УДК 612.1

МИКРОГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Чуян Е.Н., Раваева М.Ю.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, e-mail: mravaeva@ukr.net

В работе рассматривается динамика параметров кожной микроциркуляции в коже крыс при действии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты. Показано, что после 10 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.

Ключевые слова: электромагнитное излучение крайне высокой частоты, микроциркуляция

MIKROGEMODINAMICS FIGURES UNDER THE ACTION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION OF EXTREMELY HIGH FREQUENCY

Chuyan E.N., Ravaeva M.U.

Crimean Federal V.I. Vernadsky University, Simferopol, e-mail: mravaeva@ukr.net

This paper considers the dynamics of the parameters of cutaneous microcirculation in the skin of rats under the influence of low-intensity electromagnetic radiation of extremely high frequency. It is shown that after 10 sessions of EHF effects in animals there was a significant change in the activity of all components of the regulation of microvascular tone, which was reflected in an increase in NO production by the endothelium, reducing peripheral resistance, increasing blood flow in the microvasculature Nutritional, improved venular outflow that, in general, reflecting an increase in perfusion.

Keywords: electromagnetic radiation of extremely high frequency, microcirculation

Известно, что 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. Однако сведения, касающиеся действия ЭМИ на процессы микроциркуляции крови крайне противоречивы, в связи с чем, изучение изменения кожной микрогемодинамики при действии ЭМИ КВЧ и установление основных механизмов, лежащих в их основе, представляется перспективным и является целью настоящего исследования.

Материалы и методы исследования

Экспериментальная часть работы выполнена на 40 белых беспородных крысах-самцах массой 180-250 г., которые были разделены на 2 группы по 10 крыс в каждой. Животные первой группы являлись биологическим контролем (контроль) и находились в обычных условиях вивария, крысы второй экспериментальной группы ежедневно в течение 10-ти суток подвергались воздействию ЭМИ КВЧ.

Исследование параметров микроциркуляции крови проводилось методом лазерной допплеровской флоуметрии (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.

Исследование параметров микроциркуляции крови проводилось методом лазерной допплеровской флоуметрии (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 флоуметрии, 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.

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^2) ежедневно в течение 30 минут на затылочно-воротниковую область.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты настоящего исследования показали (табл. 1, 2), при однократном КВЧ-воздействии среди осцилляторных показателей первыми и наиболее существенно увеличивались амплитуды колебаний эндотелиального (Аэ, на 17%, $p \leq 0,05$) и нейрогенного (Ан, на 13% $p \leq 0,05$)) генеза, что свидетельствовало об увеличении

секреции оксида азота (NO) эндотелием и снижении периферического сопротивления в области артериол и артериолярных участков артерио-венулярных анастомозов за счет снижения симпатического адренергического вазомоторного контроля. Данные изменения микрогемодинамики нашли свое отражение в увеличении неосцилляторных показателей базального кровотока: показатель микроциркуляции (ПМ) – на 34 % (p≤0,05) и флакса (СКО) – на 18 % (p≤0,05), что указывает на увеличение перфузии и модуляции кровотока во всех частотных диапазонах.

Таблица 1

Динамика амплитуд неосцилляторных ритмов микроциркуляции у животных в условиях действия ГК, ЭМИ КВЧ и их комбинации (M±m)

Сутки эксперимента	Группы	ПМ	СКО	КВ
1 сутки	Контроль	3,52±0,1	1,44±0,13	40,67±1,24
	КВЧ	4,89±0,55 p ≤ 0,05	1,79±0,41 p ≤ 0,05	45,14±3,42
3 сутки	Контроль	3,48±0,13	1,51±0,14	41,26±1,25
	КВЧ	4,94±0,52 p1 ≤ 0,05	1,95±0,53 p1 ≤ 0,05	46,22±4,6 p ≤ 0,05
5 сутки	Контроль	3,51±0,11	1,46±0,13	40,88±1,42
	КВЧ	5,25±0,3 p ≤ 0,05	2,13±0,42 p ≤ 0,05	49,22±3,76 p ≤ 0,05
7 сутки	Контроль	3,48±0,13	1,44±0,12	40,37±1,49
	КВЧ	5,37±0,35 p≤ 0,05	2,24±0,41 p ≤ 0,05	52,31±3,35 p ≤ 0,05
10 сутки	Контроль	3,49±0,12	1,48±0,11	40,86±1,26
	КВЧ	5,44±0,29 p ≤ 0,05	2,34±0,39 p ≤ 0,05	53,55±3,75 p ≤ 0,05

Примечание. p – достоверность различий показателей при сравнении с данными группы контроля.

Таблица 2

Динамика амплитуд осцилляторных ритмов микроциркуляции у животных в условиях действия ГК, ЭМИ КВЧ и их комбинации (M±m)

Сутки эксперимента	Группы	Аэ	Ан	Ам	Ад	Ап
1 сутки	Контроль	9,68±0,13	12,64±0,14	15,43±0,13	14,36±0,16	9,15±0,13
	КВЧ)	11,27±0,46 p≤0,05	14,29±0,49 p≤0,05	17,45±0,51 p≤0,05	14,29±0,45	9,86±0,65
3 сутки	Контроль	9,63±0,13	12,70±0,13	15,47±0,13	14,40±0,12	9,19±0,11
	КВЧ	11,32±0,44 p≤0,05	14,56±0,5 p≤0,05	17,75±0,56 p≤0,05	13,8±0,5 p≤0,05	10,14±0,39 p≤0,05
5 сутки	Контроль	9,6±0,12	12,70±0,14	15,42±0,14	14,34±0,14	9,19±0,12
	КВЧ	11,64±0,36 p≤0,05	14,78±0,37 p≤0,05	18,38±0,38 p≤0,05	13,55±0,37 p ≤ 0,05	10,56±0,36 p≤ 0,05
7 сутки	Контроль	9,67±0,10	12,65±0,13	15,47±0,13	14,37±0,14	9,17±0,11
	КВЧ	12,39±0,43 p≤0,05	15,44±0,31 p≤0,05	19,25±0,47 p≤0,05	13,19±0,42 p≤0,05	10,63±0,30 p≤0,05
10 сутки	Контроль	9,69±0,11	12,69±0,13	15,43±0,13	14,42±0,15	9,20±0,13
	КВЧ	12,65±0,31 p≤0,05	15,93±0,45 p≤0,05	19,56±0,34 p≤0,05	12,82±0,48 p≤0,05	11,22±0,47 p≤0,05

Примечание. p – достоверность различий показателей при сравнении с данными группы контроля.

После третьего сеанса КВЧ-воздействия, наряду с Аэ и Ан, увеличивались амплитуды миогенных ритмов (Ам, на 9 % (p≤0,05)), что отражало снижение тонуса прекапиллярных сфинктеров и прекапиллярных метартериол [2]. Поскольку известно, что ритмы данного диапазона обусловлены колебаниями концентрации Ca^{2+} через мембраны мышечных клеток [3], следовательно, повышение Ам свидетельствует о снижении тонуса прекапиляров вследствие развития Ca2+-зависимой мышечной релаксации.

Необходимо отметить, что на фоне стимуляции сосудистых компонентов регуляции микроциркуляции происходило уменьшение активности внесосудистого фактора, а именно амплитуд дыхательных ритмов (Ад), свидетельствующих об увеличении тонуса сосудов венулярного звена, что на фоне снижения тонуса резистивных микрососудов и соответствующего ему увеличению притока крови в микрорусло, является маркером улучшения венулярного оттока вследствие увеличения градиента артериовенозного давления [4, 5].

Пятикратное КВЧ-воздействие приводило к включению всех регуляторных механизмов в реакцию кожной микроциркуляции на данный физический фактор. Так, наряду с описанными выше показателями, происходило увеличение на 9 % (p≤0,05) амплитуд пульсовых колебаний (Ап), которые отражают перфузионное давление в микрососудах, обусловленное как сердечным выбросом, перепадами систолического и диастолического давления, так и влиянием посткапиллярного сопротивления [2].

Увеличение количества сеансов КВЧ-воздействия приводило к прогрессивному увеличению выраженности вазотропных реакций, максимальные изменения показателей регистрировались после 10-го сеанса. Так, увеличивались осцилляторные показатели микроциркуляции: Аэ – на 34 %, (p≤0,05), Ан – на 25 % (p≤0,05), Ам – на 10 % (p≤0,05), Ап – на 13 %, а также снижались Ад на 12 % (p≤0,05). Увеличились и неосцилляторные показатели: ПМ – на 62 % (p≤0,05), СКО – на 69 % (p≤0,05), коэффициента вариации – на 33 % (p≤0,05).

Заключение

Таким образом, после 10 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.

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

Список литературы

1. Чуян Е.Н. Нейроімуноендокринні механізми адаптації до дії низько інтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти: Автореф. дис… докт. біол. наук. – Київ, 2004. – 40 с.

2. Stefanovska A. Physics of the human cardiovascular system / A. Stefanovska, M. Bracic // Contemporary Physics. – 1999. – V. 40, №1. – P.31-35

3. Маколкин В.И. Метод лазерной допплеровской флоуметрии в кардиологии / В.И. Маколкин, В.В. Бранько, Є.А. Богданова: Пособие для врачей. – М.: Россельхозакадемия. – 1999. – 48 с.

4. Крупаткин А.И. Сидоров В.В. Лазерная допплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. – М. Медицина, 2005.

5. Schmid – Schonbein H., Ziege S., Grebe R. Synergetic interpretation of patterned vasomotor activity in microvascular perfusion: descrete effects of myogenic and neurogenic vasoconstriction as well as arterial and venous pressure fluctuations. Int. J. Microcir. 17 : 346-359. 1997.