

15. Skalskiy SV, Stupakova LV, Roskoshnaya DV, et al. Comet assay prospects in biomonitoring technology and assessment of environmental. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015; 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17> (accessed: 17 September 2017). Russian (Скальский С. В., Ступакова Л. В., Роскошная Д. В. и др. Перспективы метода ДНК-комет в технологиях биомониторинга и оценке влияния окружающей среды на здоровье населения. *Современные проблемы науки и образования* 2015; 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17> (дата обращения: 17.05.2017)).
16. Okhlopov VA, Poleschuk EI, Repina TV. Background level of DNA damage of mononuclear blood cells in patients with psoriasis and healthy donors. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney* 2016; 19 (2): 101. Russian (Охлопов В. А., Полещук Е. И., Репина Т. В. Фоновый уровень поврежденности ДНК мононуклеарных клеток крови у больных псориазом и здоровых доноров. *Российский журнал кожных и венерических болезней* 2016; 19 (2): 101).
17. Glants S. *Medical and Biological Statistics*. Moscow: Praktika, 1998; 459 p. Russian (Гланц С. *Медико-биологическая статистика*. М.: Практика, 1998; 459 с.).
18. Lang TA. *How to report statistics in medicine: annotated guidelines for authors, editors and reviewers*. Moscow: *Prakticheskaya meditsina*, 2016; 480 p. Russian (Ланг Т. А. *Как описывать статистику в медицине: руководство для авторов, редакторов и рецензентов*. М.: Практическая медицина, 2016; 480 с.).
19. Petri A. *Visual statistics in medicine*. Moscow: GEOTAR-Media, 2003; 144 p. Russian (Петри А. *Наглядная статистика в медицине*. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2003; 144 с.).
20. Rebrova OYu. *Statistical analysis of medical data: Application of the STATISTICA software package*. Moscow: Media Sfera, 2006; 305 p. Russian (Реброва О. Ю. *Статистический анализ медицинских данных: Применение пакета прикладных программ STATISTICA*. М.: Медиа Сфера, 2006; 305 с.).
21. Arutyunyan RM, Oganesyanyan GG, Nersesyanyan AK. DNA comet assay for evaluation of genotoxic effects in risk groups. *Vestnik RAMN* 2001; (10): 84–88. Russian (Арутюнян Р. М., Оганесян Г. Г., Нерсесян А. К. Применение метода ДНК-комет для оценки генотоксических эффектов в группах риска. *Вестник РАМН* 2001; (10): 84–88).

УДК 616.5-006-001.28–089:615.849.19 (045)

Оригинальная статья

### СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОСТРОГО ЛАТЕРАЛЬНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ КОЖИ ПРИ РАДИОВОЛНОВОМ И ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

**В. В. Дубенский** — ФГБОУ ВО «Тверской ГМУ» Минздрава России, профессор кафедры дерматовенерологии с курсом дерматовенерологии и косметологии ФДПО, интернатуры и ординатуры, доцент, кандидат медицинских наук.

### COMPARATIVE STUDY OF ACUTE LATERAL SKIN DAMAGE DURING RADIO WAVE AND LASER EXPOSURE

**V. V. Dubenskiy** — Tver State Medical University, Department of Dermatology and Cosmetology, Candidate of Medical Science.

Дата поступления — 11.07.2017 г.

Дата принятия в печать — 12.09.2017 г.

**Дубенский В. В.** Сравнительное изучение острого латерального повреждения кожи при радиоволновом и лазерном воздействии. *Саратовский научно-медицинский журнал* 2017; 13 (3): 628–632.

**Цель:** изучить глубину и характер зон термического повреждения кожи при радиоволновом и лазерном рас-сечении кожи в эксперименте. **Материал и методы.** Моделью острого термического повреждения служили полнослойные линейные раны кожи 20 нелинейных крыс, разделенных на две группы и оперированных различными методами. В 1-й группе разрезы наносились аппаратом радиоволновой хирургии (Surgitron DF S5), во 2-й группе животные оперированы лазерным хирургическим аппаратом. При анализе биопсийного материала оценивались величина и структура латерального термического повреждения. **Результаты.** При изучении экс-периментальных ран протяженность карбонизации в 1-й группе (оперированы APBX Surgitron DF S5) составила  $11,56 \pm 3,056$  мкм, коагуляционного некроза  $116,5 \pm 26,78$  мкм, зона гипертермии  $148,42 \pm 60,171$  мкм. В группе животных, оперированных лазерным аппаратом, зона карбонизации составила  $22,58 \pm 6,62$  мкм, зона коагуля-ционного некроза  $331,1 \pm 79,08$  мкм, протяженность гипертермии  $376,2 \pm 53,27$  мкм. **Заключение.** Сравнительное изучение латерального повреждения кожи при радиоволновом и лазерном рассечении кожи установило бо-лее глубокое термическое изменение кожи и увеличение протяженности термически измененных структур при лазерном воздействии: зона карбонизации больше, чем при радиоволновом, на  $11,02$  мкм, коагуляционного некроза на  $214,6$  мкм, зона гипертермии больше на  $227,78$  мкм.

**Ключевые слова:** новообразования кожи, эксперимент, термическое повреждение, радиоволновая хирургия, лазер.

**Dubenskiy VV.** Comparative study of acute lateral skin damage during radio wave and laser exposure. *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2017; 13 (3): 628–632.

**The purpose** was to study the depth and nature of the zones of thermal damage to the skin under radio wave and laser skin dissection during experiment. **Material and Methods.** The model of acute thermal damage was full-liner skin wounds of 20 nonlinear rats that were divided into 2 groups and operated by different methods. In the 1st group, the incisions were made by the apparatus of radio wave surgery (Surgitron DF S5), in the 2nd group the animals were operated with a laser surgical apparatus. The magnitude and structure of the lateral thermal damage was evaluated when analyzing the biopsy material. **Results.** During the study of experimental wounds, the extent of carbonation in the first group (operated with Surgitron DF S5) was  $11.56 \pm 3.056$   $\mu\text{m}$ , coagulation necrosis  $116.5 \pm 26.78$   $\mu\text{m}$ , and the hyper-thermia zone  $148.42 \pm 60.171$   $\mu\text{m}$ . In the group of animals operated with a laser apparatus, the carbonization zone was  $22.58 \pm 6.62$   $\mu\text{m}$ , the coagulation necrosis zone was  $331.1 \pm 79.08$   $\mu\text{m}$ , and the hyperthermia extent was  $376.2 \pm 53.27$   $\mu\text{m}$ . **Conclusion.** A comparative study of lateral skin damage in radio wave and laser skin dissection revealed a deeper thermal change in the skin and an increase in the extent of thermally altered structures under laser action: the carbon-ization zone was larger than for radio waves by  $11.02$   $\mu\text{m}$ , coagulation necrosis by  $214.6$   $\mu\text{m}$ , and the hyperthermia zone by  $227.78$   $\mu\text{m}$ .

**Key words:** skin neoplasm, experiment, thermal damage, radio wave surgery, laser.

**Введение.** Удаление новообразований кожи входит в практические интересы широкого круга специалистов (дерматологов и косметологов, хирургов и онкологов), что обусловлено появлением малоинвазивных аппаратных методик, растущим интересом среди пациентов, рассматривающих данные новообразования как эстетический дефект, а также маркетинговой составляющей деятельности медицинских учреждений (конверсией пациентов, экономической эффективностью специалиста: увеличением оплаты труда в соответствии с выполненными практически и аппаратными манипуляциями) [1, 2]. Вместе с тем для пациентов, обращающихся за удалением опухолей кожи, именно эстетический аспект сегодня оказывается ведущим, и лишь малая часть среди них озабочена медицинскими аспектами состояния и прогноза данного новообразования.

Компетенции ведения пациентов с доброкачественными новообразованиями кожи (НОК) обеспечены нормативными основами деятельности дерматовенерологов и косметологов (порядок оказания медицинской помощи по профилям «Дерматовенерология» и «Косметология», утвержденный в 2012 г.), включая дифференциальную диагностику доброкачественных и злокачественных новообразований кожи (наличие дерматоскопа является обязательным условием функционирования и лицензирования кабинета или диагностического отделения), а также выполнение удаления НОК по медицинским или эстетическим показаниям (наличие кабинета для проведения деструкций в составе покровных тканей).

Удаление новообразований кожи предполагает два основных эффекта: *функциональный* и *эстетический*. Функциональный результат характеризуется полноценностью удаления новообразования. Классическая эксцизия, выполняемая скальпелем в пределах здоровых тканей с наложением швов на послеоперационный дефект, является наиболее эффективной методикой, обеспечивающей функциональный результат. Однако наличие нитей приведет к заметным поперечным следам, а натяжения краев раны может способствовать растяжению рубца и значительно снизит эстетический результат вмешательства. Конечно, можно использовать техники внутридермального расположения швов, что позволяет достичь высокого качества послеоперационного рубца, но подобными навыками владеют далеко не все специалисты.

Применение современных малоинвазивных технологий изменило представление специалистов о возможностях бескровного проведения удаления новообразований, о снижении риска послеоперационных осложнений и сочетании высокого функционального и эстетического результатов манипуляций [1, 2]. Именно эстетический результат наиболее востребован среди пациентов, обращающихся с жалобами на новообразования кожи. При этом необходимо помнить, что только функциональный результат удаления НОК является критерием оценки качества, который должен быть отражен в договоре на оказание платных медицинских услуг, и не рекомендуется предоставлять гарантии эстетического эффекта («заживление без следов», полное восстановление кожи и т.д.). Между тем наибольшее значение в космето-

логии имеют именно нежелательные явления, связанные с эстетическим результатом удаления НОК.

Среди нежелательных последствий малоинвазивного удаления новообразований кожи выделяют следующие: формирование патологических рубцов; длительное заживление послеоперационной раны; послеоперационное кровотечение; инфицирование раны; продолженный рост новообразования.

Рубцы (результат замещения дефекта соединительной тканью), появляющиеся на месте удаленного объема новообразования, являются наиболее частым нежелательным эффектом при удалении НОК. Рубцовые изменения носят в большинстве случаев перманентный характер и могут вызывать значительный психоэмоциональный дискомфорт. Заживление дефектов кожи связано с чрезвычайно сложными взаимодействиями гуморальных и клеточных факторов, которые способствуют скорейшему восстановлению барьерных свойств кожи. Рубцы могут быть едва заметными, обширными и грубыми, клиническими вариантами являются нормотрофические и патологические рубцы: атрофические, гипертрофические и келоидные.

К определяющим факторам для развития рубца относятся: глубина и площадь дефекта; полноценность и скорость репаративных процессов, зависящие от сохранившихся фрагментов базальной мембраны с пулом митотически активных кератиноцитов, эпителиальных клеток волосяных фолликулов, протоков сальных желез, тяжести латерального повреждения ткани при удалении новообразования; ряд топографических и индивидуальных факторов.

Нормотрофические рубцы — оптимальный результат регенерации кожи вследствие глубокого ее повреждения ниже сосочкового слоя дермы и умеренной площади раневого дефекта, при благоприятных условиях заживления и незначительном латеральном повреждении кожи. Нередко нормотрофические рубцы в связи сохранением эластичности и полноценности рельефа поверхности кожи оцениваются пациентами как участки депигментации — «белые пятна».

Развитие патологических рубцов (преимущественно гипертрофических) связано со значительной глубиной удаления и выраженным термическим повреждением и латеральных и подлежащих тканей. Рубцевание с образованием келоида имеет индивидуальный, нередко генетически детерминированный характер. Атрофические рубцы образуются при глубоком дефекте и дефиците репаративного потенциала кожи.

Длительное заживление послеоперационной раны может быть связано с выраженным термическим повреждением и глубоким коагуляционным некрозом подлежащих тканей, нарушением ухода за раной или неадекватной тактикой ведения послеоперационного периода (использование пластырных повязок, применение жирных мазей, несоблюдение ограничений водного режима). Замедленная регенерация может быть причиной формирования патологических рубцов [3].

Важную роль играет выбор аппаратных технологий для удаления новообразований кожи. Причиной ряда нежелательных явлений и осложнений являются физические основы воздействия малоинвазивных методик, применяемых для удаления новообразований кожи. Необходимо отметить, что выбор и применение специалистом аппаратных технологий нередко зависит только от наличия в клинике того или иного

оборудования. Непосредственно врач часто лишен возможности выбора, а иногда и не до конца представляет все физические особенности воздействия на ткани тех или иных приборов и специфику влияния функциональных параметров (режимы работы, частота, мощность и т.д.) на результат проведенного вмешательства.

Сегодня для удаления новообразований кожи применяются три основные конкурирующие технологии: электрохирургия (диатермия), лазерное излучение и радиоволновая хирургия. Важной особенностью указанных методов является относительная простота выполнения удаления новообразований, они не занимают много времени и не требуют значительных затрат на приобретение оборудования. Удобство амбулаторного применения и простота манипуляций также обеспечиваются отсутствием риска интра- и постоперационного капиллярного кровотечения, что обусловлено одновременной коагуляцией сосудов за счет наличия термического воздействия на прилежащие ткани, которое также обеспечивает асептику и абластику в операционном поле. Вместе с тем именно наличие латерального термического повреждения окружающих тканей, степень которого отличается в зависимости от выбранного метода воздействия, может стать источником развития ряда нежелательных явлений: выраженного воспаления, длительного заживления послеоперационной раны и формирования патологических рубцов.

**Цель:** изучить глубину и характер зон термического повреждения кожи при радиоволновом и лазерном рассечении кожи в эксперименте.

**Материал и методы.** Моделью острого термического повреждения служили полнослойные линейные раны кожи крыс. Экспериментальное исследование латерального повреждения кожи выполнено на 20 нелинейных крысах средней массой  $130 \pm 20$  г, разделенных на две группы и оперированных различными методами. Условия содержания животных и рацион питания соответствовали Правилам лабораторной практики в Российской Федерации, Директиве Совета ЕС от 24 ноября 1986 г. о сближении законов, постановлений и административных положений государств ЕС по вопросам защиты животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (86/609/ЕЕС). Все болезненные манипуляции с животными проводились с анестезией. После окончания наблюдения крысы выводились из эксперимента в согласно правилам эвтаназии лабораторных животных. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом. Перед нанесением экспериментальных ран животным на спине, в межлопаточной области, удалялся волосной покров механическим способом (тупоконечными ножницами).

В 1-й группе крыс разрезы наносились аппаратом радиоволновой хирургии (APBX, Surgitron DF S5 с частотой 4,0 МГц), использовался волосковый электрод при мощности 18 Вт; во 2-й группе животные оперированы лазерным хирургическим аппаратом (ЛХА, CO<sub>2</sub> лазер «Ланцет-1») с мощностью 20 Вт в импульсном режиме и диаметром светового пятна 0,2 мм. Каждому животному выполняли два параллельных разреза длиной 15 мм на расстоянии 1 см от позвоночника. Сразу после операции выполнялся забор биопсии, препараты для гистологического исследования готовились по обычной методике и окрашивались гематоксилин-эозином. Измерения термического повреждения кожи выполнялись в программной среде

NIS Elements Basic Research, при этом оценивались зона карбонизации, коагуляционного некроза и зона прилегающей дезорганизации соединительной ткани (зона гипертермии). Статистическая обработка и сравнение латерального термического повреждения выполнены в программной среде IBM SPSS с использованием гетероскедастического бутстреп-критерия Стьюдента (на 1000 выборок) для независимых переменных (бутстреп-критерий Саттертуайта на 1000 выборок).

**Результаты.** При изучении микропрепаратов экспериментальных ран кожи (рис. 1, 2) протяженность краевой карбонизации в 1-й группе (опериро-

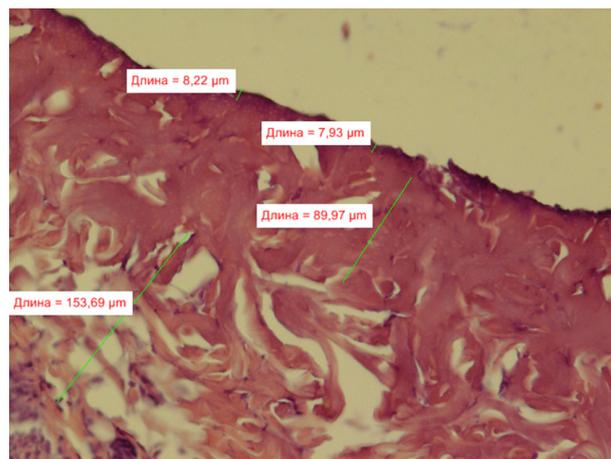


Рис. 1. Зоны острого термического повреждения при радиоволновом воздействии в эксперименте (гематоксилин-эозин,  $\times 200$ )

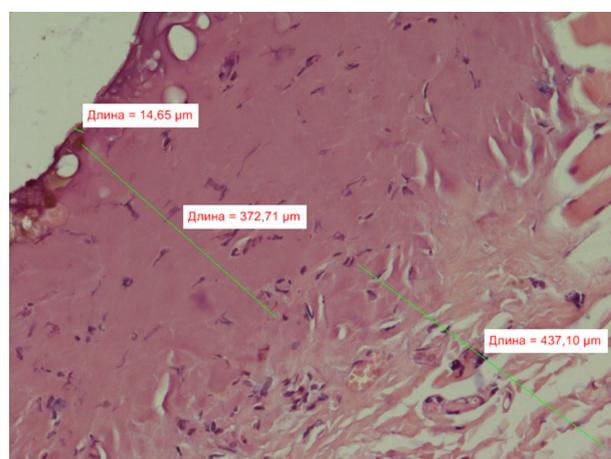


Рис. 2. Зоны острого термического повреждения при лазерном разрезе в эксперименте (гематоксилин-эозин,  $\times 200$ )

ваны APBX Surgitron DF S5) составила  $11,56 \pm 3,056$  мкм, коагуляционного некроза  $116,5 \pm 26,78$  мкм, зона прилегающей дезорганизации соединительной ткани  $148,42 \pm 60,171$  мкм. В группе животных, оперированных ЛХА (2-я группа) зона карбонизации составила  $22,58 \pm 6,62$  мкм, зона коагуляционного некроза  $331,1 \pm 79,08$  мкм, протяженность гипертермии ткани  $376,2 \pm 53,27$  мкм (рис. 3).

Статический анализ (бутстреп для независимых выборок) указывает, что при лазерном разрезе зона

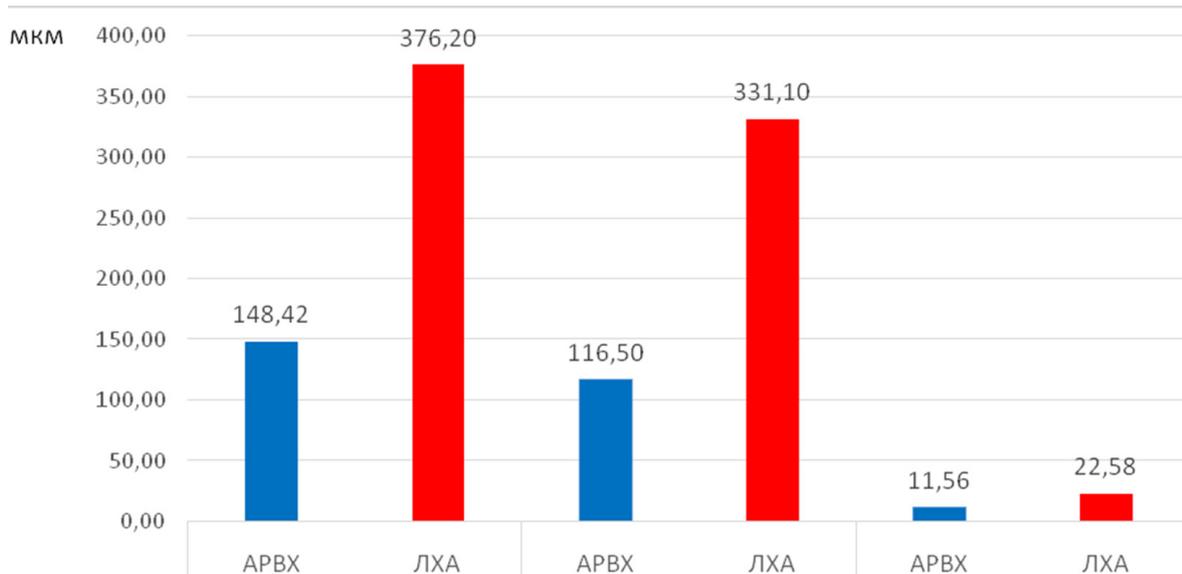


Рис. 3. Протяженность зон термического повреждения экспериментальных ран при радиоволновом и лазерном разрезе

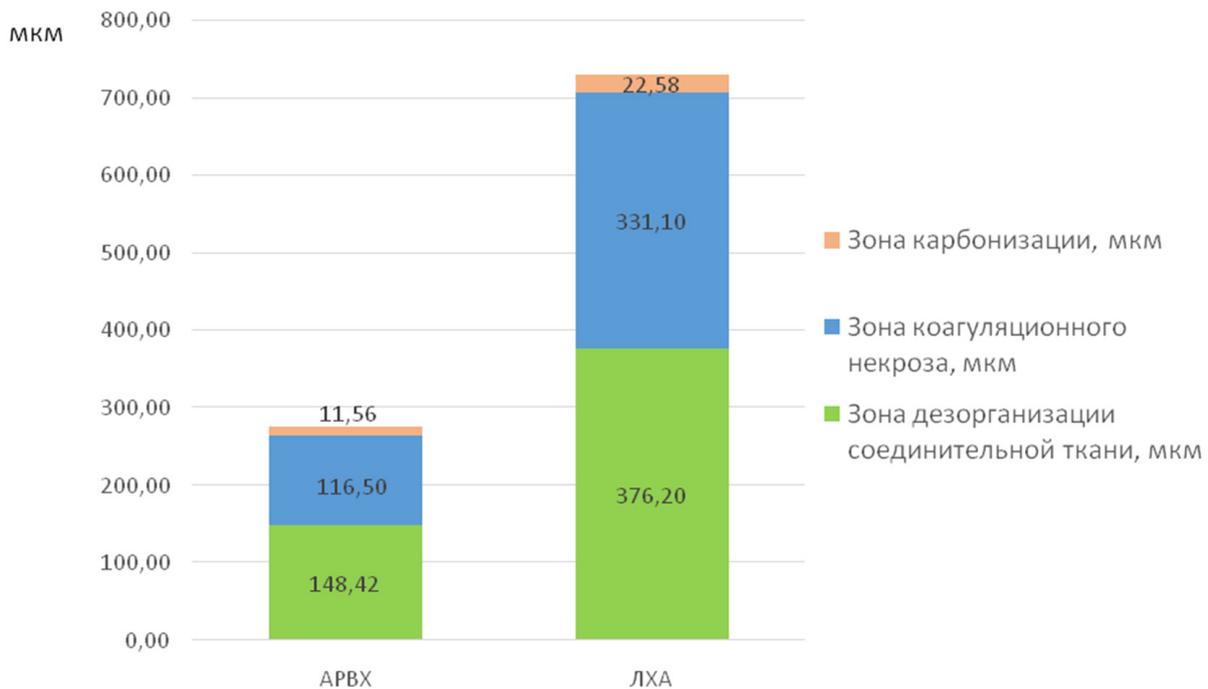


Рис. 4. Глубина и структура термического повреждения экспериментальных ран при лазерном и радиоволновом воздействии

карбонизации была больше, чем при радиоволновом воздействии, на 11,02 мкм (ДИ 95%: 12,43–9,583,  $p=0,001$ ), протяженность коагуляционного некроза на 214,6 мкм (ДИ 95%: 230,195–199,091,  $p=0,001$ ), зона дезорганизации соединительной ткани на 227,78 мкм (ДИ 95%: 243,579–212,579,  $p=0,001$ ), что привело к значительно более глубокому термическому изменению кожи экспериментальных ран при лазерном воздействии (рис. 4).

**Обсуждение.** Среди современных малоинвазивных оперативных методик особого внимания заслуживает высокочастотная радиоволновая хирургия. Подобный интерес обусловлен в первую очередь высокой эффективностью воздействия и возможностью проведения атравматичных вмешательств.

В 1973 г. американский хирург-стоматолог и радиоинженер Ирвинг Эллман, клинически и экспериментально доказав прямую зависимость степени повреждения тканей от частоты воздействующих на них электромагнитных колебаний, запатентовал первый в мире радиоволновой хирургический генератор «Сургитрон» с четырьмя формами волны, работающий на частоте 3,8 МГц. Доктор Эллман ввел в хирургическую практику термин «радиоволновая», или «радиочастотная», хирургия, имея в виду диапазон радиоволн 3,8–4,0 МГц, в котором повреждение тканей является минимальным.

Радиоволны представляют собой электромагнитные колебания, распространяющиеся в простран-

стве, и способны переносить энергию, излучаемую генератором электромагнитных колебаний.

Радиоволновой разрез выполняется без физического мануального давления или дробления клеток, без обугливания и разрушения тканей, присущих электрохирургическим, импульсным, средне- и низкочастотным приборам. Энергия радиоволн 4,0 МГц хорошо поглощается водой. Вследствие высокого содержания воды в коже она активно поглощает энергию радиоволн. Подводимые активным электродом радиоволны вызывают деполяризацию молекул воды с частотой 4 млн раз в секунду (4,0 МГц), нагреву и испарению, что повышает внутриклеточное давление. Избыточное давление приводит к разрыву клетки, а вследствие этого к рассечению.

Важной особенностью оригинальных высокочастотных радиоволновых генераторов является то, что они позволяют получать радиоволны различной формы: импульсные, выпрямленные и фильтрованные. Именно качество модуляции электромагнитных колебаний обуславливает уникальность оригинальных для радиоволновой хирургии, позволяя изменять текущие настройки для соответствия той или иной задаче.

Высокая частота радиоволн вызывает меньшее сопротивление ткани, чем при низкочастотном воздействии, при этом в тканях образуется меньше тепла [4]. Высокочастотные электромагнитные колебания в соответствии с длиной волны обладают низкой проникающей способностью. Низкое сопротивление ткани (кожи) и малая проникающая способность высокочастотных радиоволн приводят к незначительному термическому повреждению тканей по сравнению с воздействием углекислотного лазера (при лазерном разрезе зона карбонизации была больше, чем при радиоволновом воздействии на 11,02 мкм, протяженность коагуляционного некроза больше на 214,6 мкм, зона дезорганизации соединительной ткани на 227,78 мкм), способствуя лучшему заживлению раневого дефекта.

**Заключение.** Удаление новообразований кожи является очень востребованной процедурой среди наших пациентов, нередко рассматривающих новообразования как эстетический дефект. Различные нежелательные эффекты при проведении малоинвазивного удаления способны привести к развитию еще более значимых косметических дефектов, коррекция которых может быть весьма сложной и не всегда полноценной. Комплекс мероприятий, включающих определение адекватных показаний для малоинвазивного удаления, обоснованный выбор аппаратной технологии и соблюдение методики выполнения вмешательства на оптимальных параметрах воздействия позволят достичь высокого функционального и эстетического результата удаления новообразований кожи.

Для удаления новообразований кожи применяются конкурирующие технологии: лазерное излучение

и радиоволновая хирургия, при этом выраженность латерального термического повреждения окружающих тканей может стать источником развития ряда нежелательных явлений: выраженного воспаления, длительного заживления послеоперационной раны и формирования патологических рубцов.

При сравнительном изучении глубины и характера латерального повреждения кожи при радиоволновом и лазерном рассечении кожи установлено более глубокое термическое изменение кожи при лазерном воздействии и увеличение протяженности термически измененных структур: при лазерном разрезе зона карбонизации была больше, чем при радиоволновом воздействии на 11,02 мкм, протяженность коагуляционного некроза больше на 214,6 мкм, зона гипертермии на 227,78 мкм.

Низкие показатели острого повреждения кожи обуславливают высокий эстетический результат радиоволнового вмешательства и делают высокочастотное радиоволновое воздействие «золотым стандартом» в дерматохирургии и косметологии при выполнении эстетических оперативных вмешательств и удалении новообразований кожи.

**Конфликт интересов** не заявляется.

**Авторский вклад:** концепция и дизайн исследования, получение данных (непосредственное выполнение экспериментов, исследований), анализ данных, интерпретация результатов, написание статьи, утверждение рукописи для публикации — В.В. Дубенский.

## References (Литература)

1. Gelfond M.L. Differential diagnosis of tumors of the skin in the practice of dermatologists and cosmetologists. *Practical Oncology* 2012; 13 (2): 69–79. Russian (Гельфонд М.Л. Дифференциальная диагностика опухолей кожи в практике дерматологов и косметологов. *Практическая онкология* 2012; 13 (2): 69–79).
2. Dubenskiy VV, Dubenskiy VV. Neoplasms of the skin in practice of dermatovenereologist: The questions of epidemiology, etiology and pathogenesis, diagnosis. *Bulletin of dermatology and venereology* 2008; (6): 22–40. Russian (Дубенский В.В., Дубенский В.В. Новообразования кожи в практике дерматовенеролога: вопросы эпидемиологии, этиологии и патогенеза, диагностики. *Вестник дерматологии и венерологии* 2008; (6): 22–40).
3. Dubenskiy VV. Clinical and functional characteristics of juvenile hemangiomas. *Modern problems of dermatovenereology, immunology, cosmetology* 2013; (8): 15–24. Russian (Дубенский В.В. Клинико-функциональные особенности ювенильных гемангиом. *Современные проблемы дерматовенерологии, иммунологии, косметологии* 2013; (8): 15–24).
4. Dubenskiy VV, Dubenskiy VV. Clinical and functional characteristics of juvenile hemangiomas. *Modern problems of dermatovenereology, immunology, cosmetology* 2013; (8): 15–24. Russian (Дубенский В.В., Дубенский В.В. Метод высокочастотного радиоволнового воздействия в лечении ювенильных гемангиом. *Пластическая хирургия и косметология* 2014; (2): 257–263).