

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭСТЕТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

И.Н. Бондаренко

*Общество с ограниченной ответственностью
«Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики»
ул. Авиаконструктора Миля, д. 15, корп. 1, г. Москва, 109431, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Эстетическая медицина и пластическая хирургия ежегодно дополняются новыми методами коррекции возрастных изменений. Исследования ученых направлены на снижение риска развития острых ситуаций, возникающих после манипуляций по эстетическим показаниям, поиск эффективных способов их диагностики и лечения. Актуальной проблемой остается визуализация сосудистых и несосудистых осложнений контурной пластики, нитевой имплантации, рубцовых атрофий постакне, послеродовых стрий, посттравматических и послеоперационных рубцов.

Цель обзора — предоставить информацию о современных методах визуализации в эстетической медицине для определения перспективных направлений развития ультразвукового исследования высокого разрешения в диагностике рубцовых атрофий.

Методы. Поиск публикаций и анализ информации в электронных библиографических базах данных осуществляли на ресурсах PubMed, eLibrary, Web of science, Cyberleninka, Cochrane Library за период с 2017 по 2021 год. Использовали контент-анализ, ключевые слова и фразы: ультразвуковая диагностика кожи, диагностика в косметологии, осложнения контурной пластики, осложнения аппаратного омоложения, диагностика рубцовых атрофий, facial ultrasound, ultrasound in dermatology, complications in cosmetology.

Результаты. Изучен 351 источник, в обзор вошло 57. Анализ отечественной и зарубежной литературы за последнее десятилетие показал, что преимущественно ультразвуковое исследование (УЗИ) в косметологии проводилось линейными датчиками 12, 14 МГц на поверхности сканирования. Активное применение высокочастотных датчиков в дерматологии и эстетической медицине получило развитие в последние годы. Опубликованы работы по диагностике сосудистых и несосудистых осложнений контурной пластики лица, имплантации косметологических нитей, оценке динамики возрастных изменений, контролю терапии псориаза, онихомикоза. Исследования по визуализации рубцов единичные и не раскрывают в полном объеме возможности применения УЗИ для контроля их лечения на разных этапах.

Заключение. С учетом динамического развития применения ультразвукового исследования высокого разрешения в эстетической медицине перспективным направлением научного поиска является уточнение роли УЗИ в диагностике рубцовых атрофий различного происхождения, определение информативности диагностических критериев, разработка методов прогноза и мониторинга эффективности лечения.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика кожи, диагностика в косметологии, осложнения контурной пластики, диагностика рубцовых атрофий, ультразвуковое исследование

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бондаренко И.Н. Новые возможности применения ультразвукового исследования в эстетической медицине: систематический обзор. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2021; 28(6): 73–89. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-6-73-89>

Поступила 07.08.2021

Принята после доработки 16.10.2021

Опубликована 28.12.2021

NEW OUTREACH OF ULTRASOUND IN AESTHETIC MEDICINE: A SYSTEMATIC REVIEW

Igor N. Bondarenko

Central Research Institute for Diagnostic Radiology LLC
Aviakonstruktora Milya str., 15, corp. 1, Moscow, 109431, Russia

ABSTRACT

Background. Aesthetic medicine and plastic surgery accrue with new methods for aging correction by year. Research is aimed at reducing the acute complications risk of aesthetic surgeries and finding effective routes of their diagnosis and treatment. Vascular and non-vascular contouring complications imaging, thread implantation, atrophic postacne scars, postpartum striae, posttraumatic and postoperative scars remain the topical issues.

Objectives. A review of current imaging techniques in aesthetic medicine to outline promising avenues in the diagnostics of atrophica cicatrix using high-resolution ultrasound methods.

Methods. Bibliography was mined and analysed in the PubMed, eLibrary, Web of Science, Cyberleninka and Cochrane Library databases for the period of 2017–2021. Content analysis was used with the keyword queries: facial ultrasound [ультразвуковая диагностика кожи], ultrasound in dermatology [диагностика в косметологии], contouring complications [осложнения контурной пластики], complications in cosmetology, complications of hardware rejuvenation [осложнения аппаратного омоложения], atrophic scar diagnostics [диагностика рубцовых атрофий].

Results. Among 351 studied, 57 sources were included in the review. An analysis of past-decade national and foreign literature revealed prevalence of surface linear array 12 and 14 MHz transducers in ultrasonic (US) cosmetology. High-frequency transducers in dermatology and aesthetic medicine have actively developed in recent years. Evidence is published on vascular and non-vascular facial contouring complications diagnosis, aesthetic thread implantation, aging dynamics, psoriasis and onychomycosis control. Scar imaging studies are sparse and not uncovering the full US potential to control their various-stage treatment.

Conclusion. A dynamic advancement of high-resolution US in aesthetic medicine paves the promising ways of research into the US capacities for various-origin atrophic scar diagnosis, informative diagnostic criteria elaboration and the development of prognostic and treatment efficacy control techniques.

Keywords: skin ultrasound, cosmetology diagnostics, contouring complications, atrophic scar diagnosis, ultrasonography

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

For citation: Bondarenko I.N. New outreach of ultrasound in aesthetic medicine: a systematic review. *Kubanskii Nauchnyi Meditsinskii Vestnik*. 2021; 28(6): 73–89. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-6-73-89>

Submitted 07.08.2021

Revised 16.10.2021

Published 28.12.2021

ВВЕДЕНИЕ

Эстетическая медицина и пластическая хирургия ежегодно дополняются новыми методами коррекции возрастных изменений. Широкий выбор технологий позволяет специалистам решать поставленные задачи не только хирургическим путем, но и малоинвазивными процедурами, такими как инъекции филлеров, имплантация косметологических нитей, воздействие физиотерапевтическими факторами [1, 2]. Ежегодно выполняется более 12 миллионов нехирургических манипуляций, но вместе с ростом количества процедур увеличивается число осложнений¹ [3]. Сосудистые осложнения — наиболее часто встречающиеся после инъекций филлеров [4, 5]. Исследования ученых направлены на снижение риска развития острых ситуаций, связанных с окклюзией сосудов, поиск эффективных способов их диагностики и терапии [6]. Стандартом лечения считается введение препаратов, содержащих фермент гиалуронидазу, для предварительной диагностики используют ультразвуковое исследование (УЗИ) [7–12]. Кроме лица активно коррекции возрастных изменений подвергаются шея, тыльная поверхность кистей рук [1]. С этой целью в мягкие ткани вводят препараты различной химической природы, а эффективность процедур изучают, исследуя биопсийный материал [13]. Гистологические методы оценки результатов являются стандартными в научных целях и редко используются в эстетической медицине [14–16]. Ультразвуковое исследование позволяет неинвазивно проводить диагностику на разных этапах лечения. Опубликованы результаты исследования результативности процедуры введения препаратов на основе гидроксиапатита кальция в мягкие ткани тыльной поверхности кистей рук с применением ультразвуковой визуализации [17, 18]. Также изучалась анатомия кистей рук с помощью УЗИ, сопоставляли результаты с диссекционным анатомическим материалом [19, 20]. Ведутся научные работы по сравнительному анализу толщины кожи, полученные при ее биопсии и УЗИ [21].

Ультразвук используют не только для диагностики осложнений в косметологии, но и в оценке эффективности проводимой терапии разных

дерматологических нозологий [22]. Опубликованы работы по мониторингу лечения псориаза, онихомикоза под ультразвуковым контролем [23–26]. Представлены результаты научной работы, посвященной изучению диагностических возможностей ультразвукового исследования высокого разрешения у пациентов с гнойно-воспалительными заболеваниями кожи, доброкачественными и злокачественными образованиями [27]. В исследовании показана роль соноэластографии в оценке патологических изменений кожи и подкожной клетчатки². В эстетической медицине для оценки степени выраженности изменений эластичности мягких тканей использовали двухмерную эластографию сдвиговой волной с оценкой модуля их упругости (модуль Юнга)³. В отечественной и зарубежной литературе у производителей диагностического ультразвукового оборудования не описаны датчики, поддерживающие режим эластографии сдвиговой волной с частотой на поверхности сканирования выше 15 МГц.

Ультразвуковая диагностика в эстетической медицине предусмотрена приказом № 381н⁴. В 5 пункте указано, что в кабинете врачебного приема проводится консультирование пациентов и перечислены методы обследования, в том числе ультразвуковое исследование эпидермиса, дермы, гиподермы, сосудов кожи и подкожной клетчатки, поверхностных мышц. Визуализация указанных анатомических структур возможна датчиками высокой частоты начиная от 17,5 МГц, оптимально 10–22 МГц на поверхности сканирования [28]. Ультразвуковое исследование кожи, мягких тканей лица, шеи, кистей рук следует проводить на оборудовании экспертного класса с режимами компрессионной эластографии с использованием современных режимов исследования микроциркуляторного русла (SMI и microV) для определения кровотока в сосудах с низкими скоростями диаметром менее 1 мм и являющихся более чувствительными, чем режим цветового доплеровского картирования и энергетического картирования⁵.

Актуальной проблемой в эстетической медицине остается коррекция рубцовых атрофий различного генеза: постакне, послеродовые стрии,

¹ American Society for Aesthetic Plastic Surgery. Cosmetic Surgery National Data Bank Statistics; 2019. 26p. Available: https://www.surgery.org/sites/default/files/Aesthetic-Society_Stats2019Book_FINAL.pdf

² Курлович М.В. Ультразвуковое исследование высокого разрешения в диагностике заболеваний кожи и подкожной клетчатки: дис. ... канд. мед. наук. МГМСУ, 2016. 178 с.

³ Бычкова Н.Ю., Бабочкин А.Б., Васильев В.Г. Применение ультразвуковой диагностики для оценки эффективности метода биорегуляции. *Метаморфозы*. 2020; (30–31): 19–24.

⁴ Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 18 апреля 2012 г. № 381н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи населению по профилю “косметология”» (с изменениями и дополнениями). М.: 2012.

⁵ Васильев А.Ю., Привалова Е.Г., Бондаренко И.Н. *Ультразвуковое исследование в косметологии*. М.: ООО «Фирма СТРОМ», 2020. 112 с.

посттравматические и послеоперационные рубцы [29, 30]. Лечение данного вида нозологий занимаются несколько специальностей: хирурги, дерматологи, врачи-косметологи. Большое количество работ посвящено методам коррекции постакне лазерными технологиями и другими физиотерапевтическими факторами, а также хирургическим путем [31–33]. Исследования по визуализации рубцов единичные и не раскрывают в полном объеме возможности применения УЗИ для контроля их лечения на разных этапах.

Цель обзора — предоставить информацию о современных методах визуализации в эстетической медицине для определения перспективных направлений развития ультразвукового исследования высокого разрешения в диагностике рубцовых атрофий.

МЕТОДЫ

Критерии приемлемости

Проведен обзор литературы по теме новых возможностей применения ультразвукового исследования в эстетической медицине.

Критерии включения

Включали исследования с 01.01.2017 г. по 01.05.2021 г., относящиеся к ультразвуковой диагностике и гистологии кожи, мягких тканей лица, шеи, кистей рук в норме, при осложнениях после косметологических процедур, рубцовых атрофиях.

Критерии исключения

Исключали публикации с результатами, полученными в процессе исследования линейными датчиками менее 12 МГц, до 31.12.2016 г., не относящиеся к эстетической медицине, пластической хирургии, дерматологии, рубцовым атрофиям.

Источники информации

Поиск публикаций и анализ информации в электронных библиографических базах данных осуществляли на ресурсах PubMed, eLibrary, Web of science, Cyberleninca, Cochrane Library.

Поиск

Использовали контент-анализ, ключевые слова и фразы для русскоязычных источников: ультразвуковая диагностика кожи, диагностика в косметологии, осложнения контурной пластики, осложнения аппаратного омоложения, диагностика рубцовых атрофий; для англоязычных источников: facial ultrasound, ultrasound in dermatology, complications in cosmetology. Анализ проводили без использования

специализированных программных средств, отбор полнотекстовых источников осуществляли после рассмотрения рефератов.

Получение и анализ данных

Данные, взятые из каждого исследования, включали: частотные характеристики датчиков, характер изменений кожи и мягких тканей, химический состав филлеров, локализация патологического процесса, размер выборки, год публикации.

В представленном систематическом обзоре сводная статистика не использовалась по причине неоднородности материала, что препятствовало проведению статистической обработки и метаанализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Отбор и характеристика исследований

Изучено 350 источников. Анализ проведен по материалам оригинальных статей, клинических случаев, системных обзоров на русском и английском языках, описывающих методы исследования в эстетической медицине, дерматологии в норме и при патологии. Включены 52 полнотекстовые статьи, 4 обзора, 1 клинический случай. Контакт с авторами статей не устанавливался. Всего в списке литературы представлено 57 источников. Этапы поиска по базам данных представлены на рисунке 1.

Результаты отдельных исследований

Анализ отечественной и зарубежной литературы за последнее 5 лет показал, что преимущественно исследования в косметологии проводились линейными датчиками 12, 14 МГц на поверхности сканирования, не адаптированных для визуализации всех слоев кожи, ее сосудов и нижележащих структур [34]. Большинство публикаций посвящены результатам сравнения ультразвукового исследования с химической природой филлеров и диагностике осложнений после их введения [35–38]. Отечественный и мировой опыт обобщен в научных работах пластических хирургов совместно с неврологами, дерматовенерологами [39, 40]. Верификацию диагноза проводили лучевыми методами, определяли характер изменения мягких тканей с помощью УЗИ и МРТ, на основании полученных данных выбирали тактику лечения⁶ [41]. Активное применение высокочастотных датчиков в эстетической медицине получило развитие в последние годы во многом благодаря работам российских ученых [42–44]. Изучена роль УЗИ при планировании контурной пластики лица, созданы экспериментальные модели инородных

⁶ Карпова Е.И., Картелишев А.В. *Контурная инъекционная пластика мягких тканей лица. Система оптимизации*. М.: БИНОМ; 2016. 216 с.

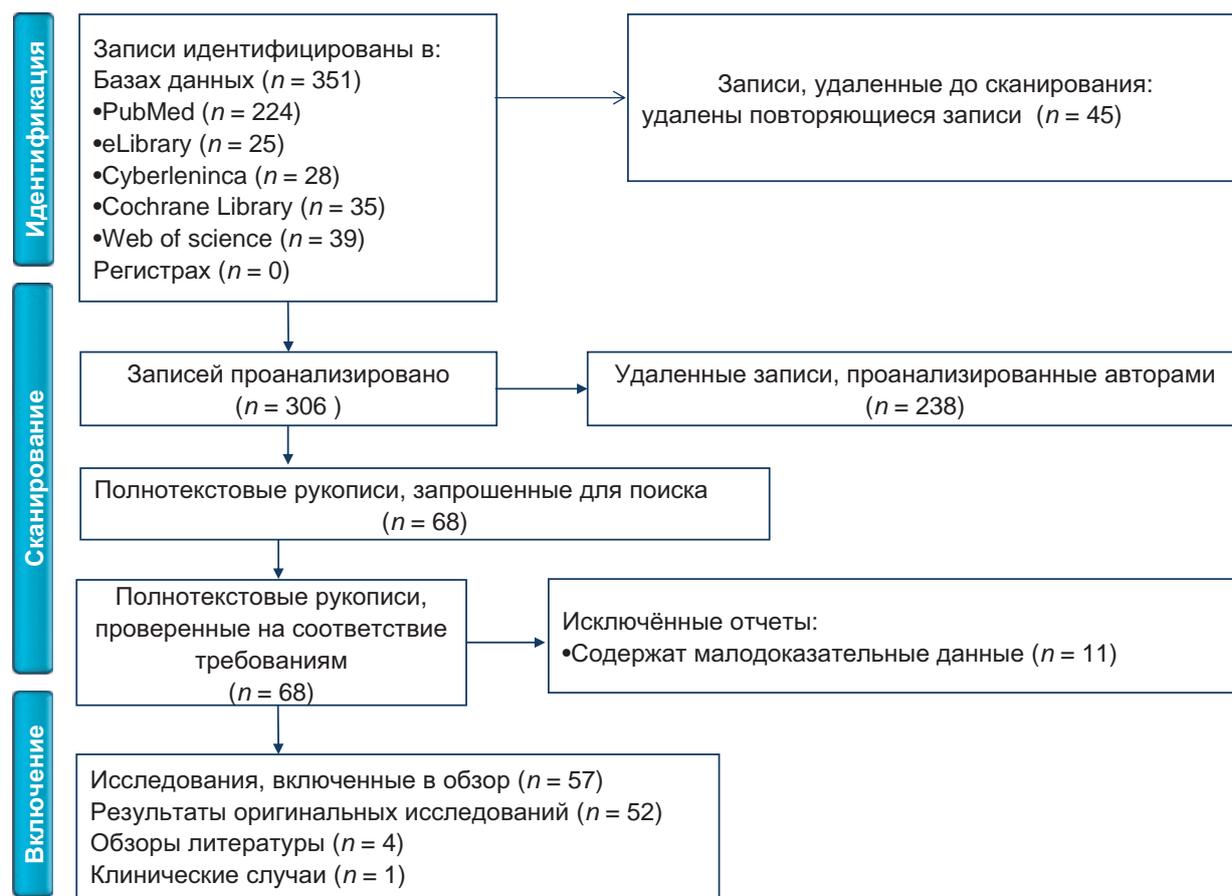


Рис. 1. Блок-схема отбора литературных источников.

Fig. 1. Literature selection workflow.

тел [42, 45]. Показана высокая эффективность методики в определении характера изменений в тканях после инъекций филлеров на основе гиалуроновой кислоты, гидроксиапатита кальция, силикона.

Характерными ультразвуковыми признаками для гиалуроновой кислоты без признаков биодеградации на разных сроках после введения, по данным литературы, являются анэхогенная или гипоэхогенная однородная структура, четкость и ровность контуров, округлая, овоидная форма болюсов. У части пациентов, от 10 до 20%, отмечали наличие гиперэхогенной капсулы по периферии филлера. Силикон визуализировался анэхогенными включениями с гиперэхогенной капсулой, силиконовое масло — в виде зоны повышенной эхогенности с акустической тенью. Препараты на основе гидроксиапатита кальция определялись гиперэхогенными структурами с неровными нечеткими контурами [42, 44].

В структуре несосудистых осложнений после инъекции гиалуроновой кислоты, по данным разных авторов, первое место занимает развитие отеков [44, 46]. Отличительной особенно-

стью филлеров на основе гиалуроновой кислоты у пациентов с клиникой отека были нечеткость контуров и равномерное повышение эхогенности окружающей ткани, что соответствовало инфилтративным изменениям.

УЗИ не только информативно в диагностике причин отеков и мониторинге их лечения, но и применяется для введения препаратов гиалуронидазы под ультразвуковой навигацией [35, 44]. УЗИ используют для оценки результатов терапии возрастных изменений после воздействия лазером, радиоволновой терапии [2]. Появились первые исследования по изучению семиотики косметологических нитей, определению с помощью ультразвука причин осложнений после их имплантации [47]. Показано, что воспалительные осложнения возникают в период до 6 месяцев, характеризуются наличием инфилтративных изменений вокруг нити, гиперкоррекция развивается на сроках 6–12 месяцев, связана с увеличением диаметра нити более 1 мм и поверхностным расположением на границе дермы с гиподермой [48].

Изучаются возможности применения современных диагностических режимов, таких как эла-

стография в оценке возрастных изменений [49–53]. Особое внимание заслуживают режимы доплеровских технологий, позволяющие визуализировать сосудистые структуры кожи [54, 55].

Получены данные ультразвукового исследования высокочастотными датчиками о динамике изменения ультразвуковой картины дермы и мягких тканей лица у женщин разных возрастных групп [55]. Ультразвуковое исследование кожи, ее сосудов, подкожной жировой клетчатки выполняли на оборудовании экспертного класса, последовательно сканируя кожу и мягкие ткани линейными датчиками 10–22 МГц в В-режиме и с применением доплеровских технологий, затем линейным датчиком 6–18 МГц в режиме компрессионной эластографии. УЗИ проводили на толстом слое геля между эпидермисом и поверхностью датчика, чтобы не оказывать излишнее давление на кожу. Для измерения толщины отдельных структур применяли В-режим, в котором эпидермис визуализируется гиперэхогенной структурой, дерма в норме дифференцирована на гипоэхогенный сосочковый слой и гиперэхогенный сетчатый. В режиме ЦДК оценивали количество сосудов в зоне интереса. При УЗИ максимальная толщина дермы была в средней трети лица $1,87 \pm 0,35$ мм, минимальная в периорбитальной области $0,95 \pm 0,12$ мм и тыльной поверхности кистей рук $0,89 \pm 0,13$ мм.

Уменьшение толщины кожи с возрастом происходит за счет сосочкового слоя дермы. В исследовании также показана разница интенсивности

кровоснабжения дермы среди женщин молодого и среднего возраста, васкуляризация с возрастом ухудшается [55]. Подкожная жировая клетчатка визуализировалась неоднородной изоэхогенной структурой с множественными гиперэхогенными септами, отсутствовала в периорбитальной области и тыльной поверхности кистей рук, слабо выражена на передней поверхности шеи, в среднем составляла 1,1–1,2 мм [55]. В указанных анатомических областях максимальные риски развития гиперкоррекции возникают при нитевой имплантации и контурной пластике [48]. Похожие результаты были получены в исследовании О. Н. Крымова и соавт. 2017 г. по оценке гистологических особенностей строения кожи лица, показано, что толщина дермы отличается на разных участках лица с максимальными значениями в области кожи лба, минимальными в проекции переносицы и век [56].

Методологическая особенность ультразвукового исследования микрососудов дермы заключается в использовании частоты повторения импульса (ЧПИ) менее 1 КГц [55]. На рисунке 2 представлены эхограммы неизменной кожи лица пациента Р., 50 лет.

Возможность в режиме реального времени неинвазивно оценивать кровотоки открывает новые перспективы применения ультразвукового исследования в оценке смены фаз регенерации, например при формировании рубца. Свежий рубец содержит большое количество гликозаминогликанов и хорошо васкуляризован, по мере «старения» уменьшается количество сосудов

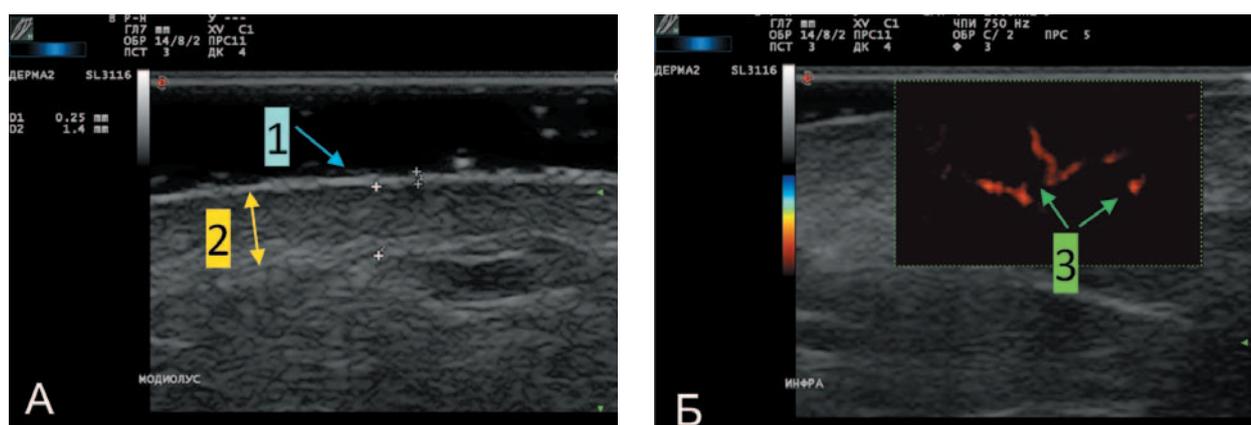


Рис. 2. Ультразвуковое исследование дермы средней трети лица датчиком 10–22 МГц в В-режиме (А) и режиме *microV* (Б), глубина сканирования 7 мм. Стрелка 1 — эпидермис, гиперэхогенная неоднородная полоса толщиной 0,25 мм с признаками эксфолиации за счет нарушения целостности верхней пластины. Стрелка 2 — дерма, неоднородная структура с гипоэхогенным сосочковым и гиперэхогенным сетчатым слоем, общая толщина 1,4 мм. Стрелка 3 — сосуды дермы и гиподермы.

Fig. 2. Facial middle-third dermal ultrasonography in 10–22 MHz B-mode (A) and *microV* mode (B), 7 mm scan depth. Arrow 1 — epidermis, hyperechoic heterogeneous 0.25 mm-thick band with exfoliation signs due to violated upper lamina integrity. Arrow 2 — dermis, heterogeneous structure with hypoechoic papillary and hyperechoic reticular layers, 1.4 mm total thickness. Arrow 3 — dermal and hypodermal vessels

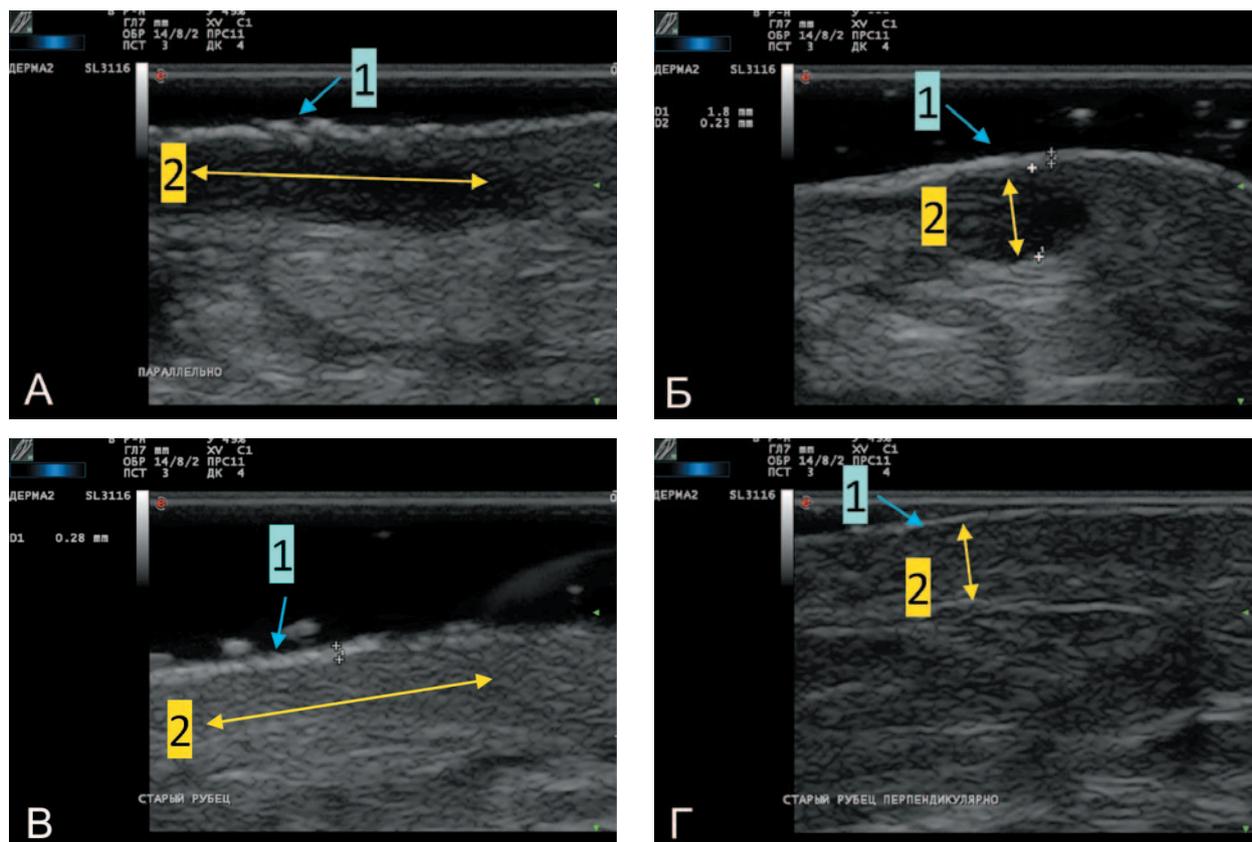


Рис. 3. Ультразвуковое исследование послеоперационного рубца через 2 (рис. А, Б) и 14,5 месяца (рис. В, Г) датчиком 10–22 МГц в В-режиме, глубина сканирования 7 мм, в продольной (А, В) и поперечной (Б, Г) плоскостях сканирования. Сонограммы (А, Б): эпидермис определяется неоднородной гиперэхогенной линией толщиной 0,23 мм (стрелка 1). Рубец (стрелка 2) визуализируется неоднородной структурой пониженной эхогенности, близкой к анехогенной, с множественными мелкими изоэхогенными включениями, без дифференцировки на слои, толщиной 1,8 мм. Сонограммы (В, Г): эпидермис (стрелка 1) определяется неоднородной гиперэхогенной полосой с признаками эксфолиации, толщиной 0,28 мм. Рубцовая ткань визуализируется (стрелка 2) однородной структурой умеренно повышенной эхогенности без дифференцировки на слои.

Fig. 3. Postoperative scar ultrasonography past 2 (A, B) and 14.5 months (B, G), 10–22 MHz B-mode, 7 mm scan depth, longitudinal (A, B) and transverse (B, G) planes. Sonograms A, B. Epidermis defined by 0.23 mm-thick heterogeneous hyperechoic line (arrow 1). Scar (arrow 2) visualised as 1.8 mm-thick lower-, nearly anechoic unstratified heterogeneous structure with multiple small isoechoic inclusions. Sonograms B, G. Epidermis (arrow 1) defined by 0.28 mm-thick heterogeneous hyperechoic band with exfoliation signs. Scar tissue (arrow 2) visualised as mid-high-echoic unstratified homogeneous structure.

и гликозаминогликанов⁷. В исследовании по сравнению результатов биопсии и УЗИ высокого разрешения рубцов на примере 10 пациентов корреляции выявлено не было [57]. В другой научной работе, по сопоставлению результатов исследования кожи высокочастотными датчиками и гистологии пациента со склеродермией, корреляция обнаружена [22]. На рисунке 3 представлены изображения послеоперационного рубца мягких тканей области правого надколенника у пациентки Р., 50 лет, через 2 и 14,5 месяца после ушивания раны. Отличительной особенностью от неизменных тканей было отсутствие дифференциров-

ки дермы на слои. Рубец через 2 месяца при УЗИ визуализировался анехогенной структурой с изоэхогенными множественными включениями, через 14,5 месяца соответствовал ткани умеренно повышенной эхогенности.

В режиме цветового доплеровского картирования при ЧПИ 250 и 750 Гц сосудистые структуры в рубцах через 2 и 14,5 месяца не определялись (рис. 4).

Современные высокочастотные датчики позволяют фиксировать кровотоки в низкоскоростных сосудах за счет возможностей регулировать

⁷ Озерская О.С. Рубцы кожи и их дерматокосметологическая коррекция. СПб.: ОАО «Искусство России»; 2007. 224 с.

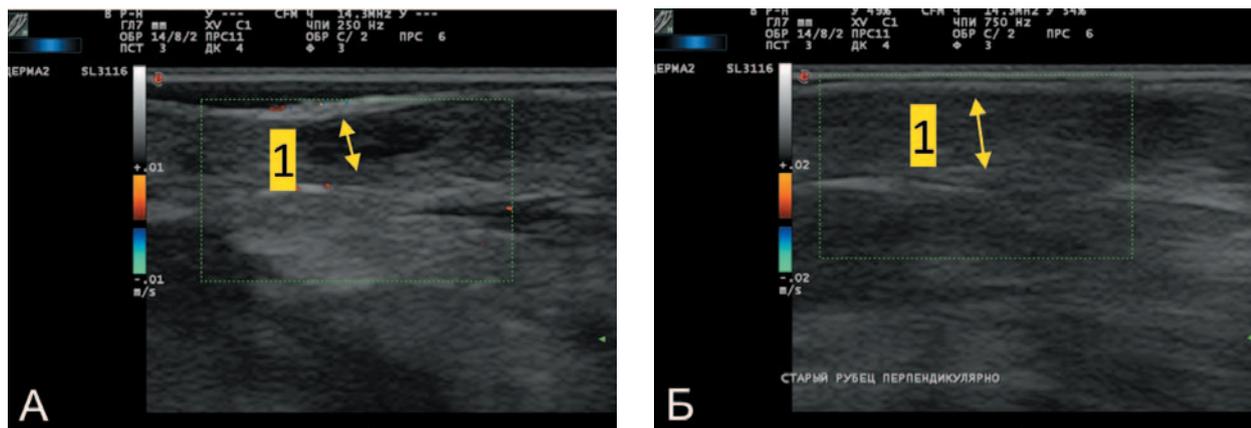


Рис. 4. Ультразвуковое исследование послеоперационного рубца через 2 (А) и 14,5 месяцев (Б) датчиком 10–22 МГц в режиме ЦДК, глубина сканирования 7 мм, поперечный срез. Сосуды в зоне интереса не визуализируются. Стрелка 1 — рубец.

Fig. 4. Postoperative scar ultrasonography past 2 (A) and 14.5 months (B), 10–22 MHz CDI mode, 7 mm scan depth, cross-section. Vessels in area of interest not visualised. Arrow 1 — scar.

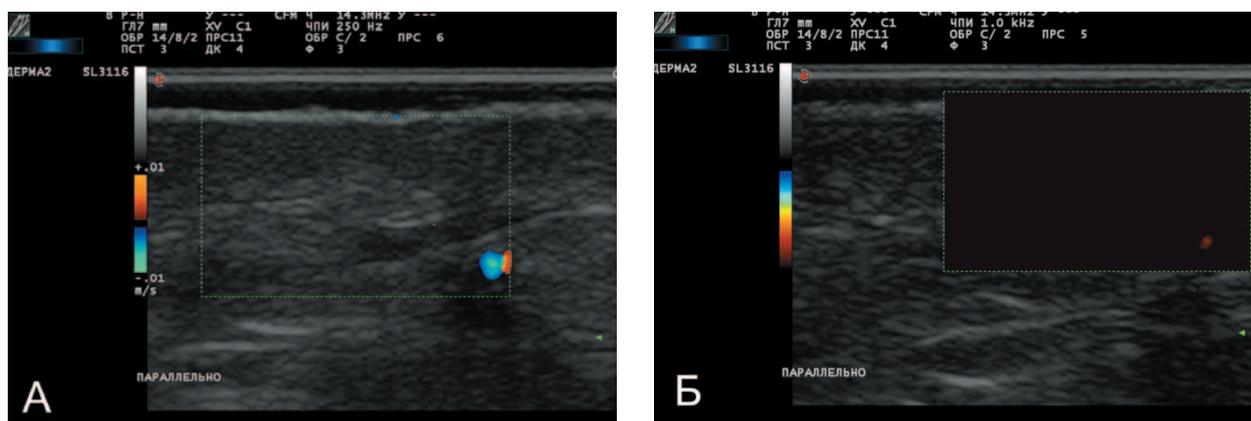


Рис. 5. Ультразвуковое исследование послеоперационного рубца через 2 месяца в режиме ЦДК при ЧПИ 250 Гц (А) и microV при ЧПИ 1 КГц (Б).

Fig. 5. Postoperative scar ultrasonography past 2 months, 250 Hz PRF CDI (A) and 1 kHz PRF microV mode (B).

частоту повторения импульса до 150 Гц как в режиме ЦДК, так и microV. Ниже представлен пример исследования васкуляризации вышеприведенного рубца через 2 месяца после операции в режиме ЦДК и microV (рис. 5).

В режиме компрессионной эластографии рубцы отличались по жесткости. Через 2 месяца после операции структура рубца соответствовала спектру жестких и среднежестких тканей, спустя 14,5 месяца — спектру средней жесткости (рис. 6). Плотность в процентах измеряли относительно участка неизменной дермы, которые на рисунке 6 (В, Г) соответствуют выделенной зоне Z1, аналогичный по площади участок рубцовой ткани — Z2.

На эхограммах рисунка 7 представлен пример ультразвукового исследования рубцов большого пальца правой руки у мужчины 39 лет через 2 недели и 30 лет после однотипной травмы, порезом лезвием ножа.

УЗИ позволяет оценить кровоснабжение рубцовой ткани на разных этапах формирования, определить тип сосуда, а также глубину расположения. На рисунке 8 показаны эхограммы левой носогубной складки в проекции рубца у женщины 45 лет через 1,5 года после травмы. Рубцовая ткань соответствовала гиперэхогенной структуре в мягких тканях носогубной складки толщиной 7,5 мм от поверхности эпидермиса (рис. 8 А). В режиме ЦДК определялся сосуд, по спектру кровотока — артерия (рис. 8 Б).

ОБСУЖДЕНИЕ

Обсуждение основного результата

Отечественными пластическими хирургами проводилась комплексная оценка толщины мягких тканей лица с использованием высокочастотных датчиков 6–18 МГц и режима компрессионной эластографии до аутооттрансплантации жировой ткани и после, на разных этапах

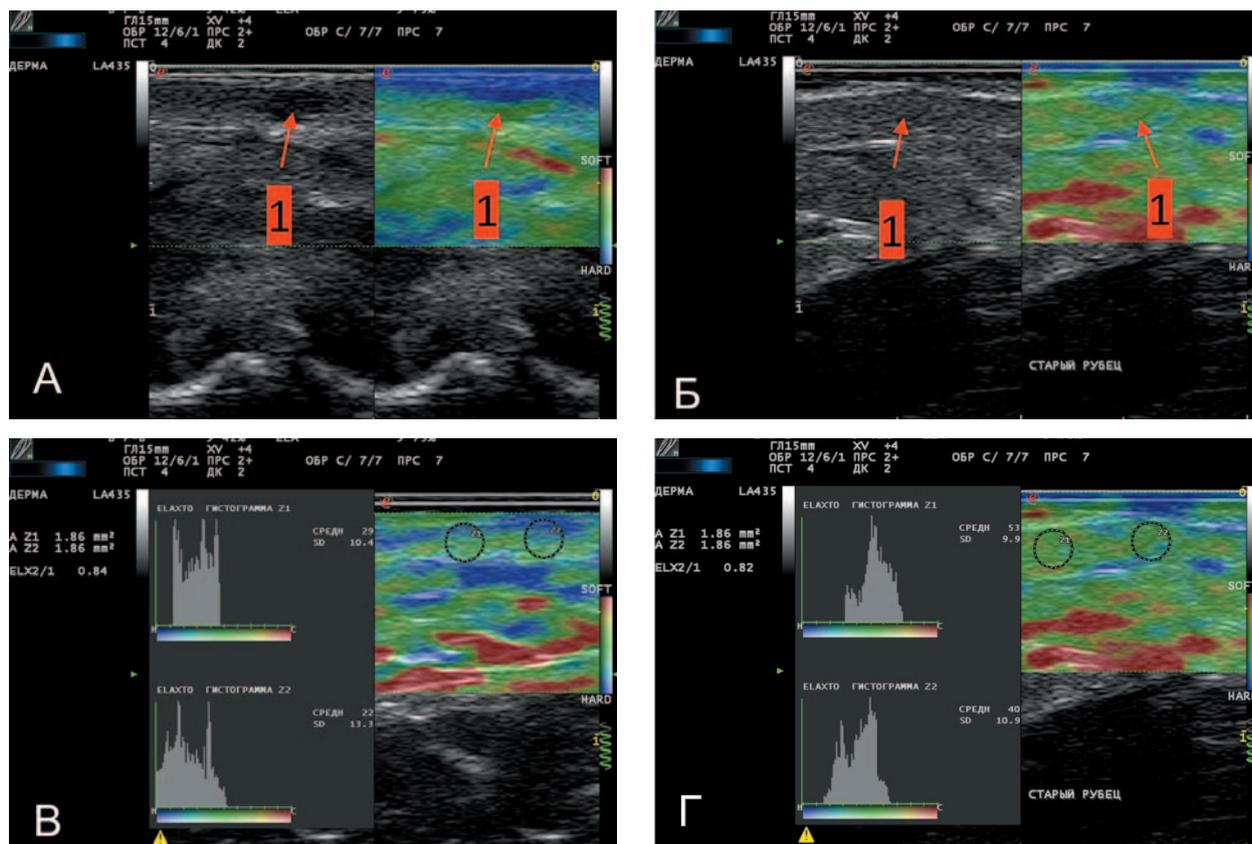


Рис. 6. Ультразвуковое исследование послеоперационного рубца датчиком 6–18 МГц в режиме компрессионной эластографии через 2 (А, В) и 14, 5 месяцев (Б, Г), глубина сканирования 15 мм, поперечный срез. Стрелка 1 — рубец.

Fig. 6 Postoperative scar ultrasonography, 6–18 MHz compression elastography past 2 (A, B) and 14.5 months (Б, Г), 15 mm scan depth, cross-section. Arrow 1 — scar.

послеоперационного периода, с оценкой относительной плотности в процентах⁸. В динамике после аутотрансплантации менялась плотность тканей в режиме компрессионной эластографии и увеличилась толщина в серошкальном режиме.

Получен патент на изобретение, где определяли плотность филлеров относительно подкожной жировой клетчатки (ПЖК) в процентах⁹. Сравнивали ПЖК в стандартных точках с центральной частью филлера. Расчет относительной плотности проводился автоматически в программе и выводился на монитор, как показано на рисунке 6 В, Г. Компрессионную эластографию использовали для изучения жесткости дермы в разных возрастных группах [55]. Представляет интерес исследование режима компрессионной эластографии в диагностике рубцовых атрофий на разных этапах формирования посредством измерения соотношения

жесткости рубца относительно ПЖК или неизменной ткани.

Приведенные примеры ультразвукового исследования на разных этапах после травмы демонстрируют возможности метода в динамическом наблюдении за процессами в рубце. Полученные данные позволяют своевременно менять тактику коррекции и персонализировать протокол лечения, учитывать толщину эпидермиса рубца при выборе режимом, параметров воздействия высокоэнергетическими лазерами [42, 44, 47, 48, 55]. Рубцовая ткань через 2 недели после травмы отличалась наличием сосудов в зоне интереса, тогда как через 2 месяца сосудистые структуры не определялись. В В-режиме отсутствовала дифференцировка дермы на слои, при этом менялась эхогенность в динамике.

Ультразвуковое исследование высокого разрешения эффективно при верификации при-

⁸ Сенчихина О.А., Грищенко С.В. Липофилинг: современное состояние и перспектива применения в контурной пластике лица. *Метаморфозы*. 2018; 21: 16–24.

⁹ Пат. № 2726922 Российская Федерация. *Способ определения типа осложнений вследствие коррекции филлерами возрастных изменений мягких тканей лица*. Е.Г. Привалова, И.Н. Бондаренко, А.Ю. Васильев. Приоритет изобретения от 05.11.2019 г.

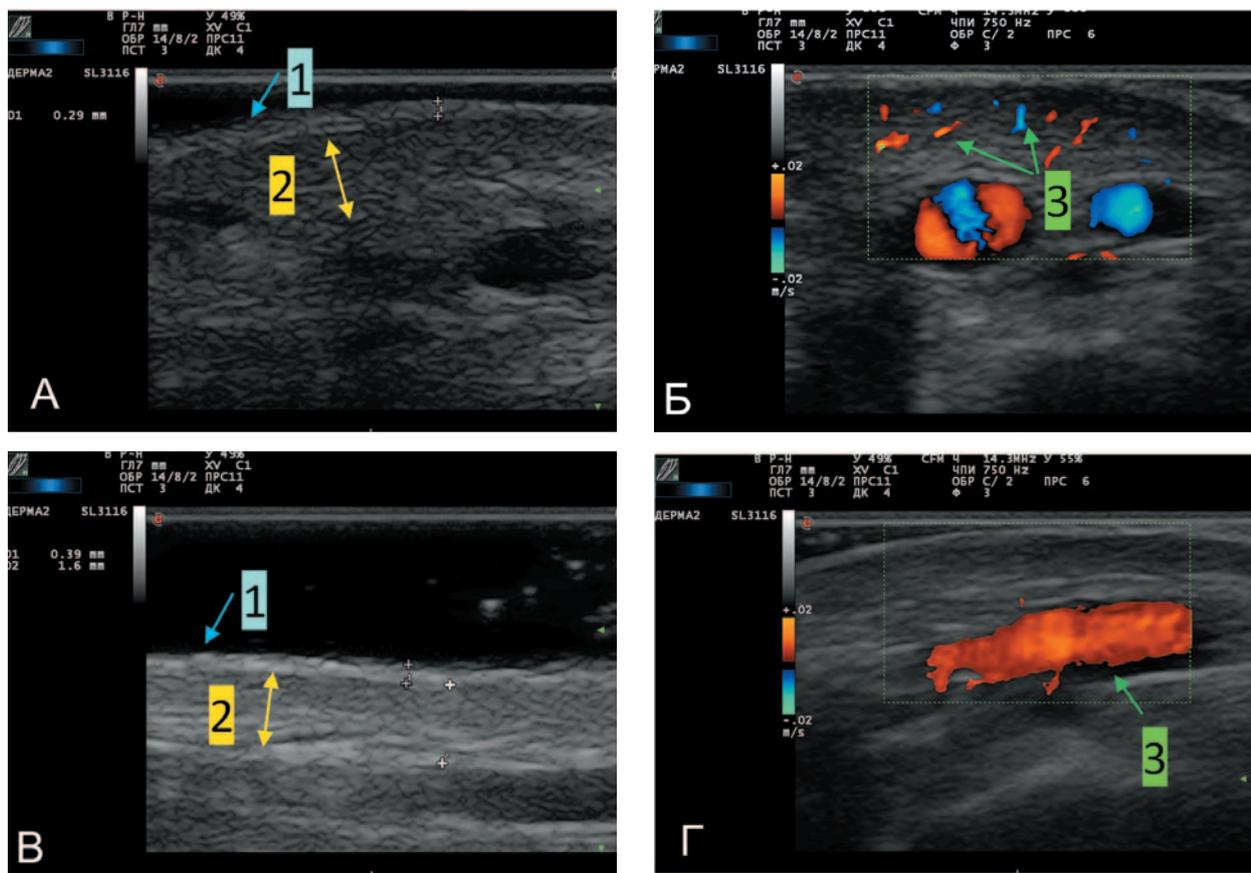


Рис. 7. Ультразвуковое исследование рубца после травмы через 2 недели (А, Б) и 30 лет (В, Г) датчиком 10–22 МГц в В-режиме (А, В), ЦДК (Б, Г), глубина сканирования 7 мм, продольная плоскость сканирования. Сонограммы (А, Б): эпидермис определяется неоднородной гиперэхогенной линией толщиной 0,29 мм (стрелка 1). Рубец (стрелка 2) визуализируется однородной структурой пониженной эхогенности без дифференцировки на слою. В режиме ЦДК в зоне интереса определяются множественные сосудистые структуры (стрелка 3). Сонограммы (В, Г): эпидермис (стрелка 1) определяется неоднородной гиперэхогенной полосой с признаками эксфолиации, толщиной 0,39 мм. Рубцовая ткань визуализируется (стрелка 2) однородной структурой умеренно повышенной эхогенности с нечеткой дифференцировкой на слою, толщиной 1,6 мм. В режиме ЦДК визуализируется сосуд, расположенный непосредственно под рубцом (стрелка 3 — сосуд). Сосудистые структуры в зоне интереса не определяются.

Fig. 7. Posttraumatic scar ultrasonography past 2 weeks (A, B) and 30 years (B, G), 10–22 MHz B-mode (A, B), CDI (B, G), 7 mm scan depth, longitudinal plane. Sonograms A, B. Epidermis defined by 0.29 mm-thick heterogeneous hyperechoic line (arrow 1). Scar (arrow 2) visualised as homogeneous lower-echoic unstratified structure. CDI mode, multiple vascular structures in area of interest (arrow 3). Sonograms B, G. Epidermis (arrow 1) defined by 0.39 mm-thick heterogeneous hyperechoic band with exfoliation signs. Scar tissue (arrow 2) visualised as 1.6 mm-thick midhigh-echoic fuzzy-stratified homogeneous structure. CDI mode, vessel (arrow 3) intimately underlies scar. Vascular structures unidentified in area of interest.

чин гиперкоррекции, определена роль ультразвука в диагностике изменения диаметра нити во времени, которое связано с синтезом коллагена [47, 48]. Согласно литературным данным, в течение 6 месяцев проходят процессы смены синтеза разных типов коллагена и изменения соотношения гликозаминогликанов с протеогликанами в структуре рубца [28–32]. Возможность визуализации сосудов позволяет специалистам эстетической медицины и хирургам оценивать риски их травматизации и учитывать регенераторный потенциал тканей с учетом интенсивности кровоснабжения [55].

При этом диагностика микроциркуляторного русла в режиме microV или SMI проста, неинвазивна, в отличие от введения контрастов с целью визуализации сосудов.

Кроме определения количественных показателей васкуляризации изучена диагностическая роль индекса резистентности микрососудов ногтевого ложа при лечении онихомикоза, который отражает динамику и эффективность проводимой терапии [25, 26]. Аналогичный принцип используют в оценке кровотока в новообразованиях челюстно-лицевой области при выборе

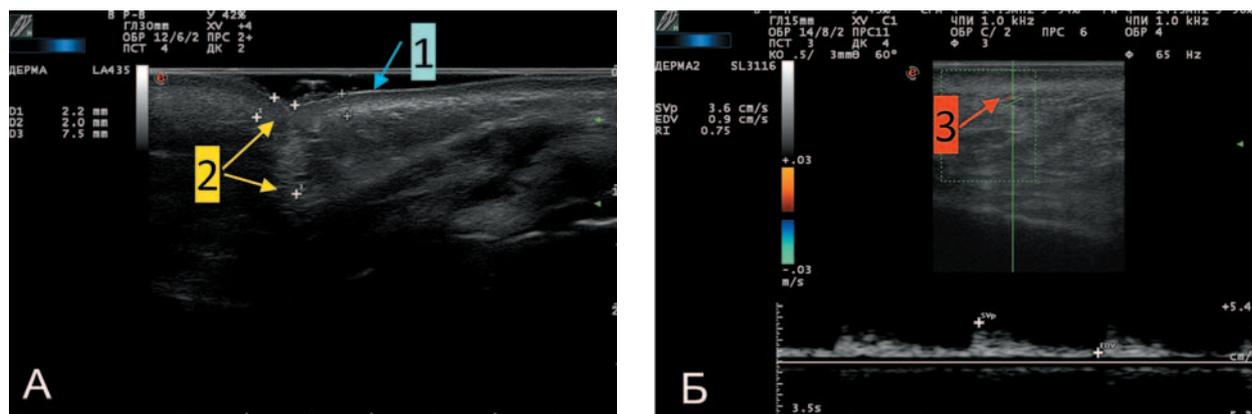


Рис. 8 Ультразвуковое исследование рубца после травмы через 1,5 года датчиком 6–18 МГц в В-режиме (А) и датчиком 10–22 МГц в режиме ЦДК (Б). Стрелка 1 — эпидермис, стрелка 2 — рубец, стрелка 3 — артерия.

Fig. 8 Posttraumatic scar ultrasonography past 1.5 years, 6–18 MHz B-mode (A) and 10–22 MHz CDI (Б). Arrow 1 — epidermis, 2 — scar, 3 — artery.

тактики лечения¹⁰. В эстетической медицине индекс резистентности лицевой артерии оценивают у пациентов с отеками, возникающими после инъекций филлеров¹¹.

Ограничение исследования

Анализ литературы показал ограниченное количество клинических исследований на репрезентативных выборках, посвященных визуализации рубцовых атрофий, что не позволяет уверенно экстраполировать полученные результаты на генеральную совокупность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор проведенных научных исследований, представленные в литературе данные, результаты собственных наблюдений автора показали эффективность применения ультразвуковой визуализации при диагностике осложнений после косметологических процедур. С учетом динамического развития применения ультразвукового исследования высокого разрешения в эстетической медицине перспективным направлением научного поиска является уточнение роли УЗИ, современных режимов (SMI, microV, компрессионной эластографии), роли индекса рези-

стентности сосудов микроциркуляторного русла в диагностике рубцовых атрофий различного происхождения, определение информативности диагностических критериев, разработка методов прогноза и мониторинга эффективности лечения рубцовых изменений.

СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ

Проведенное исследование одобрено Межвузовским комитетом по этике (пер. Гагаринский, д. 37, г. Москва, Россия), протокол № 06-19 от 13.06.2019 г.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

The study was approved by the Interuniversity Committee on Ethics (pereulok Gagarinsky, 37, Moscow, Russia), Protocol No. 06-19 as of 13 June 2019.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Автор заявляет об отсутствии спонсорской поддержки при проведении исследования.

FINANCING SOURCE

The author declares that no funding was received for this study.

¹⁰ Губайдулина Г.М., Верзакова И.В., Верзакова О.В. Региональная гемодинамика по результатам цветового дуплексного сканирования до и после криодеструкции кавернозной гемангиомы челюстно-лицевой области. *Health and Education Millennium*. 2017; 19 (6): 45–48.

¹¹ Бондаренко И.Н., Матишев И.Н. Контроль лечения отека мягких тканей лица после косметологических инъекционных процедур. *Эстетическая медицина*. 2018; (3): 302–309.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Чекмарева И.А., Паклина О.В., Тищенко А.Л., Абдусовидов Х.А., Агапова М.А. Морфологические изменения тканей после имплантации биодеградируемых нитей для коррекции инволюции кожи тыльной поверхности кисти. *Морфологические ведомости*. 2020; 28: 43–50. DOI: 10.20340/mv-mn.2020.28(1):43-50
- Юсова Ж.Ю., Степанова Т.В., Белков П.А. Комбинированное применение микросфокусированного ультразвука и аутологичной плазмы с клетками в коррекции инволютивных изменений кожи. *Медицинский алфавит*. 2019; 2(26): 105–109. DOI: 10.33667/2078-5631-2019-2-26(401)-105-109
- Singh K., Nooreydzan S. Nonvascular Complications of Injectable Fillers-Prevention and Management. *Indian J. Plast. Surg.* 2020; 53(3): 335–343. DOI: 10.1055/s-0040-1721872
- Halepas S., Peters S.M., Goldsmith J.L., Ferneini E.M. Vascular Compromise After Soft Tissue Facial Fillers: Case Report and Review of Current Treatment Protocols. *J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2020; 78(3): 440–445. DOI: 10.1016/j.joms.2019.10.008
- Kapoor K.M., Kapoor P., Heydenrych I., Bertossi D. Vision Loss Associated with Hyaluronic Acid Fillers: A Systematic Review of Literature. *Aesthetic. Plast. Surg.* 2020; 44(3): 929–944. DOI: 10.1007/s00266-019-01562-8
- Beleznyay K., Carruthers J.D.A., Humphrey S., Carruthers A., Jones D. Update on Avoiding and Treating Blindness From Fillers: A Recent Review of the World Literature. *Aesthet. Surg. J.* 2019; 39(6): 662–674. DOI: 10.1093/asj/sjz053
- DeLorenzi C. New High Dose Pulsed Hyaluronidase Protocol for Hyaluronic Acid Filler Vascular Adverse Events. *Aesthet. Surg. J.* 2017; 37(7): 814–825. DOI: 10.1093/asj/sjw251
- Sykes J.M. Commentary on: New High Dose Pulsed Hyaluronidase Protocol for Hyaluronic Acid Filler Vascular Adverse Events. *Aesthet. Surg. J.* 2017; 37(7): 826–827. DOI: 10.1093/asj/sjx018
- Wang M., Li W., Zhang Y., Tian W., Wang H. Comparison of Intra-arterial and Subcutaneous Testicular Hyaluronidase Injection Treatments and the Vascular Complications of Hyaluronic Acid Filler. *Dermatol. Surg.* 2017; 43(2): 246–254. DOI: 10.1097/DSS.0000000000000955
- Kwon H.J., Kim B.J., Ko E.J., Choi S.Y. The Utility of Color Doppler Ultrasound to Explore Vascular Complications After Filler Injection. *Dermatol. Surg.* 2017; 43(12): 1508–1510. DOI: 10.1097/DSS.0000000000001173
- Schelke L.W., Decates T.S., Velthuis P.J. Ultrasound to improve the safety of hyaluronic acid filler treatments. *J. Cosmet. Dermatol.* 2018; 17(6): 1019–1024. DOI: 10.1111/jocd.12726
- Lima V.G.F., Regattieri N.A.T., Pompeu M.F., Costa I.M.C. External vascular compression by hyaluronic acid filler documented with high-frequency ultrasound. *J. Cosmet. Dermatol.* 2019; 18(6): 1629–1631. DOI: 10.1111/jocd.12901
- Kim J.S. Changes in Dermal Thickness in Biopsy Study of Histologic Findings After a Single Injection of Polycaprolactone-Based Filler into the Dermis. *Aesthet. Surg. J.* 2019; 39(12): NP484–NP494. DOI: 10.1093/asj/sjz050
- Могильная Г.М., Фомичева Е.В., Блатт Ю.Е. Иммуногистохимический профиль дермы при введении полимолочной кислоты. *Морфологические ведомости*. 2020; 28(1): 23–29. DOI: 10.20340/mv-mn.2020.28(1):23-29
- Могильная Г.М., Фомичева Е.В., Блатт Ю.Е. Морфогистохимическая характеристика импланта из полимолочной кислоты. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2018; 25(6): 114–118. DOI: 10.25207/1608-6228-2018-25-6-114-118
- Могильная Г.М., Фомичева Е.В., Блатт Ю.Е. Статус эпидермиса при введении препаратов «радиесс» и «люминара». *Кубанский научный медицинский вестник*. 2015; 4: 93–96. DOI: 10.25207/1608-6228-2015-4-93-96
- Barbara P. Hand Rejuvenation with CaHA Guided By Ultrasound. *Journal of Dermatology Research and Therapy*. 2020; 6(1). DOI: 10.23937/2469-5750/1510082
- Graivier M.H. Commentary on: Detailed Sonographic Anatomy of Dorsal Hand Augmentation With Hyaluronic Acid and Calcium Hydroxyapatite Fillers. *Aesthet. Surg. J.* 2019; 39(10): 1107–1108. DOI: 10.1093/asj/sjy322
- Kim J.S., Lee W., Oh W., Park J.A., Yang E.J. Identification of a suitable layer for injecting calcium hydroxylapatite fillers in the hands. *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.* 2021; 74(4): 866–873. DOI: 10.1016/j.bjps.2020.10.027
- Kim J.S. Detailed Sonographic Anatomy of Dorsal Hand Augmentation With Hyaluronic Acid and Calcium Hydroxyapatite Fillers. *Aesthet. Surg. J.* 2019; 39(10): 1096–1106. DOI: 10.1093/asj/sjy227
- Skrzypek E., Górnicka B., Skrzypek D.M., Krzysztof M.R. Granuloma as a complication of polycaprolactone-based dermal filler injection: ultrasound and histopathology studies. *J. Cosmet. Laser. Ther.* 2019; 21(2): 65–68. DOI: 10.1080/14764172.2018.1461229
- Kaplan V., Bolte C., Sazunic I., Wortsman X. Ultrasound Morphology of Stiff Skin Syndrome with Clinical and Histological Correlation. *Actas. Dermosifiliogr. (Engl. Ed)*. 2019; 110(3): 247–248. English, Spanish. DOI: 10.1016/j.ad.2017.12.016
- Cunha J.S., Amorese-O'Connell L., Gutierrez M., Qureshi A.A., Reginato A.M. Ultrasound Imaging of Nails in Psoriasis and Psoriatic Arthritis. *Current Treatment Options in Rheumatology*. 2017; 3(2): 129–140. DOI: 10.1007/s40674-017-0067-x

24. Moreno M., Lisbona M.P., Gallardo F., Deza G., Ferran M., Pontes C., Luelmo J., Maymó J., Gratacós J. Ultrasound Assessment of Psoriatic Onychopathy: A Cross-sectional Study Comparing Psoriatic Onychopathy with Onychomycosis. *Acta. Derm. Venereol.* 2019; 99(2): 164–169. DOI: 10.2340/00015555-3060
25. Тлиш М.М., Шавилова М.Е., Матишев А.А. Механизмы действия и клиническая эффективность ультратонотерапии в комплексном лечении ониомикозов стоп. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2020; 97(3): 76–82. DOI: 10.17116/kurort20209703176
26. Тлиш М.М., Шавилова М.Е., Матишев А.А. Особенности ультразвуковой картины ногтевой пластины и окружающих ее тканей у пациентов с ониомикозом стоп. *Инфекционные болезни.* 2020; 18(4): 169–176. DOI: 10.20953/1729-9225-2020-4-169-176
27. Троян В.Н., Васильев А.Ю., Крюков Е.В., Дмитращенко А.А., Курлович М.В., Лубашев Я.А., Асеева И.А. Ультразвуковое исследование высокого разрешения в дифференциальной диагностике злокачественных образований кожи и подкожной клетчатки. *Военно-медицинский журнал.* 2017; 338(7): 31–35. DOI: 10.17816/RMMJ73414
28. Привалова Е.Г. Возможности ультразвукового исследования в инъекционной косметологии. Лучевая диагностика в стоматологии, отоларингологии и офтальмологии (рентгенология, КТ, МРТ). *Лучевая диагностика и терапия.* 2019; (1S): 3038. DOI: 10.22328/2079-5343-2019-S-1-30-38
29. Juhasz M.L.W., Cohen J.L. Microneedling for the Treatment of Scars: An Update for Clinicians. *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol.* 2020; 13: 997–1003. DOI: 10.2147/CCID.S267192
30. Juhasz M., Fackler N., Pham C., Mesinkovska N.A. Combination Therapy Using Radiofrequency Microneedling and Corticosteroids for Hypertrophic Scars: A Case Report. *J. Clin. Aesthet. Dermatol.* 2020; 13(12): 27–28.
31. Shokri T., Smith J., Ducic Y. Paradigms in Complex Facial Scar Management. *Semin. Plast. Surg.* 2020; 34(4): 305–313. DOI: 10.1055/s-0040-1721768
32. Kim J. Topographic computer analysis for acne scar treatment on face accompanying biopsy study after dermal injection of hydrotoxin mixture. *J. Cosmet. Dermatol.* 2021; 20(1): 75–83. DOI: 10.1111/jocd.13462
33. Gupta A., Kaur M., Patra S., Khunger N., Gupta S. Evidence-based Surgical Management of Post-acne Scarring in Skin of Color. *J. Cutan. Aesthet. Surg.* 2020; 13(2): 124–141. DOI: 10.4103/JCAS.JCAS_154_19
34. Омурзакова А.Т., Изранов В.А. Ультразвуковые особенности строения кожи лица. Ультразвуковая диагностика. *Лучевая диагностика и терапия.* 2020; 1S: 208–229. DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-1S-208-229
35. Schelke L.W., Decates T.S., Velthuis P.J. Ultrasound to improve the safety of hyaluronic acid filler treatments. *J. Cosmet. Dermatol.* 2018; 17(6): 1019–1024. DOI: 10.1111/jocd.12726
36. Seok J., Kim J.M., Kwon T.R., Kim J.H., Li K., Kim B.J. Ultrasonography-guided curettage of poly-DL-lactic acid filler granulomas. *J. Am. Acad. Dermatol.* 2018; 78(1): e5–e6. DOI: 10.1016/j.jaad.2017.08.026
37. Mlosek R.K., Skrzypek E., Skrzypek D.M., Malinowska S. High-frequency ultrasound-based differentiation between nodular dermal filler deposits and foreign body granulomas. *Skin Res. Technol.* 2018; 24(3): 417–422. DOI: 10.1111/srt.12444
38. Pompeu M., Lima V., Magalhaes H.L., Regattieri N., Costa I.M.C. Foreign body granuloma treatment with 22-MHz ultrasound-guided corticoid infiltration. *J. Cosmet. Dermatol.* 2019; 18(3): 908–909. DOI: 10.1111/jocd.12750
39. Wortsman X. Sonography of Dermatologic Emergencies. *J. Ultrasound Med.* 2017; 36(9): 1905–1914. DOI: 10.1002/jum.14211
40. Карпова Е.И., Потеев Н.Н., Мураков С.В., Данищук О.И., Демина О.М. Осложнения контурной инъекционной пластики лица: мировой и российский опыт. *Пластическая хирургия и эстетическая медицина.* 2019; 4: 54–75. DOI: 10.17116/plast.hirurgia201904154
41. Mundada P., Kohler R., Boudabbous S., Toutous Trelu L., Platon A., Becker M. Injectable facial fillers: imaging features, complications, and diagnostic pitfalls at MRI and PET CT. *Insights Imaging.* 2017; 8(6): 557–572. DOI: 10.1007/s13244-017-0575-0
42. Привалова Е.Г. Применение УЗИ высокого разрешения в дифференциальной диагностике осложнений после контурной пластики лица. Лучевая диагностика в стоматологии, отоларингологии и офтальмологии. *Лучевая диагностика и терапия.* 2020; 1S: 43–55. DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-1S-43-55
43. Шумина Я.А. Ультразвуковая диагностика инородных тел мягких тканей челюстно-лицевой области, используемых в косметологии. Лучевая диагностика в стоматологии, отоларингологии и офтальмологии. *Лучевая диагностика и терапия.* 2020; (1S): 54–55. DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-1S-43-55
44. Бондаренко И.Н. Ультразвуковое исследование высокого разрешения в диагностике отеков после контурной пластики. *Кубанский научный медицинский вестник.* 2021; 28(1): 32–42. DOI: 10.25207/1608-6228-2021-28-1-32-42
45. Privalova E.K., Shumina Ya.A., Vasilyev A.Yu., Bondarenko I.N. The phantom for studying foreign bodies' echo-signs. *International Journal of Biomedicine.* 2020; 10(2): 124–128. DOI: 10.21103/Article10(2)_OA7
46. Иконникова Е.В., Круглова Л.С., Зубарев А.В., Поткин С.Б., Гаранкин Н.А. Применение ультразвука для дифференциальной диагностики осложнений после контурной инъекционной пластики:

- клинический случай. *Пластическая хирургия и эстетическая медицина*. 2019; 3: 70–74. DOI: 10.17116/plast.hirurgia201903170
47. Бондаренко И.Н. Ультразвуковое исследование высокого разрешения косметологических нитей после их имплантации в мягкие ткани лица и шеи. *Инновационная медицина Кубани*. 2021; 1: 28–33. DOI: 10.35401/2500-0268-2021-21-1-28-33
48. Бондаренко И.Н. Роль ультразвукового исследования высокого разрешения в анализе структуры и причин осложнений после имплантации косметологических нитей в мягкие ткани лица и шеи. *Инновационная медицина Кубани*. 2021; 2: 14–20. DOI: 10.35401/2500-0268-2021-22-2-14-20
49. Ambroziak M., Noszczyk B., Pietruski P., Guz W., Paluch Ł. Elastography reference values of facial skin elasticity. *Postepy Dermatol Alergol*. 2019; 36(5): 626–634. DOI: 10.5114/ada.2018.77502
50. Ambroziak M., Pietruski P., Noszczyk B., Paluch Ł. Ultrasonographic elastography in the evaluation of normal and pathological skin — a review. *Postepy Dermatol Alergol*. 2019; 36(6): 667–672. DOI: 10.5114/ada.2018.77069
51. Paluch L., Ambroziak M., Pietruski P., Noszczyk B. Shear Wave Elastography in the Evaluation of Facial Skin Stiffness After Focused Ultrasound Treatment. *Dermatol. Surg.* 2019; 45(12): 1620–1626. DOI: 10.1097/DSS.0000000000001881
52. Paluch Ł., Pietruski P., Noszczyk B., Kwiek B., Ambroziak M. Intra-rater reproducibility of shear wave elastography in the evaluation of facial skin. *Postepy Dermatol Alergol*. 2020; 37(3): 371–376. DOI: 10.5114/ada.2018.81144
53. Sobolewski P., Maślińska M., Zakrzewski J., Paluch Ł., Szymańska E., Walecka I. Applicability of shear wave elastography for the evaluation of skin strain in systemic sclerosis. *Rheumatol. Int*. 2020; 40(5): 737–745. DOI: 10.1007/s00296-020-04539-y
54. Зубарев А.В. Новая эра высокочастотного ультразвука (18–24 МГц) в дерматологии и косметологии. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2020; 1: 5–11. DOI: 10.26269/8sq6-m665
55. Бондаренко И.Н. Ультразвуковая характеристика кожи, мягких тканей лица, шеи, кистей рук у женщин разных возрастных групп: нерандомизированное наблюдательное кросс-секционное исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2021; 28(3): 16–28. DOI: 10.25207/1608-6228-2021-28-3-16-28
56. Карымов О.Н., Калашникова С.А., Соловьева И.О., Полякова Л.В. Гистотопографические особенности строения кожи лица. *Журнал анатомии и гистопатологии*. 2017; 6(1): 29–32. DOI: 10.18499/2225-7357-2017-6-1-29-32
57. Agabalyan N.A., Su S., Sinha S., Gabriel V. Comparison between high-frequency ultrasonography and histological assessment reveals weak correlation for measurements of scar tissue thickness. *Burns*. 2017; 43(3): 531–538. DOI: 10.1016/j.burns.2016.09.008

REFERENCES

1. Chekmareva I.A., Paklina O.V., Tishchenko A.L., Abdvosidov Kh.A., Agapova M.A. Morphological changes of tissues after the implantation of the biodegradable threads for the correction of the involution of the opisthenar skin. *Morphological Statements*. 2020; 28: 43–50 (In Russ., English abstract). DOI: 10.20340/mv-mn.2020.28(1):43-50
2. Yusova Zh.Yu., Stepanova T.V., Belkov P.A. Combined use of micro-focused ultrasound and autologous blood cells in correction of involutive skin changes. *Medical Alphabet*. 2019; 2(26): 105–109 (In Russ., English abstract). DOI: 10.33667/2078-5631-2019-2-26(401)-105-109
3. Singh K., Nooreydzan S. Nonvascular Complications of Injectable Fillers-Prevention and Management. *Indian J. Plast. Surg.* 2020; 53(3): 335–343. DOI: 10.1055/s-0040-1721872
4. Halepas S., Peters S.M., Goldsmith J.L., Ferneini E.M. Vascular Compromise After Soft Tissue Facial Fillers: Case Report and Review of Current Treatment Protocols. *J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2020; 78(3): 440–445. DOI: 10.1016/j.joms.2019.10.008
5. Kapoor K.M., Kapoor P., Heydenrych I., Bertossi D. Vision Loss Associated with Hyaluronic Acid Fillers: A Systematic Review of Literature. *Aesthetic. Plast. Surg.* 2020; 44(3): 929–944. DOI: 10.1007/s00266-019-01562-8
6. Beleznyay K., Carruthers J.D.A., Humphrey S., Carruthers A., Jones D. Update on Avoiding and Treating Blindness From Fillers: A Recent Review of the World Literature. *Aesthet. Surg. J.* 2019; 39(6): 662–674. DOI: 10.1093/asj/sjz053
7. DeLorenzi C. New High Dose Pulsed Hyaluronidase Protocol for Hyaluronic Acid Filler Vascular Adverse Events. *Aesthet. Surg. J.* 2017; 37(7): 814–825. DOI: 10.1093/asj/sjw251
8. Sykes J.M. Commentary on: New High Dose Pulsed Hyaluronidase Protocol for Hyaluronic Acid Filler Vascular Adverse Events. *Aesthet. Surg. J.* 2017; 37(7): 826–827. DOI: 10.1093/asj/sjx018
9. Wang M., Li W., Zhang Y., Tian W., Wang H. Comparison of Intra-arterial and Subcutaneous Testicular Hyaluronidase Injection Treatments and the Vascular Complications of Hyaluronic Acid Filler. *Dermatol. Surg.* 2017; 43(2): 246–254. DOI: 10.1097/DSS.0000000000000955
10. Kwon H.J., Kim B.J., Ko E.J., Choi S.Y. The Utility of Color Doppler Ultrasound to Explore Vascular Complications After Filler Injection. *Dermatol. Surg.* 2017; 43(2): 246–254. DOI: 10.1097/DSS.0000000000000955

- tol. Surg.* 2017; 43(12): 1508–1510. DOI: 10.1097/DSS.0000000000001173
11. Schelke L.W., Decates T.S., Velthuis P.J. Ultrasound to improve the safety of hyaluronic acid filler treatments. *J. Cosmet. Dermatol.* 2018; 17(6): 1019–1024. DOI: 10.1111/jocd.12726
 12. Lima V.G.F., Regattieri N.A.T., Pompeu M.F., Costa I.M.C. External vascular compression by hyaluronic acid filler documented with high-frequency ultrasound. *J. Cosmet. Dermatol.* 2019; 18(6): 1629–1631. DOI: 10.1111/jocd.12901
 13. Kim J.S. Changes in Dermal Thickness in Biopsy Study of Histologic Findings After a Single Injection of Polycaprolactone-Based Filler into the Dermis. *Aesthet. Surg. J.* 2019; 39(12): NP484–NP494. DOI: 10.1093/asj/sjz050
 14. Mogil'naya G.M., Fomicheva E.V., Blatt Yu.E. Immunohistochemical profile of the dermis at the injection of polylactic acid. *Morphological Newsletter.* 2020; 28(1): 23–29 (In Russ., English abstract). DOI: 10.20340/mv-mn.2020.28(1):23-29
 15. Mogil'naya G.M., Fomicheva E.V., Blatt Yu.E. Morphogistochemical characteristic of the implant from polylactic acid. *Kuban Scientific Medical Bulletin.* 2018; 25(6): 114–118 (In Russ., English abstract). DOI: 10.25207/1608-6228-2018-25-6-114-118
 16. Mogil'naya G.M., Fomicheva E.V., Blatt Yu.E. Status epidermis in introduction of the drug "radiesse" and "luminaire". *Kuban Scientific Medical Bulletin.* 2015; 4: 93–96 (In Russ., English abstract). DOI: 10.25207/1608-6228-2015-4-93-96
 17. Barbara P. Hand Rejuvenation with CaHA Guided By Ultrasound. *Journal of Dermatology Research and Therapy.* 2020; 6(1). DOI: 10.23937/2469-5750/1510082
 18. Graivier M.H. Commentary on: Detailed Sonographic Anatomy of Dorsal Hand Augmentation With Hyaluronic Acid and Calcium Hydroxyapatite Fillers. *Aesthet. Surg. J.* 2019; 39(10): 1107–1108. DOI: 10.1093/asj/sjz322
 19. Kim J.S., Lee W., Oh W., Park J.A., Yang E.J. Identification of a suitable layer for injecting calcium hydroxylapatite fillers in the hands. *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.* 2021; 74(4): 866–873. DOI: 10.1016/j.bjps.2020.10.027
 20. Kim J.S. Detailed Sonographic Anatomy of Dorsal Hand Augmentation With Hyaluronic Acid and Calcium Hydroxyapatite Fillers. *Aesthet. Surg. J.* 2019; 39(10): 1096–1106. DOI: 10.1093/asj/sjz227
 21. Skrzypek E., Górnicka B., Skrzypek D.M., Krzysztof M.R. Granuloma as a complication of polycaprolactone-based dermal filler injection: ultrasound and histopathology studies. *J. Cosmet. Laser. Ther.* 2019; 21(2): 65–68. DOI: 10.1080/14764172.2018.1461229
 22. Kaplan V., Bolte C., Sazunic I., Wortsman X. Ultrasound Morphology of Stiff Skin Syndrome with Clinical and Histological Correlation. *Actas. Dermosifiliogr. (Engl. Ed).* 2019; 110(3): 247–248. English, Spanish. DOI: 10.1016/j.ad.2017.12.016
 23. Cunha J.S., Amorese-O'Connell L., Gutierrez M., Qureshi A.A., Reginato A.M. Ultrasound Imaging of Nails in Psoriasis and Psoriatic Arthritis. *Current Treatment Options in Rheumatology.* 2017; 3(2): 129–140. DOI: 10.1007/s40674-017-0067-x
 24. Moreno M., Lisbona M.P., Gallardo F., Deza G., Ferran M., Pontes C., Luélmo J., Maymó J., Gratacós J. Ultrasound Assessment of Psoriatic Onychopathy: A Cross-sectional Study Comparing Psoriatic Onychopathy with Onychomycosis. *Acta. Derm. Venereol.* 2019; 99(2): 164–169. DOI: 10.2340/00015555-3060
 25. Tlish M M, Shavilova M E, Matishev A A. Mechanisms of action and clinical effectiveness of ultrasonotherapy in the complex treatment of foot onychomycosis. *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii, i Lechebnoi Fizicheskoi Kultury.* 2020;97(3):76–82 (In Russ., English abstract). DOI: 10.17116/kurort20209703176
 26. Tlish M.M., Shavilova M.E., Matishev A.A. Features of the ultrasound image of the nail plate and surrounding tissues in patients with onychomycosis of the feet. *Infectious Diseases.* 2020; 18(4): 169–176 (In Russ., English abstract). DOI: 10.20953/1729-9225-2020-4-169-176
 27. Troyan V.N, Vasil'ev A.Y., Kryukov E.V, Dmitrashchenko A.A, Kurlovich M.V, LubashevYa.A Y.A, Aseeva I.A. *Russian Military Medical Journal.* 2017; 338(7): 31–35 (In Russ., English abstract). DOI: 10.17816/RMMJ73414
 28. Privalova E.G. The role of ultrasonography in injection cosmetology. Imaging in dentistry, otolaryngology and ophthalmology. *Diagnostic Radiology and Radiotherapy.* 2019; 1S: 30–38 (In Russ.). DOI: 10.22328/2079-5343-2019-S-1-30-38
 29. Juhasz M.L.W., Cohen J.L. Microneedling for the Treatment of Scars: An Update for Clinicians. *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol.* 2020; 13: 997–1003. DOI: 10.2147/CCID.S267192
 30. Juhasz M., Fackler N., Pham C., Mesinkovska N.A. Combination Therapy Using Radiofrequency Microneedling and Corticosteroids for Hypertrophic Scars: A Case Report. *J. Clin. Aesthet. Dermatol.* 2020; 13(12): 27–28.
 31. Shokri T., Smith J., Ducic Y. Paradigms in Complex Facial Scar Management. *Semin. Plast. Surg.* 2020; 34(4): 305–313. DOI: 10.1055/s-0040-1721768
 32. Kim J. Topographic computer analysis for acne scar treatment on face accompanying biopsy study after dermal injection of hydrotoxin mixture. *J. Cosmet. Dermatol.* 2021; 20(1): 75–83. DOI: 10.1111/jocd.13462
 33. Gupta A., Kaur M., Patra S., Khunger N., Gupta S. Evidence-based Surgical Management of Post-acne Scarring in Skin of Color. *J. Cutan. Aesthet. Surg.* 2020; 13(2): 124–141. DOI: 10.4103/JCAS.JCAS_154_19
 34. Omurzakova A.T., Izranov V.A. Ul'trazvukovye osobennosti stroeniya kozhi litsa. Ul'trazvuko -vaya diagnostika. *Luhevaya diagnostika i terapiya.* 2020; 1S: 208–229 (In Russ., English abstract). DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-1S-208-229

35. Schelke L.W., Decates T.S., Velthuis P.J. Ultrasound to improve the safety of hyaluronic acid filler treatments. *J. Cosmet. Dermatol.* 2018; 17(6): 1019–1024. DOI: 10.1111/jocd.12726
36. Seok J., Kim J.M., Kwon T.R., Kim J.H., Li K., Kim B.J. Ultrasonography-guided curettage of poly-DL-lactic acid filler granulomas. *J. Am. Acad. Dermatol.* 2018; 78(1): e5–e6. DOI: 10.1016/j.jaad.2017.08.026
37. Mlosek R.K., Skrzypek E., Skrzypek D.M., Malinowska S. High-frequency ultrasound-based differentiation between nodular dermal filler deposits and foreign body granulomas. *Skin Res. Technol.* 2018; 24(3): 417–422. DOI: 10.1111/srt.12444
38. Pompeu M., Lima V., Magalhaes H.L., Regattieri N., Costa I.M.C. Foreign body granuloma treatment with 22-MHz ultrasound-guided corticoid infiltration. *J. Cosmet. Dermatol.* 2019; 18(3): 908–909. DOI: 10.1111/jocd.12750
39. Wortsman X. Sonography of Dermatologic Emergencies. *J. Ultrasound Med.* 2017; 36(9): 1905–1914. DOI: 10.1002/jum.14211
40. Karpova E.I., Potekaev N.N., Murakov S.V., Danishchuk O.I., Demina O.M. Complications of dermal fillers injection in facial augmentation: international and Russian experience. *Plastic Surgery and Aesthetic Medicine.* 2019; 4: 54–75 (In Russ., English abstract). DOI: 10.17116/plast.hirurgia201904154
41. Mundada P., Kohler R., Boudabbous S., Toutous Trelu L., Platon A., Becker M. Injectable facial fillers: imaging features, complications, and diagnostic pitfalls at MRI and PET CT. *Insights Imaging.* 2017; 8(6): 557–572. DOI: 10.1007/s13244-017-0575-0
42. Privalova E.G. High-resolution ultrasonography in differential diagnosis of complications after face contouring. Imaging in dentistry, otolaryngology and ophthalmology. *Diagnostic radiology and radiotherapy.* 2020; 1S: 43–55 (In Russ., English abstract). DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-1S-43-55
43. Shumina Ya.A. Ultrasonography of foreign bodies into the soft tissues of maxillofacial region used in cosmetology. Imaging in dentistry, otolaryngology and ophthalmology. *Diagnostic Radiology and Radiotherapy.* 2020; (1S): 54–55 (In Russ., English abstract). DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-1S-43-55
44. Bondarenko I.N. High-resolution ultrasonic diagnostics in post-contouring oedema. *Kuban Scientific Medical Bulletin.* 2021; 28(1): 32–42 (In Russ., English abstract). DOI: 10.25207/1608-6228-2021-28-1-32-42
45. Privalova E.K., Shumina Ya.A., Vasilyev A.Yu., Bondarenko I.N. The phantom for studying foreign bodies' echo-signs. *International Journal of Biomedicine.* 2020; 10(2): 124–128. DOI: 10.21103/Article10(2)_OA7
46. Ikonnikova E V, Kruglova L S, Zubarev A V, Potkin S B, Garankin N A. Ultrasound for differential diagnosis of complications after filler injection: case report. *Plastic Surgery and Aesthetic Medicine.* 2019; 3: 70–74 (In Russ., English abstract). DOI: 10.17116/plast.hirurgia201903170
47. Bondarenko I.N. High-resolution ultrasound of cosmetic threads after their implantation into the soft tissues of the face and neck. *Innovative Medicine of Kuban.* 2021; 1: 28–33 (In Russ., English abstract). DOI: 10.35401/2500-0268-2021-21-1-28-33
48. Bondarenko I.N. The role of high-resolution ultrasonic examination in the analysis of the structure and causes of complications after cosmetological thread implantation into the face and neck soft tissues. *Innovative Medicine of Kuban.* 2021; 2: 14–20 (In Russ., English abstract). DOI: 10.35401/2500-0268-2021-22-2-14-20
49. Ambroziak M., Noszczyk B., Pietruski P., Guz W., Paluch Ł. Elastography reference values of facial skin elasticity. *Postepy Dermatol Alergol.* 2019; 36(5): 626–634. DOI: 10.5114/ada.2018.77502
50. Ambroziak M., Pietruski P., Noszczyk B., Paluch Ł. Ultrasonographic elastography in the evaluation of normal and pathological skin — a review. *Postepy. Dermatol. Alergol.* 2019; 36(6): 667–672. DOI: 10.5114/ada.2018.77069
51. Paluch L., Ambroziak M., Pietruski P., Noszczyk B. Shear Wave Elastography in the Evaluation of Facial Skin Stiffness After Focused Ultrasound Treatment. *Dermatol. Surg.* 2019; 45(12): 1620–1626. DOI: 10.1097/DSS.0000000000001881
52. Paluch Ł., Pietruski P., Noszczyk B., Kwiek B., Ambroziak M. Intra-rater reproducibility of shear wave elastography in the evaluation of facial skin. *Postepy. Dermatol. Alergol.* 2020; 37(3): 371–376. DOI: 10.5114/ada.2018.81144
53. Sobolewski P., Maślińska M., Zakrzewski J., Paluch Ł., Szymańska E., Walecka I. Applicability of shear wave elastography for the evaluation of skin strain in systemic sclerosis. *Rheumatol. Int.* 2020; 40(5): 737–745. DOI: 10.1007/s00296-020-04539-y
54. Zubarev A.V. New era of high-frequency ultrasound (18–24 MHz) in dermatology and cosmetology. *Kremelin Medicine Journal.* 2020; 1: 5–11 (In Russ., English abstract). DOI: 10.26269/8sq6-m665
55. Bondarenko I.N. Ultrasonic diagnosis of skin, facial, neck and hand soft tissue in women of different age: a non-randomised observational cross-sectional study. *Kuban Scientific Medical Bulletin.* 2021; 28(3): 16–28 (In Russ., English abstract). DOI: 10.25207/1608-6228-2021-28-3-16-28
56. Karymov O.N., Kalashnikova S.A., Solov'yeva I.O., Polyakova L.V. Histotopographic Features of Facial Skin Structure. *Journal of Anatomy and Histopathology.* 2017; 6(1): 29–32 (In Russ., English abstract). DOI: 10.18499/2225-7357-2017-6-1-29-32
57. Agabalyan N.A., Su S., Sinha S., Gabriel V. Comparison between high-frequency ultrasonography and histological assessment reveals weak correlation for measurements of scar tissue thickness. *Burns.* 2017; 43(3): 531–538. DOI: 10.1016/j.burns.2016.09.008

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Бондаренко Игорь Николаевич — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела ультразвуковой диагностики общества с ограниченной ответственностью «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики».

<https://orcid.org/0000-0003-0545-4709>

Контактная информация: docbin81@gmail.com, тел.: +7 (861) 268-86-17, +7 (918) 433-35-29;

ул. Авиаконструктора Миля, д. 15, корп. 1, Москва, 109431, Россия.

Igor N. Bondarenko — Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Ultrasonic Diagnostics, Central Research Institute for Diagnostic Radiology LLC.

<https://orcid.org/0000-0003-0545-4709>

Contact information: docbin81@gmail.com, tel.: +7 (861) 268-86-17, +7 (918) 433-35-29;

Aviakonstruktora Milya str., 15, korp. 1, Moscow, 109431, Russia.