

УДК 57.043

ИЗМЕНЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТКАНЕВОГО КРОВОТОКА ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Чуян Е. Н.¹, Трибрат Н. С.¹, Трибрат А. Г.²

¹*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

²*Медицинская академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: 3brat@rambler.ru*

В работе исследованы вазотропные эффекты действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на неоднородные в сосудистом отношении области с разной степенью пространственной васкуляризации и периваскулярной иннервацией.

Показано, что действие низкоинтенсивным фактором в области с преобладанием нутритивного кровотока характеризуется стабильным приростом общего объемного кровотока в течение всего курса КВЧ-воздействия. Это происходит за счет прироста шунтового кровотока в первые сутки и прироста нутритивного кровотока в последующие сутки воздействия.

В то же время при исследовании области, богатой артериоло-веноулярными анастомозами, отмечаются более отдаленные последствия изменения параметров микроциркуляции – прирост как общего объемного, так и объемного нутритивного кровотока после 10 сеанса КВЧ-воздействия.

Ключевые слова: микроциркуляция крови, низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ, общий объемный кровоток, объемный нутритивный кровоток, объемный шунтовой кровотоков.

ВВЕДЕНИЕ

Низкоинтенсивное электромагнитное излучение крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) успешно применяется в медицинской физиотерапевтической практике для профилактики и лечения различных функциональных расстройств. Известно о благоприятном действии низкоинтенсивного фактора на процессы микроциркуляции [1]. Наши данные о влиянии ЭМИ КВЧ на процессы микроциркуляции у здоровых испытуемых были получены с использованием метода лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) [2]. Однако в настоящее время крайне малочисленны сведения о влиянии ЭМИ КВЧ на объемные параметры тканевого кровотока. Вместе с тем в литературных источниках [1] показана возможность оценки объемных параметров тканевого кровотока, в том числе нутритивного и шунтового, методом ЛДФ с использованием вейвлет-анализа осцилляций кровотока. В частности, выявлена достоверная положительная корреляция при сравнении объемных показателей, рассчитанных на основе показателей ЛДФ-метрии, с результатами капилляроскопии, что позволяет

использовать объемные параметры ЛДФ в экспериментальной и клинической практике [1].

Следовательно, актуально исследовать изменение объемных показателей тканевого кровотока при действии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. Однако в виду пространственной неоднородности распределения микрососудов полученные данные могут существенно отличаться, что может обуславливать различную степень эффективности при действии низкоинтенсивным ЭМИ КВЧ.

В связи с этим целью данной работы явилось выявление изменений объемных показателей тканевого кровотока при действии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (плотность потока мощности – $0,1 \text{ мВт/см}^2$; длина волны – $7,1 \text{ мм}$) в областях с различной пространственной васкуляризацией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 30 девушек-волонтеров в возрасте 18–23 лет, условно здоровые. Для изучения микрогемодинамики исследование проводили с помощью метода ЛДФ на лазерном анализаторе микроциркуляции «ЛАКК-02» с двумя световодными зондами, регистрируя показатель перфузии крови. Показатель перфузии, в свою очередь, является результатом суперпозиции основных гемодинамических ритмов, модулирующих поток крови, в числе которых эндотелиальные, нейрогенные, миогенные, пульсовые и дыхательные волны. Один из ЛДФ-зондов фиксировали в области Захарьина-Геда сердца (на 4 см выше шиловидных отростков в области лучевой кости). Выбор исследуемой области обусловлен тем, что указанная область бедна артериоло-венулярными анастомозами (АВА), а потому в большей степени отражает преимущественно нутритивный кровоток [3]. Второй ЛДФ-зонд фиксировали в области вентральной поверхности второго пальца кисти. Данная область характеризуется обилием АВА, которые отличаются богатой нервной иннервацией, преимущественно за счет симпатических адренергических вазомоторов. Таким образом, эта область отличается максимальной вазомоторной вариабельностью.

Исследование показателей микроциркуляции в обеих областях проводили до, а также после 1, 5 и 10-тикратного воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. На основе полученных данных при регистрации ЛДФ-граммы производили расчет объемных показателей микроциркуляции по методике, предложенной А. И. Крупаткиным [4].

Среди объемных показателей тканевого кровотока оценивали: общий объемный кровоток (ООК, перф. ед./мм. рт. ст.), объемный нутритивный кровоток (ОНК, перф. ед./мм. рт. ст.), объемный шунтовой кровоток (ОШК, перф. ед./мм. рт. ст.).

Для области, отражающей преимущественно нутритивный кровоток, т. е. для области Захарьина – Геда сердца применяли следующую формулу для расчета ООК (перф.ед./мм.рт.ст.):

$$\text{ООК}=(M \cdot A_{\text{макс}} \cdot A_c) / \sigma \quad (1),$$

где M – уровень перфузии в исследуемой области; $A_{\text{макс}}$ – максимальное значение амплитуды осцилляций тканевого кровотока в активном диапазоне, A_c –

наибольшее значение амплитуды пульсовых колебаний; σ – среднее квадратичное отклонение.

В случае с областью, богатой АВА, а соответственно, богатой вегетативными и сенсорными нервными волокнами, применяли другую формулу для вычисления ООК (перф. ед./мм. рт. ст.):

$$\text{ООК} = (M \cdot A_n \cdot A_c) / (P_{\text{ср}} + \sigma) \quad (2),$$

где A_n – максимальное значение амплитуды в нейрогенном диапазоне, $P_{\text{ср}}$ – среднее давление.

$P_{\text{ср}}$ вычисляли по формуле:

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{диаст.}} + 1/3(P_{\text{сист.}} - P_{\text{диаст.}}) \quad (3).$$

ОНК вычисляли одинаково для обеих анатомических областей по формуле:

$$\text{ОНК} = \text{ООК} / \text{ПШ} \quad (4),$$

где ПШ – показатель шунтирования, причем для области с низким количеством анастомозов. ПШ рассчитывали как

$$\text{ПШ} = A_{\text{макс1}} / A_m \quad (5),$$

где $A_{\text{макс1}}$ – максимальное значение амплитуды в активном диапазоне осцилляций тканевого кровотока, A_m – максимальное значение амплитуды миогенных колебаний.

Для области с высоким содержанием анастомозов ПШ рассчитывали следующим образом:

$$\text{ПШ} = A_n / A_m \quad (6).$$

Расчет ОШК (перф.ед./мм.рт.ст.) проводили одинаково для всех областей по следующей формуле:

$$\text{ОШК} = \text{ООК} - \text{ОНК} \quad (7).$$

Экспериментальное воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ осуществлялось в течение 10 дней ежедневно с использованием 7-канального аппарата РАМЕД ЭКСПЕРТ-04 (длина волны – 7,1 мм, плотность потока мощности – 0,1 мВт/см²) с экспозицией по 30 минут на области биологически активных точек (БАТ) GI-15 правого плечевого сустава и на симметричные БАТ E-36, RP-6, GI-4.

Оценка достоверности для внутригрупповых различий осуществлялась с использованием критерия Вилкоксона, для межгрупповых – по критерию Манна – Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты настоящего исследования, ООК при регистрации в области Захарьина – Геда сердца до экспериментального воздействия ЭМИ КВЧ составил 0,46 перф. ед. Воздействие ЭМИ КВЧ привело к возрастанию уровня ООК в зоне Захарьина – Геда сердца уже после первого воздействия на 30,34 % ($p \leq 0,05$), после пятого – на 41,30 % ($p \leq 0,05$) и десятого – на 30,34 % ($p \leq 0,05$) относительно исходных значений этого показателя (табл. 1). Кроме того, показатель ООК в области Захарьина – Геда сердца был достоверно выше, чем соответствующий показатель, зарегистрированный в области вентрально поверхности указательного пальца.

Поскольку показатель ООК характеризует общий поток крови в микрососудистом русле [4], следовательно, включает в себя нутритивный (ОНК) и шунтовой (ОШК) компоненты.

После первого сеанса в области бедной анастомозами отмечалось значительное увеличение ОШК – почти в 2,5 раза относительно исходных значений (табл. 1). Кроме того, показатель ОШК в области Захарьина – Геда сердца после 1 сеанса КВЧ-терапии имел более высокие значения, чем этот же показатель, зарегистрированный в области вентральной поверхности указательного пальца. АВА, являясь шунтирующими сосудами, имеют хорошо выраженный слой гладкомышечных клеток в своей структуре и в связи с этим осуществляют ненутритивный, то есть шунтирующий кровоток, способствуя перераспределению потока крови между артериолами и венами, минуя капиллярное звено, формируя коллатеральные пути притока крови в микроциркуляторную систему [5]. Вероятно, именно за счет увеличения уровня ОШК произошло увеличение ООК в области Захарьина – Геда сердца после первого КВЧ-воздействия. После пятого и десятого сеансов ЭМИ КВЧ данный показатель имел лишь тенденцию к росту.

Таблица 1

Изменение объемных показателей тканевого кровотока микрососудистого русла в различных областях локализации ЛДФ-зондов при КВЧ-воздействии

Области ЛДФ-метрии	Показатели	фон	Воздействие ЭМИ КВЧ		
			1	5	10
Область Захарьина-Геда сердца (область с низким содержанием АВА)	ООК	0,46±0,04	0,60±0,06 p≤0,05	0,65±0,07 p≤0,05	0,60±0,06 p≤0,05
	ОНК	0,42±0,05	0,52±0,07	0,59±0,06 p≤0,058	0,53±0,06 p≤0,05
	ОШК	0,03±0,01	0,07±0,02 p≤0,05	0,05±0,01	0,06±0,02
вентральная поверхность 2-го пальца кисти (с высоким содержанием АВА)	ООК	0,04±0,01	0,04±0,005 p _{1,2} ≤0,05	0,05±0,01	0,06±0,01 p≤0,05
	ОНК	0,03±0,004	0,02±0,004	0,04±0,01	0,05±0,01 p≤0,05
	ОШК	0,01±0,002	0,02±0,004 p _{1,2} ≤0,05	0,01±0,003	0,01±0,005

Примечание: достоверность различий p≤0,05 по критерию Вилкоксона относительно исходных значений соответствующих показателей; p_{1,2}≤0,05 - достоверность межгрупповых различий p≤0,05 по критерию Манна – Уитни.

ООК – общий объемный кровоток, ОНК – объемный нутритивный кровоток, ОШК – объемный шунтовой кровоток.

Кроме шунтового кровотока, при действии ЭМИ КВЧ в области Захарьина – Геда сердца происходили изменения и нутритивного кровотока. Так, после первого сеанса данный показатель имел тенденцию к росту, а после пятого и десятого воздействия ЭМИ КВЧ отмечалось значительное увеличение ОНК относительно исходных значений этого показателя на 40,48 % ($p \leq 0,05$) и 26,19 % ($p \leq 0,05$) соответственно в сравнении с исходными данными.

Согласно литературным данным, величина ОНК прямо коррелирует с капилляроскопическими параметрами: объемной скоростью веноулярного отдела капилляров и средней объемной скоростью капиллярной петли в целом [4], а следовательно, отражает объемную скорость кровотока именно в нутритивных микрососудах. Поскольку ОНК отражает преимущественно кровенаполнение капиллярного звена микрососудистого русла, его величина определяется сократительной активностью гладкомышечных прекапилляров, формирующих прекапиллярное устье. Следовательно, низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ способствует снижению сопротивления в области гладкомышечных прекапилляров, что приводит к возрастанию числа функционирующих капилляров, а в настоящем исследовании нашло свое выражение в увеличении уровня ОНК после пятого и десятого сеансов КВЧ-воздействия.

Таким образом, в области Захарьина – Геда сердца отмечалось увеличение общего объемного кровотока, то есть суммарного притока крови в сосудистое русло в течение всего курса КВЧ-терапии: после однократного воздействия ООК возрастал за счет увеличения шунтового кровотока, а после 5-ти и 10-тикратного – за счет увеличения притока крови в собственно капилляры.

В области богатой АВА, то есть на вентральной поверхности указательного пальца изменения объемных показателей микроциркуляции носили более отсроченный характер. Так, увеличение ООК отмечалось лишь после 10-го сеанса КВЧ-терапии, возрастая на 50 % ($p \leq 0,05$) в сравнении с исходными данными.

Увеличение ООК после десятого сеанса КВЧ-воздействия отмечалось, в том числе, за счет притока крови в капиллярное звено, в пользу чего свидетельствует увеличение показателя, характеризующего кровенаполнение собственно капиллярного звена – ОНК. Так, показатель ОНК на протяжении всего курса воздействия имел тенденцию к увеличению, однако лишь после 10-го КВЧ-воздействия данный показатель увеличился на 66,67 % ($p \leq 0,05$).

Показатель, характеризующий шунтовой кровоток, практически не изменялся при регистрации в области вентральной поверхности указательного пальца при действии низкоинтенсивного фактора.

Следовательно, в области богато иннервированной симпатическими вазомоторами изменения тканевого кровотока отмечались в более отдаленные сроки и проявлялись в увеличении общего притока в микроциркуляторное русло за счет интенсификации нутритивного кровотока.

Таким образом, низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ воздействует на кожную микрогемодинамику, что выражается в изменении параметров объемного кровотока. Однако в областях с различной васкуляризацией вазотропные изменения ЭМИ КВЧ носили различный характер и проявлялись в различные сроки. Вероятно,

причины этого кроются в механизмах биологического действия низкоинтенсивного фактора.

Во-первых, действие ЭМИ КВЧ связывают с изменением осцилляций ионов кальция, в частности, КВЧ-воздействие влияет на транспорт Ca^{2+} через мембрану, модулирует активность Ca^{2+} -зависимых мембраносвязанных белков, индуцирует кальциевую мобилизацию, изменяет содержание свободных ионов кальция внутри клетки, а также сродство внутриклеточных белков к Ca^{2+} [6], что существенно изменяет функционирование клеток. При этом предполагают, что одним из ведущих механизмов, обеспечивающих миогенные реакции, является устойчивое повышение внутриклеточной концентрации ионов кальция [5]. Возможно, за счет изменения пейсмекерной активности внутри гладкомышечных волокон, вызванных осцилляциями концентрации ионов Ca^{2+} через мембраны, отмечалось увеличение шунтового кровотока, что нашло выражение в увеличении показателя ОШК после 1 сеанса КВЧ-терапии в области Захарьина – Геда сердца.

Во-вторых, ЭМИ КВЧ существенно изменяет функционирование возбудимых тканей за счет изменения активности ионных каналов. Было показано, что воздействие ЭМИ КВЧ может приводить к гиперполяризации мембран возбудимых клеток за счет изменения пассивной проницаемости мембран и активности Na-насоса [7]. Гиперполяризация мембран гладкомышечных клеток, вероятно, могла явиться причиной дилатации прекапиллярных артериол, что и проявилось в виде увеличения ОНК при действии КВЧ-воздействии в области Захарьина – Геда сердца.

В-третьих, КВЧ-воздействие может быть обусловлено выделением биологически активных веществ, ведущих к запуску каскада дальнейших биологических реакций. Так, в экспериментальных работах было выявлено, что ЭМИ КВЧ (42,25 ГГц, плотность потока мощности от 100 мкВт/см² до 50 мВт/см²) [9, 635; 10, с. 1096] способствует дегрануляции тучных клеток кожи с выделением гистамина. В частности, уровень гистамина в зоне дегрануляции тучных клеток под действием КВЧ-излучения увеличивается в 30 раз [10], что вызывает пролонгированное расширение капилляров за счет стимуляции ответа прекапиллярных сфинктеров на действие этого физического фактора. Вероятно, именно этим обусловлено увеличение нутритивного кровотока, проявившееся в приросте ОНК, в области Захарьина – Геда сердца после 5 и 10 сеансов КВЧ-воздействия.

Однако в области вентральной поверхности указательного пальца, богатой АВА, изменения показателей объемного кровотока носили более отсроченный характер, проявлялись лишь после 10 сеансов КВЧ-воздействия и выразились в увеличении ООК за счет нутритивного компонента.

Уровень общего объемного кровотока контролируется, с одной стороны, собственной миогенной активностью гладкомышечных клеток, а с другой – нейросинаптическими механизмами поддержания сосудистого тонуса.

В соответствии с классическими представлениям [11], ЭМИ КВЧ способствует изменению импульсной активности нервных проводников кожи, обладающих тонической активностью. Существуют данные о том, что интенсивности ЭМИ КВЧ,

используемые в физиотерапии, достаточны для активации различных рецепторов и других нервных окончаний, расположенных в коже [11]. Таким образом, КВЧ-воздействие, способствуя изменению импульсной активности нервных проводников, вовлекает нейрогенные механизмы контроля микрососудистого русла.

Поскольку область вентральной поверхности указательного пальца богато иннервирована симпатическими вазомоторами, оказывающими преимущественно констрикторное действие на микрососуды кожи, можно предположить, что именно с влиянием ЭМИ КВЧ на адренергические вазомоторы связано снижение их функциональной активности, что проявилось, в свою очередь, снижением тонуса резистивных артериол и, вероятно, нашло свое отображение в притоке крови и, как следствие, в увеличении ООК.

Таким образом, постановка эксперимента позволила выявить особенности изменения объемных показателей у испытуемых одной группы в областях с неоднородной васкуляризацией при курсовом воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ приводит к изменению объемных параметров тканевого кровотока в областях с различной пространственной васкуляризацией.
2. В области Захарьина – Геда сердца с преобладанием нутритивного кровотока отмечается увеличение общего объемного кровотока в течение всего курса действия ЭМИ КВЧ максимально на 41,30 % ($p \leq 0,05$), а объемного нутритивного кровотока, начиная с пятого сеанса, – максимально на 40,48 % ($p \leq 0,05$).
3. В области с богатой симпатической адренергической иннервацией – на вентральной поверхности указательного пальца правой руки – отмечается увеличение общего объемного кровотока и объемного нутритивного кровотока в более отсроченные периоды – после 10-тикратного КВЧ-воздействия на 50 % ($p \leq 0,05$) и 66,67 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ р_юг_а- № 14-44-01569 «Механизмы действия низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты на тканевую микрогемодинамику».

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-04-06054 (проект «Феноменология и механизмы действия слабых электромагнитных факторов: ослабленного электромагнитного поля Земли и низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты»).

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках базовой части государственного задания № 2015/701 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Обоснование применения оздоровительно-превентивных технологий на основе действия низкоинтенсивных факторов различной природы».

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. Чуян Е. Н. Механизмы действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения на тканевую микрогемодинамику: Монография / Е. Н. Чуян, Н. С. Трибрат, М. Н. Ананченко, М. Ю. Раваева – Симферополь: Информационно-издательский отдел Таврического национального университета имени В. И. Вернадского, 2011. – 328.
3. Козлов В. И. Лазерная доплеровская флоуметрия и анализ коллективных процессов в системе микроциркуляции / В. И. Козлов, Л. В. Корси, В. Г. Соколов // Физиология человека. – 1998. – Т. 24. – №6. – С. 112.
4. Крупаткин А. И. Оценка объемных параметров общего, нутритивного и шунтового кровотока микрососудистого русла кожи с помощью лазерной доплеровской флоуметрии / А. И. Крупаткин // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 1. – С. 114–119.
5. Морман Д. Физиология сердечно-сосудистой системы: пер. с англ. / Д. Морман, Л. Хеллер. – СПб.: Питер, 2000. – 256 с.
6. Гапеев А. Б. Действие непрерывного и модулированного ЭМИ КВЧ на клетки животных: Ч. 3. «Биологические эффекты непрерывного ЭМИ КВЧ» / А. Ю. Гапеев, Н. К. Чемерис // Вестник новых медицинских технологий. – 2000. – Т. 7, № 1. – С. 20–25.
7. Alekseev S.I. Millimeter waves thennally alter the firing rate of the Lymnaea pacemaker neurone / S.I. Alekseev, M.C. Zlskin, N.V. Kochetkova et. al. // Bioelectromagnetics.- 1997.-Vol. 18. - P. 89-98.
8. Schmid-Schonbein H. Synergetic Interpretation of Patterned Vasomotor Activity in Microvascular Perfusion: Descrete Effects of Miogenic and Neurogenic Vasoconstriction as well as Arterial and Venous Pressure Fluctuation / H. Schmid-Schonbein, S. Ziege, R. Grebe et.al. // Int. J. Micror. - 1997. - V. 17. - P. 346-359.
9. Воронков В. Н. Морфологические изменения в коже при действии КВЧ ЭМИ / В. Н. Воронков, Е. П. Хижняк // Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине: межд. симпоз.: сб. докл. – М.: ИРЭ АН СССР, 1991. – С. 635–638.
10. Попов В. И. Дегрануляция тучных клеток кожи под действием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты / В. И. Попов, В. В. Рогачевский, А. Б. Гапеев // Биофизика. – 2001. – Т. 46, вып. 6. – С. 1096–1102.
11. Лебедева, Н. Н. Электромагнитная рецепция и индивидуальные особенности человека / Н. Н. Лебедева, Т. И. Котровская // Миллиметровые волны в медицине и биологии. – 1996. – № 7. – С. 14–20.

CHANGE OF VOLUME TISSUE BLOOD FLOW INDICATORS UNDER LOW INTENSITY EHF EMR

Chuyan E. N., Tribрат N. S., Tribрат A. G.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: 3brat@rambler.ru*

It is known, that low-intensity electromagnetic radiation of extremely high frequency (EHF EMR) has recently been successfully used in medical practice for the treatment of phisioterapia practice various disorders. At the same time, aware of the beneficial effect of low-intensity factor on the microcirculation. Many data on the effect of EHF electromagnetic radiation on the microcirculation were obtained using the method laser Doppler flowmetry

The article studied the effects of vasotropic action of low-intensity EHF EMR on inhomogeneous in respect of vascular areas with varying degrees of spatio perivascular innervation and vascularization.

It is shown that the effect of low-intensity factor in the area with a predominance of nutritive blood flow is characterized by stable growth in the total volume of blood flow throughout the course of EHF-influence. This is due to the increase of blood flow shunt in the first day and the growth of nutritive blood flow in the next day effects.

At the same time in the study area rich arteriolo-venular anastomoses observed more remote consequences of changes in the parameters of microcirculation - a general increase in volume, and the volume of nutritive blood flow after 10 sessions of EHF-influence.

Keywords: microcirculation, low-intensity EHF EMR, total volumetric blood flow, volumetric nutritional blood flow, volumetric blood flow shunt.

References

1. Beckij O. V., Kislov V. V., Lebedeva N. N. *Millimetrovye volny i zhivye sistemy*, 107 (M.: «SAJNS-PRESS», 2004).
2. CHuyan E. N., Tribрат N. S., Ananchenko M. N., Ravaeva M. YU. *Mekhanizmy dejstviya nizkointensivnogo millimetrovogo izlucheniya na tkanevuyu mikrogemodinamiku* : Monografiya, 328. (Simferopol' : Informacionno-izdatel'skij otdel Tavricheskogo nacional'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo, 2011).
3. Kozlov V. I., Korsi L. V., Sokolov V. G. Lazernaya dopplerovskaya floumetriya i analiz kolektivnyh processov v sisteme mikrocirkulyacii, *Fiziologiya cheloveka*, **24**, **6**, 112 (1998).
4. Krupatkin A. I. Ocenka ob"emnyh parametrov obshchego, nutritivnogo i shuntovogo krovotorka mikrosudistogo rusla kozhi s pomoshch'yu lazernoj doplerovskoj floumetrii, *Fiziologiya cheloveka*, **31**, **1**, 114 (2005).
5. Morman D., Heller L. *Fiziologiya serdechno-sosudistoj sistemy : per. s angl.*, 256 (SPb.: Piter, 2000).
6. Gapeev A. B., CHemeris N. K. Dejstvie nepreryvnogo i modulirovannogo EHMI KVCH na kletki zhivotnyh: CH. 3. "Biologicheskie ehffekty nepreryvnogo EHMI KVCH", *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij*, **7**, **1**, 20 (2000).
7. Alekseev S. I., Zlskin M. C., Kochetkova N. V. et. al. Millimeter waves thennally alter the firing rate of the Lymnaea pacemaker neurone, *Bioelectromagnetics*, **18**, 89 (1997).
8. Sshmid-Sshonbein H., Ziege S., Grebe R. et.al. Synergetis Interpretation of Patterned Vasomotor Astivity in Misrovassular Perfusion: Dessrete Effests of Miogenesis and Neurogenis Vasosonstriction as well as Arterial and Venous Pressure Flustuation, *Int. J. Misror.*, **17**, 346 (1997).
9. Voronkov V. N., Hizhnyak E. P. Morfologicheskie izmeneniya v kozhe pri dejstvii KVCH EHMI, *Millimetrovye volny neteplovoj intensivnosti v medicine: mezhd. simpoz.: sb. dokl.*, 635 (M.: IREH AN SSSR, 1991).
10. Popov V. I., Rogachevskij V. V., Gapeev A. B. Degranulyaciya tuchnyh kletok kozhi pod dejstviem nizkointensivnogo ehlektromagnitnogo izlucheniya krajne vysokoj chastoty, *Biofizika*, **46**, **6**, 1096 (2001).
11. Lebedeva N. N., Kotrovskaya T. I. EHlektromagnitnaya recepciya i individual'nye osobennosti cheloveka, *Millimetrovye volny v medicine i biologii*, **7**, 14 (1996)