Дата публикации: 01.03.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_8
УДК 616.31-001.17

Publication date: 01.03.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_8
UDC 616.31-001.17

ЭФФЕКТ СТИМУЛЯЦИИ ЗАЖИВЛЕНИЯ ОЖОГОВЫХ РАН У КРЫС НАНОСЕКУНДНЫМИ МИКРОВОЛНОВЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

А.В. Самойлова[1,3,4], А.А. Гостюхина[1,2,4], М.А. Большаков[1,4], В.В. Ростов[1]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, Россия

[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский федеральный научно-клинический центр федерального медико-биологического агентства», ЗАТО Северск, Россия

[3]Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Томск, Россия

[4]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, Россия

Аннотация. Проведено изучение эффектов влияния наносекундного импульсно-периодического микроволнового излучения (10 ГГц, длительность импульсов – 100 нс, пиковая плотность потока мощности – 140 Вт/см^2) на заживление ожоговых ран у крыс в динамике после облучения с частотами повторения импульсов 8 и 13 Гц. Сопоставление результатов 4-кратного локального облучения ран показало, что импульсно-периодическое микроволновое излучение с интенсивностью 140 Вт/см^2 при частоте повторения импульсов 8 Гц более эффективно ускоряет процессы ранозаживления в сравнение с воздействием частотой повторения импульсов 13 Гц. Такое заключение базируется на более быстром уменьшении площади раневой поверхности у животных. Полученный результат дает основание считать перспективным использование импульсно-периодического микроволнового излучения в медицинской практике.

Ключевые слова: ожоговая рана, наносекундные микроволновые импульсы, лабораторные крысы.

EFFECT OF STIMULATION OF HEALING OF BURN WOUNDS IN RATS WITH NANOSECOND MICROWAVE PULSES

A.V. Samojlova[1,3,4], A.A. Gostyukhina[1,2,4], M.A. Bol'shakov[1,4], V.V. Rostov[1]

[1]Institute of High-Current Electronics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

[2]Siberian Federal Scientific and Clinical Center of the FMBA of Russia, closed city Seversk, Russia

[3]Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

[4]Tomsk State University, Tomsk, Russia

Annotation. A study of the effects of the influence of nanosecond repetitively-pulsed microwave radiation (10 GHz, pulse duration – 100 ns, maximum power flux density – 140 W/cm^2) on the healing of burn wounds in rats in real time after irradiation with pulse repetition rates of 8 and 13 Hz was carried out. Comparison of the results of the 4-fold local irradiation of wounds showed that repetitively-pulsed microwave radiation with an intensity of 140 W/cm^2 at a pulse repetition rate of 8 Hz more effectively accelerates wound healing processes in comparison with exposure to a pulse repetition rate of 13 Hz. This conclusion is based on a more rapid decrease in the area of the wound surface in animals. The obtained result gives grounds to consider the use of repetitively-pulsed microwave radiation in medical practice as promising.

Key words: burn wounds, nanosecond microwave pulses, laboratory rats.

Введение. Проблема ускорения процессов регенерации тканей после каких-либо повреждений находится в фокусе внимания проводимых медико-биологических исследований [1-2]. Среди травм различного происхождения выделяются термические поражения, риск получения которых присутствует у достаточно широкой группы людей. Препятствием успешного лечения ожогов является высокая вероятность развития осложнений регенеративного процесса различными сопутствующими обстоятельствами: серьезными нарушениями метаболических процессов в организме, многочисленными нарушениями в работе сердечно-сосудистой системы, развитием ожоговой болезни и ожогового шока, возникновением раневых инфекций, обусловленных продолжительным заживлением раны [3].

Современные методы и техники коррекции ожоговых ран включают консервативное (нехирургическое) и оперативное лечение ожогов [3]. Выбор тактики определяется различной степенью поражения кожи.

Одним из перспективных и оригинальных методов восстановления ожоговых повреждений может быть использование низкоинтенсивных электромагнитных факторов. В этом плане определенный интерес представляют данные о ранозаживляющем действии импульсных радиочастотных излучений [4-7], в том числе и наносекундного импульсно-периодического микроволнового излучения (ИПМИ), которое при определенных параметрах воздействия способно стимулировать репаративную регенерацию полнослойной кожной раны у лабораторных мышей [8].

Целью настоящей работы являлось исследовать динамику регенерации и качество заживления ожоговых ран у крыс после 4-х кратного воздействия наносекундным импульсно-периодическим микроволновым излучением с интенсивностью 140 Вт/см^2 и частотами повторения импульсов 8 и 13 Гц.

Методы и организация исследования. Эксперименты выполнены на 30 половозрелых крысах-самках породы “Wistar” массой 230-250 г. Животные содержались в стандартных условиях вивария при естественном световом режиме и на стандартном рационе со свободным доступом к воде и пище. Все процедуры с животными выполнялись в одно и то же время (с 9:00 до 11:00). Исследование проводилось в соответствии с этическими нормами работы с лабораторными животными (ETS №123) и санитарными правилами по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (Правила лабораторной практики в Российской Федерации). На проведение работы было получено разрешение Комиссии по биоэтике Биологического института НИ ТГУ (протокол №15 от 14.06.2019 г.).

Экспериментальные животные случайным образом были распределены на три группы по 10 особей в каждой:

1. Контрольная группа (n=10) – крысы, которые после моделирования термического ожога содержались в стандартных условиях вивария и не подвергались воздействию ИПМИ;

2. Опытная группа № 1 (n=10) – крысы, которые после моделирования термических ожогов подвергались ежедневно в течение 4-х дней локальному воздействию на рану наносекундным ИПМИ с пиковой плотностью потока мощности (пППМ) 140 Вт/см^2 и с частотой повторения импульсов 8 Гц.

3. Опытная группа № 2 (n=10) – крысы, которые после моделирования термических ожогов подвергались ежедневно в течение 4-х дней локальному воздействию на рану наносекундным ИПМИ с пППМ 140 Вт/см^2 и с частотой повторения импульсов 13 Гц.

Моделирование термических ожогов. За сутки до моделирования ожога на дорсальной поверхности тела крысы осуществлялась депиляция участка кожи путем выбривания электрической ветеринарной машинкой. Бритье и моделирование ожога проводились под CO_2 наркозом. Термическую рану создавали разогретым до 100°С металлическим стержнем диаметром 2 см, путем прикладывания (без усилия) к поверхности на 30 с. В течение всего эксперимента

крысы содержались по две особи в специальных клетках, разделенных между собой прозрачной перегородкой для исключения контакта животных друг с другом и взаимного влияния на процесс заживления ожоговой раны. Наблюдения за процессом заживления ран после 4х-кратного облучения осуществлялось в динамике у контрольных и опытных крыс вплоть до образования коллоидного рубца. Оценка заживления термических ожогов проводилась по уменьшению площади участка поврежденной кожи путем замера ран с помощью электронного штангенциркуля [8-10]. Процесс заживления термической раны фиксировался фотокамерой Sony-DSC-F717 (Япония) с последующим численным анализом полученных фотографий посредством пакета программ Imageanalyzer. Результаты расчета площади поверхности ожоговой раны облученных животных сравнивались с аналогичными показателями в контрольной группе.

Облучение термических ожогов. В проведенных экспериментах через 5 часов после формирования ожога ежедневно в течение 4 последующих дней лабораторные крысы подвергались однократному воздействию наносекундным ИПМИ (4000 импульсов за сеанс облучения) с интенсивностью 140 Вт/см^2 при частотах повторения импульсов 8 и 13 Гц. Для локального воздействия на термическую рану и, соответственно, устранения возможности облучения всего организма, остальная часть тела животных укрывалась радиопоглощающим материалом. Продолжительность однократного облучения с указанными частотами воздействия составляла 8 минут при 8 Гц и 5минут при 13 Гц, соответственно. В качестве источника наносекундного ИПМИ использовался импульсный лабораторный генератор на основе магнетрона МИ-505 (серийное изделие производства ОАО «Тантал», Россия, несущая частота – 10 ГГц, длительность импульсов на половинном уровне мощности – 100 нс). Облучение ран с пиковой интенсивностью (140 Вт/см^2) фиксировалась по стандартной методике на основе антенных измерений и калориметрических калибровок. Во время воздействий животные в специальных пластиковых контейнерах диаметром 10 см и длиной 30 см помещались на расстоянии 20 см от рупора антенны генератора в зоне сформированной волны ИПМИ, что обеспечивало воздействие с нужной интенсивностью [11].

Количественный анализ полученных данных и их статистическая обработка. Площадь раны рассчитывалась по методу точечного счета, путем измерения минимального и максимального диаметра раны и нахождения их полусуммы [12]. Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы Statistica 8.0 for Windows. Полученные результаты представлялись в виде среднего арифметического значения площадей ран и стандартной ошибки среднего арифметического (M±m) в динамике для всех групп экспериментальных животных. Значимость различий величин показателей между контрольных и облученных животных определялась с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни при уровне $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. В выполненных экспериментах после термического воздействия у лабораторных крыс формировалась ожоговая травма, соответствующая ожогу III степени у человека. Раны характеризовались глубоким повреждением всех слоев кожи, имели ярко-красный цвет и округлую форму. В первые часы после моделирования ожогов животные находились в подавленном состоянии.

В ходе регенерации в динамике наблюдались все стадии заживления ожогов (сформированная рана, струп, коллоидный рубец). В контрольной группе животных, не подвергавшихся воздействию наносекундного ИПМИ, фиксировалось монотонное уменьшение площади ожоговых ран. Процесс заживления протекал постепенно с 1 по 32 день исследования (рис.). Он сопровождался длительным сохранением струпа, который полностью отпадал только на 16 день эксперимента, и частичная эпителизация наблюдалась с 28 суток.

У крыс опытной группы № 1, подвергавшихся 4х-кратному локальному облучению ИПМИ с интенсивностью 140 Вт/см^2 при частоте повторения импульсов 8 Гц, динамика заживления ран в начале эксперимента значимо не отличалась от показателей контрольной группы. Начиная с 19 суток у облученных животных регистрировалось статистически значимое уменьшение площади раны по сравнению с контрольной группой. При этом отхождение сформированного струпа начиналось на 12 день эксперимента, а эпителизация происходила к 24 дню с полным заживлением ожогов у всех животных к 28 дню (рис.).

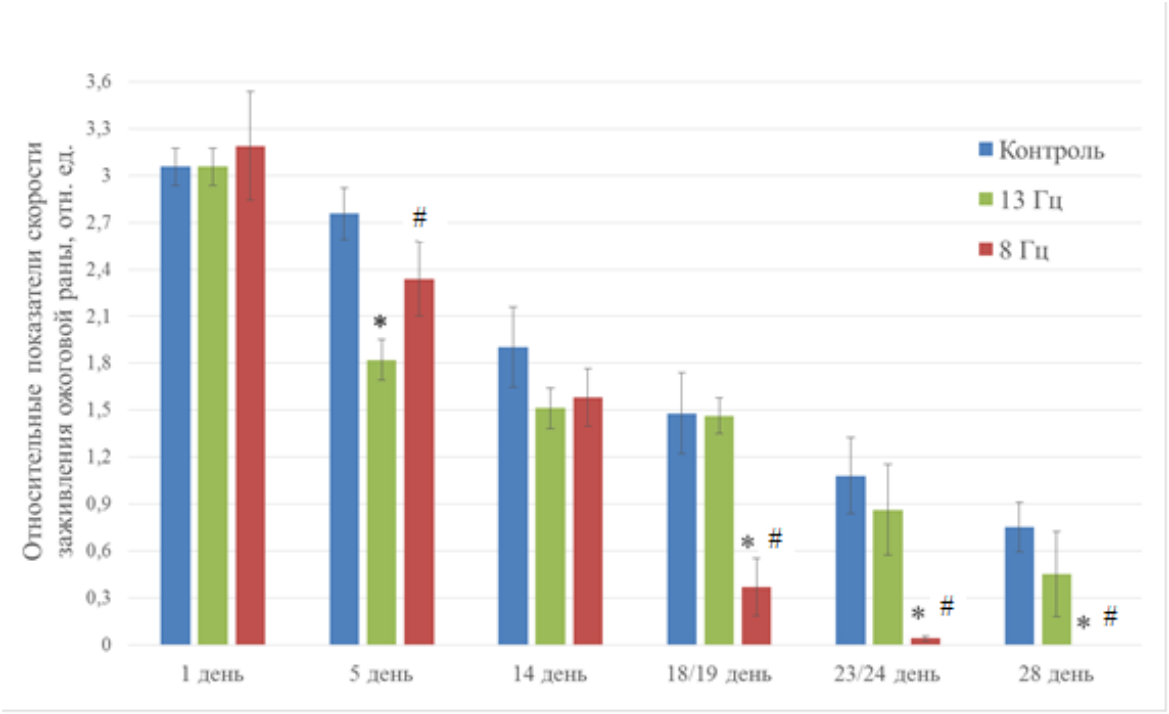


Рис. Динамика уменьшения поверхности ожоговых ран у экспериментальных крыс (контрольных и облученных наносекундным ИПМИ с интенсивностью 140 Вт/см^2 и частотами повторения импульсов 8 и 13 Гц)

Примечание: * – статистически значимые различия по отношению к показателям контрольной группы ($p \leq 0,05$), # – статистически значимые различия между опытной группы № 1 и опытной группы № 2 ($p \leq 0,05$)

У крыс из опытной группы № 2, облученной наносекундным ИПМИ с интенсивностью 140 Вт/см^2 при частоте повторения импульсов 13 Гц, к 5 дню исследования наблюдалось статистически значимое уменьшение площади раны относительно как контрольной группы, так и опытной группы № 1. Однако дальнейшее уменьшение площади ран в опытной группе № 2 носило монотонный характер и значимо не отличалось от таковой в контрольной группе (рис.). Струп полностью сформировался и начал отходить только на 14 день эксперимента, а на 28 день исследования наблюдалась частичная эпителизация ран (рис.).

Таким образом, сопоставление полученных результатов позволяет утверждать, что наносекундное ИПМИ низкой интенсивности 140 Вт/см^2 ускоряет процессы ранозаживления. При этом воздействие с частотой повторения импульсов 8 Гц оказалось более эффективным по сравнению с частотой повторения импульсов 13 Гц. Это следует из более быстрого уменьшения площади раневой поверхности у животных из опытной

группы № 1, несмотря на более ранние сроки уменьшение раны (5 сутки эксперимента) у опытной группы № 2.

Заключение. В результате проведенной работы была оценена возможность коррекции термических ран наносекундным импульсно-периодическим электромагнитным излучением. Полученные данные свидетельствуют о большем стимулирующем влиянии наносекундного ИПМИ с пППМ 140 Вт/см^2 при частоте повторения импульсов 8 Гц на процесс регенерации ожоговой травмы у лабораторных крыс. Такой результат представляется вполне перспективным с точки зрения использования ИПМИ в медицинской практике. Среди эффектов наносекундного ИПМИ отмечается ускорение заживления ран, за счет чего в качестве возможных областей применения метода могут выступить также терапевтическая и косметологическая практики.

Наблюдавшиеся эффекты согласуются с имеющимися литературными данными. В частности, применение низкоинтенсивных электромагнитных факторов в ряде случаев сокращает сроки регенерации травмы [8, 13, 14]. При этом стимуляция активности соединительнотканных и эпителиальных элементов способствует ранней эпителизации без признаков рубцевания [14]. Среди возможных физиологических механизмов такого влияния можно предположить нормализацию микроциркуляторного русла [8, 13], а также активацию компонент сигнальных систем, модулирующих высвобождение противовоспалительных цитокинов и различных факторов роста [15]. По-видимому, коррекция ожоговых травм наносекундным импульсно-периодическим микроволновым излучением также может эффективно использоваться в качестве неинвазивной физиотерапевтической процедуры. Из полученых результатов также следует, что данная процедура не только уменьшает сроки заживления раны, но и способствует более качественному восстановлению кожи, без травматических рубцов. Последнее обстоятельство является существенно актуальным в косметологической практике.

С высокой степенью вероятности можно допустить, что наносекундное импульсно-периодическое микроволновое излучение будет востребованным при разработке принципиально новых методов лечения ожоговых травм у человека. Выраженное отторжение струпа в месте ожоговой раны обеспечивает восстановление кожи без посттравматических рубцов, что является несомненно преимуществом в сравнении с используемыми консервативными методами лечения. Тем не менее, широкое внедрение такой методики в терапевтическую практику требует дальнейшего исследования в плане уточнения параметров эффективного воздействия (пППМ, частота повторения импульсов, количество импульсов и сеансов облучения) применительно к человеку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.А. Современные технологии местного консервативного лечения пострадавших от ожогов / А.А. Алексеев, А.Э. Бобровников // Анналы хирургии. – 2012. – № 2. – С. 32-38.
2. Алексеев А.А. Экстренная и неотложная медицинская помощь после ожоговой травмы / А.А. Алексеев, А.Э. Бобровников, Н.Б. Малютина // Медицинский алфавит. – 2016. – № 15. – С. 6-12.
3. Петров С.В. Общая хирургия / С.В. Петров // Москва: ГЭОТАР-Медиа. – 2014. – 832 с.
4. Гапеев А.Б. Механизмы биологического действия электромагнитного излучения крайне высоких частот на уровне организма / А.Б. Гапеев, Н.К. Чемерис // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2007. – № 8-9. – С. 30-46.
5. Гапеев А.Б. Механизмы противовоспалительного и противоопухолевого действия низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высоких частот / А.Б. Гапеев // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2012. – № 3. – С. 3.
6. Athanasiou A. The effect of pulsed electromagnetic fields on secondary skin wound healing: an ex-

perimental study / A. Athanasiou, S. Karkambounas, A. Batistatou // Bioelectromagnetics. – 2007. – Vol. 28. – P. 362-368.
7. Strauch B. Evidence-based use of pulsed electromagnetic field therapy in clinical plastic surgery / B. Strauch, C. Herman, R. Dabb, L.J. Ignarro, A.A. Pilla // Aesthet. Surg. J. – 2009. – № 29 (2). – P. 135-143.
8. Князева И.Р. Действие наносекундного импульсно-периодического микроволнового излучения на процессы регенерации / И.Р. Князева, М.А. Медведев, Л.П. Жаркова, А.А. Гостюхина, О.П. Кутенков, В.В. Ростов, М.А. Большаков // Бюллетень сибирской медицины. – 2011. – № 6. – С. 109-113.
9. Александрова А.В. Заживление ожоговой раны при лечении синтетическим ингибитором матричных металлопротеиназ доксициклином / А.В. Александрова // Вестн. Харьковского нац. мед. ун-та. – 2014. – С. 4.
10.Имашева А.К. Особенности регенеративных процессов кожи при термических ожогах у животных / А.К. Имашева // Науч. журн. "Успехи современного естествознания". – 2014. – № 7. – С. 27-29.
11.Klimov A.I. Measurement of Parameters of X-Band High-Power Microwave Superradiative Pulses / A.I. Klimov, O.V. Kovalchuk, V.V. Rostov // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2008. – Vol. 36. – № 6. – P. 1-4.
12.Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия / Г.Г. Автандилов // М.: Медицина. – 1990. – 384 с.
13.Еремин Н.В. Морфология кожной раны под влиянием низкоинтенсивного гелий-неонового лазерного излучения / Н.В. Еремин, М.В. Мнихович, В.Г. Тернов, М.М. Мигляс // Клиническая и экспериментальная морфология. – 2012. – № 1. – С. 38-43.
14.Лаврушина Е.Е. Применение светодиодного излучения для лечения термических ожогов / Е.Е. Лаврушина, Г.М. Топурия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – С. 71-73.
15.Pilla A.A. Nonthermal electromagnetic fields: From first messenger to therapeutic applications / A.A. Pilla // Electromagnetic Biology and Medicine. – 2013. – Vol. 32. – № 2. – P. 123-136.

REFERENCES

1. Alekseev A.A. Modern technologies of the local conservative treat-ment of burn victims / A.A. Alekseev, A.E. Bobrovnikov // Annals of Surgery. – 2012. – № 2. – P. 32-38.
2. Alekseev A.A. Emergency medical aid after burn injury / A.A. Alekseev, A.E. Bobrovnikov, N.B. Malyutina // Medical Alphabet. – 2016. – № 15. – P. 6-12.
3. Petrov S.V. General surgery // S.V. Petrov // Moscow: GEOTAR-Media. – 2014. – 832 p.
4. Gapeev A.B. Mechanisms of biological action of electromagnetic radi-ation of very low frequencies on the body level / A.B. Gapeev, N.K. Chemeris // Biomedical Radio Electronics. – 2007. – № 8-9. – P. 30-46.
5. Gapeev A.B. Mechanisms of anti-inflammatory and antitumor effect of low-intensity electromagnetic radiance of very high frequencies / A.B. Gapeev // Millimeter Waves in Biology and Medicine. – 2012. – № 3. – P. 3.
6. Athanasiou A. The effect of pulsed electromagnetic fields on secondary skin wound healing: an experimental study / A. Athanasiou, S. Karkambounas, A. Batistatou // Bioelectromagnetics. – 2007. – Vol. 28. – P. 362-368.
7. Strauch B. Evidence-based use of pulsed electromagnetic field therapy in clinical plastic surgery / B. Strauch, C. Herman, R. Dabb, L.J. Ignarro, A.A. Pilla // Aesthet. Surg. J. – 2009. – № 29 (2). – P. 135-143.
8. Knyazeva I.R. Effect of nanosecond pulse-periodical microwave radi-ance on regeneration processes / I.R. Knyazeva, M.A. Medvedev, L.P. Zharkova, A.A. Gostyukhina, O.P. Kutenkov, V.V. Rostov, M.A. Bol'shakov // Bul-letin of Siberian Medicine. – 2011. – № 6. – C.109-113.
9. Aleksandrova A.V. Healing of the burn wound in case of treatment with a synthetic inhibitor of matrix metalloproteinases doxycycline / A.V. Aleksandrova // Bulletin of the Kharkov National Medical University. – 2014. – P. 4.
10.Imasheva A.K. Features of skin regenerative processes in animals in case of thermal burns / A.K. Imasheva // Scientific Journal "Successes of Modern Natural History". – 2014. – № 7. – P. 27-29.
11.Klimov A.I. Measurement of Parameters of X-Band High-Power Microwave Superradiative Pulses / A.I. Klimov, O.V. Kovalchuk, V.V. Rostov // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2008. – Vol. 36. – № 6. – P. 1-4.
12.Avtandilov G.G. Medical morphometrics / G.G. Avtandilov // M.: Medicine. – 1990. – 384 p.
13.Eremin N.V. Morphology of skin wound under the influence of low-intensity helium-neon laser / N.V. Eremin, M.V. Mnikhovich, V.G. Ternov, M.M. Miglyas // Clinical and Experimental Morphology. – 2012. – № 1. – P. 38-43.

14.Lavrushina E.E. Use of LED radiance for treating thermal burns / E.E. Lavrushina, G.M. Topuriya // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. – 2010. – P. 71-73.

15.Pilla A.A. Nonthermal electromagnetic fields: From first messenger to therapeutic applications / A.A. Pilla // Electromagnetic Biology and Medicine. – 2013. – Vol. 32. – № 2. – P. 123-136.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Анна Викторовна Самойлова – кандидат биологических наук, научный сотрудник Отдела физической электроники Института сильноточной электроники Сибирского отделения российской академии наук, доцент кафедры нормальной физиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, доцент кафедры физиологии человека и животных Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск, e-mail: antariks-tomsk2015@yandex.ru.

Алена Анатольевна Гостюхина – кандидат биологических наук, научный сотрудник экспериментальной лаборатории биомедицинских технологий Федерального государственного бюджетного учреждения «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», Северск; старший научный сотрудник Отдела физической электроники Института сильноточной электроники Сибирского отделения российской академии наук, Томск; доцент кафедры зоологии позвоночных и экологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск.

Михаил Алексеевич Большаков – доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник Отдела физической электроники Института сильноточной электроники Сибирского отделения российской академии наук; профессор кафедры физиологии человека и животных Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск.

Владислав Владимирович Ростов – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий Отделом физической электроники Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук», Томск.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Anna Viktorovna Samojlova – Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Department of Physical Electronics, Institute of High Current Electronics SB RAS; Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Siberian State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; Associate Professor of the Department of Human and Animal Physiology, the Tomsk State University, Tomsk, e-mail: antariks-tomsk2015@yandex.ru.

Alena Anatol'evna Gostyukhina – Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Experimental Laboratory of Biomedical Technologies, Siberian Federal Scientific and Clinical Center of the FMBA, Seversk; Senior Researcher of the Department of Physical Electronics, Institute of High Current Electronics SB RAS; Associate Professor of Vertebrate Zoology and Ecology, Tomsk State University, Tomsk.

Mikhaij Alekseevich Bol'shakov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Senior Researcher of the Department of Physical Electronics, Institute of High Current Electronics SB RAS; Professor of the Department of Human and Animal Physiology, Tomsk State University, Tomsk.

Vladislav Vladimirovich Rostov – Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor, Head of the the Department of Physical Electronics, Institute of High Current Electronics SB RAS, Tomsk.

Для цитирования: Самойлова А.В. Эффект стимуляции заживления ожоговых ран у крыс наносекундными микроволновыми импульсами / А.В. Самойлова, А.А. Гостюхина, М.А. Большаков, В.В. Ростов // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_8

For citation: Samojlova A.V. Effect of stimulation of healing of burn wounds in rats with nanosecond microwave pulses / A.V. Samojlova, A.A. Gostyukhina, M.A. Bol'shakov, V.V. Rostov // Modern Issues of Biomedicine. – 2022. – Vol. 6. – № 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_8