

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Раваева Марина Юрьевна**

канд. биол. наук, доцент

**Чуян Елена Николаевна**

д-р биол. наук, первый проректор

**Чуян Евгений Викторович**

научный сотрудник

**Заячникова Татьяна Валентиновна**

канд. биол. наук, старший преподаватель

Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный

университет имени В.И. Вернадского»

г. Симферополь, Республика Крым

### **ВАЗОАКТИВНЫЕ СВОЙСТВА НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ ГИПОКИНЕТИЧЕСКОГО СТРЕССА**

*Аннотация: в работе рассматривается динамика параметров кожной микроциркуляции при действии гипокинетического стресса, низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты и их комбинации. Показано, что низкоинтенсивное электромагнитное излучение крайне высокой частоты оказывает нормализующее действие на микроциркуляцию, препятствуя развитию стрессорной вазоконстрикции.*

*Ключевые слова: гипокинезия, электромагнитное излучение крайне высокой частоты, микроциркуляция.*

#### *Вступление.*

Многочисленные данные экспериментальных и клинических исследований свидетельствуют, что низкоинтенсивное электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ) обладает выраженной биологической эффективностью [1] и широко применяются в медицинской практике с целью коррекции

расстройств различного генеза, в том числе и тех, которые сопровождаются изменением функционального состояния микрососудистого русла. Результаты наших исследований [2] дают основание считать, что в основе механизма биологического действия и терапевтической эффективности этого физического фактора лежит вазопротекторное действие. Однако необходимо отметить, что наши исследования, проводимые на здоровых волонтерах, не дают возможности оценить действие ЭМИ КВЧ в условиях нарушения физиологического равновесия и развития патологического процесса. В связи с этим, настоящее исследование направлено на изучение действия ЭМИ КВЧ на микрогемодинамику животных, находящихся в условиях гипокинетического (ГК) стресса, который вызывает выраженные нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы в целом и ее микроциркуляторного звена [3].

*Входные данные и методы.*

Экспериментальная часть работы выполнена на 80 белых беспородных крысах-самцах массой 180-250 г., которые были разделены на 4 группы по 20 крыс в каждой. Животные первой группы являлись биологическим контролем (контроль) и находились в обычных условиях вивария. Вторую группу составляли крысы, находившиеся в условиях экспериментальной стресс-реакции, которая моделировалась девятисуточным ограничением подвижности (гипокинезия, ГК). Крысы третьей группы в течение 10-ти суток подвергались ежедневно 30-тиминутному воздействию ЭМИ КВЧ на затылочно-воротниковую область (КВЧ). Животные четвертой группы подвергались 10-тикратному комбинированному воздействию ГК и ЭМИ КВЧ (ГК+КВЧ).

Для создания условий экспериментального ограничения подвижности использовались специальные пеналы из оргстекла, состоящие из 5 ячеек. Размеры каждой ячейки составляли  $140 \times 60 \times 60$  мм для каждой крысы. В описанных пеналах животные находились 10 суток по 20 часов в сутки, в течение остальных 4-х часов осуществляли кормление и уход за животными, КВЧ-воздействие (для группы ГК+КВЧ), регистрацию микроциркуляции. Описанная модель ограничения подвижности животных вызывает развитие хронического ГК стресса.

**Приоритетные направления развития науки и образования**

КВЧ-воздействие осуществлялось с помощью одноканального генератора «КВЧ. РАМЕД. ЭКСПЕРТ-01» (рабочая длина волны 7,1 мм, плотность потока мощности облучения 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) ежедневно в течение 30 минут на затылочно-воротниковую область.

Исследование параметров микроциркуляции крови проводилось методом лазерной допплеровской флюметрии (ЛДФ) при помощи лазерного анализатора кровотока «ЛАКК-02» во втором исполнении (производство НПП «Лазма», Россия) в течение 6 минут на 1, 3, 5, 7, 10 сутки эксперимента. В качестве параметров, анализируемых методом лазерной допплеровской флюметрии, рассматривали неосцилляторные показатели базального кровотока: показатель перфузии (ПМ, перф. ед.), среднее квадратичное отклонение (СКО, флакс, перф. ед.), коэффициент вариации (Кв, %), которые дают общую оценку состояния микроциркуляции крови [4; 5]. Вейвлет-преобразование ЛДФ-сигнала позволило провести анализ нормированных характеристик ритмов колебаний кровотока: эндотелиального (Аэ), нейрогенного (Ан), миогенного (Ам), дыхательного (Ад) и пульсового (Ап) компонентов микрогемодинамики.

#### *Результаты. Обсуждение и анализ.*

Результаты настоящего исследования показали, что 10-тисуточная ГК приводила к снижению Ан – на 14,1% ( $p \leq 0,05$ ), Аэ – на 18,3% ( $p \leq 0,05$ ), Ам – на 12,6% ( $p \leq 0,05$ ), Ад – на 9,2%; ( $p \leq 0,05$ ) и Ап – на 6,5 % ( $p \leq 0,05$ ) относительно данных в контрольной группе крыс, что свидетельствовало о развитии вазоконстрикции, нарушении притока и оттока крови и доминировании шунтового кровотока, уменьшении количества функционирующих капилляров. Изменение осцилляторных показателей находило свое отражение и в снижении интегральных неосцилляторных показателей тканевого кровотока. Так, показатели уровня перфузии, СКО и Kv после 10-тисуточной ГК снижались на 30,6% ( $p \leq 0,05$ ), 48 % ( $p \leq 0,05$ ) и 39 % ( $p \leq 0,05$ ) соответственно, что в целом, отражало нарушение тканевой микроциркуляции на всех уровнях ее регуляции – сосудистом и внесосудистом.

Противоположная динамика показателей микроциркуляции развивалась при КВЧ-воздействии, причем эффект возрастал с увеличением кратности применения данного физического фактора. Так, после 10-тикратного применения ЭМИ КВЧ увеличились осцилляторные показатели микроциркуляции: Аэ – на 34 %, ( $p\leq 0,05$ ), Ан – на 25 % ( $p\leq 0,05$ ), Ам – на 10 % ( $p\leq 0,05$ ), Ап – на 13 %, а также снизились Ад на 12 % ( $p\leq 0,05$ ). Увеличились и неосцилляторные показатели: ПМ – на 62 % ( $p\leq 0,05$ ), СКО – на 69 % ( $p\leq 0,05$ ), КВ – на 33 % ( $p\leq 0,05$ ). В целом, динамика изученных показателей свидетельствовала, что после 10-ти сеансов КВЧ-воздействия у животных наблюдалось достоверное изменение активности всех компонентов регуляции микрососудистого тонуса, что выражалось в увеличении выработки NO эндотелием, снижении периферического сопротивления, увеличении притока крови в нутритивное микрососудистое русло, улучшении венулярного оттока, что в целом, отражало увеличение перфузии.

Исследование микрогемодинамики у животных 4 группы, находящихся в условиях ГК, показали, что 10-тикратное КВЧ-воздействие приводило к увеличению Аэ на 34,6% ( $p\leq 0,05$ ), Ан – 24,1% ( $p\leq 0,05$ ), Ам – 21,3% ( $p\leq 0,05$ ), Ап на 10,8 % ( $p\leq 0,05$ ), ПМ – 106,3% ( $p\leq 0,05$ ), СКО – 79% ( $p\leq 0,05$ ), а Кв – 39% ( $p\leq 0,05$ ) по сравнению с таковыми показателями у животных при изолированной ГК. Можно заключить, что КВЧ-воздействие привело к нормализации микроциркуляторных процессов у животных, находящихся в условиях ГК. В пользу этого свидетельствуют достоверные различия показателей у животных группы ГК+КВЧ не только по сравнению с таковыми у животных группы ГК, но и по сравнению с показателями микроциркуляции в контрольной группе животных. Так, начиная с третьих суток ГК, при КВЧ-воздействии наблюдалось приближение показателей микроциркуляции к таковым в контрольной группе, а начиная с 5-х суток эксперимента – их достоверное увеличение по сравнению с таковыми в контрольной группе животных.

#### *Заключение и выводы.*

Таким образом, комбинированное действие ЭМИ КВЧ и ГК привело к нивелированию вазоконстрикции, вызванной ГК стрессом. Можно предположить,

#### **Приоритетные направления развития науки и образования**

что оптимизация регуляции системы микроциркуляции является одним из основных проявлений физиологических эффектов ЭМИ КВЧ, лежащих в основе его антистрессорного действия.

В целом, в реакции микроциркуляции на действие ЭМИ КВЧ участвуют практически все регуляторные компоненты сосудистого и внесосудистого генеза. Вероятно, что такой системный характер отклика организма, находящегося в условиях ГК, на ЭМИ КВЧ обусловлен большим количеством мишней для ЭМИ КВЧ, включающих микрососуды кожи, клетки крови, диффузную нейро-эндокринную систему, а также нервные окончания и периферические нервы кожи, активация которых изменяет функциональную активность нервной, иммунной, эндокринной систем организма с изменением со-держания или синтеза биологически активных веществ (гормонов, цитокинов, нейромедиаторов), что играет существенную роль в механизмах регуляции процессов микроциркуляции крови.

Результаты настоящего исследования существенно дополняют имеющиеся сведения о биологической активности ЭМИ КВЧ и его антистрессорном действие в модели хронического стресса, которое оказывает нормализующее действие на микроциркуляцию, препятствуя развитию стрессорной вазоконстрикции. Полученные в настоящем исследовании результаты позволяют понять механизмы терапевтического действия ЭМИ КВЧ при лечении заболеваний, патогенез которых связан, в первую очередь, с расстройствами микроциркуляции.

Полученные данные позволяют значительно повысить эффективность и расширить возможности применения КВЧ-излучения не только для лечения, но и для профилактики многих заболеваний, поскольку, развитие любого заболевания сопровождается комплексом неспецифических симптомов, обусловленных развитием общего адаптационного синдрома, или стресс-реакции. Таким образом, одним из основных механизмов действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ является их способность лимитировать развитие стресс-реакции на уровне микроциркуляции.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, в рамках научного проекта р\_юг\_a № 14-44-01569 «Механизмы действия низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты на тканевую микрогемодинамику».*

### ***Список литературы***

1. Бецкий О.В. Миллиметровые волны и живые системы. / О.В. Бецкий, В.В. Кислов, Н.Н. Лебедева – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2004. – 107 с.
2. Механизмы действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения на тканевую микрогемодинамику / Е.Н. Чуян, Н.С. Трибрат, М.Н. Ананченко, М.Ю. Раваева. – Симферополь: Информ.-изд. отдел ТНУ им. В.И. Вернадского. – 2011. – 324 с.
3. Инчина В.И. Адаптация к физическим нагрузкам после иммобилизационного стресса / В.И. Инчина, А.В. Зорькина, Я.В. Костин // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 1997. – Т. 31. – №3. – С. 35–39.
4. Козлов В.И. Метод лазерной допплеровской флюметрии: Пособие для врачей. – М.: Медицина, 2001.
5. Крупаткин А.И. Лазерная допплеровская флюметрия микроциркуляции крови / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров. – М.: Медицина, 2005.