

НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ КОЖИ

Грицкова И.А.¹, Пономаренко И.Г.^{1,2}, Шамсутдинова Д.С.³

¹ Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова,
ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

² Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова,
Пискаревский пр., д. 47, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация

³ Федеральный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта,
ул. Бестужевская, д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация

Резюме

Введение. В современном обществе выдвигаются высокие требования к качеству оказания медицинской помощи в области эстетической медицины, так как красота человека оказывает значительное влияние на качество жизни и самооценку пациентов. Человечество не научилось останавливать и предотвращать процессы старения кожи, именно этим обусловлена постоянная разработка новых и совершенствование уже существующих методов коррекции инволютивных изменений кожи и проявлений фото- и хроностарения. В этой связи верификация лечебных эффектов физических методов ремоделирования рельефа кожи, основанная на данных отечественной и международной доказательной научной литературы является актуальной задачей здравоохранения.

Цель. Научометрический анализ существующих методов ремоделирования кожи, основанный на данных доказательных исследований.

Материалы и методы. Проведение наукометрического анализа эффективных физических методов ремоделирования кожи на основе данных мета-анализов, систематических обзоров и рандомизированных клинических исследований с наиболее высокими уровнями доказательств. Использовались электронные базы данных (PEDro, Google Scholar, PubMed) и базы данных систематических обзоров (Cochrane database).

Результаты. В структуре наукометрического потока данных источников, содержащих доказательные данные о применении физических методов ремоделирования кожи, преобладают технологии, связанные с использованием высокоинтенсивной лазеротерапии (ВИЛТ 42,3%) микросфокусированного ультразвука (MFU 17,4%), низкоинтенсивной лазеротерапии (НИЛТ 10,1%), фракционного радиочастотного лифтинга (RF-лифтинг 8,1%), высокоинтенсивного импульса света (IPL-технологии 3,2%), гипербарической оксигенотерапии (ГБО 3%), механостимуляции (2,5%), комбинированных методов физического воздействия (13,4 %).

Указанные технологии вызывают значимые клинические эффекты и доказанное на клиническом и гистологическом уровне ремоделирование матрикса кожи.

Обсуждение. С учетом постоянно развивающейся индустрии технологий эстетической медицины, необходим регулярный анализ результатов проведенных исследований высокого методологического уровня, представленных в отечественных и международных реферативных базах данных. Итогом проведенного наукометрического анализа источников литературы может стать разработка дальнейших клинических рекомендаций практического применения физических методов коррекции возрастных и инволютивных изменений кожи.

Выводы. В ходе проведенного анализа среди обилия физиотерапевтических методов выявлены наиболее эффективные в вопросе ремоделирования кожи, обладающие высокой доказательной базой. Проведение периодических наукометрических анализов отечественных и зарубежных баз исследований с высокими уровнями доказательств является основой формирования актуальных и качественных клинических рекомендаций.

Ключевые слова: наукометрический анализ, физические методы ремоделирования кожи, хроностарение, фотостарение, инволютивные изменения кожи.

Грицкова И.А., Пономаренко И.Г., Шамсутдинова Д.С. Научометрический анализ физических методов ремоделирования кожи // Физическая и реабилитационная медицина. — 2023. — Т. 5. — № 2. — С. 87-97. DOI: 10.26211/2658-4522-2023-5-2-87-97.

Gritskova IA, Ponomarenko IG, Shamsutdinova DS. Naukometricheskij analiz fizicheskikh metodov remodelirovaniya kozhi [Scientometric analysis of physical methods for skin remodeling]. Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina [Physical and Rehabilitation Medicine]. 2023;5(2):87-97. DOI: 10.26211/2658-4522-2023-5-2-87-97. (In Russian).

Инна Александровна Грицкова / Inna A. Gritskova; e-mail: innaannushkina@gmail.com

SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF PHYSICAL METHODS FOR SKIN REMODELING

Gritskova IA¹, Ponomarenko IG^{1,2}, Shamsutdinova DS³

¹ SM Kirov Military Medical Academy,
6 Akademika Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russian Federation

² North-Western Medical University named after I.I. Mechnikov,
47 Piskarevsky Ave., St. Petersburg, 195067, Russian Federation

³ Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled,
50 Bestuzhevskaya Str., St. Petersburg, 195067, Russian Federation

Abstract

Introduction. In modern society, high requirements are put forward for the quality of medical care in the field of aesthetic medicine, since the beauty of a person has a significant impact on the quality of life and self-esteem of patients. Mankind has not learned how to stop and prevent the aging process of the skin; this is the reason for the constant development of new and improvement of existing methods for correcting involutive skin changes and manifestations of photo- and chronoaging. In this regard, the verification of the therapeutic effects of physical methods of skin relief remodeling, based on the data of domestic and international evidence-based scientific literature, is an urgent task of public health.

Aim. Scientometric analysis of existing skin remodeling methods based on evidence-based research data.

Materials and methods. Conducting a scientometric analysis of effective physical methods of skin remodeling based on data from meta-analyses, systematic reviews and randomized clinical trials with the highest levels of evidence. Electronic databases (PEDro, Google Scholar, PubMed) and systematic review databases (Cochrane database) were used.

Results. The structure of the scientometric data stream of sources containing evidence-based data on the use of physical methods of skin remodeling is dominated by technologies associated with the use of high-intensity laser therapy (HILT 42.3%), microfocused ultrasound (MFU 17.4%), low-intensity laser therapy (LLT 10.1%), fractional radiofrequency lifting (RF-lifting 8.1%), high-intensity light pulse (IPL — technology 3.2%), hyperbaric oxygen therapy (HBO 3%), mechanical stimulation (2.5%), combined methods of physical impact (13.4%).

These technologies cause significant clinical effects and clinically and histologically proven remodeling of the skin matrix.

Discussion. Taking into account the constantly developing industry of aesthetic medicine technologies, it is necessary to regularly analyze the results of studies of a high methodological level, presented in domestic and international abstract databases. The result of the scientometric analysis of literature sources can be the development of further clinical recommendations for the practical application of physical methods for correcting age-related and involutive skin changes.

Summary. In the course of the analysis, among the abundance of physiotherapeutic methods, the most effective in the matter of skin remodeling, which have a high evidence base, were identified. Conducting periodic scientometric analyzes of domestic and foreign research bases with high levels of evidence is the basis for the formation of relevant and high-quality clinical recommendations

Keywords: scientometric analysis, physical methods of skin remodeling, chronoaging, photoaging, involutive skin changes.

Publication ethics. The submitted article has not been published before.

Conflict of interest. There is no information about the conflict of interests.

Source of financing. The study was not sponsored.

Received: 24.03.2023

Accepted for publication: 15.06.2023

Введение/ Introduction

Старение кожи — это физиологический процесс, характеризующийся прогрессирующим уменьшением ее резервных и функциональных возможностей. Важно различать биологическое (гормональное и хроностарение) и преждевременное старение (фотостарение) [1, 2].

Процессы естественных возрастных инволютивных изменений структуры кожи обусловлены, прежде всего, генетическими факторами, а также окислительным повреждением клеток, накоплением несостоятельных фибробластов, рацемизацией аминокислот и неферментным гликозилированием белков [3, 4]. В пожилом возрасте в фибробластах снижается экспрессия белка сиртуина (SIRT), никотинамид-адениндинуклеотида (NAD), способного модулировать ответ на окислительный стресс, предотвращая их старение [5, 6]. Для естественного старения кожи характерно постепенное уплощение дермо-эпидермального соединения, уменьшение количества клеток и толщины эпидермиса, а также уменьшение плотности кровеносной и лимфатической сосудистой сети [7, 8].

Ультрафиолетовое излучение способно повреждать клеточные структуры кожи [7, 8]. В результате хронического фотоповреждения развивается процесс фотостарения кожи — ответная реакция на повреждение ДНК. Синтез активных форм кислорода, обусловленный сигнальной функцией рецепторов кожи, окисление белков и повреждение митохондрий приводит к компенсаторному утолщению эпидермиса, уменьшению количества коллагеновых волокон или их фрагментации, эластоэласту дермы с расширением сосудов и повышением количества металлопротеиназ, основных ферментов, ответственных за расщепление и деградацию внеклеточного матрикса кожи [7].

Актуальной задачей эстетической медицины является применение эффективных методов ремоделирования кожи, направленных на ее реструктуризацию: неоколлагенез, уплотнение внеклеточного матрикса кожи, коагуляцию расширенных сосудов и деструкцию пигмента. Выраженные клинически приемлемые результаты и улучшение качества жизни пациентов дерматокосметологического профиля — необходимые конечные точки оценки эффективности проводимой терапии, определяющие целесообразность применения тех или иных терапевтических программ коррекции инволютивных изменений кожи [9].

Несмотря на обилие используемых физических методов ремоделирования кожи сегодня, часто возникает ряд нежелательных явлений и побочных эффектов: присоединение вторичной инфекции, стойкая эритема, перманентные нарушения пигментации. В связи с этим, возникает вопрос

о необходимости индивидуального пациенториентированного подхода к выбору эффективных и безопасных технологий, режима и параметров воздействия, кратности и интервалов между сеансами процедур.

Создание универсального арсенала методов ремоделирования кожи, основанного на наиболее высоких уровнях доказательств их применения, реализуется посредством наукометрического анализа их эффективности — подхода, включающего в себя статистическую обработку данных отечественной и зарубежной литературы, и их многочисленные измерения. Методология включает анализ мета-анализов (МА) и систематических обзоров (СО) рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) и отдельных РКИ, представленных в полнотекстовом варианте в реферативных базах данных, содержащих обоснованные данные об использовании исследуемых методов [10, 11].

Цель / Aim

Наукометрический анализ существующих методов ремоделирования кожи, основанный на данных доказательных исследований.

Материалы и методы / Materials and methods

Проведен анализ исследований с наиболее высокими уровнями доказательств в электронных (PEDro, Google Scholar, PubMed) и в базах данных систематических обзоров (Cochrane database) за период с 2014 по 2022 гг. В качестве ключевых слов были приняты следующие термины на английском и русском языках: ремоделирование кожи, шлифовка кожи, омоложение кожи (skin remodeling, skin resurfacing, skin rejuvenation), хроностарение (chronoaging), фотостарение (photoaging), атрофия кожи (skin atrophy).

В итоговую оценку эффективности физических методов ремоделирования кожи включены преимущественно данные зарубежных МА и СО РКИ, данные отдельных РКИ на английском и/или русском языках и испытания, оцененные на 4 балла и выше по шкале PEDro.

Результаты / Results

За период с 2014 по 2022 гг. при исключении дублирующих во многом друг друга источников, количество представленных и доступных в полнотекстовом варианте по применению методов ремоделирования кожи составило 149 публикаций.

С 2018 г. отмечается тенденция к увеличению числа широкомасштабных исследований физических методов ремоделирования кожи высокого методологического уровня в связи с необходимостью их научно обоснованного применения для внедрения в клиническую практику.

По результатам анализа источников литературы определена ведущая роль высокоинтенсивных лазерных технологий (42,3 %) (плоскостные фототехнологии – 11%, фракционный абляционный фототермолиз (ФАФ) – 21,6%, неабляционный фракционный фототермолиз (НФФ) – 9,7%), микросфокусированный ультразвук (17,4%), низкоинтенсивная лазеротерапия (10,1 %), фракционный радиочастотный лифтинг (8,1 %), терапия высокоинтенсивным импульсным светом (IPL-терапия) составляет 3,2%, на долю гипербарической оксигенотерапии отводится 3%, а механостимулирующим технологиям – 2,5%; отдель-

ный пласт занимают комбинированные методы физического воздействия (13,4 %) (рис. 1).

В систематических обзорах комбинированные методы коррекции возрастных изменений кожи представлены в виде различных сочетаний высокоинтенсивной лазеротерапии, их комбинации с мезотерапией, препаратами гиалуроновой кислоты, инъекциями ботулотоксина-А и др.).

Данные по указанным физическим методам, применяемых с целью ремоделирования кожи, с максимальными уровнями доказательств представлены в таблице 1.

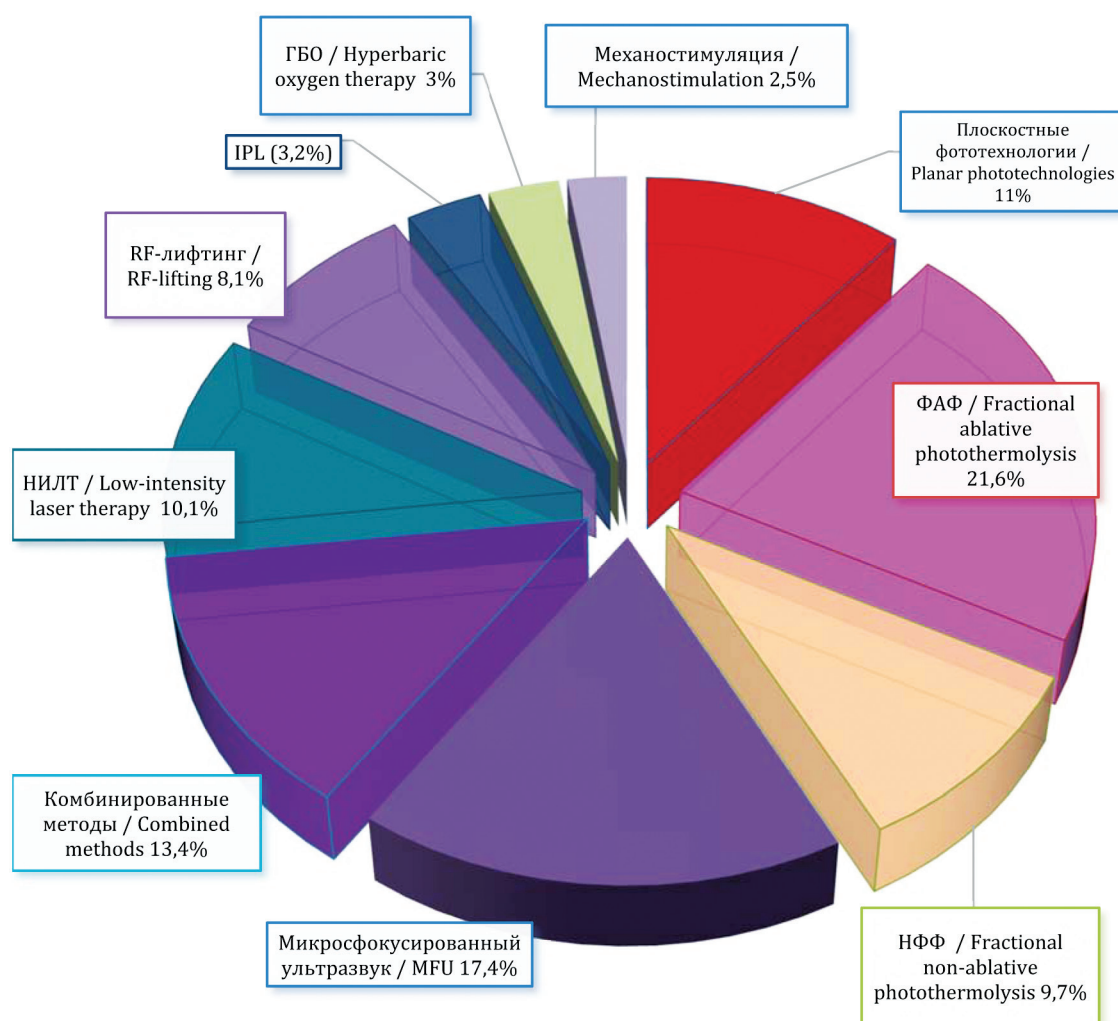


Рисунок 1. Удельный вес различных физических методов ремоделирования кожи

Figure 1. Share of different physical methods of skin remodeling

Таблица 1 / Table 1
Сводная таблица физических методов ремоделирования кожи, изученных в ходе доброкачественных РКИ, МА и СО / Summary table of physical methods of skin remodeling studied in benign randomized clinical trials, meta-analyses, and systematic reviews.

Автор / Author	Тип исследования / Type of research	Число пациентов / Number of patients	Длительность наблюдения (мес.) / Duration of observation (months)	Лечебный физический фактор / Therapeutic physical factor	Группа наблюдения / сравнения / Observation / comparison group	Показатели, характеризующие эффект терапии / Indicators characterizing the effect of therapy
Wunsch A. et al. 2014	РКИ	128		RLT	Контроль / Сравнение (Control / Comparison)	Цвет кожи, ее рельеф, упругость улучшились почти у всех добровольцев в обеих группах исследования ($p < 0,01$): среднее значение 0,99, SD 1,95 для рельефа кожи; среднее – 1,00, SD 2,10 для цвета кожи.
Borges J. et al. 2014	РКИ			ФАФ/ФНФ	Сравнение (Comparison)	У всех пациентов наблюдалось клиническое улучшение без статистически значимой разницы ($p > 0,05$) между обработанными сторонами. Определено снижение плотности коллагена при обеих процедурах, со статистической значимостью для ФАФ ($p > 0,001$). Три сеанса ФНФ были клинически эквивалентны одному сеансу ФАФ.
Humbert P. et al. 2015	РКИ	30	3	LPG Systems	Сравнение (Comparison)	Определено четкое ремоделирование кожи в связи с активацией активности фибробластов. Клиническое улучшение dryability кожи наблюдалось у 73% ($n = 22$) субъектов на обработанной стороне по сравнению с 53% ($n = 16$) субъектов на необработанной области ($p = 0,108$).
Weiss R.A. et al. 2016	РКИ	40	6	Александритовый лазер	Сравнение (Comparison)	Установлено более клинически значимое улучшение по средней оценке глубины и выраженности морщин (5,48 и 3,47 до и после лечения соответственно), ($p < 0,05$). Удовлетворенность лечением – 90%.
Fabi S.G. 2016	СО	70		MFU	Сравнение (Comparison)	У 46% и 62% пациентов улучшение на 1–2 балла через 90 дней и 180 дней соответственно (для каждого, $p < 0,0001$). У 72,9% пациентов была достигнута видимая подтяжка тканей $\geq 20,0$ мм ² субментальной области.
Hui Q. et al. 2017	РКИ	13	18	CO2 лазер + PRP	Сравнение / Контроль (Control / Comparison)	Удовлетворенность пациентов лечением в группах наблюдения и сравнения – 76,92% и 69,23% (мимические морщины), 84,62% и 76,92% (текстура кожи), 69,23% и 61,54% (эластичность). Через 3 месяца оценки группы комбинированного лечения и группы, получавшей только лазер, составили 2,31±0,85 и 2,01±1,02 (мимические морщины) ($p = 0,039$), 2,38±0,77 и 2,08±0,95 (текстура кожи) ($p = 0,039$) и 2,02±0,90 и 1,69±1,03 (эластичность) ($p = 0,040$).

End of Table 1

Автор / Author	Тип исследования / Type of research	Число пациентов / Number of patients	Длительность наблюдения (мес.) / Duration of observation (months)	Лечебный физический фактор / Therapeutic physical factor	Группа наблюдения / сравнения Observation / comparison group	Показатели, характеризующие эффект терапии / Indicators characterizing the effect of therapy
Avci P. et al. 2016	СО			НИЛТ	Сравнение (Comparison)	НИЛТ может защищать меланоциты от апоптоза, вызванного УФ-излучением, путем повышения уровня BCL-2 в клетках, также было отмечено заметное увеличение коллагена в папиллярной дерме и снижение ММР-1. Удовлетворенность лечением — 90%.
Ablon G. et al. 2018	РКИ	76		IPL	Сравнение/ Контроль (Control / Comparison)	Наблюдалось значительное снижение средней выраженности морщин среди испытуемых в группах 1, 2 и 3, и значительное снижение уровня меланина во 2-й группе. При окончательной оценке доля удовлетворенных пациентов в группе 1 — 830 нм (95,2%), группе 2 — 633 нм (72,3%) и группе 3 — 830 нм и 633 нм (95,5%), что намного выше, чем у пациентов, получавших плацебо (13,3%).
Ansari F. et al. 2018	МА			Фракционный CO2 лазер/ Er:YAG/ D:YAG	Сравнение (Comparison)	Эффективность и развитие временных побочных эффектов фракционного CO2 лазера были сопоставимы с Er:YAG, но CO2 лазер был на 14,7% ($p = 0,01$) эффективнее, чем ND:YAG-лазер.
Chen R. et al. 2020	РКИ	30	6	ФАФ	Сравнение/ Контроль (Control / Comparison)	Было отмечено уменьшение количества очагов АК на обработанной области по сравнению со значениями до лечения в течение трех месяцев (2,9 +/- 1,7 для обработанных и 9,2 +/- 3,2 для необработанных; $p < 0,001$) и через 6 месяцев (3,1 +/- 2,0 для обработанных и 9,5 +/- 4,2 для необработанных; $p < 0,001$). Через 6 месяцев снижение общего количества очагов АК на обработанном участке составило 60%; на необработанном — увеличилось на 167%.
Truchuelo M.T. et al. 2020	РКИ	20	2	ФНФ + SCA	Сравнение (Comparison)	Значительное снижение плотности «микроколонок» (25%, 71%, 32%, и на 61% меньшая плотность, соответственно, на 3-й день $p = 0,008$, на 7-й $p = 0,002$, на 22-й $p < 0,001$ и на 24-й день $p < 0,001$) наблюдалась на стороне, обработанной SCA, по сравнению с контралатеральной стороной. Эластичность кожи, глубина морщин и увлажнение на стороне, обработанной SCA, также показали значительное улучшение по сравнению с обработанной носителем стороной в 11% ($p = 0,020$).
Croix J. et al. 2020	РКИ	14	5	FLT / PDT	Сравнение (Comparison)	Более выраженные побочные эффекты (эритема, отек, жжение) наблюдались при FLT-PDT, чем только при PDT. При сравнении степени улучшения от исходного уровня с помощью FLT-PDT по сравнению с PDT, не было существенной разницы (+1,55/+1,46 балла соответственно). Сравнение степени общего улучшения от исходного уровня с помощью FLT-PDT и с PDT не показало существенной разницы (+1,73/+1,94 балла соответственно; $p = 0,13$). Сравнение улучшений показателей эритемы от исходного уровня показало тенденцию к улучшению для FLT-PDT

Khan U. et al. 2021	CO 39		MFU	Сравнение (Comparison)	по сравнению с PDT, что не было статистически значимым (+0,52/+0,30 балла соответственно; $p = 0,70$). Не было различий между процедурами в степени улучшения от исходного уровня (+0,21/+0,21 балла) или пигментации (+0,64/+0,64 балла) для FLT-PDT и PDT соответственно. Было отмечено улучшение состояния средней и нижней части лица у 93% пациентов через 6 месяцев. Удовлетворенность лечением — 85% ($p = 0,006$). Уменьшение средних показателей морщин через 90 дней было статистически значимым ($p = 0,0222$). Через 90 дней была отмечена средняя подтяжка кожи лица 26,44 мм ($p = 0,0217$). Через 180 дней был достигнут средний результат подтяжки субментальной области на 13,76 мм ($p = 0,243$).
Nachmo Y. et al. 2021	РКИ 70		ГБО	Контроль (Control)	После ГБО наблюдалось значительное увеличение плотности коллагена ($p < 0,001$, размер эффекта (es) = 1,10), длины эластических волокон ($p < 0,0001$, es = 2,71) и количества кровеносных сосудов ($p = 0,02$, es = 1,00). Наблюдалось значительное снижение фрагментации волокон ($p = 0,012$) и стареющих клеток ($p = 0,03$, es = 0,84).
Spandau D.F. et al. 2021	РКИ 48	36	Фракционная лазерная дермабразия (CO2)	Сравнение (Comparison)	Через 3 недели наблюдения — клинически значимое улучшение состояния кожи (снижение доли стареющих фибробластов, повышение уровня мРНК IGF-1 и нормализация проканцерогенного ответа Ki-67 + / TD + базальных кератиноцитов).
Gawdat H. et al. 2022	РКИ 20		Фракционный RF-лифтинг + PRP	Сравнение (Comparison)	Средняя толщина кожи после лечения была выше в группе А (RF-лифтинг + PRP) по сравнению с группой В (RF-лифтинг), но была признана статистически незначимой. Более благоприятные результаты были зарегистрированы в группе А.
Li Y. et al. 2022	РКИ 48		ГК + мезо-терапия (M)/ ВТХ-А	Сравнение (Comparison)	В группе ГК+М клиническая оценка снизилась с 2,72 до 1,4, 1,6, 1,9, и 2,2 на 1, 3, 6 и 10 месяцев соответственно. У 64% пациентов — улучшение пигментации в группе ГК+М по сравнению с 17,4% пациентов в группе лечения ВТХ-А ($p = 0,001$). У 80% пациентов — улучшение рельефа кожи в группе ГК+М по сравнению с 39,1% пациентов в группе лечения ВТХ-А ($p = 0,004$). 64% пациентов отметили удлинение периода восстановления при комбинированном лечении.

Примечание: RLT — терапия красным светом; LPG массаж — разновидность механовакуумного воздействия (механостимуляция); Er:YAG — эрбиевый лазер; ND:YAG — неодимовый лазер; FLR — фракционный абляционный лазер; PDL — импульсный лазер на красителе; SCA — биологически активный запатентованный комплекс на основе Scryptomphalus aspersa 40%; FLT — тулиевый фракционный лазер; PDT — фотодинамическая терапия; ВТХ-А — ботулотоксин типа А; IGF-1 — инсулиноподобный фактор роста — 1; CO2-лазер — углекислотный лазер; PRP — богатая тромбоцитами плазма; ГК — гиалуроновая кислота; SD-стандартное отклонение; es (effect size) — величина эффекта; RLT — 650-850 нм; ФАФ — 2940 нм; ФНФ — 1540 нм; ФАФ — 650-850 нм; ФАФ — 2940 нм; неабляционный IPL — 500-1299 нм, Nd: YAG — 585-595 нм, PDL — 1064 нм; FLT — 1927 нм; АК — актинический кератоз; CO2-лазер — 10600 нм, Er: YAG — 2940 нм, PDL — 500-1299 нм, PDL — 585-595 нм, Nd: YAG — 1064 нм; FLT — 1927 нм; PDT — 417 нм.

Note: RLT — Red Light Therapy; LPG massage — Louis-Paul Guitaуc (mechanostimulation); Er:YAG — erbium laser; ND:YAG — neodymium laser; FLR — fractional ablative laser; PDL — (pulsed dye laser); SCA — biologically active patented complex based on Scryptomphalus aspersa 40%; FLT — fractional laser thulium; PDT — photodynamic therapy; ВТХ-А — botulinum toxin — A; IGF-1 — insulin-like growth factor — 1; CO2-laser — carbon dioxide laser; PRP — platelet rich plasma; ГК — hyaluronic acid; SD-standard deviation; es — effect size; RLT — 650-850 nm; FAF — 2940 nm; FNF — 1540 nm; alexandrite laser — 755 nm; NILT — 390-1100 nm; AK-actinic keratosis; CO2 laser — 10600 nm, Er: YAG — 2940 nm; non-ablative IPL — 500-1299 nm, PDL — 585-595 nm, Nd: YAG — 1064 nm; FLT — 1927 nm; PDT — 417 nm.

Обсуждение / Discussion

Ведущими с позиции выраженности клинических эффектов являются фракционные абляционные и неабляционные технологии высокоинтенсивной лазеротерапии. При использовании неабляционных лазеров эпидермис остается интактным, благодаря охлаждению, а тепло, генерируемое в дерме, запускает процессы коагуляции коллагена, а затем синтеза новых волокон. Абляционные технологии направлены на денатурацию белков дермы, синтез коллагена, дополнительно воздействуя на процессы реструктуризации эпидермиса [12–14].

Фракционный радиочастотный лифтинг оказывает тепловой эффект в глубоких слоях кожи, активируя молекулы воды, окружающие коллагеновые волокна с увеличением его гидратации, обеспечивая тем самым уплотнение коллаген-содержащих структур с формированием каркаса кожи и созданием лифтинг-эффекта. Под воздействием электромагнитных полей происходит активация фибробластов, усиление метаболических процессов, переориентация структурированных коллагеновых волокон и, как конечный итог, реструктуризация дермы [15].

Микрофокусированный ультразвук вызывает быстрое сокращение денатурированного коллагена за счет тепловой стимуляции, запускает неоколлагенез и ремоделирование коллагена, что выражается в эффекте подтяжки кожи. Это достигается за счет создания крошечных, точно регулируемых участков термической коагуляции в средней и глубокой сетчатой дерме и уникального в своем роде воздействия на уровне мышечно-апоневротического слоя тканей лица [16,17].

IPL — широкополосный импульсный свет оказывает возбуждающий эффект на эндогенные хромофоры для активации фотофизических и фотохимических процессов. Фотобиомодуляция стимулирует пролиферацию фибробластов, синтез коллагена, факторов роста и выработку внеклеточного матрикса путем активации клеточных митохондриальных дыхательных путей. В результате наблюдается уменьшение глубины и выраженности морщин, а также лифтинг-эффект кожи [18].

Механизм действия механотерапии LPG заключается во влиянии посредством механотрансдукции на фибробласты, при котором происходит преобразование механических сигналов в биохимические реакции — модуляцию экспрессии генов, кодирующих не только компоненты внеклеточного матрикса (коллагены, эластин), но и матриксные протеиназы (ММП) и их тканевые ингибиторы. В результате такого физического воздействия наблюдается увеличение содержания гиалуроновой кислоты, синтез эластиновых волокон, коллагена I типа и ММП9 наряду с улучшением миграционной способности фибробластов [19].

Менее выраженные по клинической эффективности в качестве монотерапии, но обладающие достаточной доказательной базой являются методы применения низкоинтенсивной лазеротерапии. У пациентов, получавших НИЛТ, наблюдалось увеличение выработки проколлагена и коллагена, основных факторов роста фибробластов и пролиферация самих фибробластов. В основе механизмов действия лежит изменение окислительно-восстановительного состояния клеток, сродства факторов транскрипции, связанных с пролиферацией клеток, восстановлением и регенерацией тканей, а также поглощение митохондриальными хромофорами (цитохром с-оксидазой) красного и ближнего света, что приводит к запуску процессов биостимуляции и репарации клеток [20].

Перспективным является метод улучшения качества кожи методом ГБО, которая обеспечивает укорочение теломер, удаление клеток, подверженных апоптозу и запуск ангиогенеза. Установлено, что ГБО способна индуцировать высвобождение факторов транскрипции — гипоксические индуцированные факторы, улучшать их стабильность, инициировать высвобождение ангиогенного фактора роста эндотелия сосудов, индуцирующего миграцию и дифференцировку эндотелиальных клеток [21].

Итогом наукометрического исследования является сформированная рекомендованная база физических методов ремоделирования кожи, которая может служить основой для дальнейшей разработки клинических рекомендаций (табл. 2).

Физические методы ремоделирования кожи / Physical methods of skin remodeling

Основные / Main	Дополнительные / Additional
Эффективность влияния на клинику, качество жизни и/или прогноз доказан	Эффективность доказана в ряде исследований, однако требует уточнения
Высокоинтенсивная лазеротерапия (1,А) Микросфокусированный ультразвук (1,А)	Низкоинтенсивная лазеротерапия (1,В) Радиоволновой лифтинг (1,В) IPL — терапия (1,В)

Примечание: в скобках числами указан уровень убедительности доказательств, буквами — класс рекомендаций по ГОСТ Р 56034-2014 [22] и Приказу Министерства здравоохранения РФ от 28.02.2019 № 103 [23].

Note: numbers in brackets indicate the level of evidence, letters indicate the class of recommendations according to GOST R 56034-2014 [22] and Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of February 28, 2019 N 103 [23].

Выводы / Summary

В связи с неуклонным развитием эстетической медицины, разработкой большого количества новых техник и технологий в различных ее областях, для решения определенных задач коррекции необходимо опираться на данные клинических рекомендаций, где приводятся методы с доказанной на высоком уровне клинической и гистологической эффективностью. Стремительное развитие и рост количества методик, и выдвигаемые высокие требования пациентов, порой не позволяют практикующему врачу охватить весь объем информации и выделить из него наиболее подходящие протоколы терапии. Проведение наукометрического анализа отечественных и зарубежных баз исследований с высокими уровнями доказательств является основой формирования актуальных и качественных клинических рекомендаций.

Этика публикации. Представленная статья ранее опубликована не была.

Конфликт интересов. Информация о конфликте интересов отсутствует.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

1. Силина Е.В., Мантурова Н.Е., Моргулис Н.В., Ступин В.А. Физиология старения кожи // Пластическая хирургия и эстетическая медицина. — 2020. — № 2. — С. 40-45.
2. Преснова Т.Е., Глотова Н.С., Карачева Ю.В., и др. Факторы, влияющие на старение кожи // Вестник СурГУ. Медицина. — 2019. — Т. 3. — №4 1. — С. 63-69.
3. Pan YF, Wang YY, Chen JW, Fan YM. Mitochondrial metabolism's effect on epigenetic change and aging. *Hereditas*. 2019;41(10):893-904. DOI: 10.16288/j.ycz.19-065.
4. Xu K, Guo Y, Li Z, Wang Z. Aging Biomarkers and Novel Targets for AntiAging Interventions/*Adv Exp Med Biol*. 2019; 1178:39-56. DOI: 10.1007/978-3-030-25650-0_3.
5. Koltover VK. Free Radical Timer of Aging: from Chemistry of Free Radicals to Systems Theory of Reliability. *Curr Aging Sci*. 2017;10(1):12-17.
6. Moldogazieva NT, Mokhosoev IM, Mel'nikova TI, Porozov YB, Terentiev AA. Oxidative stress and advanced lipoxidation and glycation end products (ALEs and AGEs) in aging and age-related diseases // *Oxid Med Cell Longev*. 2019;3085756. DOI: 10.1155/2019/3085756.
7. Bocheva G, Slominski R, Slominski A. Neuroendocrine Aspects of Skin Aging. *Int. J of Molecular Sciences*. 2019; 20(11): 2798.
8. Burke KE. Mechanisms of aging and development-A new understanding of environmental damage to the skin and prevention with topical antioxidants // *Mech Ageing Dev*. 2018;172:123-130. DOI: 10.1016/j.mad.2017.12.003.
9. Асхаков М.С., Чеботарёв В.В. Ультрафиолетовое облучение кожи и фотопротекция в косметологии // Научное обозрение. Медицинские науки. — 2017. — № 6. — С. 5-13.
10. Курганская И.Г., Ключарева С.В., Черкашина И.В. Высокоинтенсивная лазеротерапия патологических рубцов кожи: наукометрический анализ доказательных исследований // *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. — 2021. — № 1. — С. 100-105.
11. Шельгин К.В., Ложкина Л.И. Наукометрическое исследование статей, посвящённых изучению эффективности здравоохранения в России // *Экология человека*. — 2022. — Т.29. — № 8. — С.547-561.
12. Chen R, Wargo JJ, Williams A et al. Single Ablative Fractional Resurfacing Laser Treatment for Forearm Actinic Keratoses: 6-Month Follow-Up Data from An Inpatient Comparison Between Treated and Untreated Sites. *Lasers Surg Med*. 2020;52(1):84-87. DOI: 10.1002/lsm.23175.
13. Borges J, Cuzzi T, Mandarim-de-Lacerda CA, Manela-Azulay M. Fractional Erbium laser in the treatment of photoaging: randomized comparative, clinical and histopathological study of ablative (2940nm) vs. non-ablative (1540nm) methods after 3 months. *An Bras Dermatol*. 2014;89(2):250-8. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20142370.
14. Beigvand HH, Razzaghi M, Rostami-Nejad M et al. Assessment of Laser Effects on Skin Rejuvenation. *J Lasers Med Sci*. 2020;11(2):212-219. DOI: 10.34172/jlms.2020.35.
15. Gawdat H, Allam RSHM, Hegazy R et al. Comparison of the efficacy of Fractional Radiofrequency Microneedling alone and in combination with platelet-rich plasma in neck rejuvenation: a clinical and optical coherence tomography study. *J Cosmet Dermatol*. 2022;21(5):2038-2045. DOI: 10.1111/jocd.14331.
16. Khan U, Khalid NA. Systematic Review of the Clinical Efficacy of Micro-Focused Ultrasound Treatment for

- Skin Rejuvenation and Tightening. *Cureus*. 2021;13(12): e20163. DOI: 10.7759/cureus.20163.
17. Fabi SG. Noninvasive skin tightening: focus on new ultrasound techniques // *Clin Cosmet Invest Dermatol*. 2015; 8: 47-52. DOI: 10.2147/CCID.S69118.
 18. Ablon G. Phototherapy with Light Emitting Diodes: Treating a Broad Range of Medical and Aesthetic Conditions in Dermatology. *J Clin Aesthet Dermatol*. 2018;11(2):21-27.
 19. Humbert P, Fanian F, Lihoreau T et al. Mecano-Stimulation of the skin improves sagging score and induces beneficial functional modification of the fibroblasts: clinical, biological, and histological evaluations. *Clin Interv Aging*. 2015; 10: 387-403. DOI: 10.2147/CIA.S69752.
 20. Avci P, Gupta A, Sadasivam M et al. Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. *Semin Cutan Med Surg*. 2013; 32(1): 41-52.
 21. Hachmo Y, Hadanny A, Mendelovic S. The effect of hyperbaric oxygen therapy on the pathophysiology of skin aging: a prospective clinical trial. *Aging (Albany NY)*. 2021;13(22):24500-24510. DOI: 10.18632/aging.203701.
 22. ГОСТ Р 56034-2014. Клинические рекомендации (протоколы лечения). Общие положения. — М., 2014. — 23 с.
 23. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.02.2019 № 103н. Доступен по: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202206060031>. (дата обращения: 14.06.2023).
 24. Wunsch A, Matuschka K. A controlled trial to determine the efficacy of red and near-infrared light treatment in patient satisfaction, reduction of fine lines, wrinkles, skin roughness, and intradermal collagen density increase. *Photomed Laser Surg*. 2014;32(2):93-100. DOI: 10.1089/pho.2013.3616.
 25. Araujo AR, Soares VP, Silva FS, Moreira Tda S. Radiofrequency for the treatment of skin laxity: myth or truth // *An Bras Dermatol*. 2015;90(5):707-21. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20153605.
 26. Weiss RA, McDaniel DH, Weiss MA et al. Safety and efficacy of a novel diffractive lens array using a picosecond 755 nm alexandrite laser for treatment of wrinkles. *Lasers Surg Med*. 2017;49(1):40-44. DOI: 10.1002/lsm.22577.
 27. Bernstein EF, Bloom JD. Safety and Efficacy of Bilateral Submental Cryolipolysis with Quantified 3-Dimensional Imaging of Fat Reduction and Skin Tightening // *JAMA Facial Plast Surg*. 2017; 19(5): 350-357. DOI: 10.1001/jamafacial.2017.0102.
 28. Truchuelo MT, Vitale M. A cosmetic treatment based on the secretion of *Cryptomphalus aspersa* 40% improves the clinical results after the use of nonablative fractional laser in skin aging. *J Cosmet Dermatol*. 2020;19(3):622-628. DOI: 10.1111/jocd.13052.
 29. Li Y, Liao M, Zhu Y. Hyaluronic Acid Compound Filling Plus Mesotherapy vs Botulinum Toxin A for the Treatment of Horizontal Neck Lines: A Multicenter, Randomized, Evaluator-Blinded, Prospective Study in Chinese Subjects. *Aesthet Surg J*. 2022;42(4):230-241. DOI: 10.1093/asj/sjab387.
- ### References
1. Silina EV, Manturova NE, Morgulis NV, Stupin VA. Физиология старения кожи [Physiology of skin aging]. *Пластическая хирургия и эстетическая медицина [Plastic Surgery and Aesthetic Medicine]*. 2020;(2):40-5. DOI: 10.17116/plast.hirurgia202002140. (In Russian).
 2. Presnova TE, Glotova NS, Karacheva YV et al. Faktory, vliyayushchie na starenie kozhi [Factors influencing skin aging]. *Vestnik SurGU. Medicina [Vestnik SurGU. Medicine]*. 2019; No. 3(41): 63-9. (In Russian).
 3. Pan YF, Wang YY, Chen JW, Fan YM. Mitochondrial metabolism's effect on epigenetic change and aging. *Hereditas*. 2019;41(10):893-904. DOI: 10.16288/j.ycz.19-065.
 4. Xu K, Guo Y, Li Z, Wang Z. Aging Biomarkers and Novel Targets for AntiAging Interventions. *Adv Exp Med Biol*. 2019;1178:39-56. DOI: 10.1007/978-3-030-25650-0_3.
 5. Koltover VK. Free Radical Timer of Aging: from Chemistry of Free Radicals to Systems Theory of Reliability // *Curr Aging Sci*. 2017;10(1):12-7.
 6. Moldogazieva NT, Mokhosoev IM, Mel'nikova TI, Porozov YB, Terentiev AA. Oxidative stress and advanced lipoxidation and glycation end products (ALEs and AGEs) in aging and age-related diseases // *Oxid Med Cell Longev*. 2019;3085756. DOI: 10.1155/2019/3085756.
 7. Bocheva G, Slominski R, Slominski A. Neuroendocrine Aspects of Skin Aging. *Int. J of Molecular Sciences*. 2019; 20(11):2798.
 8. Burke KE. Mechanisms of aging and development-A new understanding of environmental damage to the skin and prevention with topical antioxidants // *Mech Ageing Dev*. 2018;172:123-30. DOI: 10.1016/j.mad.2017.12.003.
 9. Askhakov MS, Chebotarev VV. Ul'trafiol'etovoe oblučenje kozhi i fotoprotekciya v kosmetologii [Ultraviolet irradiation of the skin and photoprotection in cosmetology]. *Nauchnoe obozrenie. Medicinskie nauki [Scientific Review. Medical Sciences]*. 2017;6:5-13.
 10. Kurganskaya IG, Klyuchareva SV, Cherkashina IV. Vysokointensivnaya lazeroterapiya patologicheskikh rubcov kozhi: naukometricheskij analiz dokazatel'nyh issledovanij [High-intensity laser treatment in pathological skin scarrings: a scientometric analysis of evidence-based studies]. *Kremlevskaya medicina. Klinicheskij vestnik [Kremlin medicine. Clinical Bulletin]*. 2021; 1:100-5. (In Russian).
 11. Shelygin KV, Lozhkina LI. Naukometricheskoe issledovanie statej, posvyashchyonnyh izucheniyu effektivnosti zdavoohraneniya v Rossii [Scientometric study of articles devoted to the study of the effectiveness of health care in Russia]. *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. 2022, 29(8):547-61. (In Russian).
 12. Chen R, Wargo JJ, Williams A, et al. Single Ablative Fractional Resurfacing Laser Treatment For Forearm Actinic Keratoses: 6-Month Follow-Up Data From An Inpatient Comparison Between Treated and Untreated Sites. *Lasers Surg Med*. 2020;52(1):84-7. DOI: 10.1002/lsm.23175.
 13. Borges J, Cuzzi T, Mandarim-de-Lacerda CA, Manela-Azulay M. Fractional Erbium laser in the treatment of photoaging: randomized comparative, clinical and histopathological study of ablative (2940nm) vs. non-ablative (1540nm) methods after 3 months. *An Bras Dermatol*. 2014;89(2):250-8. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20142370.
 14. Beigvand HH, Razzaghi M, Rostami-Nejad M. et al. Assessment of Laser Effects on Skin Rejuvenation. *J Lasers Med Sci*. 2020;11(2):212-9. DOI: 10.34172/jlms.2020.35.
 15. Gawdat H, Allam RSHM, Hegazy R et al. Comparison of the efficacy of Fractional Radiofrequency Microneedling alone and in combination with platelet-rich plasma in neck rejuvenation: a clinical and optical coherence tomography study. *J Cosmet Dermatol*. 2022;21(5):2038-45. DOI: 10.1111/jocd.14331.

16. Khan U, Khalid NA. Systematic Review of the Clinical Efficacy of Micro-Focused Ultrasound Treatment for Skin Rejuvenation and Tightening. *Cureus*. 2021;13(12): e20163. DOI: 10.7759/cureus.20163.
17. Fabi SG. Noninvasive skin tightening: focus on new ultrasound techniques // *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2015; 8: 47-52. DOI: 10.2147/CCID.S69118.
18. Ablon G. Phototherapy with Light Emitting Diodes: Treating a Broad Range of Medical and Aesthetic Conditions in Dermatology. *J Clin Aesthet Dermatol*. 2018;11(2):21-7.
19. Humbert P, Fanian F, Lihoreau T et al. Mecano-Stimulation of the skin improves sagging score and induces beneficial functional modification of the fibroblasts: clinical, biological, and histological evaluations. *Clin Interv Aging*. 2015; 10:387-403. DOI: 10.2147/CIA.S69752.
20. Avci P, Gupta A, Sadasivam M et al. Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. *Semin Cutan Med Surg*. 2013; 32(1):41-52.
21. Hachmo Y, Hadanny A, Mendelovic S. The effect of hyperbaric oxygen therapy on the pathophysiology of skin aging: a prospective clinical trial. *Aging (Albany NY)*. 2021;13(22):24500-10. DOI: 10.18632/aging.203701.
22. GOST R 56034-2014. Klinicheskie rekomendacii (protokoly lecheniya). Obshchie polozheniya. [Clinical recommendations (treatment protocols). General provisions]. M., 2014. 23p. (In Russian).
23. Prikaz Ministerstva zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii ot 28.02.2019 N 103n [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation N 103n of February 28, 2019]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202206060031>. (In Russian).
24. Wunsch A, Matuschka K. A controlled trial to determine the efficacy of red and near-infrared light treatment in patient satisfaction, reduction of fine lines, wrinkles, skin roughness, and intradermal collagen density increase. *Photomed Laser Surg*. 2014;32(2):93-100. DOI: 10.1089/pho.2013.3616.
25. Araujo AR, Soares VP, Silva FS, Moreira Tda S. Radiofrequency for the treatment of skin laxity: myth or truth. *An Bras Dermatol*. 2015;90(5):707-21. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20153605.
26. Weiss RA, McDaniel DH, Weiss MA et al. Safety and efficacy of a novel diffractive lens array using a picosecond 755 nm alexandrite laser for treatment of wrinkles. *Lasers Surg Med*. 2017;49(1):40-4. DOI: 10.1002/lsm.22577.
27. Bernstein EF, Bloom JD. Safety and Efficacy of Bilateral Submental Cryolipolysis with Quantified 3-Dimensional Imaging of Fat Reduction and Skin Tightening. *JAMA Facial Plast Surg*. 2017;19(5):350-7. DOI: 10.1001/jamafacial.2017.0102.
28. Truchuelo MT, Vitale M. A cosmetic treatment based on the secretion of Cryptomphalus aspersa 40% improves the clinical results after the use of nonablative fractional laser in skin aging. *J Cosmet Dermatol*. 2020;19(3):622-8. DOI: 10.1111/jocd.13052.
29. Li Y, Liao M, Zhu Y. Hyaluronic Acid Compound Filling Plus Mesotherapy vs Botulinum Toxin A for the Treatment of Horizontal Neck Lines: A Multicenter, Randomized, Evaluator-Blinded, Prospective Study in Chinese Subjects. *Aesthet Surg J*. 2022;42(4):230-41. DOI: 10.1093/asj/sjab387.

Рукопись поступила: 24.03.2023

Принята в печать: 15.06.2023

Авторы

Грицкова Инна Александровна — врач-дерматовенеролог клиники кожных и венерических болезней, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация; тел.: +79372454234; e-mail: innaannushkina@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0549-4009>.

Пономаренко Инга Геннадьевна — доктор медицинских наук, ФГБОУ ВО «Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Пискаревский пр., д.47, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация; доцент кафедры кожных и венерических болезней, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны, ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация; тел.: +79218886675; e-mail: manga-85@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6550-6940>.

Шамсутдинова Диана Стартовна — врач-дерматокосметолог, ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, ул. Бестужевская, д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация; тел.: +7911089679; e-mail: prokt57@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4567-2023>.

Authors

Gritskova Inna Alexandrovna, dermatovenerologist, clinic of skin and venereal diseases, S.M. Kirov Military Medical Academy, 6 Academician Lebedeva, St. Petersburg, 194044, Russian Federation; tel.: +79372454234; e-mail: innaannushkina@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0549-4009>.

Ponomarenko Inga Gennadievna, Grand PhD in Medical sciences, Associate Professor of Department of Physical and Rehabilitation Medicine, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 47 Piskarevsky Ave., St. Petersburg, 195067, Russian Federation; Associate Professor of the Department of Skin and Venereal Diseases, S.M. Kirov Military Medical Academy, 6 Akademika Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russian Federation; tel.: +79218886675; e-mail: manga-85@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6550-6940>.

Shamsutdinova Diana Startovna, dermatocosmetologist, Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Str., St. Petersburg, 195067, Russian Federation, tel.: +7911089679; e-mail: prokt57@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4567-2023>.