

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ДОКЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ И МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ЭМИ НА СОСТОЯНИЕ ТКАНЕВОГО КРОВОТОКА В КОЖНОМ ЛОСКУТЕ КРЫС

УДК 615.849.112:612.135]-092.9

Полякова А.Г., Сазонова И.Е., Воловик М.Г., Перетягин П.В., Захарова Д.В.

ФГБУ «Нижегородский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии» Минздра РФ,
Нижний Новгород, Россия

THE INFLUENCE OF LOW INTENSITY EMR ON THE STATE OF TISSUE BLOOD FLOW IN THE SKIN LOSKUTE OF RATS

Polyakova AG, Sazonova JE, Volovik MG, Peretyagin PV, Zakharova DV

«The Nizhny Novgorod Institute of Traumatology and Orthopedics», Nizhniy Novgorod, Russia

Введение

Пластические процессы соединительной ткани происходят на фоне ее усиленного функционирования, что требует активизации тканевого кровотока [1]. В этой связи представляется актуальным вопрос о возможности целенаправленного запуска сосудистых реакций в ишемических зонах с помощью немедикаментозных методов стимуляции восстановительной регенерации поврежденных тканей, особенно при наличии ее дефицита. Особый интерес для воздействия на микроциркуляторное русло представляет электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокочастотного (КВЧ) и терагерцового (ТГЧ) диапазонов (10 ГГц–10 ТГц), которое генерируется живыми системами и используется в процессе «безпомеховых» межклеточных коммуникаций [2, 3]. Важным аспектом ТГЧ диапазона является наличие в нем частот межуровневых переходов некоторых неорганических веществ: линии воды, кислорода, CO, CO₂, NO, а также больших органических молекул: ДНК, белка и т.д., что представляет особый интерес для организма [3–6]. В отечественной и зарубежной литературе опубликованы работы, в которых представлены биологические эффекты данного диапазона ЭМИ, развивающиеся в рамках общего адаптационного синдрома, в том числе спазмолитическое действие на гладкую мускулатуру сосудистых стенок [7–11]. Доказано, что наиболее эффективно воздействие на организм через точечные рефлексогенные зоны [12–14]. Определение направленности действия сигналов ЭМИ КВЧ и ТГЧ шумового режима излучения на микроциркуляцию с оптимизацией частотно-энергетических пара-

метров воздействия позволит более успешно применять их в клинике.

Цель исследования – экспериментальное изучение влияния низкоинтенсивного электромагнитного излучения в диапазоне частот, содержащих спектры излучения и поглощения основных молекул-метаболитов, на состояние тканевого кровотока в пересаженном кожном лоскуте крыс.

Материалы и методы

Эксперимент проводился на лабораторных животных (крысах-самцах породы Wistar массой 410–460 г). Все крысы находились в одинаковых условиях. Эксперименты проводили в соответствии с требованиями Женевской конвенции «International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals» (Geneva, 1990).

Нарушения во внутрисосудистом компоненте микроциркуляции моделировались с помощью модифицированной методики выкраивания дорзального кожного лоскута [15]. Под внутримышечным наркозом (золетил+ксила) на спинке крыс формировался кожный лоскут на питающей ножке с осевым типом кровообращения. Это приводило к возникновению острого нарушения кровообращения, что позволяло использовать данную модель для изучения как положительного, так и отрицательного влияния физических факторов на «выживаемость» лоскута.

Животные (14 крыс) были разделены на две группы, одна из которых после операции не подвергалась воздействию и являлась контрольной. Животные второй (опытной) группы ежедневно облучались модифицированным прибором «Амфит» [16] с шумовым диапазоном

частот (110–170ГГц), содержащим спектры излучения и поглощения молекул кислорода и оксида азота. Курсовое воздействие проводилось в течение семи дней, 1 раз в сутки. За сеанс животные получали дозу ЭМИ 1,2 мДж (в соответствии с 10-минутной экспозицией воздействия). Контактное облучалась зона основания перемещенного лоскута в затылочно-воротниковой области, где локализованы в большом количестве рецепторные окончания, сосуды микроциркуляторного русла, лимфатические сосуды, тучные клетки, которые считаются первичными мишенями для волн миллиметрового диапазона [14].

Предварительно за сутки до оперативного вмешательства и регистрации исходных данных кровотока проводилось выщипывание волосяного покрова. Операционное поле обрабатывалось спиртовым раствором хлоргексидина. После разметки на спинке крысы выкраивался лоскут, включающий в себя кожу и собственную мышцу кожи размером 3 см на 10 см с основанием на горизонтальной линии, соединяющей углы лопаток. Затем лоскут без натяжения укладывался на место и пришивался узловыми швами атравматичным шовным материалом 4.0. (рис. 1).

Воздействие ЭМИ начинали в день оперативного вмешательства и продолжали ежедневно до седьмых суток. Во время операции и в ходе обследований (на 3 и 7 сутки) животные находились под внутримышечным наркотозом. Во время облучения ненаркотизирован-

ные крысы фиксировались в пенале из органического стекла в положении лежа на животе.

Перед операцией, после нее, на 3 и 7 сутки параллельно с облучением проводился клинический осмотр с регистрацией визуальной картины (фотоархивирование). Определение площади ишемических нарушений проводилось путем наложения прозрачного разлинованного трафарета.

Контроль динамики микроциркуляции в оперированном лоскуте осуществлялся по данным тепловизионного (ТВ) метода и лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Несмотря на то, что тепловидение является методом косвенной оценки тканевого кровотока, многочисленными исследованиями последних лет он признан эффективным для неинвазивного отображения пространственно-временной карты микроциркуляторных реакций в участке кожи на основе пространственного распределения температуры по ее поверхности [17, 18].

Исследование проводили с помощью тепловизора Thermo Tracer TH-9100 WR (Nec, Япония) в помещении с постоянной температурой 20–22°C. Температура кожного лоскута измерялась в проксимальном (зона 2), срединном (зона 3) и дистальном (зона 4) отделах и сравнивалась с референтной областью (зона 1), локализованной вне лоскута. Полученные ТВ данные обрабатывали с помощью профессионального программного обеспечения Radiometric Complete Online D 5.1.1.011–23.01.2012.

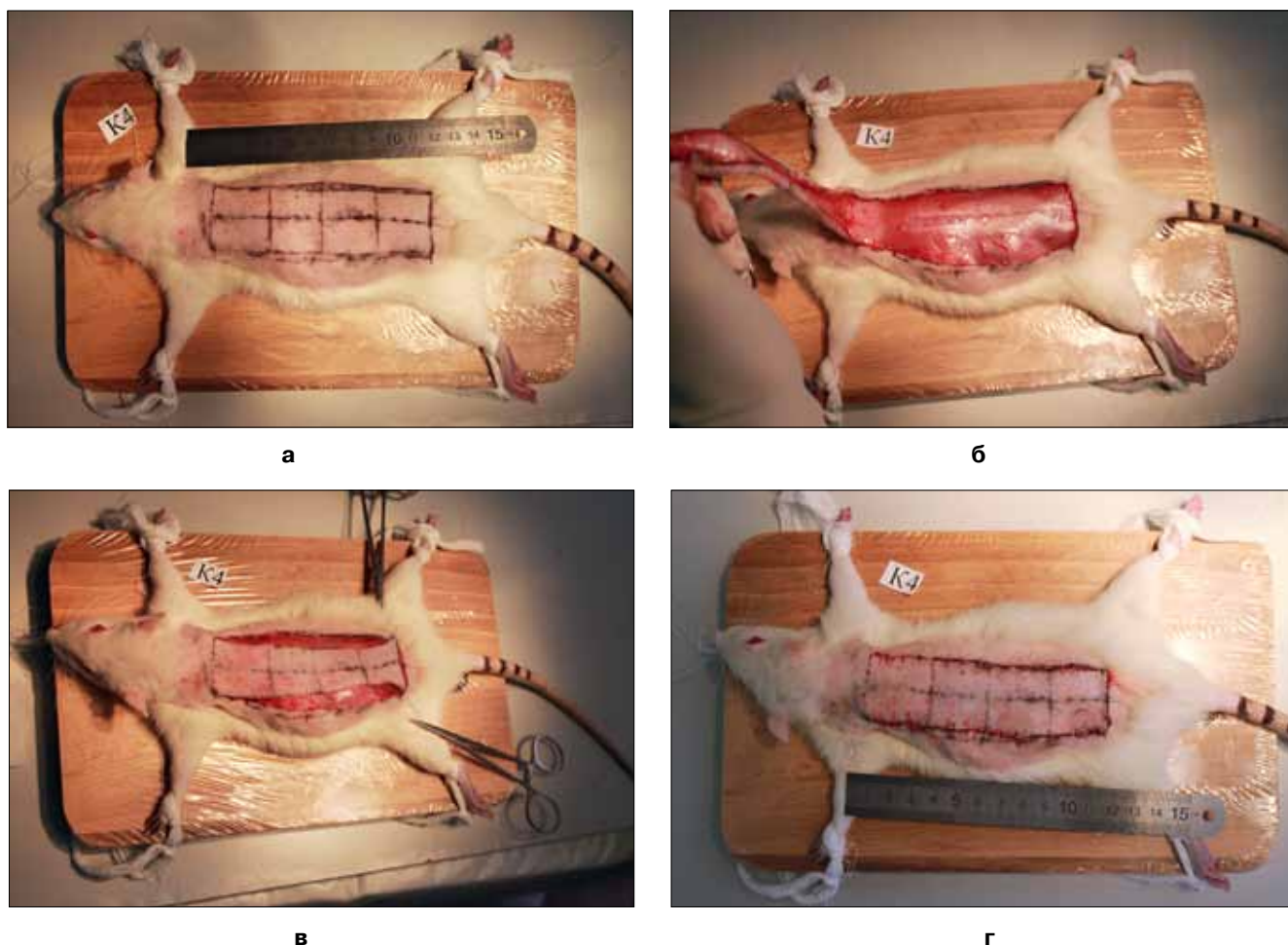


Рис. 1. Этапы операции дорзального кожного лоскута на питающей ножке с осевым типом кровообращения. А – разметка, Б – выкраивание и отсепаровка лоскута, В – укладывание лоскута, Г – фиксация кожного лоскута.

Параллельно с ТВ исследованием в тех же областях кожного лоскута с помощью ЛДФ оценивали интегральный показатель микроциркуляции (ПМ), характеризующий степень перфузии ткани кровью с помощью лазерного анализатора кровотока ЛАКК-М (НПП «Лазма», Россия) с применением вейвлет-анализа, оценивали изменения микрокровотока [19].

Результаты и их обсуждение

Перед операцией кожные покровы в зоне предполагаемого оперативного вмешательства, подготовленные путем эпиляции, визуально не были изменены, имели обычную окраску.

Клинически в контрольной группе с первых суток наблюдалась ишемия кожных покровов в дистальном отделе выкроенного лоскута (примерно в половине лоскута), которая нарастала к 3 суткам, и к 7 суткам формировался некроз на 42,5–60% площади (в среднем 46,5%).

В опытной группе клинически с первых суток наблюдалась краевая ишемия кожных покровов в дистальном отделе выкроенного лоскута, которая к 7 суткам формировалась в некрозы площадью от 10% до 41,67% (в среднем 26,33%), что свидетельствует об уменьшении нарушений микроциркуляции и выраженном сокра-

щении площади некроза в данной группе по сравнению с контрольной.

В качестве иллюстративных примеров приводим фото, отражающие состояние кожного лоскута у крыс из контрольной (а) и опытной (б) групп.

По ТВ данным, у большинства из оперированных животных контрольной группы в динамике отмечалось прогрессивное снижение температуры в области краев лоскута. На 7 сутки по сравнению с исходными данными увеличился разброс цифровых значений и перепад температур по длиннику лоскута. На 7 сутки у крыс данной группы регистрировались ТВ признаки начала формирования некроза, зона которого составила 30–45% площади дистальной части лоскута (рис. 3).

Динамика ТВ данных (рис. 4), совпадая с клиническими, показала снижение температурных значений к 7 суткам, начиная с середины лоскута, с нарастанием в дистальном направлении. В плане оценки площади некроза ТВ метод оказался наиболее информативен на этом этапе эксперимента. В дальнейшем границы сформировавшегося некроза тепловизионно оказалось определить сложнее, так как процессы в подлежащих тканях вносят свой вклад в термопаттерн.

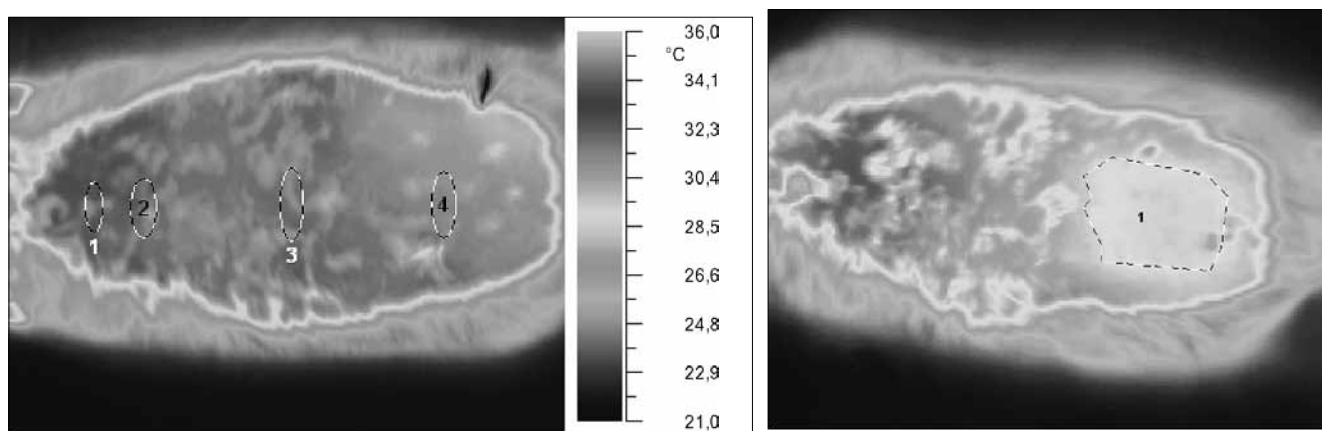


а



б

Рис. 2. Клиническая картина состояния кожного лоскута на 7 сутки наблюдения в контрольной (А) и опытной (Б) группах.



а

б

Рис. 3. Термокарты крысы контрольной группы. А – исходная до начала эксперимента. Б – на 7 сутки после операции. Области измерения: 1 – референтная, 2 – основание лоскута, 3 – середина лоскута, 4 – край лоскута. Область 1 на Б – контуры некроза (площадь 39% поверхности лоскута). В центре – шкала температур.

Полученные данные ЛДФ по контрольной группе животных также совпали с клиническими результатами, согласно которым к 3 суткам после операции нарастали ишемические изменения (рис. 5).

В среднем отделе лоскута регистрировалось снижение ПМ в 2 раза по сравнению с исходным значением (до оперативного вмешательства). К 7 суткам в этой группе животных в среднем отделе лоскута значения ПМ снизились еще в 2 раза. В дистальном отделе у всех животных обеих групп был зарегистрирован ПМ,

равный нулю, что свидетельствовало о некротических изменениях в кожном лоскуте. Это совпадало с тенденцией, зарегистрированной с помощью ТВ контроля (см. рис. 3 Б).

В опытной группе животных зарегистрирована иная динамика как температурных, так и микроциркуляторных изменений. По ТВ данным, на 7 сутки также отмечались признаки формирования зоны некроза, площадь которого, в среднем, оказалась меньше, чем в контрольной группе (рис. 6).

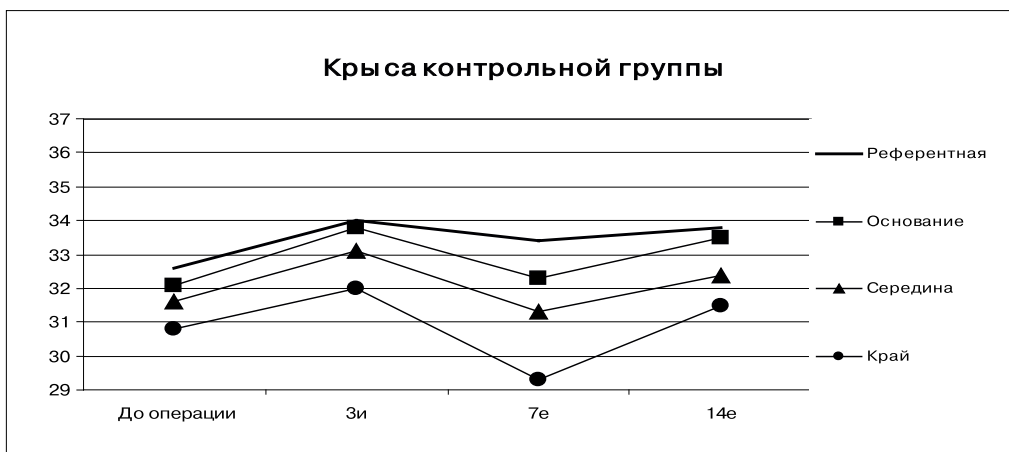


Рис. 4. Динамика температур на этапах эксперимента (исходно, 3, 7, 14 сутки) в референтной области и на участках лоскута (основание, середина, край) у крысы контрольной группы.

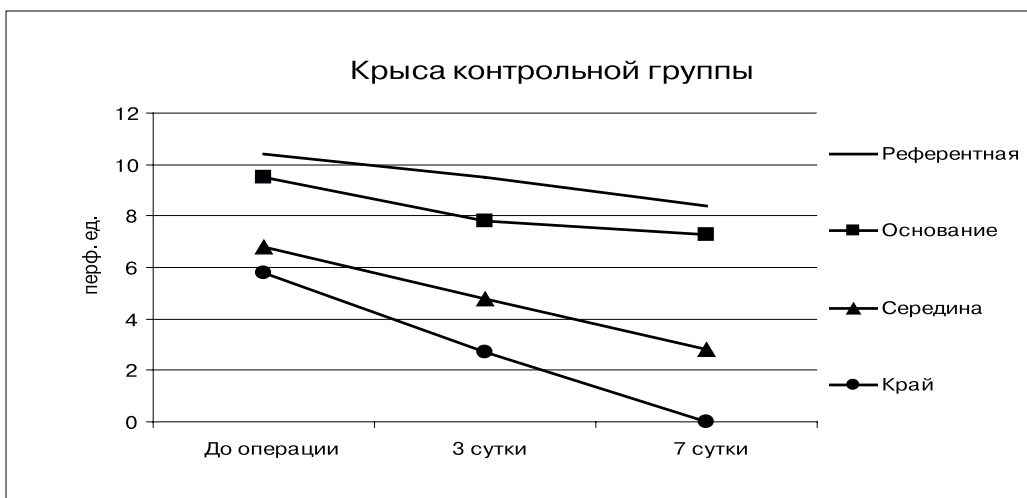


Рис. 5. Динамика показателя микроциркуляции у крысы контрольной группы

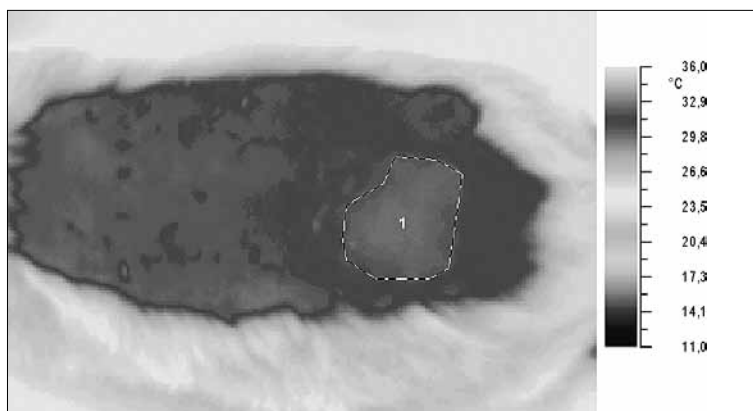


Рис. 6. Термокарта крысы опытной группы на 7 сутки после операции. Области изменения – см. рис. 3. Область 1 – контуры некроза (площадь 26% поверхности лоскута). Справа – шкала температур.

В то же время, максимальное снижение температур имело место на 3 сутки после операции, а к 7 суткам произошло повышение температуры, наиболее выраженное в проксимальных отделах лоскута (рис. 7).

По данным ЛДФ, в опытной группе на 7 сутки ПМ в среднем отделе лоскута по сравнению с исходным уровнем снизился незначительно, что свидетельствует о возможном адаптационном влиянии ЭМИ изучаемого диапазона (рис. 8).

Сравнительный анализ результатов клинических, ТВ и ЛДФ методов показал, что в опытной группе животных, облучавшихся ЭМИ, в частотном диапазоне которого содержатся спектры основных молекул-метаболитов, степень необратимых сосудистых изменений в лоскуте менее выражена по сравнению с контролем.

Поскольку наиболее общими среди всех микроциркуляторных расстройств являются локальный спазм сосудов и снижение скорости кровотока, зарегистрированные данные подтверждают спазмолитический механизм действия электромагнитного излучения шумового

диапазона 110–170ГГц на гладкомышечную сосудистую стенку животных.

Дальнейшие эксперименты на животных позволят выявить комбинации частотно-энергетических параметров излучения, способных наиболее точно и целенаправленно регулировать восстановительные реакции организма в микрососудистом русле в процессе заживления кожных ран.

Заключение. Таким образом, на модели пересаженного кожного лоскута у крыс экспериментально зарегистрировано влияние электромагнитных волн терагерцового диапазона, содержащего спектры излучения и поглощения основных молекул-метаболитов, в качестве управляющих сигналов для активизации процессов микроциркуляции.

Результаты имеют важное прикладное значение для разработки способов стимуляции трофической поддержки репаративных процессов в очаге поражения у пациентов травматолого-ортопедического профиля.

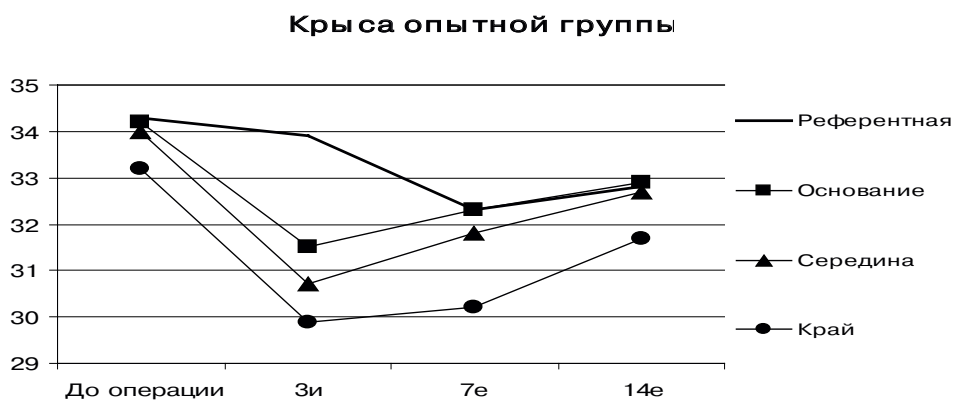


Рис. 7. Динамика температур на этапах эксперимента (исходно, 3, 7, 14 сутки) в референтной области и на участках лоскута (основание, середина, край) у крысы опытной группы.

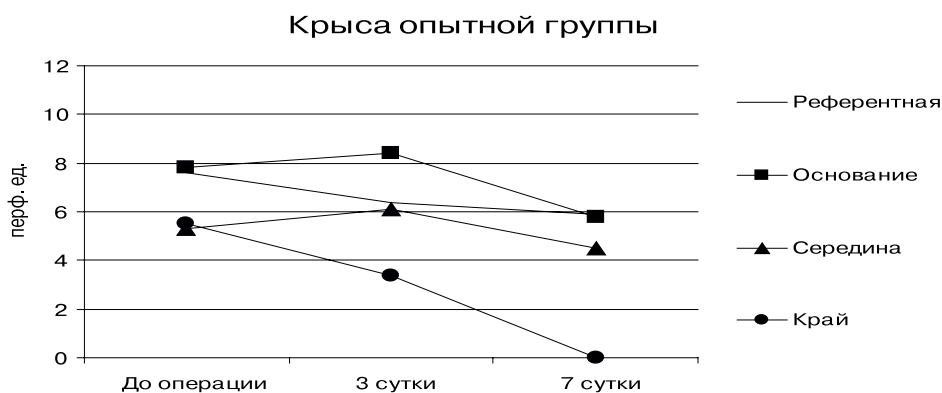


Рис. 8. Динамика показателя микроциркуляции в оперированном лоскуте у крысы опытной группы в течение недельного наблюдения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Саркисов Д.С., Амирасланов Ю.А., Алексеев А.А. и др. Структурные основы так называемых пластических свойств соединительной ткани // Бюл. эксперим. биологии и медицины. 1998. Т. 126, № 9. С. 244–248.
2. Девятков Н.Д., Голант М.В., Бецкий О.В. Особенности медико-биологического применения миллиметровых волн. – М.: ИРЭ РАН, 1994.
3. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. Миллиметровые волны и живые системы. – М.: Наука, 2004. – 272 с.
4. Козьмин А.С., Яременко Ю.Г. Терагерцовые волны и перспективы их применения // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2006. – №4 (44). – С. 67–75.
5. Зотова Е. А., Малинина Ю. А., Сомов А. Ю. Биологические эффекты воздействия миллиметрового и субмиллиметрового излучения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Т. 10, № 2 – 2008. – С. 636–641.
6. Цымбал А.А. Закономерности биологического действия электромагнитных волн терагерцового диапазона на частотах активных клеточных метаболитов на постстрессорные изменения показателей гомеостаза // Автореф. дисс.... д.м.н., Саратов, 2012. – 50 с.
7. Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н. Модификация неспецифических адаптационных реакций с помощью низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты // Миллиметровые волны в биологии и медицине – Сб. докл. – М.:ИРЭ РАН: 2003. – С. 87–88.
8. Чуян Е.Н., Раваева М.Ю., Трибрат Н.С. Низкоинтенсивное электромагнитное излучение миллиметрового диапазона: влияние на процессы микроциркуляции // Физика живого. – 2008. – Т.16, №1. – С. 82–90.
9. Влияние ЭМИ ТГЧ на частотах молекулярного спектра излучения и поглощения оксида азота на микро- и макроциркуляторные нарушения, возникающие при стрессе / А.Н. Иванов, О.Н. Антипова, О.И. Помощникова и др. // Молодые ученые – здравоохранению региона: Материалы 67-й весенней научно-практической конференции студентов и молодых специалистов СГМУ. – Саратов, 2006. – С. 120.
10. Ignarro L. G., Murad F. Nitric oxide: biochemistry, molecular biology and therapeutic implication // Adv. Pharmacol. – 1995. – № 34 – P. 1–516.
11. Крылов В.Н., Ошевский Л.В. Влияние КВЧ-воздействия на изолированную гладкомышечную ткань кишечника крыс //Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2000. – № 2. – С. 11–14.
12. Полякова А. Г. КВЧ- и лазеропунктура в комплексной медицинской реабилитации пациентов с патологией суставов и позвоночника (клинико-экспериментальное исследование) / Автореф. дисс.....д.м.н. – М., 2004. – 47 с.
13. Медведев Д.С. Механизмы и эффекты лечебного воздействия электромагнитных волн крайне высокой частоты на организм человека // Матер. науч.-практ. конф. «КВЧ-технологии в биологии и медицине». СПб., 2009. – С. 102–111.
14. Лебедева Н.Н. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивных электромагнитных волн миллиметрового диапазона // Миллиметровые волны в медицине и биологии: Сб. докл. 12-го Рос. симп. с междунар. участием, 30 окт. –1 нояб. 2000 г. – М.: ИРЭ РАН, 2000. – С. 126–128.
15. Хапчик В.Б. Медикаментозная защита от ишемии кожного лоскута на питающей ножке / Автореф. дисс..... к.м.н. – Горький, 1990. – 22 с.
16. Корнаухов А.В., Анисимов С.И., Алябина Н.А. и др. Аппарат КВЧ-терапии с шумовым излучением «АМФИТ-0,2/10-01» и некоторые аспекты его применения в медицине //Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. №2 (14). С. 49–52.
17. Вогралик М.В., Кревский М.А., Корнаухов А.В. Тепловизионный контроль эффективности КВЧ-терапии // Миллиметровые волны в биологии и медицине, №2 (18), 2000, С. 40–45.
18. Ahmadi N., McQuilkin G.L., Akhtar M.W. et al. Reproducibility and variability of digital thermal monitoring of vascular reactivity // Clin. Physiol. Funct. Imaging. 2011. V. 31. № 6. P. 422–428.
19. Фундаментальная и клиническая физиология / Под ред. А.Г. Камкина, А.А. Каменского М.: Академия, 2010. 1073 с.

REFERENCES:

1. Sarkisov DS, Amiraslanov YA, Alekseev AA et al. [Structural basis of the so-called plastic properties of connective tissue]. Bull. Exper. biology and medicine. T. 1998. 126, № 9. pp. 244–248.
2. Devyatkov ND, Golant MV, Betsky OV [Especially medical and biological applications of millimeter waves]. IRE RAS, 1994.
3. Betsky OV, Kislou VV Lebedeva NN [Millimeter waves and living systems]. Nauka, 2004 – 272 p.
4. Koz'min AS, Jaremenko YG [Terahertz waves and prospects of their application]. Millimeter waves in biology and medicine. – 2006. – №4 (44). – pp. 67–75.
5. Zotov EA, Malinin Yu, Somov A. Yu biological effects of millimeter and submillimeter radiation // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – V. 10, № 2 – 2008. – S. 636–641.
6. Tsymbal AA [Laws of the biological effects of electromagnetic waves at terahertz frequencies of active metabolites on cell homeostasis changes]. Author. diss ... MD, Saratov, 2012. – 50 p.
7. Temuryants NA, Chuyan EN [Modification of non-specific adaptation reactions using low-intensity electromagnetic radiation of extremely high frequency]. Millimeter waves in biology and medicine – Sat. rep. IRE: 2003 – pp. 87–88.
8. Chuyan EN, Ravaeva MY, Tribirat NS [Low-intensity electromagnetic radiation of millimeter range: effects on microcirculation]. Physics of living. – 2008. – T. 16, №1. – pp. 82–90.
9. Ivanov AN, Antipov ON, Pomoshnikova OI et al. [Impact of EMR THF at frequencies of molecular spectrum of emission and absorption of nitric oxide in micro and makrotsirkulyatornye violations arising from the stress]. Young scientists – Health Region: Proceedings of the 67th spring scientific-practical conference of students and young professionals SSMU. – Saratov, 2006. – p.120.
10. Ignarro L. G., Murad F. Nitric oxide: biochemistry, molecular biology and therapeutic implication // Adv. Pharmacol. – 1995. – № 34 – P. 1–516.
11. Krylov VN, Oshevsky LV [Influence of EHF effects on isolated smooth muscle of the intestine of rats]. Millimeter waves in biology and medicine. – 2000. – № 2. – pp. 11–14.
12. Polyakova AG [EHF and laser puncture in complex rehabilitation of patients with disorders of joints and spine (clinical and experimental study)]. Author. dissd.m.n. – M., 2004. – 47p.
13. Medvedev DS [Mechanisms and effects of therapeutic effects of electromagnetic waves of extremely high frequency on the human body] Mater. Scientific-prac. Conf. «EHF technology in biology and medicine.» SPb., 2009. – pp. 102–111.
14. Lebedev NN [Physiological mechanisms of the biological effects of low-intensity electromagnetic millimeter waves] Millimeter waves in medicine and biology: Sat. dokl. 12 th Ros. Symp. with int. participation, Oct. 30-Nov 1. 2000 g. – M.: IRE RAS, 2000. – pp. 126–128.
15. Hapchik VB [Drug protection from ischemic skin flap pedicled]. Author. dissk.m.n. – Bitter, 1990. – 22 p.
16. Kornaukhov AV, Anisimov SI, Alyabina NA et al. [EHF-therapy with noise emission «Amfita-0.2 / 10-01» and some aspects of its application in medicine] Millimeter waves in biology and medicine. – 1999. № 2 (14). pp. 49–52.
17. Vogralik MV, Krevo MA, Kornaukhov AV [Thermal monitoring of the effectiveness of EHF-therapy] Millimeter waves in biology and medicine, №2 (18), 2000, pp 40–45.
18. Ahmadi N., McQuilkin G.L., Akhtar M.W. et al. Reproducibility and variability of digital thermal monitoring of vascular reactivity // Clin. Physiol. Funct. Imaging. 2011. V. 31. № 6. P. 422–428.
19. Fundamental and Clinical Physiology / Ed. AG Kamkina, AA Kamensky M.: The Academy, 2010. 1073 p.

РЕЗЮМЕ

В статье анализируются результаты экспериментального изучения влияния электромагнитного излучения терагерцового диапазона на динамику микрогемокровотока в оперированном тканевом лоскуте. Эксперимент проводился на лабораторных крысах-самцах породы Wistar в соответствии с требованиями Женевской конвенции «International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals». Нарушения во внутрисосудистом компоненте микроциркуляции моделировались с помощью методики выкраивания дорзального кожного лоскута, что приводило к возникновению острого нарушения кровообращения в дистальной половине лоскута. Животные (22 крысы) были разделены на две одинаковые по количеству группы, одна из которых после операции не подвергалась воздействию и являлась контрольной. Животные опытной группы ежедневно в течение семи дней облучались 1 раз в сутки шумовым электромагнитным излучением с диапазоном частот 110–170 ГГц. Воздействие начинали в день оперативного вмешательства и продолжали ежедневно до седьмых суток включительно под контролем клинических данных с фотоархивированием, динамики тепловизионных показателей и лазерной доплеровской флоуметрии. Достоверность различий результатов в опытной и контрольной группах проверялась U-критерием Манна-Уитни.

Впервые выявлены особенности влияния широкополосного режима излучения, содержащего частоты основных молекул-метаболитов: оксида азота и кислорода, на микрогемокровоток в перемещенном кожном лоскуте крыс. Клинически в опытной группе площадь дистальных некрозов составила в среднем 26,3% по сравнению с 46,5% в контроле, что подтверждается данными тепловидения и лазерной доплеровской флоуметрии. Полученные результаты имеют важное прикладное значение в разработке новых медицинских реабилитационных технологий для коррекции микроциркуляторных нарушений и соответствующего приборного обеспечения.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, терагерцовый диапазон, молекулы-мессинджеры, тканевой лоскут, микроциркуляция, соединительная ткань, репаративная регенерация, восстановительное лечение.

ABSTRACT

The article analyses the results of the pilot study of the impact of electromagnetic Terahertz range on the dynamics of mikrogemokrovotoka in operirovannom tissue loskute. The experiment was conducted on male rats breed lab rats Wistar in accordance with the requirements of the Geneva Convention «International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals». Violations in the intravascular component were modeled using the technique of microcirculation of blanking dies dorsal skin flap that resulted in severe circulatory disorders in the distal half of the graft. Animals (22 rats) were divided into two equal groups, one of which after the operation had not been subjected to a control. In experimental animals unit daily for seven days of 1 times per day have noise electromagnetic radiation with a frequency range 110–170 GGz. The impact started in day surgery and continued daily until the seventh day, turn to continued daily until the seventh day inclusive under the supervision of clinical data with fotoarchive, the dynamics of Thermal Imaging and Laser Doppler Floumetrii. Reliability of differences results in the experimental and control group tested the U-test of Mann-Whitney. For the first time identified the particular effects of the radiation regime containing broadband frequency fundamental molecule-metabolites: nitrous oxide and oxygen, on microcirculatory in the skin of rats loskute moved. Clinically in the experimental group of distal necrosis area averaged 26,3% compared with 46,5% in control, which is confirmed by the data of Thermal Imaging and Laser Doppler Floumetrii. The results have important practical significance in the development of new medical rehabilitation technologies for correction of microcirculatory disorders and associated equipment.

Keywords: electromagnetic radiation, terahertz range, molecules-messindzery, tissue flap, microcirculation, connective tissue, reparative regeneration, non-drug methods, rehabilitation treatment.

Контакты:

Полякова Алла Георгиевна. E-mail: ag.polyakova@yandex.ru