

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОБИОМОДУЛЯЦИИ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО УДАЛЕНИЯ ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ КОЖИ ЛИЦА

Л.С. Круглова¹, С.П. Селезнев², А.В. Сычев¹

¹ ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва

² ГБУЗ МО «Московский областной клинический кожно-венерологический диспансер», г. Москва

Адрес для переписки:

Круглова Лариса Сергеевна, kruglovals@mail.ru

Ключевые слова:

фотобиомодуляция, красный свет, инфракрасный свет, заживление ран, рубцы

Для цитирования:

Круглова Л.С., Селезнев С.П., Сычев А.В. Эффективность фотобиомодуляции у пациентов после хирургического удаления доброкачественных образований кожи лица. Восстановительная дерматовенерология и косметология. 2025; 1: ##-##. DOI

Резюме

Удаление новообразований кожи хирургическим путем всегда сопровождается образованием рубцов, что требует ранней послеоперационной оценки поражения и применения комплексных методов, направленных на уменьшение видимости косметического дефекта. Использование фотобиомодуляции после оперативного вмешательства может сократить сроки эпителизации и улучшить внешний вид рубца.

Цель исследования: определить эффективность применения фотобиомодуляции (661 и 850 нм) у пациентов после хирургического удаления доброкачественных образований на лице.

Материал и методы. В одноцентровом проспективном параллельном рандомизированном контролируемом открытом исследовании приняли участие 20 пациентов с доброкачественными образованиями кожи лица, которые с помощью блочной рандомизации были разделены на две равные по численности группы. Всем пациентам было проведено хирургическое иссечение образования с последующим наложением швов. Пациентам группы А дополнительно был назначен курс фотобиомодуляции (длина волны 661 нм, плотность мощности 21,6 мВт/см² (40%), длина волны 850 нм, плотность мощности 22,0 мВт/см² (60%) в течение 15 минут – сразу после наложения швов; длина волны 661 нм, плотность мощности 32,4 мВт/см² (60%), длина волны 850 нм, плотность мощности 29,4 мВт/см² (80%) в течение 20 минут – через 24 часа и на 3, 5 и 7-й дни после наложения швов). Пациенты группы Б (контрольной) после удаления образования не получали дополнительных вмешательств. Исследование длилось 1 месяц и состояло из 4 визитов (в день операции, на следующий день, через 14 и 28 суток). Эффективность терапии оценивали при помощи шкал SBSSES, POSAS, ВАШ и UNC4P.

Результаты. Через неделю после удаления образования у 80% пациентов группы А наблюдалось полное затягивание раны, в то время как в группе Б – только у 30% ($p = 0,006$). У пациентов, которым проводились процедуры фотобиомодуляции, наблюдалось значительное улучшение внешнего вида рубца по шкале SBSSES через 14 ($p = 0,030$) и 28 дней ($p = 0,018$). Интенсивность субъективных симптомов, согласно шкалам ВАШ и UNC4P, на следующий день после проведения хирургического вмешательства у пациентов группы А была достоверно ниже ($p = 0,035$ и $p = 0,031$ соответственно). Оценка рубцов по шкале POSAS через месяц после удаления также продемонстрировала значимую эффективность добавления фототерапии по сравнению с контрольной группой ($p = 0,009$).

Выводы. Добавление процедур фотобиомодуляции (661 и 850 нм) пациентам после проведенного хирургического удаления образований на лице сокращает срок эпителизации раны, снижает болевые ощущения в раннем послеоперационном периоде и позволяет добиться лучших эстетических результатов, что особенно важно при выполнении манипуляций на косметически значимой зоне.



THE EFFICACY OF PHOTOBIO-MODULATION PROCEDURES IN PATIENTS AFTER SURGICAL REMOVAL OF BENIGN FACIAL SKIN LESIONS

L.S. Kruglova¹, S.P. Seleznev², A.V. Sychev¹

¹ Central State Medical Academy of the Administrative Directorate of the President of the Russian Federation, Moscow

² Moscow Regional Clinical Dermatovenereological Center, Moscow

For correspondence:

Larisa S. Kruglova, kruglovals@mail.ru

Key words:

photobiomodulation, red light, infrared light, wound healing, scars

For citation:

Kruglova L.S., Seleznev S.P., Sychev A.V. The efficacy of photobiomodulation procedures in patients after surgical removal of benign facial skin lesions. *Restorative Dermatovenereology & Cosmetology*. 2025; 1: ##-##. DOI

Summary

Surgical removal of skin neoplasms always results in scar formation, which necessitates early postoperative lesion assessment and comprehensive methods aimed at reducing the visibility of the cosmetic defect. The use of photobiomodulation after surgery may shorten the epithelialization period and improve the appearance of the scar.

Purpose of the study. To determine the efficacy of photobiomodulation (661 nm and 850 nm) in patients after surgical removal of benign facial lesions.

Material and methods. A single-center, prospective, parallel, randomized, controlled, open-label study involved 20 patients with benign facial skin lesions, who were divided into 2 groups using block randomization. All patients underwent surgical excision of the lesion followed by suturing. Group A (10 patients) received an additional course of photobiomodulation: 661 nm, power density 21.6 mW/cm² (40%), and 850 nm, power density 22.0 mW/cm² (60%) for 15 minutes – immediately after suturing, as well as 24 hours, and on days 3, 5, and 7 after suturing; 661 nm, 32.4 mW/cm² (60%), and 850 nm, 29.4 mW/cm² (80%) for 20 minutes at the same follow-up points. Group B (10 patients, control) received no additional interventions after lesion removal. The study lasted 1 month and consisted of 4 visits (on the day of surgery, the next day, and on days 14 and 28). Treatment efficacy was assessed using the SBSSES, POSAS, VAS, and UNC4P scales.

Results. One week after lesion removal, 80% of patients in Group A showed complete wound closure, compared to only 30% in Group B ($p = 0.006$). Patients who received photobiomodulation showed a significant improvement in scar appearance on the SBSSES scale at 14 days ($p = 0.030$) and 28 days ($p = 0.018$). The intensity of subjective symptoms, according to the VAS and UNC4P scales, was significantly lower in Group A on the day after surgery ($p = 0.035$ and $p = 0.031$, respectively). Clinical scar assessment using the POSAS scale one month after removal also demonstrated a significant benefit of phototherapy compared to the control group ($p = 0.009$).

Conclusions. The addition of photobiomodulation procedures (661 nm and 850 nm) to postoperative care after surgical removal of facial lesions shortens the wound epithelialization period, reduces pain in the early postoperative phase, and achieves better aesthetic outcomes. This is particularly important when performing procedures in cosmetically sensitive areas.

Введение

Удаление новообразований кожи лица – одна из наиболее сложных манипуляций в дерматохирургии, что объясняется высокими требованиями к эстетическому результату процедуры. Таким образом, послеоперационный рубец, обладающий малой шириной, плоскостью и цветом, приближенным к окружающим тканям, является одним из главных объективных критериев успеха манипуляции как для пациента, так и для врача. Способы профилактики и улучшения внешнего вида ранних (незрелых) рубцов включают в себя хирургические, медикаментозные и физиотерапевтические методы [1]. Предполагаемая длина, форма и локализация послеоперационного дефекта определяются в первую очередь расположением и размером новообразования, онкологическими, анатомическими и хирургическими ограничениями и зачастую могут не зависеть от косметических предпочтений [2]. Именно

поэтому добавление физиотерапевтических методов в раннем послеоперационном периоде может стать перспективным методом достижения оптимального эстетического результата у пациентов с новообразованиями кожи лица, подлежащими хирургическому удалению.

Заживление ран представляет собой сложный физиологический процесс, который включает три фазы: сосудисто-воспалительную, пролиферативную и фазу ремоделирования, каждая из которых играет критически важную роль в восстановлении целостности и функционировании ткани [3]. Воздействие на клеточные механизмы этих фаз позволяет модулировать и ускорять процесс заживления послеоперационных ран. Фотобиомодуляция (ФБМ) – это вид светотерапии, в котором используются неионизирующие источники света (лазеры, светодиоды, широкополосный свет) в красном (660–700 нм) и инфракрасном (700–1100 нм) спектрах [4]. Механизмы, посредством кото-



рых ФБМ влияет на клеточные и молекулярные процессы, многогранны, включают активацию митохондрий, модуляцию активных форм кислорода, регуляцию воспаления и экспрессии генов и напрямую зависят от интенсивности света и длины волны [5, 6]. Именно поэтому для реализации таргетного воздействия ФБМ на ткани у врача должна быть возможность индивидуальной регуляции данных параметров на используемом аппарате.

На сегодняшний день опубликовано множество исследований, подтверждающих эффективность ФБМ в терапии заболеваний кожи, в первую очередь длительно незаживающих ран [7–10]. ФБМ способствует активации процессов заживления ран посредством усиления пролиферации и миграции фибробластов, что в свою очередь приводит к увеличению синтеза компонентов внеклеточного матрикса – коллагена и эластина, играющих решающую роль в формировании структурной целостности ткани [11]. ФБМ также стимулирует дифференцировку фибробластов в миофибробласты, которые продуцируют альфа-актин-2, играющий ключевую роль в сократительной активности, необходимой для закрытия раны [12]. Еще одним эффектом ФБМ является стимуляция ангиогенеза посредством активации фактора роста эндотелия сосудов (vascular endothelial growth factor, VEGF) [13]. Повышенная экспрессия VEGF при воздействии ФБМ стимулирует пролиферацию и миграцию эндотелиальных клеток, что приводит к образованию новых капилляров в раневом ложе. Усиленный ангиогенез обеспечивает адекватную перфузию в тканях, что способствует адекватному поступлению кислорода и облегчает удаление продуктов метаболизма, тем самым создавая благоприятную среду для клеточной активности, участвующей в регенерации тканей [14]. ФБМ усиливает пролиферацию и миграцию кератиноцитов, способствуя не только непосредственному механическому восстановлению эпидермального барьера, но и синтезу белков (филаггрин, кератин), необходимых для сохранения физиологических функций кожи, что обеспечивает более быстрое закрытие раневой поверхности и снижает риск присоединения вторичной инфекции [15]. Многогранность эффектов красного и инфракрасного света, модулирующих и ускоряющих все фазы заживления ран, позволяет рассматривать ФБМ в качестве метода ранней послеоперационной профилактики развития рубцов и улучшения их внешнего вида, что особенно важно при выполнении хирургических манипуляций на лице.

Цель исследования – определить эффективность применения ФБМ (661 и 850 нм) у пациентов после перенесенного хирургического удаления доброкачественных образований на лице.

Материал и методы

Дизайн исследования. Проведено одноцентровое проспективное параллельное рандомизированное контролируемое неслепое (открытое) исследование, в которое было включено 20 пациентов (8 мужчин и 12 женщин) с доброкачественными образованиями кожи лица диаметром

не более 1,5 см и показанием к их хирургическому удалению. Длительность исследования составила 30 дней.

На этапе отбора пациентов был выполнен визуальный осмотр, дерматоскопия образований для верификации их доброкачественности и назначены общий и биохимический анализы крови.

В первый день исследования (визит 0) всем пациентам было проведено хирургическое удаление образований с последующим наложением швов. После хирургической манипуляции была осуществлена рандомизация с использованием блоков для достижения равного количества пациентов в каждой из групп. Размер блока соответствовал 20, коэффициент распределения – 1:1. Также были проведены оценка размера хирургического дефекта и фотоконтроль для визуализации результатов лечения. Пациентам группы А (экспериментальной, n = 10) был назначен курс ФБМ 661 и 850 нм с общим количеством процедур 5, пациентам группы Б (контрольной, n = 10) дополнительные вмешательства не проводились. Все пациенты в течение первых 14 дней ежедневно проводили фотоконтроль для оценки скорости заживления раны.

В ходе последующих посещений (визит 1 – на следующий день после удаления, визит 2 – через 14 дней) был также проведен визуальный осмотр с фотоконтролем, оценка рубца по Стоуни-Брукской шкале оценки рубцов (Stony Brook Scar Evaluation Scale, SBSES), пациенты заполнили визуально-аналоговую шкалу (ВАШ) боли (от «0» – отсутствие субъективных ощущений до «10» – невыносимая боль), а также шкалу оценки рубцов 4P (University of North Carolina 4P Scar Scale, UNC4P), по которой баллами от 0 до 3 определяются выраженность боли (Pain), парестезии (Paresthesias), зуда (Pruritus) и пластичность (Pliability). На последнем визите (визит 3 – через месяц) была проведена фотофиксация, а также оценка по SBSES и шкале оценки рубцов пациентом и наблюдателем (Patient and Observer Scar Assessment Scale, POSAS). Шкала POSAS содержит два блока – врача и пациента. Врач определяет васкуляризацию, пигментацию, толщину, рельеф, эластичность и площадь рубца относительно исходной раны (1–10 баллов), пациенту предлагается оценить баллами от 1 (выглядит как нормальная кожа) до 10 (сильно отличается) такие параметры, как цвет, плотность, толщина, рельеф, и также баллами от 1 (нет дискомфорта) до 10 (максимальный дискомфорт) наличие болезненности и зуда [16–18].

Гипотезу исследования (положение, что применение ФБМ у пациентов с послеоперационными ранами приводит к ускорению регенерации) проверяли при помощи статистического анализа полученных результатов.

Критерии включения:

- возраст от 18 до 50 лет включительно;
- наличие доброкачественных образований кожи лица, подлежащих хирургическому удалению, не более 1,5 см в диаметре;
- результаты общего и биохимического анализов крови в пределах нормы;
- наличие письменного информированного согласия на участие в исследовании и последующее опубликование



вание данных с условием соблюдения правил конфиденциальности.

Критерии не включения:

- наличие злокачественных образований кожи или подозрения на них (диспластический невус, пограничный невус и др.);
- локализация образований в области носа и на слизистых;
- наличие сахарного диабета, нарушения свертываемости крови;
- наличие тяжелых соматических состояний, являющихся противопоказанием к проведению хирургического лечения или ФБМ.

Критерии исключения:

- выявление нежелательных реакций, требующих прекращения участия в исследовании;
- добровольное желание пациента досрочно завершить исследование.

Исследование проводилось на базе отделения косметологии Института пластической хирургии и косметологии с августа 2025 г. по ноябрь 2025 г. и включало 4 визита: в первый день исследования (визит 0 – до лечения), на следующий день (визит 1), через 14 дней (визит 2) и через 1 месяц (визит 3) от начала терапии.

В первый день исследования всем пациентам было проведено хирургическое удаление образований с отступом от 3 до 5 мм от клинически видимых краев новообразования, эллипсоидным разрезом, параллельным линиям наименьшего натяжения кожи, и последующим наложением простых узловых швов (нить – полипропилен, нерассасывающаяся, 5/0, игла колющая 17 × 2 мм, 1/2). Пациентам группы А был дополнительно назначен курс ФБМ на аппарате REVIXAN midi plus (комплектация QUATRO) (PY-P3H 2025/26053) на параметрах: длина волны 661 нм, плотность мощности 21,6 мВт/см² (40%), длина волны 850 нм, плотность мощности 22,0 мВт/см² (60%) в течение 15 минут – сразу после наложения швов; длина волны 661 нм, плотность мощности 32,4 мВт/см² (60%), длина волны 850 нм, плотность мощности 29,4 мВт/см² (80%) в течение 20 минут – через 24 часа и на 3, 5 и 7-й дни после наложения швов. Общее количество процедур ФБМ на курс – 5. На 14-е сутки всем пациентам было проведено снятие швов. Также всем пациентам для уменьшения распространенных побочных эффектов были даны рекомендации по обработке хирургического дефекта (рис. 1).

Основной исход исследования. Основной конечной точкой исследования было достижение полного заживления раны за 7 дней.

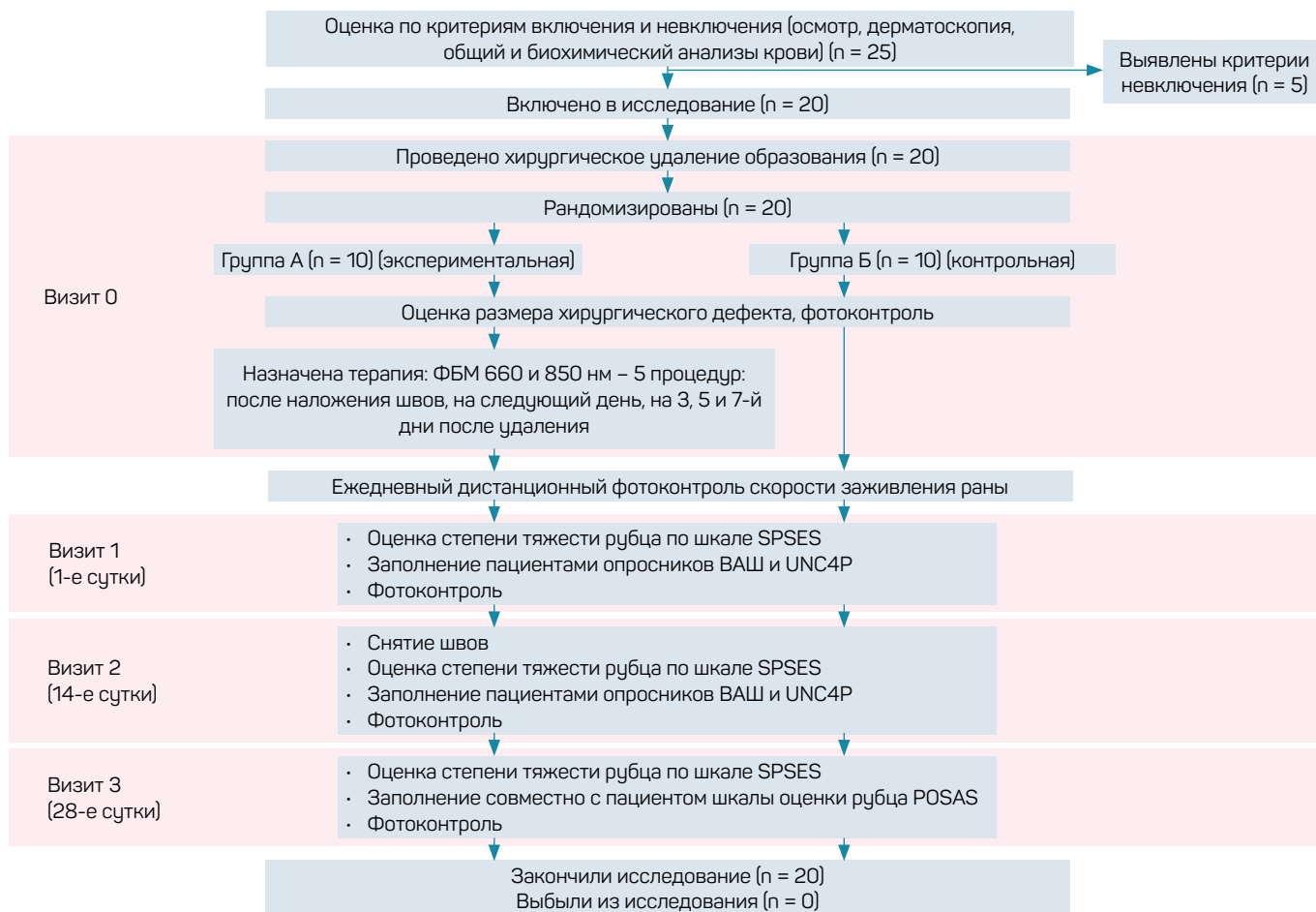


Рис. 1. Дизайн исследования



Дополнительным исходом исследования являлась динамика снижения баллов согласно шкалам оценки рубца (SBSES, POSAS) и шкалам субъективных симптомов (ВАШ, UNC4P).

Методы регистрации исходов. Оценка эффективности добавления процедур ФБМ осуществлялась во время каждого из трех визитов посредством визуального осмотра пациента, оценки клинической картины и субъективных симптомов при помощи специализированных шкал. Также в ходе исследования все пациенты до снятия швов (14-е сутки) проводили фотофиксацию хирургического дефекта для оценки времени эпителизации. Все данные были занесены в программу MS Excel (версия 2408).

Статистический анализ. Размер выборки предварительно не рассчитывался. Анализ данных выполнен с использованием пакета статистических программ StatTech v. 4.9.5 (разработчик ООО «Статтех», Россия). Описание количественных показателей при отсутствии нормального распределения выполнено с указанием медианы (25-й; 75-й процентиля), при нормальном – с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). Для сравнения независимых групп по количественному показателю использовали U-критерий Манна–Уитни.

Результаты

На этапе скрининга было отобрано 20 пациентов (8 мужчин и 12 женщин) в возрасте от 22 года до 55 лет. Характеристика участников исследования представлена в таблице. Статистически значимых различий между двумя группами не установлено.

Основные результаты исследования. Нами был проведен анализ достижения полного заживления раны за 7 дней в зависимости от метода лечения. Полное затягивание раны к 7-му дню исследования наблюдалось у 8 (80%) пациентов группы А и только у 3 (30%) пациентов группы Б. Медиана срока эпителизации в группе А составила $6,60 \pm 1,26$ дня (95% доверительный интервал (ДИ) 5,70–7,50) и была значительно ниже, чем в группе Б – $8,20 \pm 1,03$ дня (95% ДИ 7,46–8,94) ($p = 0,006$).

Дополнительные результаты исследования. При сопоставлении суммы баллов SBSES в группах А и Б через 14 и 28 дней в зависимости от метода лечения нами были вы-

Характеристика участников исследования

Показатели	Группа А	Группа Б (контрольная)	Р
Пол, абс. (%): женский мужской	7 (70,0) 3 (30,0)	5 (50,0) 5 (50,0)	0,650
Возраст, годы, M ± SD (95% ДИ)	$37,40 \pm 10,18$ (30,12–44,68)	$36,50 \pm 10,00$ (29,34–43,66)	0,844
Размер образования, мм, M ± SD (95% ДИ)	$8,10 \pm 2,64$ (6,21–9,99)	$8,80 \pm 3,52$ (6,28–11,32)	0,621
Длина хирургического разреза, мм, M ± SD (95% ДИ)	$24,30 \pm 8,14$ (18,48–30,12)	$25,50 \pm 10,64$ (17,89–33,11)	0,780

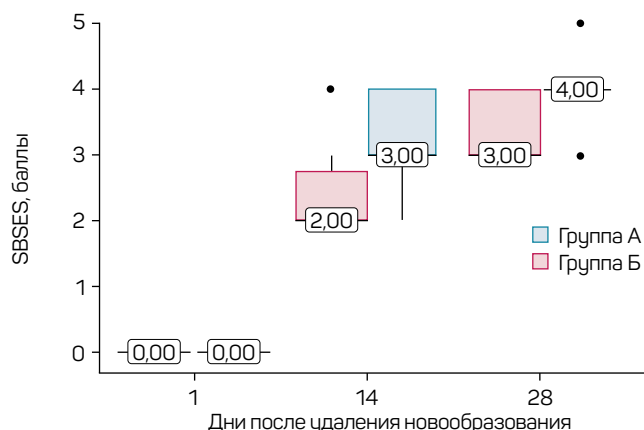


Рис. 2. Динамика изменения баллов по шкале оценки рубцов (SBSES) на фоне проводимой терапии

явлены существенные различия ($p = 0,030$ и $p = 0,018$ соответственно) (рис. 2). При сравнении суммы баллов SBSES на следующий день после удаления статистически значимых различий между группами обнаружено не было, что объясняется малым сроком наблюдения, недостаточным для оценки динамики заживления послеоперационных ран. Таким образом, в группе, где был проведен курс ФБМ после удаления образований, отмечалась более быстрая нормализация внешнего вида рубца по сравнению с контролем.

Медиана баллов ВАШ боли на следующий день после оперативного вмешательства у пациентов группы А, которым была проведена процедура ФБМ сразу после наложения швов, составила 2 [2,00–3,00] балла, что значительно ниже, чем в контрольной группе – 3,5 [3,00–4,00] балла ($p = 0,035$) (рис. 3). При анализе баллов ВАШ через 14 дней после проведения терапии о наличии каких-либо болевых ощущений сообщили 4 пациента группы Б и 1 пациент группы А ($p = 0,111$). Показатели шкалы оценки рубцов UNC4P на следующий день и на 14-е сутки имели схожую динамику (см. рис. 3). Пациенты группы А имели достоверно более низкое значение по шкале UNC4P на следующий день после терапии по сравнению с контрольной группой ($p = 0,031$).

Через месяц от начала исследования медиана баллов шкалы POSAS в группе А составила $36,70 \pm 4,76$ (95% ДИ 33,29–40,11), в то время как в контрольной группе она была значительно больше – $43,50 \pm 5,66$ (95% ДИ 39,45–47,55) ($p = 0,009$). Особенностью данной шкалы является возможность оценки раневого дефекта не только врачом, но и пациентом, что наиболее важно для процедур на косметически значимых зонах. Таким образом, раннее применение красного (661 нм) и инфракрасного (850 нм) света у пациентов после хирургического вмешательства позволяет улучшить внешний вид рубца через месяц после операции.

Нежелательные явления. В ходе исследования не зарегистрировано нежелательных явлений, которые могли бы привести к отказу от дальнейшего участия пациентов. Почти все пациенты (95%) отмечали появление субъективных симптомов (боли, зуда или парестезии) на следующий день после проведения оперативного вмешательства, что ожидаемо после повреждения целостности ткани, однако в экспериментальной группе их выраженность была



REVIXAN MIDI PLUS

Профессиональный аппарат для фотодинамической терапии и фотобиомодуляции (ФДТ и ФБМ)



Розацеа и купероз
3-6 процедур



Акне
3-5 процедур



Постакне и рубцы
1-3 процедуры



Омоложение и лифтинг
1-2 процедуры



Реабилитация после
процедур
1-3 процедуры



Фотостарение,
восстановление тканей
3-5 процедур



3 комплектации —
выбирайте под задачи
вашей клиники



400 нм
660 нм



400 нм
660 нм
850 нм



400 нм
633 нм
660 нм

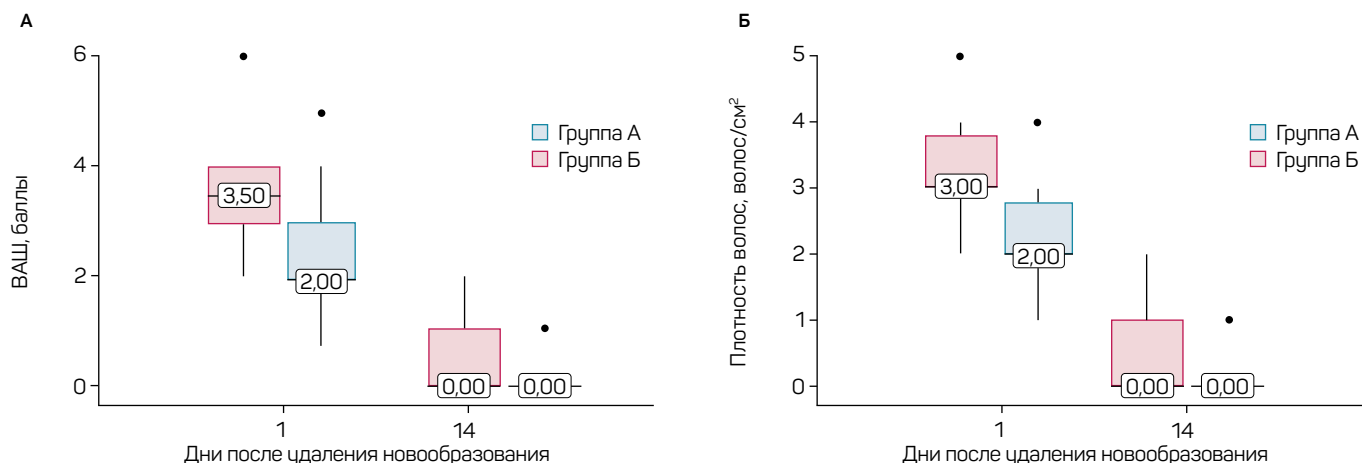


Рис. 3. Динамика снижения баллов по шкалам ВАШ (А) и UNC4P (Б) в группах исследования на фоне терапии

ниже, чем в контрольной. Осложнений, связанных с ФБМ, в исследовании не зафиксировано.

Ограничения исследования. Для получения более достоверных результатов требуются дальнейшие исследования с большим количеством пациентов и более продолжительным периодом наблюдения, что особенно важно, учитывая длительный срок формирования и эволюционирования рубцов. С целью оценки долгосрочных результатов продолжается наблюдение за пациентами обеих групп.

Заключение

Своевременное проведение профилактических мероприятий в отношении послеоперационных ран позволяет оптимизировать процесс заживления на ранних этапах, что не только улучшает косметический вид рубца, но и снижает риск развития патологических изменений. Применение ФБМ в раннем послеоперационном периоде способствует сокращению сроков эпителизации раны, снижению интенсивности болевых ощущений уже на следующий день после процедуры, а также улучшению внешнего вида рубца, что особенно важно при удалении новообразований кожи в косметически значимых зонах.

Литература

- Landers K., Hwang M., Cottrill E. A narrative review of scars after surgery: what to expect. *Ann. Thyroid.* 2023; 8: 9.
- Amici J.M., Chaussade V. Optimisation de la cicatrisation en chirurgie dermatologique et gestions des aléas. *Ann. Dermatol. Venereol.* 2016; 143 (Suppl. 2): S20–S25. In French.
- Gushiken L.F.S., Beserra F.P., Bastos J.K. et al. Cutaneous wound healing: an update from physiopathology to current therapies. *Life (Basel).* 2021; 11 (7): 665.
- Anders J.J., Lanzafame R.J., Arany P.R. Low-level light/laser therapy versus photobiomodulation therapy. *Photomed. Laser Surg.* 2015; 33 (4): 183–184.
- Woo K. Photobiomodulation as a multimodal therapy to enhance wound healing and skin regeneration. *Med. Lasers.* 2024; 13: 173–184.
- Opel D.R., Hagstrom E., Pace A.K. et al. Light-emitting diodes: a brief review and clinical experience. *J. Clin. Aesthet. Dermatol.* 2015; 8 (6): 36–44.
- Jagdeo J., Austin E., Mamalis A. et al. Light-emitting diodes in dermatology: a systematic review of randomized controlled trials. *Lasers Surg. Med.* 2018; 50 (6): 613–628.
- Carvalho R.L., Alcântara P.S., Kamamoto F. et al. Effects of low-level laser therapy on pain and scar formation after inguinal herniation surgery: a randomized controlled single-blind study. *Photomed. Laser Surg.* 2010; 28 (3): 417–422.
- Yang Z., Hu X., Zhou L. et al. Photodynamic therapy accelerates skin wound healing through promoting re-epithelialization. *Burns. Trauma.* 2021; 9: tkab008.
- Alsharnoubi J., Mohamed O., Fawzy M. Photobiomodulation effect on children's scars. *Lasers Med. Sci.* 2018; 33 (3): 497–501.
- Mokoena D., Dhilip Kumar S.S., Houreld N.N., Abrahamse H. Role of photobiomodulation on the activation of the Smad pathway via TGF- β in wound healing. *J. Photochem. Photobiol. B.* 2018; 189: 138–144.
- Tai Y., Woods E.L., Dally J. et al. Myofibroblasts: function, formation, and scope of molecular therapies for skin fibrosis. *Biomolecules.* 2021; 11 (8): 1095.
- Veith A.P., Henderson K., Spencer A. et al. Therapeutic strategies for enhancing angiogenesis in wound healing. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 2019; 146: 97–125.
- Rademakers T., Horvath J.M., van Blitterswijk C.A., LaPointe V.L.S. Oxygen and nutrient delivery in tissue engineering: approaches to graft vascularization. *J. Tissue Eng. Regen. Med.* 2019; 13 (10): 1815–1829.
- Mathioudaki E., Rallis M., Politopoulos K., Alexandratou E. Photobiomodulation and wound healing: low-level laser therapy at 661 nm in a scratch assay keratinocyte model. *Ann. Biomed. Eng.* 2024; 52 (2): 376–385.
- Singer A.J., Arora B., Dagum A. et al. Development and validation of a novel scar evaluation scale. *Plast. Reconstr. Surg.* 2007; 120 (7): 1892–1897.
- Hultman C.S., Friedstat J.S., Edkins R.E. et al. Laser resurfacing and remodeling of hypertrophic burn scars: the results of a large, prospective, before-after cohort study, with long-term follow-up. *Ann. Surg.* 2014; 260 (3): 519–532.
- Draaijers L.J., Tempelman F.R., Botman Y.A. et al. The patient and observer scar assessment scale: a reliable and feasible tool for scar evaluation. *Plast. Reconstr. Surg.* 2004; 113 (7): 1960–1967.