ID: 2012-06-7-R-1553 Обзор

Киричук В.Ф.

Итоги и перспективы экспериментального обоснования применения электромагнитных волн терагерцевого диапазона на частотах клеточных метаболитов в клинической практике

ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздравсоцразвития России, кафедра нормальной физиологии им. И.А. Чуевского

Kirichuk V.F.

Results and prospects of an experimental study of electromagnetic waves at terahertz frequencies of cellular metabolites in clinical practice

Department of Normal Physiology, Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Резюме

В статье представлены данные экспериментальных исследований о влиянии облучения животных, находящихся в состоянии острого и хронического иммобилизационного стресса, которые модулируют нарушения в различных отделах сосудистой системы, в том числе микроциркуляции, характерные для различных заболеваний сердечно-сосудистой системы, электоромагнитными волнами терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота и атмосферного кислорода.

Ключевые слова: терагерцовые волны, клиническая практика

Abstract

The article presents data on the experimental substantiation of terahertz electromagnetic waves at frequencies of cellular metabolites in clinical practice.

Key words: electromagnetic waves, clinical practice

Электромагнитное излучение терагерцевого диапазона в настоящее время все чаще начинает применяться, главным образом, как фактор коррекции микроциркуляторных нарушений. Анализ данных литературы и клинические наблюдения свидетельствуют о том, что ММ волны эффективны при многих хронических заболеваниях как в качестве монотерапии, так и в комбинации с другими физическими методами и медикаментозными средствами, усиливая и закрепляя лечебное действие (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).

Терагерцевый диапазон частот лежит на границе между электроникой и фотоникой от 100 ГГц до 10 ТГц (1 ТГц = 103 ГГц) или в длинах волн от 3 мм до 30 мкм (10). Установлено, что рассматриваемый диапазон волн используется живыми организмами для связи и управления, при этом сами живые организмы излучают колебания миллиметрового диапазона (11, 12, 13). Волны, возбуждаемые в организме при воздействии на него ТГЧ-облучения, в известной мере имитируют сигналы внутренней связи и управления (информационные связи) биологических объектов. В результате восстанавливается нормальное по спектру и мощности излучение, свойственное данному организму (14, 15, 16). Таким образом, представленный диапазон частот качественно не изменяет организм, но может отрегулировать, нормализовать его физиологическое состояние в пределах, присущих данному биологическому виду (17, 18).

Есть мнение, что реакционная способность молекул, возбужденных терагерцевым квантом, будет на порядок выше, чем при возбуждении КВЧ-квантом (19). К особенностям терагерцевых волн относятся также то, что ТГЧ-излучение свободно проникает сквозь одежду и кожу до мышц человека (20).

С другой стороны, терагерцевый диапазон частот все чаще обращает на себя внимание, поскольку в этом в этом диапазоне сосредоточены частотные спектры излучения и поглощения важнейших клеточных метаболитов – NO, CO2, CO, OH- и др.

Совершенно закономерно, что наибольший интерес вызывают электромагнитные волны молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота. Он является одним из важнейших биологических медиаторов, вовлеченный во множество физиологических и патофизиологических процессов, действует как вторичный мессенджер в большинстве клеток организма. В частности, оксид азота участвует в реализации многих важных физиологических функций, таких как вазодилатация, бронходилатация, нейротрансмиссия, агрегация тромбоцитов, реакции иммунной системы, регуляция тонуса гладких мышц и других (21, 22, 23, 24, 25).

Исследование и разработка методов регулирования секреции, поддержания уровня физиологической концентрации и реакционной способности эндогенного оксида азота в клетках, органах и в организме в целом представляет несомненный научный и практический интерес для теоретической и клинической медицины. В связи с этим, в настоящее время постоянно ведутся интенсивные поиски методов по созданию фармакологических препаратов, регулирующих секрецию и физиологическую активность молекул оксида азота в клетках, органах и организме в целом. Однако фармакологическая регуляция измененных физиологических функций в организме может сопровождаться возникновением ряда стойких нежелательных побочных эффектов и в ряде случаев тяжелых аллергических реакций, что ограничивает широту применения лекарственных средств. Это диктует необходимость изыскания неинвазивных физических регуляторов образования и секреции эндогенного оксида азота на основе естественных физиологических процессов. Перспективным в этом отношении является использование низкоинтенсивного терагерцевого излучения на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота и атмосферного кислорода.

Согласно договору № 005/037/002 от 25 сентября 2001 г. Саратовского государственного медицинского университета и Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации на кафедре нормальной физиологии им. И.А. Чуевского в рамках отраслевой научно-исследовательской программы № 9 «Этиопатогенез, диагностика и лечение заболеваний крови» проводились исследования на тему «Исследование влияния на сложные биологические системы электромагнитных колебаний на частотах молекулярных спектров излучения и поглощения веществ, участвующих в метаболических процессах». Были заключены договоры о совместной научно-технической деятельности между Саратовским государственным медицинским университетом и ОАО « Центральный научно-исследовательский институт измерительной аппаратуры» (г. Саратов) – договор № 67

 © Bulletin of Medical Internet Conferences, 2012

от 31 января 2000 г., договор № 73 от 16 апреля 2002 г., договор № 14 от 28 марта 2006 г., а также с исследовательским центром по биофотонике Института биомедицинской инженерии и технологий здравоохранения и Шеньчженского института передовых технологий Китайской академии наук – договор от 2 марта 2010 года. Кроме того, исследования проводились по программе РАМН «Научные медицинские исследования Поволжского региона на 2008-2010 года» на тему « Изучение особенностей поведенческих реакций, характера изменения кровотока в магистральных сосудах, реологии крови, микроциркуляторного и коагуляционного механизмов гемостаза у биообъектов, находящихся в состоянии острого и хронического иммобилизационного стресса под влиянием радиоимпульсного излучения высокой мощности и различных терагерцовых частот (135-250 ГГц)».

На основании исследований, проведенных сотрудниками кафедры нормальной физиологии им. И.А. Чуевского экспериментально обосновано применение в клинической практике электромагнитных волн на различных частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота и кислорода на внутрисосудистое и сосудистое звенья микроциркуляции, функциональную активность желез внутренней секреции, состояние липопероксидации и антиоксидантной активности крови, поведенческие реакции животных, антистрессорную активность организма.

Исследования проведены в двух направлениях – в опытах in vitro и in vivo на двух моделях нарушения указанных показателей гомеостатических реакций организма животных (белые крысы обоего пола) острого и длительного стресса, являющихся типовым патологическим процессом при различных заболеваниях сердечно-сосудистой системы, злокачественных заболеваниях, различных воспалительных процессах.

В исследованиях in vitro на обогащённой тромбоцитами плазме больных нестабильной стенокардией показан нормализующий эффект электромагнитных волн крайневысокочастотного и терагерцевого диапазонов на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота на тромбоцитарное звено гемостаза, являющегося внутрисосудистым компонентом микроциркуляции. При сравнительной оценке различных режимов электромагнитных волн миллиметрового диапазона впервые выявлен вид КВЧ-излучения, наиболее эффективный для нормализации активности и агрегации кровяных пластинок в условиях in vitro (амплитудно-модулированное воздействие на частоте 42,2 ГГц). Впервые изучены тромбоцитарные эффекты ТГЧ-излучения на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176-150,664 ГГц, выделен режим ТГЧ-воздействия на указанных частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота, вызывавший наиболее выраженную нормализацию функциональной активности кровяных пластинок больных нестабильной стенокардией (15-ти минутное облучение, непрерывная генерация сигнала). При сравнительном анализе тромбоцитарных эффектов КВЧ-облучения и воздействия на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота показано более выраженное влияние последнего на функциональную активность (активацию и агрегацию) кровяных пластинок больных нестабильной стенокардией. Впервые показана возможность информационного взаимодействия в системе: интактные тромбоциты практически здоровых людей – тромбоциты больных нестабильной стенокардией, подвергнутые ТГЧ-облучению на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176-150,664 ГГц.

Изучено влияние электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 240 ГГц на агрегационную активность тромбоцитов, реологические свойства крови, коагуляционный потенциал и фибринолитическую активность крови больных нестабильной стенокардией в условиях in vitro. Показано, что облучение терагерцевыми волнами на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 240 ГГц в условиях in vitro приводит к нормализации показателей, характеризующих агрегационную активность тромбоцитов, реологические свойства крови, коагуляционный потенциал и фибринолитическую активность крови больных нестабильной стенокардией.

Выявлена зависимость эффективности влияния электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частоте молекулярного спектра илучения и поглощения оксида азота 240 ГГц в условиях in vitro на измененные показатели функциональной активности тромбоцитов, реологические свойства крови (вязкость крови, агрегация и деформируемость эритроцитов), прокоагулянтной, антикоагулянтной и фибринолитической активности крови, находящейся в естественном электромагнитном поле, больных нестабильной стенокардией. Наиболее эффективным в восстановлении изменённых показателей крови является 15-ти минутный режим облучения.

Установлена зависимость эффективности влияния электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частоте молекулярного спектра оксида азота в условиях in vitro на изменённые показатели функциональной активности тромбоцитов, реологических свойств крови, коагуляционного потенциала и фибринолитической активности крови, находящейся в скрещенном магнитном и электрическом полях, больных нестабильной стенокардией. Наиболее эффективными в восстановлении изменённых показателей крови являются 15-ти и 30-ти минутные режимы облучения.

Для коррекции нарушенной функциональной активности тромбоцитов больных нестабильной стенокардией в условиях in vitro использован режим облучения терагерцевыми волнами на частоте оксида азота 400 ГГц. Полученный положительный результат указывает на необходимость дальнейшего изучения использования данного режима облучения для коррекции изменённых показателей микроциркуляции у больных кардиологического профиля.

У крыс в состоянии оксидативного стресса, имитирующего аналогичные изменения при эндотелиальной дисфункции у больных нестабильной стенокардией, наблюдается усиление агрегационной активности тромбоцитов, изменение реологических свойств крови – повышается вязкость крови, агрегационная способность эритроцитов, а также их деформируемость, отмечаются выраженные гиперкоагуляционные изменения в системе гемостаза и угнетение фибринолитической активности крови.

Установлено, что эффект нормализующего влияния терагерцевого облучения на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 240 ГГц на изменённые показатели агрегационной активности тромбоцитов, реологических свойств крови, коагуляционного потенциала и фибринолитической активности крови основан на активации эндотелиальной NO-синтазы, ответственной за физиологический синтез оксида азота.

Таким образом, экспериментально обоснована перспектива использования терагерцевого облучения на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 240 ГГц в клинической практике для нормализации изменённых показателей агрегационной активности тромбоцитов, реологических свойств крови, коагуляционного потенциала и фибринолитической активности крови у больных кардиологического профиля. Имеется перспектива дальнейшего исследования

терагерцового излучения на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 400 ГГц для обоснования его применения в клинической практике.

Влияние электромагнитного излучения ТГЧ-диапазона частоты молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129 ГГц на реологические свойства крови неоднородно: при 15-ти и 30-ти минутной экспозиции установлено понижение вязкости цельной крови, а при 60-ти минутной экспозиции- ее повышение в группах больных стабильной стенокардией и практически здоровых лиц. При этом два режима экспозиции вызывали разнонаправленные изменения агрегационной способности эритроцитов и деформируемости их мембран, а при 60 минутной экспозиции - повышение агрегационной способности эритроцитов и незначительное увеличение пластичности эритроцитарных мембран.

Влияние электромагнитного облучения терагерцевого диапазона частоты МСИП оксида азота 150,176-150,664 ГГц на реологические свойства крови различно в зависимости от времени экспозиции и мощности облучения: увеличение мощности экспозиции приводило, как правило, к более выраженному увеличению вязкости цельной крови больных стабильной стенокардией и практически здоровых лиц. Аналогичная закономерность выявлена при нарастании мощности излучения. При всех режимах облучения ЭМИ частоты МСИП оксида азота изменения функциональных параметров эритроцитов были разнонаправлены: установлено повышение агрегационной способности эритроцитов и понижение деформируемости их мембран. Влияние ЭМИ частот 42,19 ГГц и 53,54 ГГц на гемореологические параметры больных стабильной стенокардией и практически здоровых лиц заключается в повышении вязкости цельной крови за счет увеличения агрегационной способности эритроцитов как у больных стабильной стенокардией, так и у практически здоровых лиц.

Имеется существенная зависимость влияния ЭМИ ММД от количества форменных элементов периферической крови в исходном состоянии. Максимальная выраженность реологических параметров цельной крови при облучении ЭМИ ММД определяется оптимальным соотношением в крови эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. Сравнительный анализ влияния ЭМИ ММД на «классических» частотах (42,19 и 53,54 ГГц) и частотах МСИП оксида азота и атмосферного кислорода показал, что выраженность эффекта указанных частот ЭМИ КВЧ на реологические свойства крови увеличивается в направлении 42,19 → 129,0 → 53,54 → 150,176-150,664 ГГц.

Степень выраженности изменений формы, размера, агрегационной способности эритроцитов, пластичности их мембран и цитометрических сдвигов обусловлены ростом подающей мощности и увеличением времени экспозиции ЭМИ ММД всех изучаемых частот и при всех режимах облучения. Влияние ЭМИ ММД различных частот на вязкость цельной крови зависит от распространенности атеросклеротического процесса в коронарных артериях и наличия артериальной гипертензии: с увеличением числа коронарных артерий, вовлеченных в атеросклеротический процесс, возрастают индексы эффективности для вязкости цельной крови, агрегационной способности эритроцитов и деформируемости их мембран: наличие артериальной гипертензии у пациента приводит к достоверно более высоким индексам эффективности для вязкости цельной крови, агрегационной способности эритроцитов и деформируемости их мембран.

Выявлены «информационные воздействия» ТГЧ облученной цельной крови у больных стабильной стенокардией и практически здоровых лиц. Эритроциты участвуют в процессе реализации привнесенного ЭМИ ММД «информационного сигнала» при облучении ЭМИ частот 42,19,53,54 и 150,176-150,664 ГГц.

Эффективность влияния электромагнитного излучения ТГЧ- диапазона частоты МСИП оксида азота 240 ГГц в условиях in vitro на нарушенные вязкостные свойства цельной крови, агрегационную способность и деформируемость эритроцитов больных нестабильной стенокардией, находящихся в естественном электромагнитном поле, зависит от продолжительности облучения: 15-ти минутный режим облучения является наиболее эффективным в восстановлении нарушенных вязкостных свойств крови и агрегации эритроцитов, а их деформируемость- при 15-ти и 30-ти минутном облучении.

Нормализующее действие терагерцевого облучения на частоте МСИП оксида азота 240 ГГц в условиях in vitro на нарушенные вязкостные свойства цельной крови, способность эритроцитов к агрегации и их деформируемость у больных нестабильной стенокардией, находящихся в скрещенных магнитном и электрическом полях, зависит от времени облучения: восстановление повышенной вязкости цельной крови выражено при 15-ти минутном воздействии, а нарушенной деформируемости и агрегации эритроцитов- при 15-ти и 30-ти минутном облучении. Указанный режим облучения является наиболее эффективным по сравнению с влиянием ЭМИ ТГЧ 240 ГГц на кровь, находящуюся в естественном электромагнитном поле, так как вызывает улучшение реологических свойств крови у большего количества больных.

Нормализующий эффект ЭМИ ТГЧ на частоте МСИП оксида азота 240 ГГц в условиях in vitro на нарушенные вязкостные свойства цельной крови, способность эритроцитов к агрегации и их деформируемость у больных нестабильной стенокардией наиболее выражено и сохраняется в течение 30 минут после облучения. Облучение на частоте МСИП оксида азота 240 ГГц донатора оксида азота изокета приводит к более выраженной степени восстановления измененной вязкости крови и деформируемости эритроцитов больных нестабильной стенокардией по сравнению с необлученными изокетом. Впервые изучено влияние электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на функциональную активность тромбоцитов в условиях in vivo.

Установлено , что электромагнитное излучение терагерцеого диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц не оказывает влияния на функциональную активность тромбоцитов у интактных белых крыс-самцов.

Выявлена зависимость эффективности влияния электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на нарушенную функциональную активность тромбоцитов у белых крыс-самцов, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса, от времени экспозиции и режима облучения. Так, при непрерывном облучении животных, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса, наибольшей эффективностью обладает 30-минутная экспозиция. Дробное ТГЧ-облучение животных, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса, более эффективно восстанавливает основные показатели агрегации тромбоцитов: 5 – и 15 – минутные экспозиции более эффективны по сравнению с непрерывным облучением соответствующей продолжительности.

© Bulletin of Medical Internet Conferences, 2012

Впервые изучено превентивное воздействие электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на стрессорные нарушения функциональной активности тромбоцитов у крыс-самцов.

Установлено что, предшествующее иммобилизации ТГЧ-облучение способно предотвращать развитие стрессорных нарушений функциональной актовности тромбоцитов. Обнаружено, что 5- и 15-минутные режимы ТГЧ-облучения до иммобилизации обладают более выраженным эффектом на стрессорные нарушения агрегации тромбоцитов по сравнению с такими же временными режимами облучения на фоне развившегося острого стресса. Эффективность 30-минутных режимов одинакова при применении обоих способов облучения – и в том и в другом случае происходит полное восстановление показателей агрегационной способности кровяных пластинок.

Впервые показано, что при остром и хроническом иммобилизационном стрессе у крыс-самцов и крыс-самок, находящихся в одной из двух фаз эстрального цикла Dioestrus или Oesrtus наблюдаются нарушения коагуляционных и фибринолитических свойств крови. Белые крысы-самки реагируют на острый иммобилизационный стресс не одинаково в зависимости от фазы эстрального цикла: в фазе Dioestrus они менее чувствительны к стрессорному фактору, чем в фазе Oestrus. Воздействие ТГЧ-облучения на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц в непрерывном режиме в течение 30 минут на интактных животных не вызывает изменений в прокоагулянтной, антикоагулянтной и фибринолитической активности крови крыс-самцов.

ТГЧ-облучение на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц частично или полностью нормализует нарушения в коагуляционной и фибринолитической активности крови у срессированных белых крыс-самцов в зависимости от времени и режима облучения.

Впервые установлено, что при облучении животных в непрерывном режиме на фоне острого иммобилизационного стресса наиболее эффективным является 30-минутный режим воздействия. Предварительное облучение животных до действия стрессора в непрерывном режиме предупреждает развитие нарушений в различных фазах процесса свертывания крови и фибринолиза при 15-минутном облучении. При дробном режиме облучения животных на фоне острого иммобилизационного стресса происходит полное восстановление исследуемых показателей коагуляционного звена системы гемостаза и фибринолиза при 15-минутном ТГЧ-воздействии на частотах МСИП NO 150,176 – 150,664 ГГц. Ежедневное предварительное ТГЧ-облучение в непрерывном режиме в течение 30 минут крыс-самцов, находящихся в состоянии хронического иммобилизационного стресса, полностью предупреждает нарушения в системе свертывания крови и фибрилолизе.

Сравнительный анализ влияния непрерывного и дробного режимов терагерцевого облучения на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на показатели коагуляционного звена системы гемостаза и фибринолиза крови белых крыс-самцов, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса, показал, что при 15-минутном ТГЧ-воздействии в дробном режиме наблюдалась полная нормализация нарушенных показателей гемокоагуляции и фибринолитической активности крови. Непрерывный режим облучения в том же временном пределе показал лишь частичное восстановление показателей коагуляционного звена системы гемостаза и фибринолиза.

Влияние предварительного и последующего терагерцевого облучения на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на показатели коагуляционной и фибринолитической активности крови белых крыс-самцов, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса неоднозначно. Впервые показано, что предварительное непрерывное облучение стрессированных животных в течение 15 минут полностью предотвращает развитие нарушений в коагуляционном звене системы гемостаза и фибринолизе. Непрерывный режим облучения на фоне развившегося иммобилизационного стресса в том же временном пределе оказывает лишь частичное восстановление показателей коагуляционной активности крови и фибринолитического потенциала. Впервые обнаружены особенности влияния ЭМИ ТГЧ-диапазона на частотах МСИП NO 150,176 – 150,664 ГГц на коагуляционное звено системы гемостаза и фибринолиз белых крыс-самок, находящихся в одной из двух фаз эстрального цикла Dioesrtus и Oestrus, при остром иммобилизационном стрессе в зависимости от режима облучения. Показано, что предварительное облучение крыс-самок в непрерывном режиме ТГЧ-волнами на частотах МСИП NO 150,176 – 150,664 ГГц в течение 15 минут, до действия стрессорного агента, полностью предупреждает развитие нарушений коагуляционного потенциала крови и показателей фибринолиза не зависимо от фазы эстрального цикла. Дробное ТГЧ-облучение на частотах МСИП NO 150,176 – 150,664 ГГц в той же временной экспозиции на фоне острого иммобилизационного стресса оказывает только частичное восстановление показателей коагуляционного звена системы гемостаза и фибринолиза у крыс-самок в фазах Dioestrus и Oestrus эстрального цикла.

Показано, что наиболее эффективным в восстановлении нарушенных коагуляционных и фибринолитических свойств крови у крыс-самок в фазах Dioestrus и Oestrus эстрального цикла является превентивный непрерывный режим ТГЧ-облучения на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц в течение 15 минут. Предварительное непрерывное 15-минутное воздействие ЭМИ ТГЧ на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц ограничивает развитие острой и хронической стресс-реакции за счет уменьшения выделения глюкокортикоидов, в частности кортикостерона, корой надпочечников. Данный факт служит доказательством антистрессорного эффекта ЭМИ данного диапазона частот.

Впервые экспериментально обосновано использование электромагнитных волн терагерцевого диапазона на частотах молекулярных спектров излучения и поглощения оксида азота и атмосферного кислорода для восстановления нарушенных реологических свойств крови и функциональной активности тромбоцитов. Изучено влияние различных режимов электромагнитного излучения терагерцового диапазона на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц и атмосферного кислорода 129,0 ГГц на агрегационную активность тромбоцитов, реологические свойства крови у животных, находящихся в состоянии иммобилизационного стресса.

Показано, что воздействие терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц приводит к нормализации нарушенных показателей, характеризующих агрегационную активность тромбоцитов , реологические свойства крови у белых крыс. Выявлена зависимость эффективности влияния электромагнитного излучения указанного диапазона на частотах 150,176 – 150,664 ГГц у белых крыс от времени воздействия на нарушенные показатели функциональной активности тромбоцитов, реологических свойств крови как самцов, так и самок, с учетом их эстрального цикла . Наиболее эффективными в восстановлении и предотвращении измененных показателей реологии крови при остром стрессе являются непрерывный и

превентивный режимы с 15- и 30-минутным, а при длительном (хроническом) стрессе – 30-минутным воздействием. Превентивное дробное излучение в условиях острого стресса уже в течение 5 минут лимитирует развитие стрессорных нарушений вязкости крови в сосудах микроциркуляции.

Нормализующий эффект терагерцевого облучения на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150, 664 ГГц на нарушенные показатели реологических свойств крови связан с активацией эндотелиальной NO-синтазы и последующим изменением синтеза оксида азота.

Установлено, что непрерывное ТГЧ-излучение на нарушенную при остром стрессе функциональную активность тромбоцитов крыс-самцов в течение 30 минут обладает нормализующим эффектом, в то время как 5- и 15-минутные воздействия приводят лишь к частичному восстановлению нарушенной агрегации тромбоцитов. Дробный режим ТГЧ излучения в течение 5 и 15 минут также восстанавливает нарушенные функции тромбоцитов, вызванные острым стрессом, причем более эффективно, чем непрерывный. Превентивное ТГЧ-излучение при воздействие в течение 15 и 30 минут на крыс-самцов способно предотвращать развитие характерных для острой стресс-реакции нарушений агрегационной активности тромбоцитов.

Выявлено, что непрерывный режим ТГЧ излучения в течение 15 и 30 минут электромагнитными волнами на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц крыс-самцов, находящихся в состоянии острого стресса, полностью восстанавливает нарушенные вязкостные свойства крови, функциональную активность эритроцитов – их агрегацию и деформируемость, а превентивный режим при этой же длительности воздействия предотвращает развитие постстрессорных нарушений в показателях реологии крови.

Непрерывное ТГЧ-излучение в течение 5 минут, воздействуя на белых крыс-самок в фазах Dioestrus иOestrus эстрального цикла, находящихся в состоянии острого стресса, электромагнитными волнами на частоте МСИП атмосферного кислорода 129,0 ГГц нормализует способность эритроцитов к деформации у крыс в фазе Dioestrus. 15- и 30-минутные воздействия полностью восстанавливают нарушенную вязкость крови и функциональную активность эритроцитов независимо от фазы эстрального цикла. Превентивное 5-минутное ТГЧ излучение самок в стадии Dioestrus препятствует развитию стрессорных изменений способности эритроцитов к деформации, а 15- и 30-минутные воздействия полностью блокируют постстрессорные нарушения реологических свойств крови независимо от фазы эстрального цикла.

Непрерывное терагерцовое облучение на частоте МСИП атмосферного кислорода 129,0 ГГц крыс-самцов в состоянии острого стресса в течение 5 минут полностью восстанавливает повышенную агрегационную способность тромбоцитов, 15- и 30-минутные режимы не только восстанавливают нарушения в функциональной активности тромбоцитов, но и способствуют ее дальнейшему снижению. Дробный режим излучения на фоне острого стресса общей продолжительностью 15 и 30 минут вызывает полное восстановление нарушенной функциональной активности тромбоцитов. Превентивный режим излучения в течение 15 и 30 минут полностью препятствует постстрессорным нарушениям функции тромбоцитов.

Полученные экспериментальные данные дают основания экстраполировать использование терагерцевого облучения на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,665 ГГц и атмосферного кислорода 129,0 ГГц в клинической практике для нормализации нарушенных показателей реологических свойств крови и агрегационной активности тромбоцитов у больных с различной патологией.

Изменения внутрисосудистого компонента микроциркуляции – качественного и количественного состава эритроцитов – вызывают ухудшение реологических свойств крови при остром и хроническом иммобилизационном стрессе у крыс-самцов и крыс-самок, находящихся в одной из двух фаз эстрального цикла – Dioestrus илиOestrus. При остром иммобилизационном стрессе более значительно влияние стрессорного фактора на качественный и количественный состав эритроцитов крови крыс-самцов и крыс-самок в стадии Dioestrus. Крысы-самки в фазе Oestrus эстрального цикла были более устойчивы к действию стрессорного фактора. При хроническом стрессе нарушения количественного и качественного состава эритроцитов аналогичны таковым при остром стрессе.

Показано отсутствие влияния электромагнитного облучения ТГЧ-диапазона на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на качественный и количественный состав эритроцитов крови интактных крыс-самцов.

ТГЧ-облучение на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц частично или полностью нормализует постстрессорные нарушения во внутрисосудистом компоненте микроциркуляции за счет восстановления количественного и качественного состава эритроцитов в зависимлсти от режима и времени облучения. 15-минутный режим облучения является наиболее эффективным в восстановлении нарушенного качественного и количественного состава эритроцитов. Все временные режимы превентивного ТГЧ-облучения животных, находящихся в состоянии острого стресса, предупреждают развитие нарушений в качественном и количественном составе эритроцитов. Ежедневное предварительное ТГЧ-облучение в течение 30 минут животных, находящихся в состоянии хронического стресса, восстанавливает только среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците, а также средний диаметр и агрегационную способность эритроцитов.

Установлены особенности влияния электромагнитного облучения ТГЧ-диапазона на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на качественный и количественный состав эритроцитов крови белых крыс-самок, находящихся в одной их двух фаз эстрального цикла – Dioestrus или Oestrus, в состоянии острого иммобилизационного стресса в зависимости от режима облучения. Превентивный непрерывный режим облучения в течение 15 минут предупреждает развитие нарушений в качественном и количественном составе эритроцитов при остром стрессе. Дробный режим облучения в течение 15 минут на фоне развившегося иммобилизационного стресса вызывает восстановление качественного и количественного состава эритроцитов у крыс-самок только в фазе Oestrus эстрального цикла. Данный режим облучения менее эффективен в нормализации нарушенных стрессом реологических свойств крови у крыс-самок в фазе Dioestrus.

Сравнительный анализ влияния непрерывного и дробного режимов ТГЧ-облучения на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на нарушенный качественный и количественный состав эритроцитов крови белых крыс обоего пола, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса, показал, что дробные режимы в течение 5 и 30 минут более эффективны, нажели непрерывные в тех же временных диапазонах. Предварительный дробный 15-минутный режим облучения предупреждает развитие нарушений в качественном и количественном составе эритроцитов крови.

© Bulletin of Medical Internet Conferences, 2012

Влияние предварительного и последующего ТГЧ-облучения на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на качественный и количественный состав эритроцитов крови белых крыс обоего пола на фоне острого иммобилизационного стресса неоднозначно. Показано, что предварительное непрерывное и дробное облучение животных в течение 15 и предварительное непрерывное облучение в течение 30 минут предупреждает развитие постстрессорных нарушений в качественном и количественном составе эритроцитов.
Впервые изучено влияние электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на морфофункциональные нарушения микроциркуляции в различных органах у белых крыс, находящихся в состоянии острого и длительного стресса.

Обнаружено, что ТГЧ-облучение способно восстанавливать характерные для острого и длительного иммобилизационного стресса нарушения микроциркуляции. Это проявляется частично нормализацией ее внутрисосудистого – отсутствие признаков сладж-синдрома, уменьшение явлений стаза¸ сосудистого –нормализация проницаемости и снижение ломкости капилляров и внесосудистого компонентов – уменьшение выраженности отеков. Выявлено, что при действии излучения указанной частоты у животных в состоянии острого иммобилизационного стресса отмечаются значительное уменьшение явлений ишемии многих внутренних органов (печени, почек, легких), а также нормализация кровотока в головном мозге.

ЭМИ ТГЧ диапазона на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц вызывает тенденцию к снижению повышенной концентрации эндотелина I в сыворотке крови у белых крыс-самцов, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса. Ежедневное ТГЧ-облучение в течение 5 дней после каждого сеанса иммобилизации вызывает статистически достоверное снижение повышенной концентрации эндотелина I в сыворотке крови у крыс-самцов, находящихся в состоянии длительного стресса. Реализация эффекта ТГЧ-волн терагерцового диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на концентрацию эндотелина I осуществляется при участии системы оксида азота: блокада стресс-лимитирующей системы оксида азота способствует выработке эндотелина I.
Нормализующие эффекты электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на микроциркуляцию у животных в состоянии острого и длительного иммобилизационного стресса реализуются посредством изменения активности гипофиза, надпочечников и щитовидной железы. ТГЧ-воздействие на указанных частотах умеренно снижает повышенную активность гипофизарно-надпочечниковой и тиреоидной осей стрессорной реакции, что проявляется отсутствием или уменьшением выраженности характерных для острой и длительной стресс-реакции морфологических изменений в гипофизе, надпочечниках и щитовидной железе.

Впервые изучено влияние электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на нарушенную в условиях стресса гемодинамику в магистральных сосудах.

Установлено, что электромагнитное облучение терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц не оказывает влияния на линейную скорость кровотока у интактных былых крыс-самцов.

Выявлена зависимость эффективности влияния электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на нарушенную линейную скорость кровотока у белых крыс-самцов, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса, от режима облучения. Так, при непрерывном режиме облучения животных, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса, 5-, 15- и 30-минутные экспозиции обладают одинаковой эффективностью, так как увеличение времени облучения не приводит к росту эффективности, то есть наиболее эффективным является 5-минутный режим.

Непрерывный 30-минутный режим ТГЧ-облучения животных, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса, более эффективно восстанавливает основные показатели гемодинамики по сравнению с дробным режимом ТГЧ-облучения такой же временной экспозиции.

Впервые изучена эффективность непрерывного превентивного воздействия электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на стрессорные нарушения линейной скорости кровотока у крыс-самцов.
Установлено, что предшествующее иммобилизации ТГЧ-облучение способно предотвращать развитие стрессорных нарушений показателей гемодинамики, при этом 5- и 15-минутные режимы обладают одинаково выраженным эффектом на нарушенную линейную скорость кровотока в брюшной аорте и бедренной артерии по сравнению с такими же временными режимами непрерывного облучения на фоне развивающегося острого стресса.

Впервые изучена роль эндогенного оксида азота и эндотелиальной NO-синтазы, участвующих в механизмах положительного корригирующего влияния терагерцевого облучения на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на показатели линейной скорости кровотока в магистральных сосудах у белых крыс в состоянии острого иммобилизационного стресса, о чем свидетельствует отсутствие нормализующего эффекта терагерцового облучения на нарушенные показатели гемодинамики при введении блокатора эндотелиальной NO-синтазы L-Name белым крысам-самцам, находящимся в состоянии острого стресса.

Под влиянием курса облучения терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150, 176-150, 664 ГГц на фоне длительного стресса у крыс-самцов происходит частичная нормализация кровотока в магистральных артериях. Снижение линейных скоростей кровотока указывает на уменьшение тонуса сосудов под влиянием терагерцовых волн. Снижение тонуса сосудов, вероятно, связано с повышением продукции оксида азота и снижением продукции вазоконстрикторных веществ эндотелиальными клетками. Это подтверждается результатами исследования изменения концентрации стабильных метаболитов оксида азота- нитритов и эндотелина I у белых крыс при длительном иммобилизационном стрессе.

Представленные данные свидетельствуют о том, что курсовое облучение терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150, 176-150, 664 ГГц способно восстанавливать нарушения кровотока в магистральных артериях у белых крыс при длительном стрессе. Это делает возможным использование облучения терагерцовыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150, 176-150, 664 ГГц для восстановления гемодинамических нарушений, возникающих при ряде патологических состояний.

Результаты исследований показывают, что у крыс-самцов в состоянии острого стресса и подвергнутых облучению терагерцевыми волнами (ТГЧ-облучение) на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150, 176-150, 664 ГГц, происходит восстановление перфузионного показателя (М), при этом он статистически достоверно не отличается от уровня группы контроля. У животных данной группы отмечается статистически достоверное по сравнению с группой животных, находящихся в состоянии острого стресса и не подвергнутых ТГЧ-облучению, увеличение флакса и коэффициента вариации. При этом следует отметить, что имеется тенденция к увеличению значений флакса и особенно коэффициента вариации у животных данной группы по сравнению с группой контроля, что свидетельствует о более интенсивной модуляции микрокровотока и механизмов его регуляции.

Данные амплитудно-частотного анализа ЛДФ-грамм показывают, что после ТГЧ-облучения крыс-самцов в состоянии острого иммобилизационного стресса происходит статистически достоверное увеличение амплитуд эндотелиальных и вазомоторных колебаний по сравнению с группой животных в состоянии острого иммобилизационного стресса, не подвергавшихся ТГЧ-воздействию. Это отражает увеличение вазодилатирующей активности эндотелия (активацию базальной продукции оксида азота) и снижение периферического сопротивления. Также происходит увеличение амплитуды пульсовых (кардиальных) колебаний, что свидетельствует об увеличении притока артериальной крови в микроциркулярное русло. Все показатели амплитудно-частотного анализа ЛДФ-грамм животных данной группы статистически достоверно не отличаются от данных группы контроля.

Таким образом, электромагнитное облучение терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150, 176-150, 664 ГГц повышает сниженную как базальную, так и индуцированную продукцию оксида азота эндотелием у крыс-самцов в состоянии острого иммобилизационного стресса. Это согласуется с результатами проведенных ранее биохимических исследований, которые выявили повышение концентрации нитритов в крови у крыс-самцов, находящихся в состоянии иммобилизационного стресса, под влиянием электромагнитных волн указанного диапазона частот, что свидетельствует об активации нитроксидэргической системы. Увеличение роли пассивных механизмов регуляции микрокровотока (возрастание амплитуды сердечного ритма, отражающее увеличение притока артериальной крови в сосудистое русло, и, в меньшей степени амплитуды дыхательного ритма) может быть расценено как компенсаторная реакция реперфузии тканей после ишемии. Увеличением роли активных и пассивных механизмов модуляции микрокровотока под влиянием электромагнитного излучения терагерцового диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота и объясняется приток артериальной крови в микроциркулярное русло, повышение количества функционирующих каппиляров и нормализация показателя перфузии.

Результаты исследований свидетельствуют, что у крыс-самцов, находящихся в состоянии длительного стресса и подвергнутых курсу облучения терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц происходит восстановление перфузионного показателя (М), при этом он статистически достоверно не отличается от уровня группы контроля. У животных данной группы отмечается статистически достоверное по сравнению с группой животных, находящихся в состоянии длительного стресса и не подвергнутых облучению терагерцовыми волнами, увеличение средне-квадратического отклонения перфузии и коэффициента вариации. При этом следует отметить, что величина среднего квадратического отклонения перфузии и коэфффициента вариации не достигает уровня значений группы контроля, что свидетельствует о неполном восстановлении модуляции микрокровотока и механизмов его регуляции.

Данные амплитудно-частотного анализа ЛДФ-грамм показывают, что у крыс-самцов, подвергнутых курсу облучения электромагнитными волнами на частотах МСИП оксида азота в состоянии длительного иммобилизационного стресса, происходит статистически достоверное увеличение амплитуд эндотелиальных и вазомоторных колебаний по сравнению с группой животных в состоянии длительного иммобилизационного стресса, не подвергавшихся ТГЧ-воздействию. Это отражает увеличение возодилатирующей активности эндотелия (активизацию базальной продукции оксида азота) и снижение периферического сопротивления. Также происходит увеличение амплитуд дыхательных и пульсовых (кардиальных) колебаний, что свидетельствует об увеличении притока крови в микроциркуляторное русло. Однако все показатели амплитудно-частотного анализа ЛДФ-грамм животных данной группы статистически достоверно ниже группы контроля. Это свидетельствует о неполном восстановлении базальной продукции оксида азота, периферического сопротивления и притока крови в микроциркуляторное русло. При анализе результатов термопробы кожи установлено, что под воздейчтвием ТГЧ-волн у крыс-самцов в состоянии длительного иммобилизационного стресса полностью нормализуется исходная и максимальная перфузия, также перфузия после восстановления исходного кровотока. Нормализация максимальной перфузии у этих животных свидетельствует о восстановлении индуцированной секреции оксида азота эндотелием. Резерв капиллярного кровотока животных данной группы имеет значительную вариабельность, которая значительно перекрывает квартиль диапазоны как контрольной группы, так и группы животных в состоянии длительного стресса, не подвергавшихся действию терагерцовых волн. Это свидетельствует о том, что у крыс-самцов в состоянии длительного иммобилизационного стресса, подвергнутых курсу облучения терагерцовыми волнами, частично сохраняется спазм приносящих микрососудов, то есть исходно функционирует меньшее количество капилляров, чем у животных группы контроля.

Непрерывный и дробный режимы электромагнитного облучения на частоте МСИП атмомферного кислорода 129,0 ГГц способствуют восстановлению нарушенной агрегационной активности тромбоцитов у крыс-самцов в состоянии острого иммобилизационного стресса. Степень восстановления нарушенной функциональной активности тромбоцитов зависит от режима облучения.

Эффективность непрерывного ТГЧ-воздейчтвия на крыс-самцов на фоне острого иммобилизационного стресса на частоте атмосферного кислорода 129,0 ГГц зависит от времени экспозиции. Наиболее эффективным в восстановлении нарушенной агрегационной активности тромбоцитов самцов является непрерывное облучение в течение 5 минут; 15- и 30-минутные облучения, напротив, угнетают агрегацию тромбоцитов.

Эффективность дробного режима ТГЧ -воздействия на крыс-самцов на фоне острого иммобилизационного стресса на частоте атмомферного кислорода 129,0 ГГц зависит от времени экспозиции. Наиболее эффективным в восстановлении нарушенной агрегационной активности тромбоцитов самцов является дробный режим облучения общей продолжительностью 5 минут

© Bulletin of Medical Internet Conferences, 2012

частично восстанавливает нарушенную агрегационную активность тромбоцитов, а дробный режим облучения общей продолжительностью 30 минут вызывает угнетение процесса агрегации кровяных пластинок.

Сравнительный анализ влияния электромагнитного облучения терагерцевого диапазона на частоте МСИП атмосферного кислорода 129,0 ГГц на нарушенную функциональную активность тромбоцитов у крыс-самцов в состоянии острого иммобилизационного стресса показал, что непрерывный режим ТГЧ-облучения эффективнее дробного. Так, непрерывный режим облучения в течение 5 минут более эффективно восстанавливает основные показатели агрегационной активности тромбоцитов, чем дробный режим облучения продолжительностью 5 минут.

Непрерывное ТГЧ-воздействие на частоте атмосферного кислорода 129,0 ГГц на самок в фазе диэструс эстрального цикла на фоне острого иммобилизационного стресса в течение 5 минут способствует лишь частичному восстановлению нарушенной агрегационной функции тромбоцитов; облучение в течение 15 минут полностью восстанавливает нарушения агрегации тромбоцитов; 30-минутное воздействие угнетает функциональную способность кровяных пластинок.

Сравнительный анализ половых различий в реакциях на терагерцевое облучение на частоте атмосферного кислорода 129,0 ГГц на фоне острого иммобилизационного стресса показал, что самцы белых крыс более чувствительны, чем самки в фазе диэструс эстрального цикла, к терагерцовому облучению на частоте МСИП атмосферного кислорода 129,0 ГГц.

Предшествующее острому иммобилизационному стрессу ТГЧ-облучение на частоте МСИП атмосферного кислорода 129,0 ГГц способно предотвращать развитие стрессорных нарушений функциональной активности тромбоцитов у крыс-самцов. Более выраженным эффектом обладают 15- и 30-минурные режимы, в то время как при непрерывном режиме на фоне острого стресса восстановление происходит на 5 минуте воздействия.

Установлено, что облучение белых крыс самцов, находящихся в состоянии иммобилизационного стресса, ТГЧ-волнами на частотах МСИП NO приводит к статистически достоверному повышению концентрации нитритов плазмы крови по сравнению с группой животных в состоянии острого иммобилизационного стресса, не подвергавшихся ТГЧ-воздействию. Стабильно низкая концентрация нитритов в плазме крови крыс-самцов в состоянии острого иммобилизационного стресса и отсутствие динамики при ТГЧ-облучении животных в состоянии острого иммобилизационного стресса на фоне введения L-Name свидетельствует о том, что реализация эффекта ТГЧ-волн указанной частоты осуществляется при участии NO-синтазной компоненты цикла NO.

Повышение активности системы NO, приводящее к повышению концентрации нитритов в плазме крови, под влиянием электромагнитного излучения терагерцового диапазона дает возможным разработку новых эффективных немедикаментозных методик коррекции снижения синтеза эндогенного NO, что может быть использовано в лечении ряда заболеваний сердечно-сосудистой системы, сопровождающихся дефицитом продукции NO (ИБС, артериальная гипертензия и др.). Проведенные исследования свидетельствуют, что облучение электромагнитными волнами терагерцевого диапазона на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц крыс-самцов перед иммобилизацией способно предотвращать характерные для острого иммобилизационного стресса нарушения перфузии микроциркуляторного русла кожи. Терагерцевые волны указанной частоты эффективно препятствуют снижению среднего показателя перфузии и нарушению механизмов модуляции микрокровотока. В ходе сравнительного анализа двух режимов воздействия терагерцовыми волнами обнаружено, что эффективность влияния на среднюю перфузию микроциркуляторного русла при применении предшествующего иммобилизации ТГЧ-облучения на частотах оксида азота и воздействие терагерцовыми волнами на фоне развивающегося иммобилизационного стресса одинакова.

Обнаружено, что у животных при длительном иммобилизационном стрессе происходит стойкое снижение показателя перфузии и угнетение модуляции кровотока в микроциркуляторном русле кожи. Указанные изменения более выражены по сравнению с острым иммобилизационным стрессом. Показано, что курс облучения терегерцевыми волнами на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц после каждой иммобилизации крыс-самцов при длительном стрессе способно частично восстанавливать нарушения перфузии циркуляторного русла кожи. Это проявляется полной нормализацией средней величины перфузии (перфузионного показателя). Курс облучения терагерцевыми волнами указанной частоты лишь частично нормализует модуляцию кровотока в микроциркуляторном русле коже крыс-самцов при длительном иммобилизационном стрессе, о чем свидетельствует не полное восстановление среднеквадратического отклонения перфузии и коэффициента вариации.

Терагерцевое облучение на частотах МСИП NO 150,176-150,664 ГГц частично или полностью угнетает интенсивностью процессов липопероксидации, снижает явление аутоинтоксикации и цитолиза, реактивирует состояние всех звеньев антиоксидантной и антирадикальной защиты в зависимости от условий эксперимента и времени облучения.

При облучении животных на фоне острого иммобилизационного стресса наиболее эффективным оказался 30 минутный режим воздействия. При этом наблюдалось отсутствие статистически достоверных отличий от группы контроля всех исследуемых показателей, характеризующих реакции ПОЛ и антиоксидантную активность крови. Влияние 5 и 15 минутного терагерцового облучения на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц на фоне острого иммобилизационного стресса не вызывали выраженной положительной динамики в показателях антиоксидантной системы и ПОЛ. Так, при 5 минутном режиме облучения терагерцевыми волнами не происходило изменения всех изучаемых показателей по сравнению с группой животных, находящихся в состоянии острого стресса. При 15 минутном облучении терагерцевыми волнами на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц происходило лишь частичное восстановление показателей, характеризующих процессы липопероксидации и антиоксидантный потенциал крови животных.

Наиболее эффективныи режимом терагерцевого облучения животных на фоне хронического стресса также оказался 30 минутный режим ежедневного в течение 5 дней воздействия. На фоне данного режима воздействия полностью нормализовалась активность антиоксидантной системы крови, и произошло снижение до уровня интактных животных концентраций токсических промежуточных продуктов липопероксидации. При 5 минутном облучении терагерцевыми волнами на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц не наблюдается восстановление показателей антиоксидантной системы и ПОЛ, что подтверждается отсутствием статистически достоверных различий, по сравнению с группой стрессированных животных. При 15 минутном режиме ежедневного в течение 5 дней облучения животных на фоне хронического стресса происходит частичное восстановление

исследуемых показателей антиоксидантной системы и частичная нормализация концентраций промежуточных продуктов свободнорадикального окисления.

На основании исследования можно сделать вывод о положительном влиянии терагерцевого облучения на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц на измененные показатели метаболического статуса экспериментальных животных, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса. Наиболее эффективным в нормализации изучаемых показателей является 30 минутный режим облучения. При 15-ти минутном режиме облучения положительный эффект на показатели, характеризующие процессы обмена веществ и метаболизм (нормализуется концентрация триглицеридов, активность АСТ и глутатион-S-трансферазы), а при 5 минутном режиме он отсутствует.

В условиях длительной иммобилизации показано, что проводимое параллельно с действием стрессорного агента ежедневное в течение 5 дней облучение животных терагерцевыми волнами на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота 150,176-150,664 ГГц предупреждает развитие стресс-зависимых изменений в метаболическом статусе крыс-самцов, что свидетельствует о принципиальной возможности коррекции этих изменений данным видом облучения. Так, при ежедневном в течение 5 дней применении терагерцевого облучения на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц по 30 минут наблюдается полное восстановление всех исследуемых показателей, характеризующих метаболическую активность внутренней среды организма экспериментальных животных. При ежедневном в течение 5 дней облучении электромагнитными волнами указанного диапазона по 15 минут на фоне длительного стресса наблюдается только частичная нормализация метаболического статуса (статистически достоверно восстанавливается уровень триглицеридов). Воздействие терагерцевым облучением на частотах оксида азота 150,176-150,664 ГГц по 5 минут в течение 5 дней на стрессированных животных не вызывает статистически значимых изменений исследуемых показателей метаболического статуса.

На основании проведенных экспериментальных исследований в ОАО « Центральный научно-исследовательский институт измерительной аппаратуры» (г. Саратов) был создан аппарат КВЧ терапии « Орбита» в трех исполнениях: ЯКУЛ.941526.001, ЯКУЛ.941526.001-01 и ЯКУЛ.941526.001-02, на которые Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения и социального развития выдана лицензия № 99-03-002043 от 7 июня 2010 г. и регистрационное удостоверение № ФСР 2009/05497 на производство, продажу и применение на территории Российской Федерации. Указанные аппараты прошли клиническую апробацию в клиниках Саратовского государственного медицинского университета, Московском научно-исследовательском онкологическом институте им. П.А. Герцена, Московской городской больнице № 15. Изданы методические рекомендации « Применение терагерцевой терапии в клинической практике» (Саратов, 2011). По результатам проведенных экспериментальных исследований получено 24 патента на изобретение и 2 – на полезную модель, защищены три докторские диссертации (Е.В. Андронов, 2008; О.Н. Антипова, 2009; С.Н. Киреев, 2011), десять кандидатских диссертаций (М.В. Волин, 2001; Л.И. Малинова, 2002; Н.В. Мамонтова, 2006; О.И. Помошникова, 2006; А.Н. Иванов, 2007; А.А. Цымбал, 2007; С.В. Сухова, 2009; Т.С. Великанова, 2011; Т.С. Кириязи, 2011; С.В. Свистунов, 2011) подготовлены к защите две докторские диссертации (А.Н. Иванов, А.А. Цымбал).

Литература

1. Голант М.Б. Возможность регулирования жизнедеятельности микроорганизмов при воздействии на них электромагнитных колебаний ММ диапазона / М.Б. Голант, А.К. Брюхова, Е.А. Двадцатова и др. // Под ред. Девяткова Н.Д.- В сборн. «Эффекты нетеплового воздействия миллиметрового излучения на биологические объекты».- М.: ИРЭ АН СССР, 1983.- С. 115-122.
2. Девятков Н.Д. Особенности взаимодействия миллиметрового излучения низкой интенсивности с биологическими объектами / Н.Д. Девятков, О.В. Бецкий // Применение ММ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине: Сб. науч. тр.- М, 1985.- С. 108-117.
3. Голант М.Б. Влияние низкоинтенсивного монохроматического электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на биологические процессы / М.Б. Голант // Биофизика.- 1986.- Т.31.- С. 6-11.
4. Девятков Н.Д. Особенности медикобиологического применения миллиметровых волн / Н.Д. Девятков, Н.Б. Голант, О.В. Бецкий.- М.: ИРЭ РАН, 1994.- 160 с.
5. Киричук В.Ф. КВЧ-терапия / В.Ф. Киричук, Т.В. Головачёва, А.Г. Чиж.- Саратов: Изд-во СГМУ, 1999.- 360 с.
6. Влияние электромагнитного излучения на частоте молекулярного спектра поглощения и излучения оксида азота (240 ГГц) на агрегационную активность тромбоцитов больных нестабильной стенокардией / В.Ф. Киричук, Е.В. Андронов, А.В. Майбородин и др.// Ангиология и сосудистая хирургия. – 2004. – Т. 10, №3. – С.12.
7. Родштат И.В. Интерстициальная (внеклеточная) и внутриклеточная вода: некоторые регуляторные механизмы адаптации в контексте КВЧ-воздействия низкой интенсивности / И.В. Родштат // Биомед. радиоэлектр.-2005.-№6.- С.28-33.
8. Киричук В.Ф. Микроциркуляция и электромагнитное излучение ТГЧ-диапазона / В.Ф. Киричук, А.П. Креницкий, А.В. Майбородин // - Саратов: Изд-во СГМУ.- 2006. – 356с.
9. Паршина С.С. Первые результаты клинического применения электромагнитного излучения терагерцового диапазона на частотах молекулярного спектра оксида азота в кардиологии / С.С. Паршина, В.Ф. Киричук, Т.В. Головачёва // Современные аспекты диагностики, лечения и профилактики в кардиологии: Сбор. науч. трудов.- Саратов, 2005.- С. 109-111.
10. Гершензон Е.М. Молекулярная физика /Е.М. Гершензон, Н.Н. Малов, А.Н. Мансуров// М.: «Академия». - 2002. – 272 С.
11. Информационные взаимодействия в системе тромбоцитов человека / В.Ф. Киричук, А.В. Майбородин, М.В. Волин и др. // Цитология. – 2001. – Т.43, №12. – С.1042-1050.
12. Оксид азота и электромагнитное излучение КВЧ (информационное взаимодействие в живых объектах, подвергнутых воздействию электромагнитных КВЧ-колебаний на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота) / В.Ф. Киричук, А.П. Креницкий, А.В. Майбородин и др. // Биомед. технологии и радиоэлектроника. – 2002. - №10-11. – С.95-108.
13. КВЧ – индуцированное взаимодействие в системе форменных элементов крови / В.Ф. Киричук, Креницкий А.П., Малинова Л.И. и др. // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2004. - №1. – С.34-39.
14. Информационные взаимодействия в системе тромбоцитов человека / В.Ф. Киричук, А.В. Майбородин, М.В. Волин и др. // Цитология. – 2001. – Т.43, №12. – С.1042-1050.
15. Оксид азота и электромагнитное излучение КВЧ (информационное взаимодействие в живых объектах, подвергнутых воздействию электромагнитных КВЧ-колебаний на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота) / В.Ф. Киричук, А.П. Креницкий, А.В. Майбородин и др. // Биомед. технологии и радиоэлектроника. – 2002. - №10-11. – С.95-108.
16. КВЧ – индуцированное взаимодействие в системе форменных элементов крови / В.Ф. Киричук, Креницкий А.П., Малинова Л.И. и др. // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2004. - №1. – С.34-39.

© Bulletin of Medical Internet Conferences, 2012

17. Бецкий О.В. Миллиметровые волны низкой интенсивности в биологии и медицине / О.В. Бецкий, Н.Д. Девятков, В.В. Кислов // Биомедицинская электроника. – 1998. – №10. – С. 13-29.
18. Конако Ф. Терагерцовые волны / Ф. Конако, Д. Фэйтс. – М.: Ломоносов, 2002. – 102 с.
19. Биофизические эффекты волн терагерцового диапазона и перспективы развития новых направлений в биомедицинской технологии: «Терагерцовая терапия» и «Терагерцовая диагностика» / О.В. Бецкий, А.П. Креницкий, А.В. Майбородин и др. // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника.- 2003.- № 12.-С. 3-6.
20. Конако Ф. Терагерцовые волны / Ф. Конако, Д. Фэйтс. – М.: Ломоносов, 2002. – 102 с.
21. Ignarro L.G. Endothelium derived relaxing factor produced and released from artery and vein is nitric oxide / I.G. Ignaro, G.M. Buga, K.S. Wood // Proc. Nat. Acad. Shi. USA. - 1987.-V. 84.- P. 9265-9269.
22. Anggard E. Nitric oxide: mediator, murderer and medicine /E. Anggard// Lancet.-1994.-V. 343.-P. 1199-1206.
23. Lowenstein C.J. Nitric oxide: a physiologic messengers / C.J. Lowenstein, J.L. Dinerman, S.H. Snyder // Ann. intern. Med. - 1994. - № 12. - P. 227-237.
24. Lloyd-Jones D.M. The vascular biology of nitric oxide and its role in atherogenesis / D.M. Lloyd-Jones, K.D. Bloch // Ann. Rev. Med.- 1996.-Vol. 47.-P. 365-375.
25. Murad F. Nitric oxide - biogeneration, regulation, and relevance to human diseases / F. Murad // Frontiers in Bioscience. - 2003. - № 8. - P. 264-278.