.230-235.
13. Северина И.С.// Биохимия,1998, т.63, №7, С.939-997.
14. Креницкий А.П., Бецкий О.В., Майбородин А.В., Киричук В.Ф., Киргиязи А.С. Электродинамика лечебного эффекта КВЧ- и ТГЧ-терапевтических аппаратов. – Биомедицинская радиоэлектроника, 2008, №1-2, С.104-109.
15. Креницкий А.П. // Миллиметровые волны в биологии и медицине, 2008, №1, С.27-61.
16. Бецкий О.В., Девятков Н.Д., Кислов В.В. // Биомедицинская радиоэлектроника, 1998, №4, С.13-29.
17. Башаринов А.Е., Тучков Л.Г., Поляков В.М. и др. Измерение радиотепловых волн и плазменных излучений в СВЧ-диапазоне. – М.: Советское радио, 1968.
18. Бецкий О.В., Креницкий А.П., Майбородин А.В., Киричук В.Ф., Рытик А.П., Тупикин В.Д., Кириязи А.С. // Биомедицинская радиоэлектроника, 2007, №8-9, С.89-93.
19. Бецкий О.В., Креницкий А.П., Майбородин А.В., Киричук В.Ф., Рытик А.П., Тупикин В.Д. // Миллиметровые волны в биологии и медицине, 2007, №1, С.60-64.
20. Майбородин А.В., Креницкий А.П., Тупикин В.Д., Киричук В.Ф., Авдеенко В.С. // Биомедицинская радиоэлектроника, 2001, №8, С.35-47.
21. Девятков И.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. ММ-волны и их роль в процессах жизнедеятельности. М.: Радио и связь, 1991, 168 с.
22. Девятков И.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Особенности медико-биологического применения миллиметровых волн. М.: ИРЭ РАН, 1994, 160 с.

© Бюллетень медицинских Интернет-конференций, 2012.