

DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpb115065>

Коррекция возрастных изменений кожи лица с помощью радиочастотного микроиглового метода. Краткий обзор литературы

М.А. Агапова¹, А.А. Шарова²¹ Швейцарский центр омоложения Versua Clinic, Москва, Российская Федерация² Центр эстетической медицины «Чистые пруды», Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Проблема выбора метода омоложения кожи остаётся актуальной, несмотря на широкий выбор консервативных и хирургических методов устранения возрастных изменений. В последние годы методы лечения от объёмных и травматических стремятся к малоинвазивным, быстро выполнимым при достижении оптимального результата, который должен отвечать как запросам пациентов, так и врачей. По этой причине на первый план стали выходить инъекционные и аппаратные методы омоложения, особенно при коррекции изменений на лице. Косметологические аппараты на основе радиочастоты могут поспорить в эффективности с лазерными технологиями, обладая своими определёнными преимуществами.

Целью работы являлась оценка доступных источников литературы, связанных с применением радиочастоты в дерматологии и дерматокосметологии, особенно для нивелирования возрастных изменений кожи лица.

Проанализированы доступные источники литературы из российских и зарубежных баз данных (Elibrary, PubMed, Google Academia) по теме применения радиочастоты и радиочастотного микроиглового воздействия в дерматокосметологии для омоложения кожи лица.

Анализ показал широкое применения радиочастоты в дерматокосметологии, её высокую эффективность и безопасность, однако полноценных исследований, посвящённых радиочастотному микроигловому методу, крайне мало.

Радиочастотный микроигловый метод, на наш взгляд, является значительным шагом вперёд по сравнению с традиционными радиочастотными устройствами, особенно для подтяжки кожи лица, за счёт увеличения безопасности и эффективности процедуры. Применение радиочастотного микроиглового метода может быть эффективным для коррекции возрастных изменений кожи, в частности в области лица, как в виде монотерапии, так и в сочетании с другими методами омоложения.

Ключевые слова: радиочастотный микроигловый метод; нагревание; омоложение; кожа; лицо.

Как цитировать:

Агапова М.А., Шарова А.А. Коррекция возрастных изменений кожи лица с помощью радиочастотного микроиглового метода. Краткий обзор литературы // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2022. Т. 21, № 4. С. 289–299. DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpb115065>

DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpr115065>

Correction of age-related changes of the face skin using radiofrequency micro needling. Brief literature review

Marina A. Agapova¹, Alisa A. Sharova²

¹ Swiss Center for Rejuvenation Versua Clinic, Moscow, Russian Federation

² Center for Aesthetic Medicine "Chistye Prudy", Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The problem of choosing a method for skin rejuvenation remains relevant despite a wide selection of conservative and surgical methods for eliminating age-related changes. In recent years, treatment methods for voluminous and traumatic ones have been striving for minimally invasive, quickly feasible with an optimal result that should meet both the needs of patients and doctors. For this reason, injection and hardware methods of rejuvenation began to come to the fore, especially when correcting changes on the face. Cosmetic devices based on radiofrequency can compete in efficiency with laser technology, having their own specific advantages.

The aim of the work was to evaluate the available literature sources related to the use of radiofrequency in dermatology and dermatocosmetology, especially for leveling age-related changes in the skin of the face.

The available literature sources from Russian and foreign databases (Elibrary, PubMed, Google Academia) were analyzed on the use of radiofrequency and radiofrequency micro needling in dermatocosmetology for facial skin rejuvenation.

The analysis showed the widespread use of radio frequency in dermatocosmetology, its high efficiency and safety, however, there are very few full-fledged studies devoted to radio frequency microneedling.

In our opinion, radiofrequency microneedling is a significant step forward compared to traditional radiofrequency devices, especially for facial skin rejuvenation by increasing the safety and effectiveness of the procedure. The use of radiofrequency microneedling can be effective for correcting age-related skin changes, especially in the face area, both as monotherapy and in combination with other methods of rejuvenation.

Keywords: radiofrequency micro needling; heating; rejuvenation; skin; face.

To cite this article:

Agapova MA, Sharova AA. Correction of age-related changes of the face skin using radiofrequency micro needling. Brief literature review. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2022;21(4):289–299 DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpr115065>

ВВЕДЕНИЕ

Для коррекции возрастных изменений кожи лица дерматологи, дерматокосметологи и пластические хирурги имеют в своём арсенале огромное множество методов и техник — от самых поверхностных и малоинвазивных до тотальной травматичной хирургической подтяжки лица. Каждый из методов имеет право на существование, так как обладает своими преимуществами и недостатками, а его применение определяется врачом исходя из каждой конкретной клинической ситуации с учётом пожеланий пациентов. Однако в последние несколько лет наметилась тенденция к выбору методов омоложения, обладающих пусть не максимальным, но оптимальным эффектом, в сочетании с коротким временем выполнения, безопасностью, воспроизводимостью и минимальным периодом реабилитации после его осуществления. По этой причине своё место занимают аппаратные методы лечения, к которым относится радиочастотный микроигльчатый метод.

Целью работы являлась оценка доступных источников литературы, связанных с применением радиочастоты в дерматологии и дерматокосметологии, особенно для нивелирования возрастных изменений кожи лица.

Для проведения оценки существующих данных по применению радиочастоты в дерматокосметологии с целью омоложения кожи лица проводили поиск доступных статей с помощью электронных ресурсов и баз данных (<https://elibrary.ru/>; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>; <https://scholar.google.com/>) с 1990 по 2021 г. на русском и английском языках. Ключевыми словами при поиске соответствующих источников были «радиочастотное иглоукалывание», «радиочастотный микроигльчатый метод», «нагревание», «омоложение», «кожа», «лицо» (на русском языке) и «radiofrequency micro needling», «heating», «rejuvenation», «skin», «face» (на английском языке). Для анализа было отобрано 50 статей на обоих языках, после исключения протоколов лечения и клинических наблюдений в работе использовано 39 источников.

ПОНЯТИЕ РАДИОЧАСТОТНОГО МИКРОИГЛЬЧАТОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ

Радиочастоту (radio frequency, RF) в медицине применяют повсеместно уже около 80 лет. Произведённую посредством RF энергию использовали для прижигания биологических тканей и сосудов, уплотнения тканей глотки при лечении обструктивного апноэ сна, а также для удаления опухолей [1, 2]. RF применяют для устранения дополнительных проводящих путей в сердце, стабилизации мерцательной аритмии и при других состояниях. В физиотерапии RF-диатермию используют для направления тепла в более глубокие ткани.

Термин «радиочастота» происходит от частоты, используемой для описания электричества, и аналогичен радиоволнам. В 2002 г. группа компаний ThermoCool Group LTD представила первое радиочастотное устройство, разрешённое к применению в косметических целях (для устранения периорбитальных морщин); в 2004 г. аппарат получил разрешение к использованию при лечении мимических морщин и морщин другой локализации, а в 2006 г. был одобрен к применению не только в области лица.

С тех пор десятки радиочастотных устройств получили одобрение для использования в эстетической медицине в комбинации с различными методами, используемыми для проведения энергии к дерме и фибросептальной сети подкожно-жировой клетчатки [3].

Выделяют два разных механизма доставки, которые используют в RF — монополярный и биполярный. При монополярной RF энергия течёт от активного электрода в наконечнике оператора к площадке для заземления (пассивный электрод), расположенной дистально на теле пациента. Ранние радиочастотные устройства (ThermoCool) использовали монополярный RF, и он до сих пор остаётся популярной технологией даже для современных устройств. Его преимущество заключается в том, что энергия может проходить довольно глубоко от поверхностного электрода в слои дермы и фибросептальную сеть подкожно-жировой клетчатки. При биполярной RF энергия течёт между двумя соседними электродами, причём оба находятся внутри наконечника у оператора. Глубину проникновения (для чрескожных устройств) определяют приблизительно как половину расстояния между электродами, хотя это и не является общепринятым положением [4]. В случае биполярных устройств возможно увеличение модуля проводимой энергии, однако глубина её распространения будет меньше, чем при монополярных.

При использовании радиочастота создаёт колеблющийся электрический ток (миллионы циклов в секунду), вызывая вибрацию и столкновения между заряженными частицами, что приводит к выработке тепла, как ранее описали I. Belenky и соавт. [1]. Электрическая энергия преобразуется в тепловую энергию как результат сопротивления тканей в ответ на воздействие [5]. Передача энергии продиктована законом Ома: J (энергия) = $I^2 \times R \times T$, где I — ток, R — сопротивление ткани, T — время экспозиции. Сопротивление тканей, в свою очередь, зависит от увлажнённости кожи, электролитного состава, содержания коллагена, температуры и других факторов [2]. В отличие от лазеров, которые используют фототермическую энергию (селективный фототермолиз), радиочастотная энергия не зависит от пигментации или типа кожи и оказывает только электротермический эффект.

Радиочастотные аппараты, используемые в эстетических процедурах, имеют пределы от 0,3 до 10 МГц. Глубина проникновения обратно пропорциональна используемой частоте [6]. Первые радиочастотные устройства

проводили энергию через эпидермис в более глубокие слои кожи за счёт использования монополярной технологии, однако глубина нагрева не являлась точно определяемой, и отмечались случаи разрушения подкожно-жировой клетчатки из-за непреднамеренного подкожного нагрева [7]. Существует также ограничение в температуре воздействия, с которой может справиться эпидермис, до развития таких осложнений, как поствоспалительная гиперпигментация, образование пузырей и рубцевание. Отмечено, что поддержание температуры поверхности кожи в интервале ниже 42–45°C необходимо для безопасного радиочастотного лечения, поскольку порогом эпидермального ожога являются 44°C.

Методы, с помощью которых устройства при использовании преодолевают проблему с нагреванием эпидермиса, заключаются в поверхностном охлаждении и постоянном движении наконечника. Для охлаждения кожи одновременно с энергетическим импульсом на кожу наносят криогенный спрей или охлаждающую пластину, что приводит к обратному градиенту температуры — более глубокие ткани подвергаются воздействию более высоких температур [8]. Подавая энергию через постоянно движущийся радиочастотный наконечник, нагревание кожи может становиться более постепенным и безопасным. Температуру можно контролировать либо с помощью датчиков внутри наконечника, либо с помощью инфракрасной камеры. Экспозицию либо приостанавливают, либо завершают по достижении температуры поверхности 42–45°C. Обратной стороной этого метода является то, что врач может устать во время манипуляции или во время последующих процедур в течение одного дня. В подобных условиях невозможно добиться равномерного нагрева. При применении поверхностно действующих РЧ-устройств происходит массивное нагревание тканей: эпидермис, дерма, фибросептальная сеть и придатки кожи нагреваются одновременно, хотя

и до разных температур. Накопление тепла происходит дольше, поскольку при нагревании всей площади рассеивание энергии замедляется по сравнению с методом «частичного нагревания». Оставление интактных тканей рядом с обработанными областями обеспечивает более быстрое заживление и увеличивает безопасность лечения, в том числе другими технологиями (лазером).

Чрескожные радиочастотные процедуры по лифтингу мягких тканей лица имеют изначальное ограничение, поскольку энергия сначала проходит через поверхность кожи, а порог предотвращения эпидермальных ожогов значительно ниже оптимальной температуры для неокколлагенеза. Несмотря на то, что нагревание дермы от 45 до 60°C для частичной денатурации коллагена обладает определёнными преимуществами, оптимальный результат можно достичь только тогда, когда температура кожи достигает 65–70°C, и происходит коагуляция и денатурация коллагена. На этом уровне ускоряется процесс замены коллагена на новый [9, 10]. Гистологическое исследование не подтвердило увеличение количества фибробластов при более низких уровнях энергии (ниже температуры коагуляции), а только продемонстрировало утолщение волокон и их сокращение. Напротив, более высокий уровень энергии при экспозиции, как было показано, приводит к гиперпластической реакции и увеличению клеточности во время заживления ран, которое происходит в течение 10 недель или дольше [11]. Были предприняты попытки «доставки» более высокой температуры к дерме с помощью трансканальных эпидермальных радиочастотных устройств с использованием небольших высокоэнергетических (концентрированных) наконечников, но они приводили к повреждению эпидермиса (рис. 1) [3, 12].

Первоначальное исследование по использованию радиочастотного микроиглового метода было выполнено В.М. Hantash и соавт. [13] ещё в 2009 г. на коже живота у 15 пациентов, которым позднее проводили

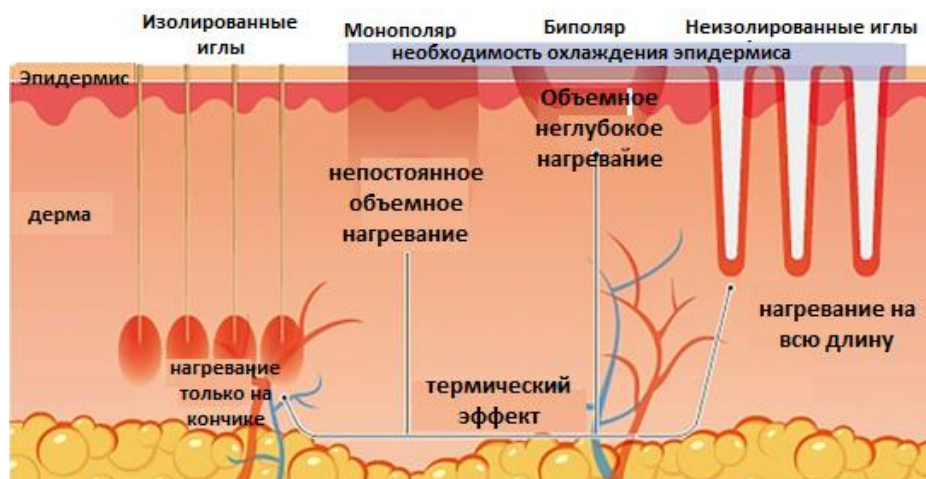


Рис. 1. Паттерны нагревания при использовании различных РЧ-устройств (источник [3] публикуется с изменениями на основании общей открытой лицензии).

Fig. 1. Heating patterns when using various radio frequency devices (source [3] is published with changes based on a general open license).

абдоминопластику. Авторы применяли наконечник с пятью парными изолированными иглами с температурным контролем, монитором с обратной связью и поверхностным охлаждением. Результаты позволили обозначить области денатурации коллагена и отметить, что тепловые зоны воздействия РЧ окружены областями с интактным коллагеном. Придатки кожи и жировая ткань были сохранены. Не было отмечено каких-либо побочных эффектов. Последующее исследование группы под руководством В.М. Hantash [14] с использованием новой похожей фракционной микроиглы для радиочастотного устройства показало «быстрое заживление ран» как ответ начатому лечению с прогрессирующим увеличением инфильтрации воспалительных клеток со 2-го дня до 10 недель. Показатель индуцибельного белка теплового шока HSP72 уменьшался после 2-го дня до 10 недель при одновременном увеличении белка HSP47. Отмечали повышение уровней интерлейкина-1b (IL-1b), фактора некроза опухоли альфа (TNF- α) и матричной металлопротеиназы-13 (MMP-13), в то время как уровни MMP-1, HSP72, HSP47 и трансформирующего фактора роста бета (TGF- β) росли ко 2-му дню. Наблюдали также выраженную индукцию тропоэластина и фибриллина как проколлагенов I и III типа через 28 дней после проведённого лечения.

Активный процесс ремоделирования дермы, управляемый коллагеновым шапероном HSP47, приводит к полной замене коллагена в тепловых зонах воздействия РЧ на 10-ю неделю лечения. Тепловые зоны воздействия РЧ наблюдаются через 28 дней после лечения, однако формирование обновлённой кожи происходит к 10-й неделе. Объём ретикулярной дермы, клеточность, содержание гиалуроновой кислоты и эластина увеличиваются. Кроме того, использование иммуногистохимических исследований и полимеразной цепной реакции доказали наличие глубокого неозластиногенеза после радиочастотного воздействия на кожу человека. Сочетание неозластиногенеза и неоколлагенеза, индуцированных применением изолированных игл при РЧ-методике, является одним из эффективных методов омоложения кожи лица и устранения морщин. Была отмечена прямая корреляция более высокого уровня HSP47 и пролиферации фибробластов при высоком уровне проникающей энергии [3].

АНАТОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО МИКРОИГОЛЬЧАТОГО МЕТОДА В ДЕРМАТОКОСМЕТОЛОГИИ

В исследовании Z. Zheng и соавт. [15] в образцах кожи, взятых сразу после лечения радиочастотным микроигльчатый методом (РЧМ), обнаружили РЧ-индуцированные коагуляционные столбики с образованием в дерме зоны субаблятивной термической травмы в виде кокона. Через 4 дня после лечения в образцах кожи уже

обнаруживали признаки реэпителизации, а в дермальных РЧ-индуцированных коагуляционных колонках — смешанную клеточную инфильтрацию, неоваскуляризацию и формирование грануляционной ткани. Отмечено, что на гистометрические показатели РЧ-индуцированной дермальной коагуляции влияют не уровень энергии в целом, а глубина погружения микроиглы и время проводимости РЧ. РЧМ при лечении воздействует на поражённые структуры придатков кожи путём коагуляции фолликулярного эпителия и перифолликулярных структур.

Коллаген I типа — основной тип коллагена в коже — состоит из тройной спирали полипептида, структура которого стабилизирована за счёт сшивки. Именно поэтому немедленный эффект нагревания — загустение и сокращение коллагеновых волокон — происходит именно из-за разрушения термолабильных сшивок коллагена с трансформацией высокоорганизованной системы волокон в гелеобразное состояние [16]. Натяжение тканей в коже человека увеличивается, потому что термостойкие сшивки между молекулами, несмотря на укорочение волокон в целом, сохраняются, усиливая, таким образом, резино-эластичные свойства коллагенового полимера. Затем термомодифицированные ткани претерпевают ремоделирование, связанное с фиброплазией и формированием нового коллагена [17]. Данный процесс денатурации коллагена наблюдается в сочетании с процессом коагуляции, упомянутым выше и достигаемым за счёт применения различных РЧ-устройств и режимов:

- изолированные/неизолированные иглы;
- иглы переменной длины;
- ручное и механическое введение;
- биполярные и монополярные аппараты;
- наличие обратной связи в отношении температуры/сопротивления и её отсутствие;
- длительность импульса;
- объёмное и фракционное нагревание;
- двигатель или солениод в основе функционирования аппарата.

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОЧАСТОТНОГО МИКРОИГОЛЬЧАТОГО МЕТОДА В ДЕРМАТОКОСМЕТОЛОГИИ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛИЦА И ВОЗМОЖНОЕ КОМБИНИРОВАНИЕ С ДРУГИМИ МЕТОДАМИ

Радиочастотный метод стал полноценной альтернативой лазерным технологиям в вопросах омоложения и лифтинга кожи. Использование электротермической энергии в сравнении с фототермической энергией лазеров не зависит от наличия хромофора, поэтому может применяться для всех типов кожи, хотя данный факт

не исключает риска развития нежелательных реакций при более тёмных типах кожи. Радиочастотные манипуляции не требуют длительной экспозиции, что особенно важно для пациентов, ведущих активных образ жизни (в случае плотного графика работы привычный распорядок дня не нарушается). Однако результаты трансэпидермального радиочастотного воздействия сильно варьировали, в основном являясь неудовлетворительными. В связи с этим для усиления эффекта нагревания кожи был разработан РЧМ. Данная техника отличается наличием специальных штифтов или игл, которые вводят в кожу до заданной желаемой глубины. Благодаря этой технологии температуру нагревания кожи удалось увеличить до ранее критической (65–70°C) при минимальном нагревании эпидермиса и использовании изолированных игл. Формируется обратный температурный градиент при наличии самых высоких температур в более глубоких слоях кожи, что отличается от нагревания кожи при воздействии лазера. РЧМ преодолел те сложности, которые возникали при лазерном лифтинге кожи шеи за счёт эффективного проведения энергии высокого уровня без значительной потери времени или риска развития осложнений. Кроме того, нагревание при РЧМ происходит глубже, чем при лазерном воздействии, — от 3 мм и более в зависимости от устройства [3].

По сути, высокоэнергетические процедуры должны давать лучшие результаты. Исследования показали, что суммарное образование нового коллагена напрямую зависит от интенсивности нагревания соединительной ткани [18–20]. В исследовании G. Hguza и соавт. [21] лечение с применением высокой энергии показало отличные клинические результаты. Однако в другом исследовании с участием 5 пациентов, при котором подавался импульс 7–8 Дж, результаты были признаны аналогичными лечению импульсом 3–5 Дж, хотя время реабилитации после процедуры было выше (3–4 недели) за счёт нежелательных реакций в виде покраснения и сетчатых следов. По мнению авторов исследования, такая потеря времени недопустима: по сути, она нивелировала преимущества использования РЧ-метода. В аналогичном исследовании с использованием фракционного биполярного РЧ-аппарата в сравнении с более высокими и умеренными уровнями энергии побочные эффекты регистрировали чаще при использовании высокой энергии, тогда как терапевтический эффект в динамике через 3 и 6 месяцев наблюдения был сравнительно одинаковым для обоих режимов [22]. Это связано с достижением некоего плато для высокой энергии, при котором преимущества теряются, а риск возникновения осложнений увеличивается при одновременном удлинении сроков реабилитации.

В исследованиях с одним РЧ-устройством с высоким уровнем энергии и короткой длительностью импульса отметили появление скачков сопротивления, которые приводили к преждевременному прекращению самих РЧ-импульсов. На основании гистологической картины это явление связали с высыханием тканей вокруг зоны

термической травмы: РЧ-энергия не могла распространяться через обезвоженные ткани [3].

Имеются определённые РЧ-устройства со встроенным в наконечник механизм обратного отклика по уровню температуры и сопротивления, а также автоматическим регулированием уровня проводимой энергии. Устройства с обратной связью обеспечивают более точную и последовательную передачу энергии тканям по сравнению с аппаратами без данной функции, поскольку существует множество переменных, влияющих на уровень сопротивления. Проведённое N.S. Sadick и соавт. исследование [17] с использованием одного РЧ-устройства показало, что оптимальный эффект можно достичь и при более низком уровне энергии, но с большей длительностью импульса (300–500 мс), в отличие от коротких импульсов с более высокой энергией. Второе и третье воздействие передают более высокую энергию, т.к. нагревание тканей при первом значительно снижает их сопротивление.

Ещё один спорный момент в отношении выбора параметров энергии — конечный размер зоны термической травмы. При её заживлении происходит замена повреждённого коллагена на новый, что будет происходить значительно быстрее при меньших размерах субаблятивных термических травм из-за благоприятного соотношения площади очага к его объёму. Сроки реабилитации будут выше при больших субаблятивных термических травмах, особенно в случае неправильного определения точки для экспозиции РЧ. При процедурах глубокого воздействия формируются самые большие субаблятивные термические травмы и, как утверждается, возможно до 30% покрытия кожи с помощью функции «раз и готово».

В целом процедура РЧМ безопасна и не требует длительной реабилитации [23–28]. Ожидаемо в постпроцедурном периоде отмечают эритему, отёк и незначительное шелушение кожи в течение 2–3 суток. С устройствами или настройками с более высокой энергией данные явления могут регистрироваться до 1 недели. Все нежелательные явления регрессируют при динамическом лечении или проведении соответствующей терапии. Крайне редко отмечают появление поздних осложнений — рубцов и нарушение текстуры кожи. Следует подчеркнуть, что методика провайдера, скорее всего, и является причиной данных осложнений, т.к. устройства для РЧМ, по своей сути, безопасны.

Терапевтические преимущества РЧМ ранее были тщательно изучены, исследованы и задокументированы во множестве исследований, в том числе в качестве антивозрастной (anti-age) методики (табл. 1). Как видно из таблицы, в отношении дряблости кожи, её цвета и поверхности (мелкие морщины) во всех исследованиях продемонстрирован эффект РЧМ в виде формирования и ремоделирования коллагена и неозластиногенеза.

Применение РЧМ в лечении рубцов от угревой сыпи произвело революцию из-за сочетания физических свойств воздействия — увеличения глубины

Таблица 1. Исследования, связанные с изучением anti-age-эффекта радиочастотного микроиглового метода (модификация [3])
Table 1. Studies related to the study of the anti-age effect of the radiofrequency microneedle method (modification [3])

| Автор, год | Число пациентов, n | Цель исследования | Результаты исследования |
|---|--------------------|--|---|
| Alexiades-Armenakas и соавт., 2010 [29] | 25 | Сравнить эффективность радиочастотного микроиглового метода (РЧМ) в сочетании с подтяжкой лица | РЧМ снижало дряблость кожи на 37% в отличие от одного фейслифтинга |
| Alexiades-Armenakas и соавт., 2013 [30] | 100 | Устранить дряблость кожи лица и шеи или морщины | Улучшение в 100% случаев, в 25% наблюдений — уменьшение морщин, в 90% — удовлетворённость пациентов результатами лечения |
| Calderhead и соавт., 2013 [31] | 499 | Изучить безопасность при устранении морщин | Минимальное количество осложнений, удовлетворённость лечением — до 88% пациентов |
| Kim и соавт., 2013 [32] | 11 | Изучить эффективность при периорбитальных морщинах | Минимальное количество осложнений, короткий период реабилитации, 10 (90,9%) пациентов удовлетворены результатами лечения |
| Hruza и соавт., 2009 [21] | 35 | Оценить качество кожи после лечения морщин | В 80–90% наблюдений — улучшение цвета, тургора и текстуры кожи |
| Аленичев А.Ю., 2017 [33] | 57 | Изучить эффективность в сочетании с обогащённой тромбоцитами плазмой при морщинах лица и шеи | В 90% наблюдений — улучшение цвета, тургора и текстуры кожи, общая удовлетворённость лечением |
| Soon-Hyo Kwon, 2019 [34] | 21 | Изучить эффективность и безопасность при лечении периорбитальных морщин | Ранние послеоперационные осложнения — до 38%; общая удовлетворённость лечением, снижение выраженности морщин по шкале VISIA при использовании длинных игл |

проникновения импульса, обратного температурного градиента и минимального термического повреждения эпидермиса, что особенно важно для более тёмных типов кожи. РЧМ продемонстрировал свою эффективность и по другим дерматологическим показаниям. В частности, отмечено полное излечение от гипергидроза после 1–3 процедур, что было подтверждено гистологически, однако в исследовании F. Naeini и соавт. [35] отметили через год рецидив состояния у 46% пациентов.

Лечение целлюлита с помощью РЧМ показало хороший результат в исследовании M. Alexiades [36]. В отношении растяжек при сочетанном лечении с применением лазера удалось достичь их некоторой регрессии, однако без изменения ширины. В отдельном исследовании показана эффективность РЧМ в сочетании с миноксидилом по сравнению с одним миноксидилом в лечении андрогенетической алопеции [37], отмечено также снижение уровня покраснения, связанного с розацеа и поствоспалительной эритемой.

Процедуру РЧМ часто выполняют в сочетании с другими манипуляциями, что показало свою эффективность и безопасность. В отличие от шлифовки кожи абляционным и неабляционным лазером, когда может отмечаться появление пигментации, рубцов и мелких морщинок, большинство РЧ-аппаратов лишено данных неблагоприятных последствий. Имеются результаты лечения атрофических рубцов постакне с помощью сочетания химического метода (трихлоруксусная кислота), филлеров,

хирургического лечения и обогащённой тромбоцитами плазмы, проведённых в один день с РЧМ-воздействием. Так, пациентам в область кожи спины проводили инъекции гиалуроновой кислоты и гидроксиапатита кальция. После обработки участков РЧ проводили взятие микрообразцов кожи для оценки влияния на филлеры РЧ. Результаты показали отсутствие какого-либо эффекта в области их введения при всех применённых уровнях воздействия. Отмечено возможное положительное влияние высокой концентрации обогащённой тромбоцитами плазмы на ускорение процессов регенерации. В исследованиях отмечены более высокие результаты лечения рубцов постакне с помощью обогащённой тромбоцитами плазмы в сочетании с РЧМ в сравнении с монолечением РЧМ. Доказана также эффективность введения в процесс реабилитации светодиодов — слабого лазерного света с длиной волны 830 нм, снижающих интенсивность воспаления кожи, сроки регенерации и реабилитации в целом [38, 39].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Радиочастотное микроиглового воздействие, на наш взгляд, является значительным шагом вперёд по сравнению с традиционными радиочастотными устройствами, особенно для подтяжки кожи лица, за счёт увеличения безопасности и эффективности процедуры. При данной методике эффект достигает глубоких слоёв кожи при минимальном негативном воздействии на эпидермис, что особенно

хорошо видно при использовании изолированных игл. Кроме того, создание устройств с контролем температуры и сопротивления при наличии обратной связи и автоматизированного изменения импульса позволяет достичь оптимальных результатов при минимальном количестве процедур и общем снижении риска развития осложнений.

Применение РЧМ может быть эффективным методом для коррекции возрастных изменений кожи, особенно в области лица, как в виде монотерапии, так и в сочетании с другими технологиями омоложения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. The authors declare no external funding for the study.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Conflict of interest. The authors declare no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Вклад авторов. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Authors' contributions. The authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (the authors made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Belenky I., Margulis A., Elman M., et al. Exploring channeling optimized radiofrequency energy: A review of radiofrequency history and applications in esthetic fields // *Adv Ther.* 2012. Vol. 29, N 3. P. 249–266. doi: 10.1007/s12325-012-0004-1
- Schepps J.L., Foster K.R. The UHF and microwave dielectric properties of normal and tumour tissues: Variation in dielectric properties with tissue water content // *Phys Med Biol.* 1980. Vol. 25, N 6. P. 1149–1159. doi: 10.1088/0031-9155/25/6/012
- Weiner S.F. Radiofrequency microneedling: Overview of technology, advantages, differences in devices, studies, and indications // *Facial Plastic Sur Clin.* 2019. Vol. 27, N 3. P. 291–303. doi: 10.1016/j.fsc.2019.03.002
- Sadick N.S., Makino Y. Selective electro-thermolysis in aesthetic medicine: A review // *Lasers Surg Med.* 2004. Vol. 34, N 2. P. 91–97. doi: 10.1002/lsm.20013
- Gold M.H. The increasing use of nonablative radiofrequency in the rejuvenation of the skin // *Expert Rev Dermatol.* 2011. Vol. 6, N 2. P. 139–143. doi: 10.1586/edm.11.11
- Beasley K.L., Weiss R.A. Radiofrequency in cosmetic dermatology // *Dermatol Clin.* 2014. Vol. 32, N 1. P. 79–90. doi: 10.1016/j.det.2013.09.010
- Alster T.S., Lupton J.R. Nonablative cutaneous remodeling using radiofrequency devices // *Clin Dermatol.* 2007. Vol. 25, N 5. P. 487–491. doi: 10.1016/j.clindermatol.2007.05.005
- Clementoni M.T., Munavalli G.S. Fractional high intensity focused radiofrequency in the treatment of mild to moderate laxity of the lower face and neck: A pilot study // *Lasers Surg Med.* 2016. Vol. 48, N 5. P. 461–470. doi: 10.1002/lsm.22499
- Hayashi K., Thabit G., Massa K.L., et al. The effect of thermal heating on the length and histologic properties of the glenohumeral joint capsule // *Am J Sports Med.* 1997. Vol. 25, N 1. P. 107–112. doi: 10.1177/036354659702500121
- Yeo U.Ch., Lee D.R., Lim S.D. Histologic evaluation of deep dermal heating by fractional radiofrequency according to energy // *ASLMS 30th Annual Conference 2010 Phoenix Convention Center, Phoenix, Arizona.* Режим доступа: <https://perigee.com/wp-content/uploads/INTRAccl-Jeisys-Article.pdf>. Дата обращения: 15.07.2022.
- Abraham M.T., Ross V.E. Current concepts in nonablative radiofrequency rejuvenation of the lower face and neck // *Facial Plast Surg.* 2005. Vol. 21, N 1. P. 65–73. doi: 10.1055/s-2005-871765
- Bernstein L.J., Kauvar A.N., Grossman M.C., et al. The short- and long-term side effects of carbon dioxide laser resurfacing // *Dermatol Surg.* 1997. Vol. 23, N 7. P. 519–525. doi: 10.1111/j.1524-4725.1997.tb00677.x
- Hantash B.M., Renton B., Berkowitz R.L., et al. Pilot clinical study of a novel minimally invasive bipolar microneedle radiofrequency device // *Lasers Surg Med.* 2009. Vol. 41, N 2. P. 87–95. doi: 10.1002/lsm.20687
- Hantash B.M., Ubeid A.A., Chang H., et al. Bipolar fractional radiofrequency treatment induces ne elastogenesis and neocollagenesis // *Lasers Surg Med.* 2009. Vol. 41, N 1. P. 1–9. doi: 10.1002/lsm.20731
- Zheng Z., Goo B., Kim D.Y., et al. Histometric analysis of skin-radiofrequency interaction using a fractionated microneedle delivery system // *Dermatol Surg.* 2014. Vol. 40, N 2. P. 134–141. doi: 10.1111/dsu.12411
- Thomsen S. Pathologic analysis of photothermal and photomechanical effects of laser-tissue interactions // *Photochem Photobiol.* 1991. Vol. 53, N 6. P. 825–835. doi: 10.1111/j.1751-1097.1991.tb09897.x
- Sadick N. Tissue tightening technologies: Fact or fiction // *Aesthet Surg J.* 2008. Vol. 28, N 2. P. 180–188. doi: 10.1016/j.asj.2007.12.009
- Zelickson B.D., Kist D., Bernstein E., et al. Histological and ultrastructural evaluation of the effects of a radiofrequency-based nonablative dermal remodeling device // *Arch Dermatol.* 2004. Vol. 140, N 2. P. 204–209. doi: 10.1001/archderm.140.2.204
- Kuo T., Speyer M.T., Ries W.R., et al. Collagen thermal damage and collagen synthesis after cutaneous laser resurfacing // *Lasers Surg Med.* 1998. Vol. 23, N 2. P. 66–71. doi: 10.1002/(sici)1096-9101(1998)23:2<66::aid-lsm3>3.0.co;2-t
- Goldberg D.J. Nonablative dermal remodeling: Does it really work? // *Arch Dermatol.* 2002. Vol. 138, N 10. P. 1366–1368. doi: 10.1001/archderm.138.10.1366

21. Hruza G., Taub A.F., Collier S.L., et al. Skin rejuvenation and wrinkle reduction using a fractional radiofrequency system // *J Drugs Dermatol*. 2009. Vol. 8, N 3. P. 259–265.
22. Phothong W., Wanitphakdeedecha R., Sathaworawong A., Manuskiatti W. High versus moderate energy use of bipolar fractional radiofrequency in the treatment of acne scars: A split-face double-blinded randomized control trial pilot study // *Lasers Med Sci*. 2016. Vol. 31, N 2. P. 229–234. doi: 10.1007/s10103-015-1850-2
23. Martin J. Review of fractional microneedling radiofrequency for skin rejuvenation // *Prime*. 2018. Режим доступа: <https://www.prime-journal.com/review-of-fractionated-microneedle-radiofrequency-for-skin-rejuvenation/>. Дата обращения: 15.07.2022.
24. Park J.Y., Lee E.G., Yoon M.S., et al. The efficacy and safety of combined microneedle fractional radiofrequency and sublative fractional radiofrequency for acne scars in Asian skin // *J Cosmet Dermatol*. 2016. Vol. 15, N 2. P. 102–107. doi: 10.1111/jocd.12195
25. Cohen J.L., Weiner S.F., Pozner J.N., et al. Multi-Center Pilot Study to evaluate the safety profile of high energy fractionated radiofrequency with insulated microneedles to multiple levels of the dermis // *J Drugs Dermatol*. 2016. Vol. 15, N 11. P. 1308–1312.
26. Chandrashekar B.S., Sriram R., Mysore R., et al. Evaluation of microneedling fractional radiofrequency device for treatment of acne scars // *J Cutan Aesthet Surg*. 2014. Vol. 7, N 2. P. 93–97. doi: 10.4103/0974-2077.138328
27. Clementoni M.T., Munavalli G.S. Fractional high intensity focused radiofrequency in the treatment of mild to moderate laxity of the lower face and neck: A pilot study // *Lasers Surg Med*. 2016. Vol. 48, N 5. P. 461–470. doi: 10.1002/lsm.22499
28. Ibrahim O.A., Weiss R.A., Weiss M.A., et al. Treatment of acne scars with high intensity focused radio frequency // *J Drugs Dermatol*. 2015. Vol. 14, N 9. P. 1065–1068.
29. Alexiades-Armenakas M., Rosenberg D., Renton B., et al. Blinded, randomized, quantitative grading comparison of minimally invasive, fractional radiofrequency and surgical face-lift to treat skin laxity // *Arch Dermatol*. 2010. Vol. 146, N 4. P. 396–405. doi: 10.1001/archdermatol.2010.24
30. Alexiades-Armenakas M., Newman J., Willey A., et al. Prospective multicenter clinical trial of a minimally invasive temperature-controlled bipolar fractional radiofrequency system for rhytid and laxity treatment // *Dermatol Surg*. 2013. Vol. 39, N 2. P. 263–273. doi: 10.1111/dsu.12065
31. Calderhead R.G., Goo B.L., Lauro F., et al. The clinical efficacy and safety of microneedling fractional radiofrequency in the treatment of facial wrinkles: A multicenter study with the INFINI system in 499 patients. 2013. Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Clinical-Efficacy-and-Safety-of-Microneedling-%3A-Calderhead-Goo/729b55ce2cdc8e4b-43da9f86c5d865662c9351c7>. Дата обращения: 15.07.2022.
32. Kim J.K., Roh M.R., Park G.H., et al. Fractionated microneedle radiofrequency for the treatment of periorbital wrinkles // *J Dermatol*. 2013. Vol. 40, N 3. P. 172–176. doi: 10.1111/1346-8138
33. Аленичев А.Ю., Круглова Л.С., Федоров С.М., и др. Комбинированное применение микроигльной RF-терапии и инъекций богатой тромбоцитами плазмы, активированной аутологичным тромбином в эстетической медицине // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2017. Т. 16, № 5. С. 320–324. doi: 10.18821/1681-3456-2017-16-5-320-324
34. Kwon S.H., Choi J.Y., Ahn G.Y., et al. The efficacy and safety of microneedle monopolar radiofrequency for the treatment of periorbital wrinkles // *J Dermatol Treatment*. 2019. Vol. 32, N 4. P. 460–464. doi: 10.1080/09546634.2019.1662880
35. Naeini F., Abtahi-Naeini B., Pourazizi M., et al. Fractionated microneedle radiofrequency for treatment of primary axillary hyperhidrosis: A sham control study // *Australas J Dermatol*. 2015. Vol. 56, N 4. P. 279–284. doi: 10.1111/ajd.12260
36. Alexiades M., Munavalli G., Goldberg D., et al. Prospective multicenter clinical trial of a temperaturecontrolled subcutaneous microneedle fractional bipolar radiofrequency system for the treatment of cellulite // *Dermatol Surg*. 2018. Vol. 44, N 10. P. 1262–1271. doi: 10.1097/DSS.0000000000001593
37. Yu A.J., Luo Y.J., Xu X.G., et al. A pilot split-scalp study of combined fractional radiofrequency microneedling and 5% topical minoxidil in treating male pattern hair loss // *Clin. Exp. Dermatol*. 2018. Vol. 43, N 7. P. 775–781. doi: 10.1111/ced.13551
38. Calderhead G. Combining microneedle fractional radiofrequency and LED photoactivation // *Prime*. 2014. Vol. 2, N 6. P. 15–23.
39. Круглова Л.С., Котенко К.В., Корчажкина Н.Б., Турбовская С.Н. Физиотерапия в дерматологии. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 304 с.

REFERENCES

1. Belenky I, Margulis A, Elman M, et al. Exploring channeling optimized radiofrequency energy: A review of radiofrequency history and applications in esthetic fields. *Adv Ther*. 2012;29(3):249–266. doi: 10.1007/s12325-012-0004-1
2. Schepps JL, Foster KR. The UHF and microwave dielectric properties of normal and tumour tissues: variation in dielectric properties with tissue water content. *Phys Med Biol*. 1980;25(6):1149–1159. doi: 10.1088/0031-9155/25/6/012
3. Weiner SF. Radiofrequency microneedling: overview of technology, advantages, differences in devices, studies, and indications. *Facial Plastic Sur Clin*. 2019;27(3):291–303. doi: 10.1016/j.fsc.2019.03.002
4. Sadick NS, Makino Y. Selective electro-thermolysis in aesthetic medicine: A review. *Lasers Surg Med*. 2004;34(2):91–97. doi: 10.1002/lsm.20013
5. Gold MH. The increasing use of nonablative radiofrequency in the rejuvenation of the skin. *Expert Rev Dermatol*. 2011;6(2):139–143. doi: 10.1586/edm.11.11
6. Beasley KL, Weiss RA. Radiofrequency in cosmetic dermatology. *Dermatol Clin*. 2014;32(1):79–90. doi: 10.1016/j.det.2013.09.010
7. Alster TS, Lupton JR. Nonablative cutaneous remodeling using radiofrequency devices. *Clin Dermatol*. 2007;25(5):487–491. doi: 10.1016/j.clindermatol.2007.05.005

8. Clementoni MT, Munavalli GS. Fractional high intensity focused radiofrequency in the treatment of mild to moderate laxity of the lower face and neck: A pilot study. *Lasers Surg Med.* 2016;48(5):461–470. doi: 10.1002/lsm.22499
9. Hayashi K, Thabit G, Massa KL, et al. The effect of thermal heating on the length and histologic properties of the glenohumeral joint capsule. *Am J Sports Med.* 1997;25(1):107–12. doi: 10.1177/036354659702500121
10. Yeo UCh, Lee DR, Lim SD. Histologic evaluation of deep dermal heating by fractional radiofrequency according to energy. In: ASLMS 30th Annual Conference 2010 Phoenix Convention Center, Phoenix, Arizona. Available from: <https://perigee.com/wp-content/uploads/INTRAccl-Jeisyys-Article.pdf>. Accessed: 15.07.2022.
11. Abraham MT, Ross VE. Current concepts in nonablative radiofrequency rejuvenation of the lower face and neck. *Facial Plast Surg.* 2005;21(1):65–73. doi: 10.1055/s-2005-871765
12. Bernstein LJ, Kauvar AN, Grossman MC, et al. The short- and long-term side effects of carbon dioxide laser resurfacing. *Dermatol Surg.* 1997;23(7):519–525. doi: 10.1111/j.1524-4725.1997.tb00677.x
13. Hantash BM, Renton B, Berkowitz RL, et al. Pilot clinical study of a novel minimally invasive bipolar microneedle radiofrequency device. *Lasers Surg Med.* 2009;41(2):87–95. doi: 10.1002/lsm.20687
14. Hantash BM, Ubeid AA, Chang H, et al. Bipolar fractional radiofrequency treatment induces neoeostogenesis and neocollagenesis. *Lasers Surg Med.* 2009;41(1):1–9. doi: 10.1002/lsm.20731
15. Zheng Z, Goo B, Kim DY, et al. Histometric analysis of skin-radiofrequency interaction using a fractionated microneedle delivery system. *Dermatol Surg.* 2014;40(2):134–141. doi: 10.1111/dsu.12411
16. Thomsen S. Pathologic analysis of photothermal and photomechanical effects of laser-tissue interactions. *Photochem Photobiol.* 1991;53(6):825–835. doi: 10.1111/j.1751-1097.1991.tb09897.x
17. Sadick N. Tissue tightening technologies: fact or fiction. *Aesthet Surg J.* 2008;28(2):180–188. doi: 10.1016/j.asj.2007.12.009
18. Zelickson BD, Kist D, Bernstein E, et al. Histological and ultrastructural evaluation of the effects of a radiofrequency-based nonablative dermal remodeling device. *Arch Dermatol.* 2004;140(2):204–209. doi: 10.1001/archderm.140.2.204
19. Kuo T, Speyer MT, Ries WR, et al. Collagen thermal damage and collagen synthesis after cutaneous laser resurfacing. *Lasers Surg Med.* 1998;23(2):66–71. doi: 10.1002/(sici)1096-9101(1998)23:2<66::aid-lsm3>3.0.co;2-t
20. Goldberg DJ. Nonablative dermal remodeling: Does it really work? *Arch Dermatol.* 2002;138(10):1366–1368. doi: 10.1001/archderm.138.10.1366
21. Hruza G, Taub AF, Collier SL, et al. Skin rejuvenation and wrinkle reduction using a fractional radiofrequency system. *J Drugs Dermatol.* 2009;8(3):259–265.
22. Phothong W, Wanitphakdeedecha R, Sathaworawong A, Manuskiatti W. High versus moderate energy use of bipolar fractional radiofrequency in the treatment of acne scars: A split-face double-blinded randomized control trial pilot study. *Lasers Med Sci.* 2016;31(2):229–234. doi: 10.1007/s10103-015-1850-2
23. Martin J. Review of fractional microneedling radiofrequency for skin rejuvenation. *Prime.* 2018. Available from: <https://www.prime-journal.com/review-of-fractionated-microneedle-radiofrequency-for-skin-rejuvenation/>. Accessed: 15.07.2022.
24. Park JY, Lee EG, Yoon MS, et al. The efficacy and safety of combined microneedle fractional radiofrequency and sublimative fractional radiofrequency for acne scars in Asian skin. *J Cosmet Dermatol.* 2016;15(2):102–107. doi: 10.1111/jocd.12195
25. Cohen JL, Weiner SF, Pozner JN, et al. Multi-center pilot study to evaluate the safety profile of high energy fractionated radiofrequency with insulated microneedles to multiple levels of the dermis. *J Drugs Dermatol.* 2016;15(11):1308–1312.
26. Chandrashekar BS, Sriram R, Mysore R, et al. Evaluation of microneedling fractional radiofrequency device for treatment of acne scars. *J Cutan Aesthet Surg.* 2014;7(2):93–97. doi: 10.4103/0974-2077.138328
27. Clementoni MT, Munavalli GS. Fractional high intensity focused radiofrequency in the treatment of mild to moderate laxity of the lower face and neck: a pilot study. *Lasers Surg Med.* 2016;48(5):461–470. doi: 10.1002/lsm.22499
28. Ibrahim OA, Weiss RA, Weiss MA, et al. Treatment of acne scars with high intensity focused radio frequency. *J Drugs Dermatol.* 2015;14(9):1065–1068.
29. Alexiades-Armenakas M, Rosenberg D, Renton B, et al. Blinded, randomized, quantitative grading comparison of minimally invasive, fractional radiofrequency and surgical face-lift to treat skin laxity. *Arch Dermatol.* 2010;146(4):396–405. doi: 10.1001/archdermatol.2010.24
30. Alexiades-Armenakas M, Newman J, Willey A, et al. Prospective multicenter clinical trial of a minimally invasive temperature-controlled bipolar fractional radiofrequency system for rhytid and laxity treatment. *Dermatol Surg.* 2013;39(2):263–273. doi: 10.1111/dsu.12065
31. Calderhead RG, Goo BL, Lauro F, et al. The clinical efficacy and safety of microneedling fractional radiofrequency in the treatment of facial wrinkles: A multicenter study with the INFINI system in 499 patients. 2013. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Clinical-Efficacy-and-Safety-of-Microneedling-%3A-Calderhead-Goo/729b55ce2cdc8e4b-43da9f86c5d865662c9351c7>. Accessed: 15.07.2022.
32. Kim JK, Roh MR, Park GH, et al. Fractionated microneedle radiofrequency for the treatment of periorbital wrinkles. *J Dermatol.* 2013;40(3):172–176. doi: 10.1111/1346-8138
33. Alenichev AY, Kruglova LS, Fedorov SM, et al. Combined use of microneedle RF therapy and injections of platelet-rich plasma activated by autologous thrombin in aesthetic medicine. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation.* 2017;16(5):320–324. (In Russ). doi: 10.18821/1681-3456-2017-16-5-320-324
34. Kwon SH, Choi JY, Ahn GY, et al. The efficacy and safety of microneedle monopolar radiofrequency for the treatment of periorbital wrinkles. *J Dermatol Treatment.* 2019;32(4):460–464. doi: 10.1080/09546634.2019.1662880
35. Naeini F, Abtahi-Naeini B, Pourazizi M, et al. Fractionated microneedle radiofrequency for treatment of primary axillary hyperhidrosis: A sham control study. *Australas J Dermatol.* 2015;56(4):279–284. doi: 10.1111/ajd.12260

36. Alexiades M, Munavalli G, Goldberg D, et al. Prospective multicenter clinical trial of a temperaturecontrolled subcutaneous microneedle fractional bipolar radiofrequency system for the treatment of cellulite. *Dermatol Surg.* 2018;44(10):1262–1271. doi: 10.1097/DSS.0000000000001593
37. Yu AJ, Luo YJ, Xu XG, et al. A pilot split-scalp study of combined fractional radiofrequency microneedling and 5% topical minoxidil in treating male pattern hair loss. *Clin Exp Dermatol.* 2018; 43(7):775–781. doi: 10.1111/ced.13551
38. Calderhead G. Combining microneedle fractional radiofrequency and LED photoactivation. *Prime.* 2014;2(6):15–23.
39. Kruglova LS, Kotenko KV, Korchazhkina NB, Turbovskaya SN. Physiotherapy in dermatology. Moscow: GEOTAR-Media; 2016. 304 p. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

Автор, ответственный за переписку:

Агапова Марина Александровна;

адрес: Россия, 119334, Москва, Ленинский пр-т, д. 44;

e-mail: marinaagapova505@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7840-4000>;

eLibrary SPIN: 6271-4475

Шарова Алиса Александровна, д.м.н., доцент;

e-mail: aleca@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2148-5740>;

eLibrary SPIN: 8764-2335

AUTHORS' INFO

The author responsible for the correspondence:

Marina A. Agapova;

address: 44, Leninsky Prospekt, 119334, Moscow, Russia;

e-mail: marinaagapova505@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7840-4000>;

eLibrary SPIN: 6271-4475

Alisa A. Sharova, MD, D. Sci. (Med.), Assistant Professor;

e-mail: aleca@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2148-5740>;

eLibrary SPIN: 8764-2335