

РАДИОВОЛНЫ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ – ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К КОРРЕКЦИИ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КОЖИ: КЛИНИЧЕСКОЕ, ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

DOI: 10.17691/stm2016.8.1.14

УДК 611.77–07–074:629

Поступила 9.05.2015 г.



В.Д. Труфанов, ассистент кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии¹;
Е.А. Коган, д.м.н., профессор, зав. кафедрой патологической анатомии им. академика А.И. Струкова²;
Я.А. Юцковская, д.м.н., профессор, директор³;
Н.М. Файзуллина, к.х.н., старший научный сотрудник первого патологоанатомического отделения⁴;
С.Ю. Иванов, д.м.н., профессор, зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии¹;
 зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии и имплантологии ФПКВ⁵

¹Российский университет дружбы народов, Москва, 117198, ул. Миклухо-Маклая, 6;

²Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва, 119991, ул. Трубецкая, 8, стр. 2;

³Клиника профессора Юцковской, Москва, 105118, проспект Буденного, 26, кор. 1;

⁴Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. В.И. Кулакова
 Министерства здравоохранения РФ, Москва, 117997, ул. Академика Опарина, 4;

⁵Нижегородская государственная медицинская академия, Н. Новгород, 603005, пл. Минина и Пожарского, 10/1

Цель исследования — оценка эффективности воздействия радиоволн высокой частоты (4,0 МГц) для коррекции возрастных изменений кожи лица путем изучения особенностей ее регенерации на основе морфологических и иммуногистохимических показателей.

Материалы и методы. Исследование состояло из двух частей. Клиническая часть включала анализ результатов проведения процедуры высокочастотного (4,0 МГц) радиоволнового омоложения кожи лица (5 процедур: в первый день посещения, на 30-й и 60-й дни, на 6-м и 12-м месяце). Иммуногистохимическое исследование проводилось на повторных панч-биоптатах правой заушной области до воздействия и после однократного воздействия через 30, 60, 180 и 360 дней. Выявляли коллагены 1-го и 3-го типов, эластин, Ki-67, CD34, SMA, MMP2 и TIMP1.

Результаты. Установлено, что наиболее выраженные морфологические изменения при воздействии радиоволнами высокой частоты происходят в глубоких слоях дермы и прилежащей жировой клетчатке. При этом ремоделирование экстрацеллюлярного матрикса дермы вызывает расширение глубоких слоев дермы с накоплением коллагенов 1-го и 3-го типов и сохранением соотношения между ними в пользу коллагена 1-го типа. Ключевым антивозрастным фактором радиоволнового воздействия можно считать активацию неогенеза в дерме, что происходит постепенно, достигая своего максимума к 12-му месяцу после однократного воздействия.

Ключевые слова: радиоволны высокой частоты; возрастные изменения кожи; ремоделирование экстрацеллюлярного матрикса.

Как цитировать: Trufanov V.D., Kogan E.A., Yutskovskaya Ya.A., Faizullina N.M., Ivanov S.Y. High frequency radio waves — an innovative approach to the correction of age-related skin changes: clinical and immunohistochemical research. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2016; 8(1): 106–116, <http://dx.doi.org/10.17691/stm2016.8.1.14>.

English

High Frequency Radio Waves — an Innovative Approach to the Correction of Age-Related Skin Changes: Clinical and Immunohistochemical Research

V.D. Trufanov, Assistant, Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry¹;
E.A. Kogan, MD, DSc, Professor, Head of the Academician A.I. Strukov Pathological Anatomy Department²;
Ya.A. Yutskovskaya, MD, DSc, Professor, Director³;
N.M. Faizullina, PhD, Senior Researcher, First Department of Pathological Anatomy⁴;
S.Y. Ivanov, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry¹;
 Head of the Department of Maxillofacial Surgery and Implantology, Postgraduate Faculty⁵

Для контактов: Труфанов Вадим Дмитриевич, e-mail: trufanov_vadim@mail.ru

¹Peoples Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation;

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 8, Bldg. 2 Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russian Federation;

³Clinic of Professor Yutskovskaya, 26, Bldg. 1 Prospect Budyonny, Moscow, 105118, Russian Federation;

⁴Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after V.I. Kulakov, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 4 Akademika Oparina St., Moscow, 117997, Russian Federation;

⁵Nizhny Novgorod State Medical Academy, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russian Federation

The aim of investigation was to evaluate the efficiency of high frequency radio wave exposure (4.0 MHz) for the correction of age-related changes of facial skin by studying aspects of its regeneration, on the basis of morphological and immunohistochemical characteristics.

Materials and Methods. The study consisted of two parts. The clinical part included an analysis of the results of high frequency radio wave facial rejuvenation (4.0 MHz) (5 procedures: on days 1, 30, 60, and months 6, 12). Immunohistochemical investigation was performed on repeated punch-biopsy specimens of the skin behind the ear, before the exposure, and at 30, 60, 180 and 360 days after a single exposure. Collagen of types 1 and 3, elastin, Ki-67, CD34, SMA, MMP2 and TIMP1 were identified.

Results. It was found that the most evident morphological changes after high frequency radio wave exposure occurred in the deeper dermis layers and in the adjacent adipose tissue. Such remodeling of the extracellular matrix of the dermis causes an expansion of the deep dermis layers with the accumulation of collagen of types 1 and 3 with a greater proportional increase in favor of type 1. The key anti-ageing factor of radio wave exposure is considered to be the activation of neoangiogenesis in the dermis, which occurs gradually, reaching its maximum by month 12 after a single exposure.

Key words: high frequency radio waves; age-related skin changes; remodeling of extracellular matrix.

Проблема коррекции возрастных изменений кожи является одним из ключевых аспектов современной эстетической медицины. Наряду с хирургической коррекцией, разнообразными инъекционными методиками с использованием производных гиалуроновой кислоты и гидроксиапатита кальция все большее развитие получают атравматичные методы безоперационной подтяжки кожи. Наибольшее распространение среди неабляционных аппаратных методик получили так называемые RF-технологии, основанные на радиочастотном воздействии для ремоделирования и регенерации кожного матрикса дермы. Однако установлено, что аппараты для RF-лифтинга работают на низких частотах (менее 1,0 МГц) и не оказывают должного воздействия на процесс неокollaгеноза [1, 2]. Запустить реальный механизм ремоделирования дермы и субдермальных слоев можно только с помощью радиоволн высокой частоты. Методика воздействия высокочастотных (4,0–6,0 МГц) радиоволн на ткани человека основывается на разности сопротивления биологических тканей, которое напрямую зависит от наличия в тканях воды. Селективное нагревание слоев кожи в зависимости от уровня гидратации до температуры выше 44°C (поверхность кожи) и 53°C (подкожно-жировая клетчатка) приводит к появлению эффектов частичной денатурации и последующего синтеза коллагена в дерме и подкожно-жировой

клетчатке, что клинически проявляется в лифтинг-эффекте кожи [2, 3].

Существуют две высокочастотные радиоволновые технологии безоперационной подтяжки кожи: первая основана на импульсном воздействии с частотой 6,0 МГц, вторая — на непрерывном воздействии радиоволн с частотой 4,0 МГц. Если непрерывная радиоволна генерирует эндогенное тепло в подкожно-жировой клетчатке, так как при частоте 4,0 МГц сопротивление жировых тканей в 12 раз выше мышечных (рис. 1), то импульсное воздействие частотой 6,0 МГц проникает глубже в ткани и чрезмерным нагревом может вы-

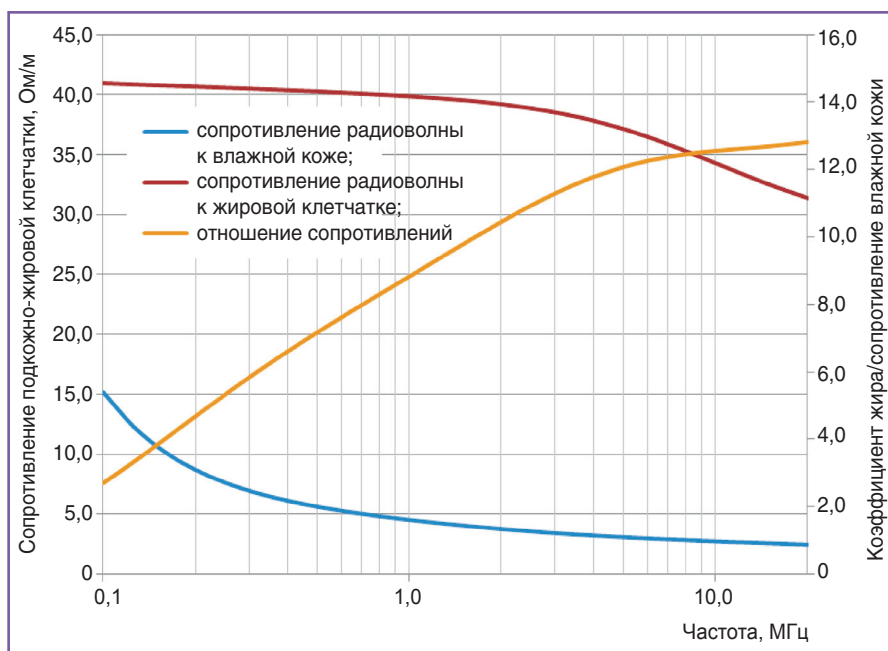


Рис. 1. Коэффициент сопротивления влажной кожи и подкожно-жировой клетчатки радиоволнам высокой частоты (4,0 МГц)

звать излишнее их повреждение, например фиброз и последующее образование рубцовой ткани (рис. 2). Кроме того, непрерывная радиоволна имеет в некотором смысле двойной эффект: во-первых, она вызывает частичную денатурацию коллагена с последующим его сокращением, а во-вторых, приводит к образованию в дерме микрорубцов, которые формируют микробласты, в свою очередь стимулирующие неоколлагеногенез [2, 4, 5].

Непрерывная радиоволновая энергия (4,0 МГц) широко применяется в хирургии для рассечения и коагуляции кожи и мягких тканей. Это максимально щадящий способ, обеспечивающий «холодный» прецизионный разрез без обугливания и с сохранением подлежащих тканей, а также ускоренное, безболезненное и «безрубцовое» восстановление кожных ран после операции, о чем свидетельствуют многочисленные исследования [3, 6, 7]. Уникальность технологии заключается в том, что радиоволновой хирургический генератор с частотой 4,0 МГц можно успешно использовать и для нехирургического омоложения и лечения морщин I–II степени у пациентов с I–VI фототипом кожи лица и шеи, а также для лифтинга дряблой и обвисшей кожи различных участков тела [8–10].

Ранее [3, 6] нами было установлено в эксперименте, что использование высокочастотного радиоволнового скальпеля отличается наиболее быстрым заживлением

и полной репарацией тканей по сравнению с другими физическими методами диссекции. При этом в зоне воздействия происходит интенсификация неангиогенеза грануляционной ткани, выполнение ею раневого дефекта с последующей эпителизацией и полным восстановлением кожной раны по механизму реституции.

Результаты пилотных исследований [3, 6] по использованию радиоволнового воздействия в косметических целях и для достижения омолаживающего эффекта позволили предположить, что такое воздействие может стимулировать неоколлагеногенез и выработку эластина в дерме, а также неангиогенез, приводящий к усилению кровообращения. Выявлено, что процессы неангиогенеза по краям раны на 3-и сутки напрямую коррелируют с процессом эпителизации. В то же время механизм радиоволновой коррекции кожи на иммуногистохимическом уровне до сих пор остается до конца не изученным, что не позволяет судить о репарации и пролиферации дермы.

Цель исследования — оценка эффективности воздействия радиоволн высокой частоты (4,0 МГц) для коррекции возрастных изменений кожи лица путем изучения особенностей ее регенерации на основе морфологических и иммуногистохимических показателей.

Материалы и методы. В исследование были включены 20 здоровых женщин-волонтеров в возрасте 35–58 лет (средний возраст $45,0 \pm 2,41$ года), из них трое — в возрасте 55–58 лет. 5 женщин из 20 (35–37 лет) не подвергались никаким воздействиям и составили контрольную группу.

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия)) и одобрено Этическим комитетом Российского университета дружбы народов. От каждой пациентки получено информированное согласие.

Клиническое исследование включало проведение процедуры высокочастотного (4,0 МГц) радиоволнового омоложения кожи лица (подтяжка кожи и лечение морщин) 15 участницам группы исследования. Они получили 5 процедур на лице (в первый день посещения, на 30-й и 60-й дни, а также на 6-м и 12-м месяце). А в заушной области справа им было выполнено однократное воздействие радиоволны на кожу при первичном посещении. Состояние кожи лица оценивалось врачом визуально и с помощью методов аппаратной диагностики кожи.

Ультразвуковое сканирование кожи лица проводили с помощью цифровой системы ультразвуковой визуализации Skinscanner DUB (Taberna pro medicum, Германия). Использовали линейные датчики (аппликаторы) 22 МГц с глубиной сканирования 10 мм.

Сканирование кожи лица выполняли до и после проведения курса лечения (5 процедур). Это позволило неинвазивным способом визуализировать у наблюдаемых пациентов эпидермис, дерму, подкожно-жировую клетчатку, волосные фолликулы, просвет сосудов кожи.

Исследование показателей функционального состояния кожи — эластичности (кутометрия), увлажненнос-

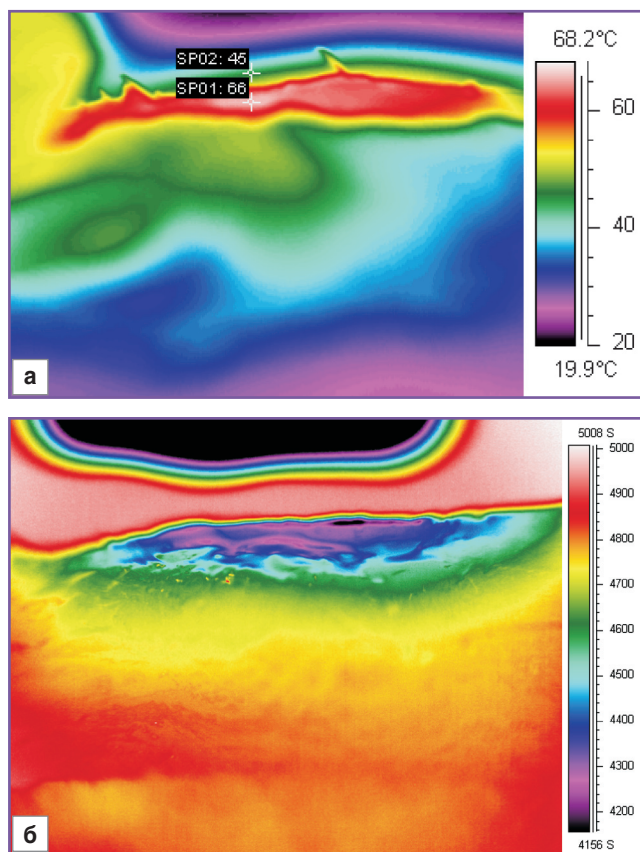


Рис. 2. Термограммы процедуры воздействия на кожу: а — непрерывными радиоволнами (4,0 МГц); б — импульсным воздействием частотой 6,0 МГц [4]

ти (корнеометрия), жирности (себуметрия) проводили на аппарате Soft plus (Италия).

Стандартизованное фотодокументирование выполняли на аппарате Reveal Imager (Canfield, США). Результаты терапии оценивались врачом и пациентом по шкале GAIS после первой и последней процедуры.

Морфологическое исследование выполнено на материале панч-биоптатов кожи заушной области 15 здоровых женщин-добровольцев позднего репродуктивного и перименопаузального возраста (35–58 лет). Они подвергались однократному воздействию непрерывных радиоволн высокой частоты (4,0 МГц) на кожу в заушной области справа.

Исследовали повторные панч-биоптаты заушной области до воздействия (1-й этап) и после однократного воздействия через 30, 60, 180 и 360 дней (2–5-й этапы соответственно). Биоптаты фиксировали в 10% нейтральном формалине, заливали в парафин по общепринятой методике.

Гистологическое исследование биоптатов проводили с дальнейшим морфометрическим анализом. В серийных парафиновых срезах, окрашенных гематоксилином и эозином, а также по Ван-Гизону, оценивали структурные характеристики эпидермиса, дермы, жировой клетчатки, состояния микрососудов дермы, наличие и степень выраженности лимфогистиоцитарной инфильтрации в дерме. Морфометрическая часть работы включала измерение толщины эпидермиса и дермы в относительных единицах и расчет коэффициента, равного соотношению «толщина эпидермиса/толщина дермы». Кроме того, оценивали плотность сосудов в дерме и жировой клетчатке по среднему количеству сосудов капиллярного типа в одном поле зрения ($\times 400$), рассчитанному на 10 полей зрения.

Иммуногистохимические реакции также проводили на серийных парафиновых срезах с использованием демаскировки антигенов в ретривере в соответствии с общепринятым протоколом [11]. Методом двойных антител выявляли коллагены 1-го и 3-го типов (DAKO CYTOMATION, Daco Inc., Дания, в разведении 1:100), эластин, Ki-67 (маркер пролиферирующих клеток), CD34 (маркер неоангиогенеза), SMA (маркер гладкомышечных и миофибробластических клеток), MMP2 (матриксная металлопротеиназа, воздействующая на базальную мембрану) и TIMP1 (ингибитор матричных металлопротеиназ) (DAKO CYTOMATION, Daco Inc., Дания, в разведении 1:100). Уровень экспрессии в тканях коллагена 1-го и 3-го типов, эластина, MMP2, TIMP1, CD34 по результатам иммуногистохимического исследования оценивали полуколичественно (SQS) в баллах по общепринятой методике [12]. При окраске менее 20% клеток экспрессия маркера оценивалась как низкая — в 2 балла, при окраске более 20% и менее 40% клеток — как умеренная — в 4 балла, при окраске более 40% клеток — как высокая — в 6 баллов. Экспрессия маркера SMA, а также маркера клеточной пролиферации Ki-67 в эпидермисе оценивалась в процентах положительно окрашенных клеток.

Результаты анализировали с помощью статистических методов для малых выборок (по Манну–Уитни,

Стьюденту), проводили корреляционный анализ по Пирсону [13].

Результаты и обсуждение

Особенности регенерации кожи лица после 5 радиоволновых процедур. В процессе курса процедур радиочастотного омоложения лица все пациенты и исследователи (врачи) отмечали положительную динамику состояния кожи лица (подтяжка кожи и разглаживание морщин вокруг глаз и носогубных складок). По результатам оценки согласно шкале GAIS на момент второй процедуры (через 30 дней от первой лечебной процедуры) положительную динамику состояния кожи отмечали 87% пациентов, по оценке врачей наблюдались изменения у 67% пациентов. При распределении по баллам шкалы GAIS (исходя из оценки от –1 до 3 баллов) видимый результат врачи-исследователи оценили в $0,73 \pm 0,33$ балла ($p < 0,05$), а пациенты — в $1,26 \pm 0,73$ балла ($p < 0,05$) (рис. 3).

Повторную оценку результативности проведенной терапии на коже лица осуществляли на 12-й месяц от момента первой процедуры. Она выявила следующее распределение: все 100% пациентов отмечали положительный эффект от процедур, их средняя оценка составляла по шкале GAIS $1,86 \pm 0,52$ балла ($p < 0,05$); врачи-исследователи в 87% случаев отмечали положительную динамику, их оценка — $1,33 \pm 0,49$ балла ($p < 0,05$).

На сканограммах инволюционно измененной кожи лица до и после курса процедур на частоте 22 МГц была отмечена следующая картина.

1. В ходе проведенного радиоволнового воздействия на кожу регистрируется увеличение толщины и выравнивание плотности эпидермиса. Возможной причиной наблюдаемых изменений может служить реакция клеточного состава кожи на радиоволновое воздействие и, как следствие, — ускорение процессов обновления клеток эпидермиса. Проведение эхо-сигналов от поверхности в дерму не прерывается, внутренний контур

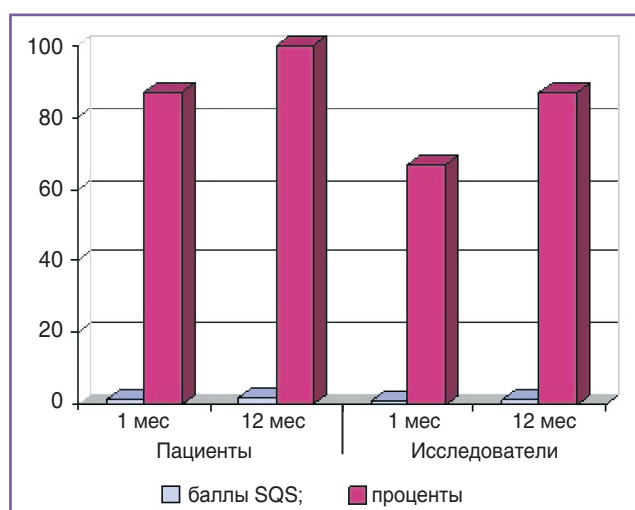


Рис. 3. Субъективная оценка удовлетворенности пациентов и исследователей эстетическими результатами процедуры через 1 и 12 мес

эпидермиса — ровный, отграничение эпидермиса от дермы — четкое как до лечения, так и после него.

2. На 12-й месяц после проведения процедуры радиочастотного омоложения в дерме отмечается увеличение средней толщины на 10,7%, рост средней акустической плотности дермы — на 15,3%. Эти явления с учетом результатов гистологических исследований можно объяснить увеличением синтеза волокнистых компонентов и количества межклеточного матрикса в ответ на воспалительную реакцию, индуцированную радиоволновым воздействием. Как до, так и после лечения отграничение дермы от подкожной клетчатки было четким.

Таким образом, метод высокочастотной ультразвуковой графики показал выраженную местно-распространенную реакцию на радиоволновое воздействие, увеличение синтеза волокнистых компонентов и увеличение количества межклеточного матрикса дермы.

В процессе исследования прослеживается стойкая положительная динамика изменения функциональных показателей состояния кожи. По данным корнеометрии, уровень увлажненности в относительных единицах относительно возрастной нормы возрастает до нормальных значений (от 41,7 до 44,4 у.е. — на 6% при норме 44 у.е.; $p < 0,05$). Вероятные изменения связаны с восстановлением структуры и, соответственно, влагоудерживающей способности эпидермиса и дермы. Показатель эластичности по данным кутометрии увеличивается на 5% (с 39,6 до 41,6 у.е. при норме для данной возрастной группы 26 у.е.; $p < 0,05$). Данные кутометрии также коррелируют с ультразвуковой картиной повышения эхо-плотности дермы и усилением ее фибриллярной составляющей. Жирность поверхности кожи увеличивается на 4,5% (45,93–98,10 у.е. при норме до 46 у.е.; $p = 0,05$), что свидетельствует о

косвенном влиянии реструктурирующего действия радиоволнового воздействия и на уровень секреции кожного сала.

Во второй части исследования на материале панч-биоптатов кожи заушной области были оценены морфологические и иммуногистохимические проявления динамики ремоделирования экстрацеллюлярного матрикса дермы после однократного радиоволнового (4,0 МГц) воздействия.

Морфологические и иммуногистохимические изменения в коже заушной области на разных сроках наблюдения. Морфологические особенности кожи заушной области женщин опытной группы (более старшего возраста — 35–58 лет) по сравнению с кожей женщин контрольной группы (35–37 лет) до начала процедуры заключались в относительно меньшей толщине эпидермиса по сравнению с дермой, вплоть до атрофических изменений у 3 из 15 пациенток (рис. 4).

Структурные изменения кожи женщин опытной группы после радиоволнового воздействия выявлялись уже через 30 дней и заключались в усилении неоангиогенеза в глубоких слоях дермы и в подкожно-жировой клетчатке, а также в увеличении относительной толщины дермы ($p < 0,05$).

Иммуногистохимические характеристики кожи заушной области женщин опытной группы по сравнению с кожей женщин контрольной группы до проведения радиоволнового воздействия имели следующие особенности (рис. 5, 6):

1) изменение соотношения между коллагеном 1-го и 3-го типа за счет относительного увеличения удельного веса коллагена 3-го типа. Так, в контрольной группе соотношение «коллаген 1-го типа/коллаген 3-го типа» составило 2, а у женщин опытной группы — 1,35 ($p < 0,05$);

2) уменьшение количества эластина в дерме относительно контрольной группы ($p < 0,05$);

3) уменьшение количества CD34⁺-клеток относительно контрольной группы ($p < 0,05$);

4) увеличение экспрессии MMP2 относительно контрольной группы ($p < 0,05$);

5) уменьшение количества пролиферирующих клеток в эпидермисе относительно контрольной группы ($p < 0,05$).

Иммуногистохимические изменения кожи заушной области женщин опытной группы после волнового воздействия выявлялись уже через 30 дней после процедуры и заключались в усилении неоангиогенеза в глубоких слоях дермы и в подкожно-жировой клетчатке, а также в увеличении относительной толщины дермы ($p < 0,05$; $r = 0,5$) (рис. 7–10):

1) изменение соотношения между коллагеном 1-го и 3-го типа за счет относительного увеличения удельного веса коллагена 1-го типа, которое

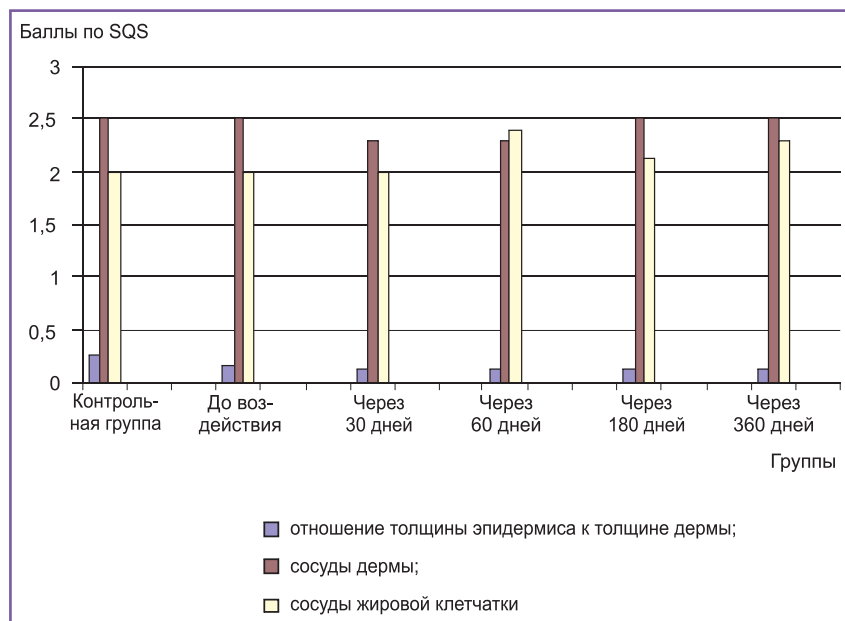


Рис. 4. Морфологическая характеристика кожи заушной области женщин контрольной и опытной групп на разных этапах радиоволнового воздействия

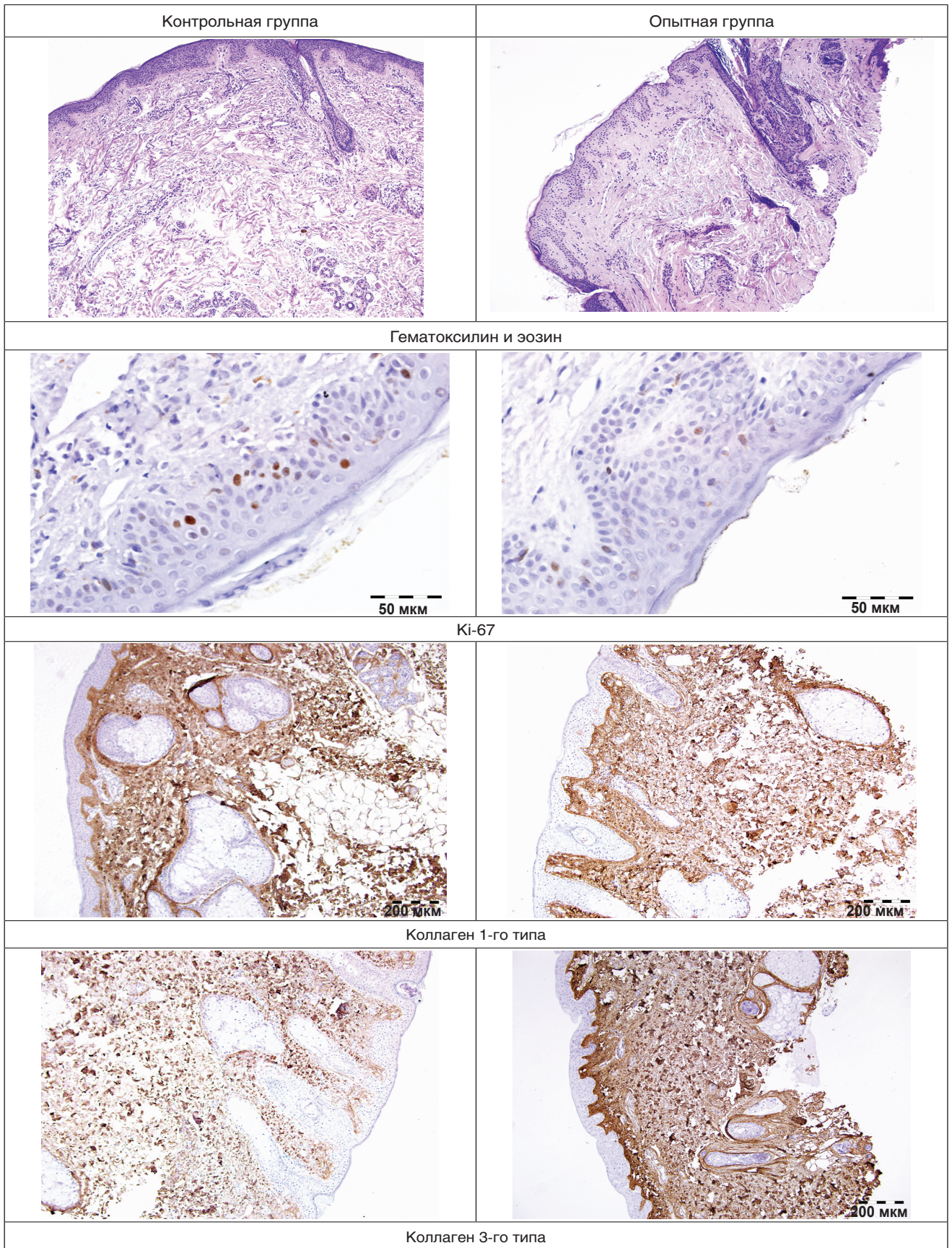


Рис. 5. Структурные особенности кожи заушной области женщин контрольной и опытной групп до радиоволнового воздействия

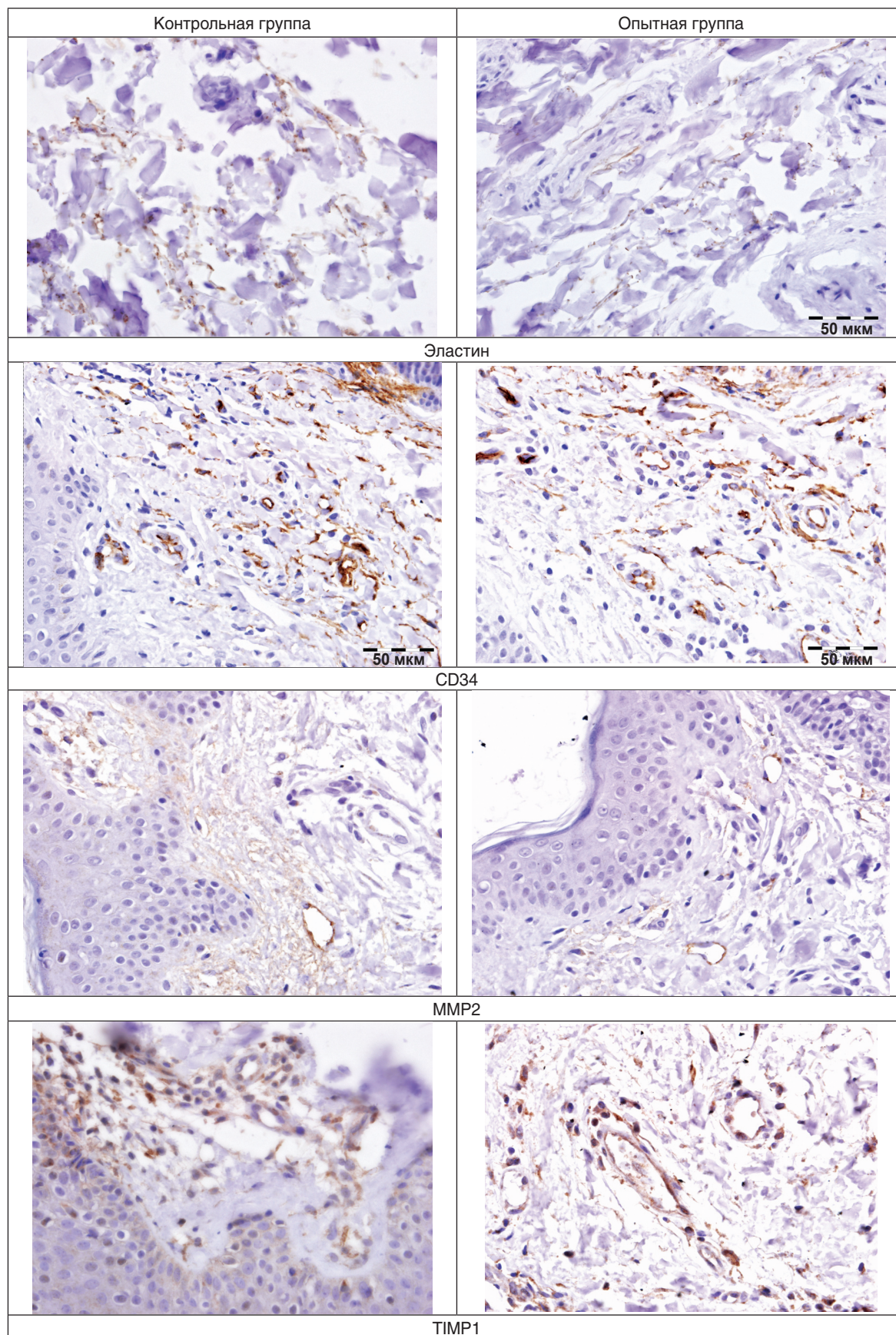


Рис. 6. Иммуногистохимические особенности кожи заушной области женщин контрольной и опытной групп до радиоволнового воздействия

Рис. 7. Иммуногистохимическая характеристика тканей кожи заушной области пациентов контрольной и опытной групп на разных этапах радиоволнового воздействия

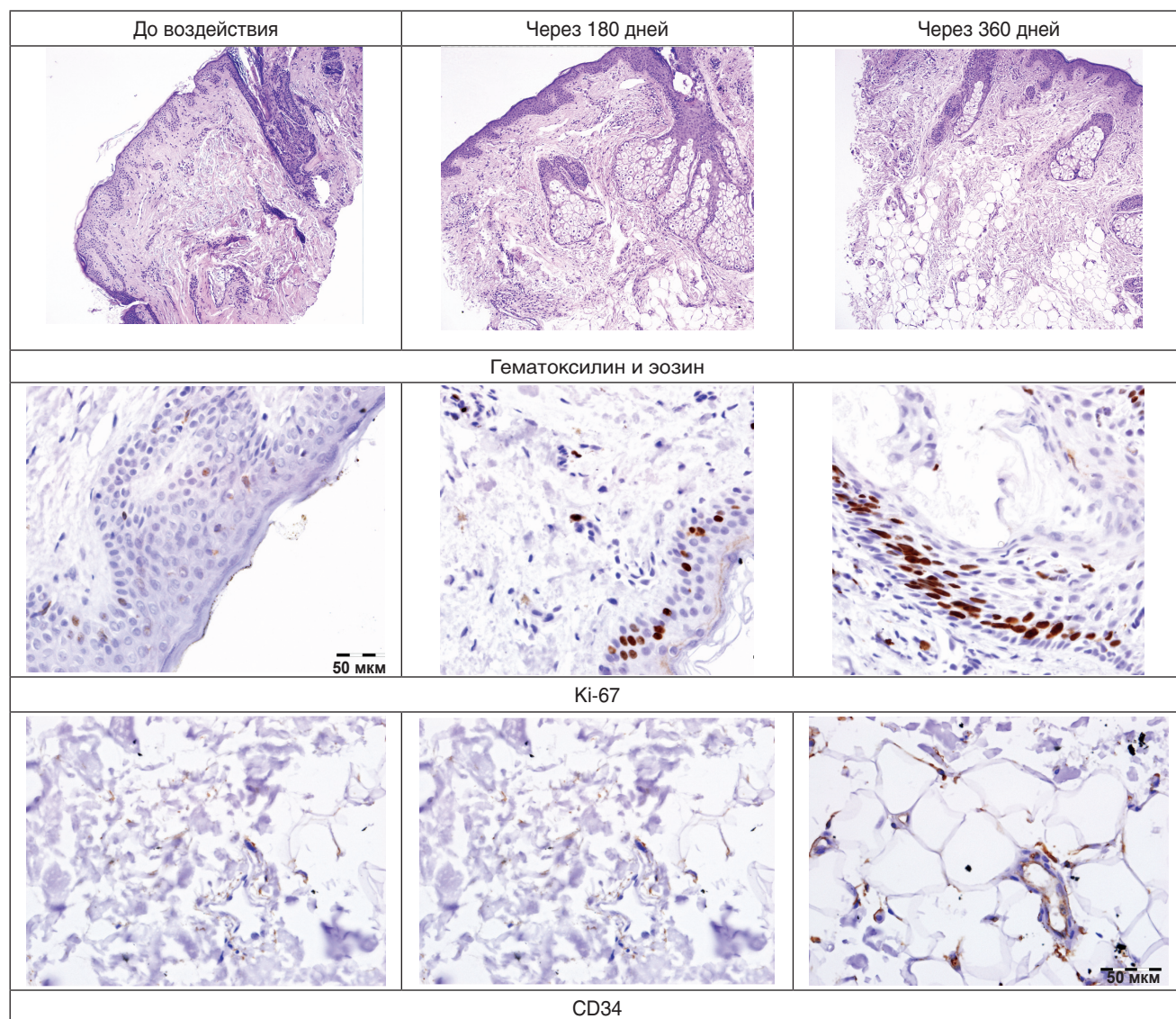
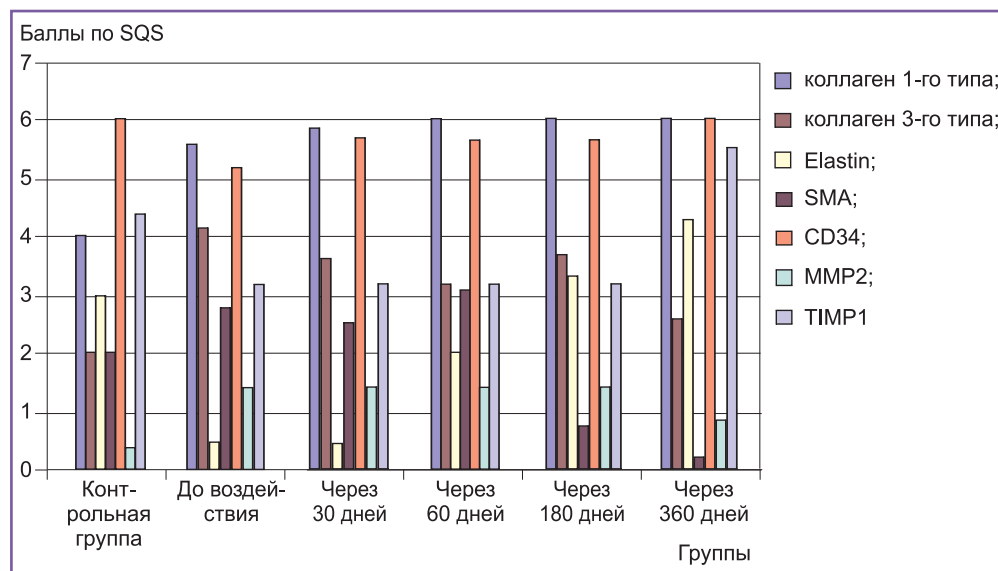


Рис. 8. Структурные особенности кожи заушной области женщин опытной группы до и на разных сроках после радиоволнового воздействия. Ki-67-позитивные клетки оценивались в эпидермисе, CD34⁺-клетки — в жировой ткани

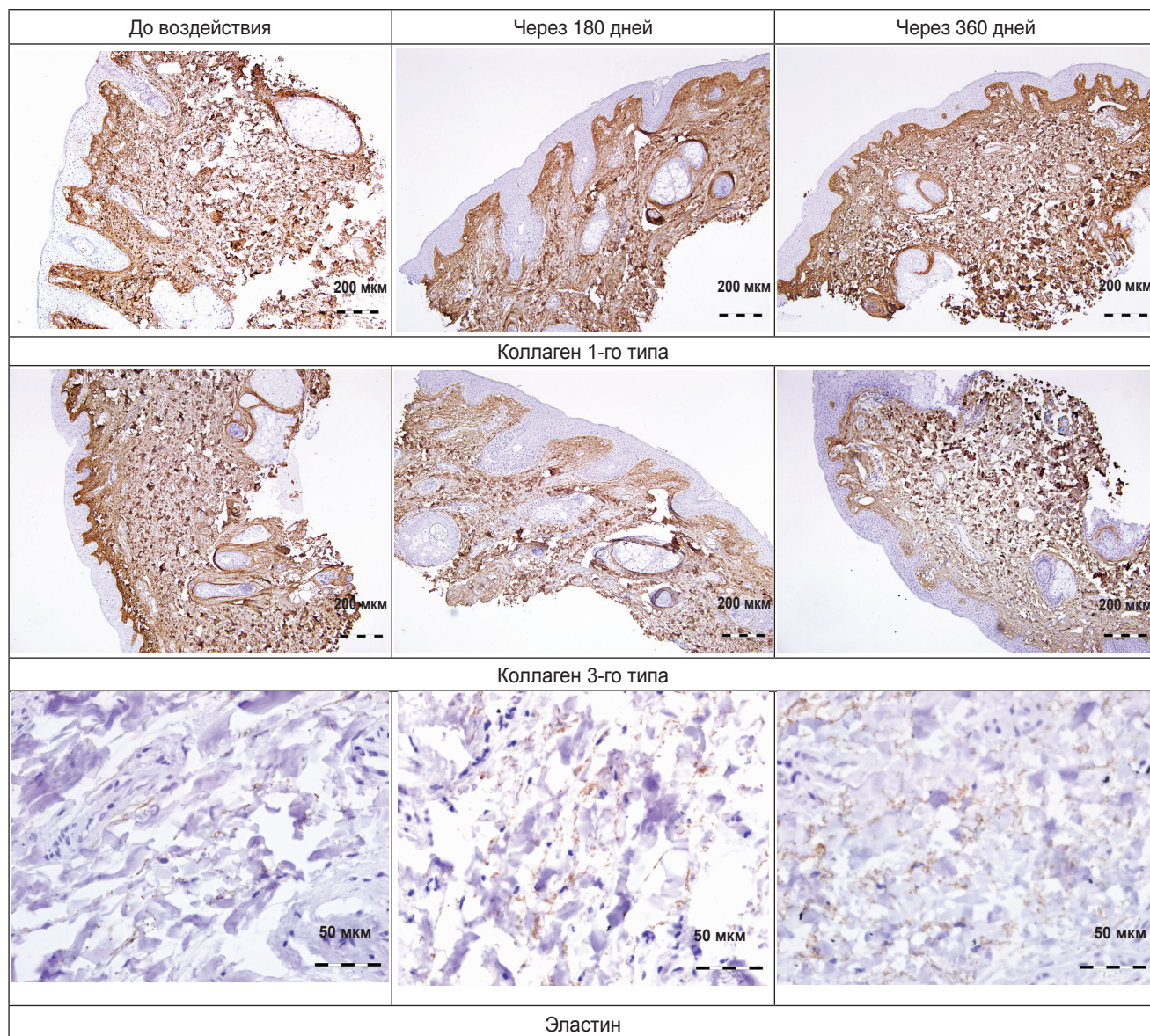


Рис. 9. Компоненты экстрацеллюлярного матрикса в дерме заушной области женщин опытной группы до и на разных сроках после радиоволнового воздействия

нормализовалось через 1 год после однократного воздействия и стало аналогичным соотношению в контрольной группе ($p < 0,05$; $r = 0,7$);

2) относительное увеличение эластина в глубоких слоях дермы ($p < 0,05$);

3) относительное увеличение количества $CD34^+$ -клеток ($p < 0,05$);

4) относительное уменьшение экспрессии MMP2 ($p < 0,05$; $r = 0,4$);

5) относительное увеличение экспрессии TIMP1 ($p < 0,05$; $r = 0,6$);

6) относительное увеличение пролиферирующих клеток в эпидермисе ($p < 0,05$; $r = 0,6$).

Таким образом, в результате проведенного морфологического и иммуногистохимического исследования кожи заушной области женщин после однократного ра-

диоволнового воздействия (4,0 МГц) установлено, что оно вызывает изменения преимущественно в глубоких слоях дермы и прилежащей к ней подкожно-жировой клетчатке, что согласуется с данными физического воздействия данного типа энергии, которая приводит к прогреванию тканей именно в данной зоне [3]. При этом в глубоких слоях дермы и прилежащей подкожно-жировой клетчатке происходит активизация метаболических и регенераторных процессов с относительным утолщением дермы, с усилением синтеза и накоплением коллагенов и эластина. Происходит также расширение глубоких слоев дермы с накоплением коллагенов 1-го и 3-го типов и сохранением соотношения между ними в пользу коллагена 1-го типа, как и у женщин контрольной группы (относительная норма). Этот процесс очень важен при возрастных изменениях кожи, так как

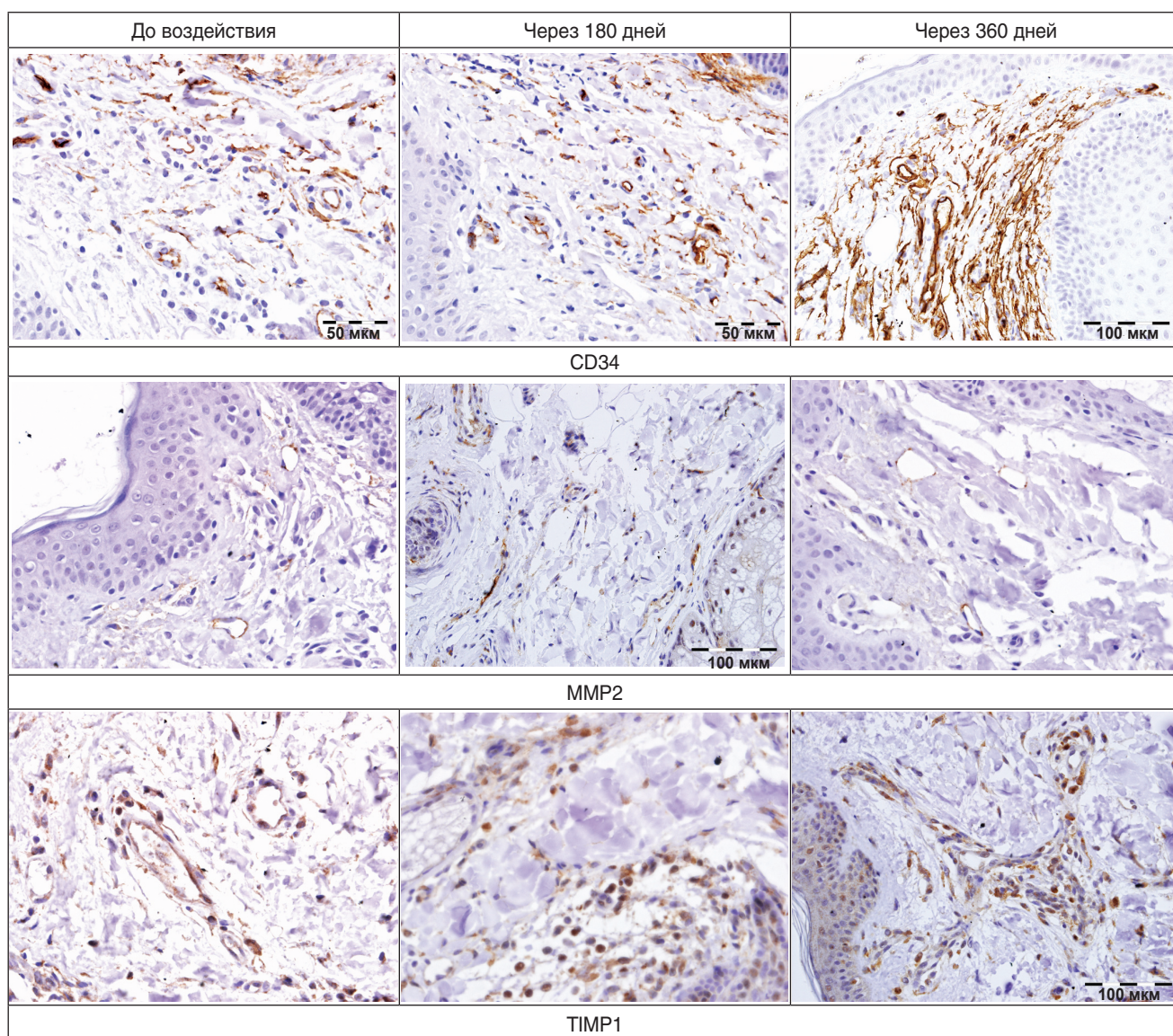


Рис. 10. Экспрессия CD34⁺, MMP2, TIMP1 клетками дермы заушной области женщин опытной группы до и на разных сроках после радиоволнового воздействия

одним из проявлений ее старения как раз и является уменьшение относительной толщины дермы и сокращение количества коллагена и эластина. Это подтвердили и данные нашего исследования при сравнении «возрастной» кожи с кожей молодых женщин контрольной группы, при том, что соотношение коллагенов 1-го и 3-го типов в возрастной группе не отличалось от такового в контрольной группе.

Другим важным аспектом воздействия радиоволновой энергии является отмеченное нами усиление неоангиогенеза, что и служит одним из основных факторов, приводящих к активизации метаболизма в тканях. Интересно отметить, что активизация неоангиогенеза при этом происходит постепенно, достигая своего максимума к 12 мес.

Третье важное наблюдение, сделанное в нашем исследовании, — появление в дерме, преимущественно

в подкожно-жировой клетчатке, после радиоволнового воздействия мезенхимальных клеток с признаками стволовости миофибробластического типа (SMA-позитивных). Интересны изменения в подкожно-жировой клетчатке, где увеличивается количество новообразованных сосудов капиллярного типа и миофибробластических элементов. При этом пролиферативный индекс в покровном эпителии имеет тенденцию к снижению по сравнению с его значением в контрольной группе. В глубоких слоях дермы и в жировой клетчатке пролиферативный индекс практически равен нулю. Описанные изменения нарастают уже к 30-му дню и сохраняются к 180-му дню после однократного воздействия.

Заключение. Морфологические и иммуногистохимические исследования кожи заушной области женщин показали, что воздействие радиоволнами высокой

частоты (4,0 МГц) с целью коррекции возрастных изменений происходит на уровне глубоких слоев дермы и прилежащей к ним подкожно-жировой клетчатки.

Ремоделирование экстрацеллюлярного матрикса дермы при таком воздействии вызывает расширение глубоких слоев дермы с накоплением коллагенов 1-го и 3-го типов и сохранением соотношения между ними в пользу коллагена 1-го типа, как это отмечается в дерме молодых женщин.

Ключевым антивозрастным фактором радиоволнового воздействия можно считать активацию неангиогенеза в дерме, что происходит постепенно, достигая своего максимума к 12 мес после однократного воздействия.

Одним из проявлений антивозрастного воздействия радиоволновой энергии можно считать появление в дерме и прилежащей жировой клетчатке мезенхимальных клеток с признаками стволовости миофибробластического типа (SMA-позитивных), участвующих в активации регенераторных процессов.

По данным аппаратной диагностики кожи лица, после курса радиоволновых процедур (5 воздействий) также отмечается позитивная динамика показателей состояния кожи.

При ультразвуковой диагностике кожи лица зарегистрирована выраженная реакция на радиоволновое воздействие в виде увеличения толщины и выравнивания акустической плотности эпидермиса, увеличения средней толщины дермы на 10,7% и роста средней акустической плотности дермы на 15,3%.

По данным корнеометрии, увлажненность рогового слоя в коже лица возрастает на 6% (до нормы), эластичность, по данным кутометрии, увеличивается на 5%. Жирность поверхности кожи возрастает на 4,5%.

Стойкая положительная динамика клинических показателей, коррелируя с соответствующими гистоморфологическими и иммуногистохимическими изменениями в эпидермисе и дерме, свидетельствует о значимости тех структурных изменений, которые происходят в результате радиоволнового (4,0 МГц) воздействия на кожу, и подтверждает «лифтинг-эффект».

Финансирование исследования и конфликт интересов. Исследование не финансировалось какими-либо источниками, и конфликты интересов, связанные с данным исследованием, отсутствуют.

Литература/References

1. Беленькая И., Элман М., Бар-Иосеф У., Паун С.Д., Вашкевич М., Левит К. Радиочастотная терапия в эстетической медицине (обзор). Пластическая хирургия и косметология 2011(4): 705–717. Belenky I., Elman M., Bar-Yosef U., Paun S.D., Vashkevich M., Levit K. Radio frequency therapy in esthetic medicine (review). *Plasticheskaya khirurgiya i kosmetologiya* 2011(4): 705–717.

2. Липова Е.В., Глазко И.И. Физические основы применения "RF"- и радиоволновых технологий в косметологии. Аппаратная косметология и физиотерапия 2012; 3: 26–40. Lipova E.V., Glazko I.I. Physiological fundamentals of the application of "RF" and radio wave

technologies in cosmetology. *Apparatnaya kosmetologiya i fizioterapiya* 2012; 3: 26–40.

3. Ступин В.А., Смирнова Г.О., Мантурова Н.Е., Хомякова Е.Н., Коган Е.А., Поливода М.Д., Силина Е.В., Синельникова Т.Г. Сравнительный анализ процессов заживления хирургических ран при использовании различных видов радиочастотных режущих устройств и металлического скальпеля. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье» 2010; 4: 9–14. Stupin V.A., Smirnova G.O., Manturova N.E., Khomyakova E.N., Kogan E.A., Polivoda M.D., Silina E.V., Sinelnikova T.G. Comparative analysis of healing processes of surgical wounds in use of various kinds of radio-frequency cutting devices and a metal scalpel. *Kurskiy nauchno-prakticheskiy vestnik "Chelovek i ego zdorov'e"* 2010; 4: 9–14.

4. Petrou I. RF device's steady vs. pulsed waves heat the way to less painful facial rejuvenation. *Cosmetic Surgery Times* 2009; 12: 28–29.

5. Rusciani A., Curinga G., Menichini G., Alfano C., Rusciani L. Nonsurgical tightening of skin laxity: a new radiofrequency approach. *J Drugs Dermatol* 2007; 6(4): 381–386.

6. Труфанов В.Д., Иванов С.Ю., Коган Е.А., Файзуллина Н.М. Радиочастотные скальпели в челюстно-лицевой и пластической хирургии: экспериментальное, иммуногистохимическое исследование. Институт стоматологии 2015; 2: 90–93. Trufanov V.D., Ivanov S.Yu., Kogan E.A., Fajzullina N.M. Radiofrequency scalpels in maxillofacial and plastic surgery: experimental, immunohistochemical research. *Institut stomatologii* 2015; 2: 90–93.

7. Maness W.L., Roeber F.W., Clark R.E., Cataldo E., Riis D., Haddad A.W. Histologic evaluation of electrosurgery with varying frequency and waveform. *J Prosthet Dent* 1978; 40(3): 304–308, [http://dx.doi.org/10.1016/0022-3913\(78\)90037-9](http://dx.doi.org/10.1016/0022-3913(78)90037-9).

8. Юцковская Я.А., Тарасенкова М.С., Кизей И.Н., Труфанов В.Д. Радиочастотный лифтинг в программе anti-age-терапии. Эстетическая медицина 2010; 9(2): 3–10. Yutskovskaya Ya.A., Tarasenkova M.S., Kizey I.N., Trufanov V.D. Radio frequency lifting in a programme of anti-ageing therapy. *Esteticheskaya meditsina* 2010; 9(2): 3–10.

9. Юцковская Я.А., Кизей И.Н., Тарасенкова М.С., Труфанов В.Д. Сочетание радиоволнового лифтинга кожи (Pelleve) и инъекций БТ-А в комплексных программах коррекции инволюционных изменений кожи. Эстетическая медицина 2010; 9(4): 453–457. Yutskovskaya Ya.A., Kizey I.N., Tarasenkova M.S., Trufanov V.D. Combination of radio wave skin lifting (Pelleve) and BT-A injections in complex programmes for correcting involution skin changes. *Esteticheskaya meditsina* 2010; 9(4): 453–457.

10. Yutskovskaya Y., Kogan E., Leshunov E. A randomized, split-face, histomorphologic study comparing a volumetric calcium hydroxylapatite and a hyaluronic acid-based dermal filler. *J Drugs Dermatol* 2014; 13(9): 1047–1052.

11. *Education guide. Immunohistochemical staining methods, fourth edition.* Key M. (editor). Carpinteria, California: Dako 2006.

12. Эллиниди В.Н., Анিকেева Н.В. Практическая иммуногистоцитохимия. СПб: ВЦЭРМ МЧС России; 2002. Ellinidi V.N., Anikeeva N.V. *Prakticheskaya immunogistotsitokhimiya* [Practical immunohistochemistry]. Saint Petersburg: VTsERM MChS Rossii; 2002.