

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОБИОМОДУЛИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИИ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОСТРОГО БОЛЕВОГО СИНДРОМА ПОСЛЕ СЕПТОПЛАСТИКИ

Г.М. Мурадов, В.И. Попадюк, И.В. Кастыро, А.О. Быкова, Е.О. Старцева, О.В. Манкаева, П.В. Михальская, Н.Д. Кузнецов, А.И. Глухова, Н.В. Ермакова, Г.А. Дроздова  
Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

ГММ: <https://orcid.org/0000-0002-9951-2756>; [gadzimuradmuradov926@gmail.com](mailto:gadzimuradmuradov926@gmail.com), АИГ: <https://orcid.org/0000-0002-2734-4917>; [adelart@yandex.ru](mailto:adelart@yandex.ru)

## EXPERIENCE IN THE USE OF PHOTOBIO-MODULATING THERAPY TO REDUCE THE INTENSITY OF ACUTE PAIN AFTER SEPTOPLASTY

G.M. Muradov, V.I. Popadyuk, I.V. Kastyro, A.O. Bykova, E.O. Startseva, O.V. Mankaeva, P.V. Mikhalskaya, N.D. Kuznetsov, A.I. Glukhova, N.V. Ermakova, G.A. Drozdova  
Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

**Резюме:** Цель: оценить эффективность применения фотобиомодуляции (ФБМ) в раннем постоперационном периоде у пациентов после проведения септопластики. Пациенты и методы: 62 пациентам была проведена септопластика под общей анестезией. Среди них было 40 мужчин и 22 женщины в возрасте от 18 до 44 лет. После септопластики проводилась тампонада полости носа поролоновыми тампонами в перчаточной резине. Пациенты были распределены на 2 группы по 31 пациенту с равным количеством мужчин и женщин. Пациентам 2-й группы проводилась ФБМ через 3 часа, 6 часов и 24 часа после септопластики. Головки излучателя генерировали инфракрасное импульсное лазерное излучение с длиной волны 0,890 мкм и установленной мощностью 10 Вт и устанавливались на 2 минуты в проекции латерального хряща и большого хряща крыла носа с обеих сторон. Через 48 часов после операции удаляли тампоны носа пациентам обеих групп и во второй группе проводили интраназальную лазерную терапию с насадкой в непрерывном, модулированном режиме работы в красном оптическом диапазоне, с длиной волны 0,63 мкм и с мощностью излучения 8 мВт в течение 2 минут. Оценивали ULF, HF, LF и общую мощность вариабельности сердечного ритма (ВСР), а также болевой синдром. Результаты. ULF был достоверно ниже во 2-й группе ( $8086 \pm 3003$  мс<sup>2</sup>), по сравнению с первой ( $18580 \pm 2067$  мс<sup>2</sup>) ( $p < 0,001$ ). LF был значимо выше в 1-й группе ( $1871 \pm 405$  мс<sup>2</sup>), по сравнению со 2-й ( $1095 \pm 190$  мс<sup>2</sup>) ( $p < 0,005$ ). Во 2-й группе HF был ниже –  $1157 \pm 220$  мс<sup>2</sup> против  $1630 \pm 263$  мс<sup>2</sup> в первой группе ( $p < 0,01$ ). Во 2-й группе общая мощность ВСР была также ниже ( $13498 \pm 3226$  мс<sup>2</sup>), чем в 1-й группе ( $26808 \pm 2371$  мс<sup>2</sup>) ( $p < 0,001$ ). В первые три часа после септопластики интенсивность боли между группами не различалась. Через 6 часов во 2-й группе боль снизилась, по сравнению с предыдущим сроком

( $p < 0,05$ ). Боль продолжила снижаться в обеих группах и через 48 часов после септопластики пациенты либо не ощущали боли, либо она была минимальна и не причиняла явного дискомфорта. При этом в период с 6-ти до 24-х часов после септопластики пациенты, которым не проводилась ФБМ, испытывали боль достоверно выше, чем пациенты с ФБМ ( $p < 0,001$ ). Заключение. Применение ФБМ после септопластики на фоне тампонады носа способствует снижению выраженности болевого синдрома, уменьшению воспалительного ответа на хирургический стресс, а, следовательно, и менее выраженным изменениям вегетативной нервной системы в ответ на хирургический стресс. **Ключевые слова:** септопластика, боль, низкоинтенсивная лазерная терапия, фотобиостимуляция, вариабельность сердечного ритма.

DOI: 10.25792/HN.2022.10.2.S2.107-113

**Для цитирования:** Мурадов Г.М., Попадюк В.И., Кастыро И.В., Быкова А.О., Старцева Е.О., Манкаева О.В., Михальская П.В., Кузнецов, Н.Д., Глухова А.И., Ермакова Н.В., Дроздова Г.А. Опыт применения фотобиомодулирующей терапии для уменьшения интенсивности острого болевого синдрома после септопластики. Head and neck. Russian Journal. 2022; 10 (2, Прил. 2): 107-113.

**Abstract:** Summary: Purpose: to evaluate the effectiveness of the use of photobiomodulation (FBM) in the early postoperative period in patients after septoplasty. Patients and methods: 62 patients performed septoplasty under general anesthesia. Among them were 40 men and 22 women aged 18 to 44 years. After septoplasty, tamponade of the nasal cavity with foam tampons in glove tires was carried out. Patients were distributed into 2 groups of 31 patients with an equal number of men and women. Patients of the 2nd group spent FBM after 3 hours, 6 hours and 24 hours after septoplasty. The emitter

heads generated infrared impulse laser radiation with a wavelength of 0.890 microns and a set of 10 W and set for 2 minutes in the projection of the lateral cartilage and a large cartilage of the nose wing on both sides. 48 hours after the operation, the nasal tampons were removed to patients of both groups and in the second group they carried out intranasal laser therapy with a nozzle in a continuous, modulated mode of operation in a red optical range, with a wavelength of 0.63 microns and with a radiation power of 8 mW for 2 minutes. Assessed ULF, HF, LF and the total power of heart rate variability (HRV), as well as pain. Results. ULF was significantly lower in the 2nd group ( $8086 \pm 3003 \text{ ms}^2$ ), compared with the first ( $18580 \pm 2067 \text{ ms}^2$ ) ( $p < 0.001$ ). LF was significantly higher in the 1st group ( $1871 \pm 405 \text{ ms}^2$ ), compared with the 2nd ( $1095 \pm 190 \text{ ms}^2$ ) ( $p < 0.005$ ). In the 2nd group, HF was lower- $1157 \pm 220 \text{ ms}^2$  versus  $1630 \pm 263 \text{ ms}^2$  in the first group ( $p < 0.01$ ). In the 2nd group, the total power of the HRV was also lower ( $13498 \pm 3226 \text{ ms}^2$ ) than in the 1st group ( $26808 \pm 2371 \text{ ms}^2$ ) ( $p < 0.001$ ). In the first three hours after septoplasty, the intensity of the pain between the groups did not differ. After 6 hours in the 2nd group, the pain decreased compared to the previous period ( $p < 0.05$ ). The pain continued to decline in both groups and 48 hours after septoplasty, patients either did not feel pain, or it was minimal and did not cause obvious discomfort. Moreover, in the period from 6 to 24 hours after septoplasty, patients who were not performed by the FBM experienced pain significantly higher than patients with FBM ( $p < 0.001$ ). Conclusion. The use of FBM after septoplasty against the background of the nasal tamponade helps to reduce the severity of pain, reduce the inflammatory response to surgical stress, and, consequently, less pronounced changes in the autonomic nervous system in response to surgical stress.

*For citations: Muradov G.M., Popadyuk V.I., Kastyro I.V Bykova., A.O., Startseva E.O., Mankaeva O.V., Mikhalskaya P.V., Kuznetsov N.D., Glukhova A.I., Ermakova N.V., Drozdova G.A. Experience in the use of photovomodulating therapy to reduce the intensity of acute pain after septoplasty. Head and neck. Russian Journal. 2022; 10 (2, Suppl. 2): 107-113. (In Russian).*

**Введение.** Хирургическая коррекция искривленной перегородки носа (ИПН), септопластика, является одной из самых распространенных операций в ринохирургии. Частыми осложнениями после септопластики являются носовое кровотечение, гематома перегородки носа, острый риносинусит и болевой синдром [1, 2]. Септопластика заключается в

отсепаровке слизисто-надхрящичного и/или слизисто-надкостничного листков и удаление искривленных участков хрящевого и/или костного отделов перегородки носа. Как правило, ровные участки извлеченной хрящевой части перегородки носа помещают обратно между двумя листками надхрящницы. При этом полость носа после операции тампонируют во избежание осложнений [3].

Особое положение занимает вопрос реабилитации пациентов после септопластики. Сюда входит качественное анестезиологическое пособие, анальгетическая терапия, применение местных лекарственных средств. К примеру, ранее нами было продемонстрировано, что септопластика сама по себе [4], а также при не качественном анестезиологическом пособии провоцирует развитие дистресс синдрома [5] – дисбаланс вегетативной нервной системы, выраженный болевой синдром и нарушение качества жизни в ранний послеоперационный период, что подтверждается изменениями баланса вегетативной нервной системы (ВНС) и изменениями вариабельности сердечного ритма (ВСР) [6].

Для уменьшения проявления побочных явлений после септопластики таких, как боль, отек тканей, воспаление, экхимоз и др. в последнее время все чаще применяется фотобиостимуляция [7], которая основана на принципе ускорения репарации тканей, а следовательно, и заживлению хирургической раны [8, 9]. При ФБМ используются неионизирующие источники света, такие как лазеры или светоизлучающие диоды (светодиоды) с длиной волны 600–1000 нм и мощностью менее 500 мВт на диод [10], чтобы вызвать фотохимическую реакцию, которая приводит к увеличению синтеза АТФ в митохондриях, передачи сигнала в биологических мембранах и клетках, синтеза ДНК, пролиферации клеток, дифференцировке и модуляции про- и противовоспалительных медиаторов, приводящих к уменьшению боли и воспаления [11]. ФБМ широко используется для лечения различных заболеваний, таких как заживление ран, боль и воспаление, диабетические язвы, заболевания крови, костно-мышечные осложнения, ишемическая болезнь сердца, а также восстановление и регенерация тканей [12, 13].

При хирургических вмешательствах в полости носа особое место занимает проблема постоперационного качества жизни пациентов. Существенные неудобства для пациентов, кроме болевого синдрома, представляет тампонада полости носа. При этом существует мнение, что после септопластики вместо тампонады следует использовать сплины [14]. Однако, как тампонада, так и сплинты имеют свои преимущества и

недостатки [15]. Представляется интересным поиск неинвазивных методов реабилитации пациентов после проведения септопластики с тампонадой полости носа. Решение этого вопроса, вероятно позволит уменьшить срок тампонады полости носа после септопластики и улучшить качество жизни пациентов.

Обзор литературы показывает, что после септопластики ФБМ применяется интраназально уже после удаления тампонов, либо сразу в случае наложения сплинтов [16, 17]. При этом практически отсутствуют данные, где проведена оценка эффективности ФБМ при воздействии во время тампонады в первые двое суток после септопластики.

Принимая во внимание вышеизложенные моменты, настоящее исследование было проведено с целью оценки эффективности применения низкоинтенсивной лазерной терапии в раннем постоперационном периоде у пациентов после проведения септопластики.

**Пациенты и методы. Ринохирургия.** 62 пациентам была проведена септопластика под общей анестезией. Среди них было 40 мужчин и 22 женщины в возрасте от 18 до 44 лет. Случайным образом пациенты были распределены на 2 группы по 31 пациенту с равным количеством мужчин и женщин в обеих группах. Сразу после операции всем пациентам устанавливалась передняя тампонада носа марлевыми тампонами в перчаточной резине на 2 суток. Всем пациентам септопластика проводилась с использованием местной инфильтрационной анестезии 1% раствором прокаина (250 mg) вместе с 0,1% раствором эпинефрина (10 mg) и общей анестезии, для которой использовали фентанил (30 mcg/ml), пропופол (150 mg), цисатракурия безилат (нимбекс) (6 mg), транексамовую кислоту (транексам) (1000 mg), атропин (0,5 mg) и метоклопрамид (церукал) (10 mg). С целью избежания развития острого бактериального воспаления околоносовых пазух была назначена пероральная антибактериальная терапия азитромицином 500 мг однократно утром в течение трех дней с первым приемом утром в день операции.

**ФБМТ.** Через 3 часа, 6 часов и 24 часа после септопластики пациентам 2-й группы проводилась лазерная терапия. Головки излучателя генерировали инфракрасное импульсное лазерное излучение с длиной волны 0,890 мкм и установленной мощностью 10 Вт. Головки излучатели устанавливались в проекции латерального хряща и большого хряща крыла носа с обеих сторон в течение 2 минут.

Через 48 часов после операции удаляли тампоны носа пациентам обеих групп и во второй группе проводили интраназальную ФБМ терапию с насадкой в непрерывном, модулированном режиме работы в

красном оптическом диапазоне, с длиной волны 0,63 мкм и с мощностью излучения 8 мВт. Головки устанавливались в обе половины носа на 2 минуты.

**Анализ variability сердечного ритма и болевого синдрома.** Для оценки variability сердечного ритма (ВРС) проводили суточную запись электрокардиограммы (ЭКГ) по Холтеру с помощью аппаратов МТ-200 (Schiller, Swiss). Система записи ЭКГ устанавливалась пациентам за 30 минут до септопластики и снималась через 24 часа после нее. Изучались параметры ВРС в частотном диапазоне – низкие частоты (LF, мс<sup>2</sup>), ультранизкие частоты (ULF, мс<sup>2</sup>), высокие частоты (HF, мс<sup>2</sup>) и общая мощность (Total power, мс<sup>2</sup>).

Болевой синдром оценивался при помощи визуально-аналоговой шкалы (рис.1) через 1, 3, 6, 12, 24 и 48 часов после септопластики, а во второй группе сразу же после проведения сеансов лазерной терапии. Пациентов просили поставить вертикальную линию или точку в том месте шкалы, которое, по их мнению, соответствовало испытываемой ими боли. Длина шкалы составляла 100 мм. Интенсивность боли измеряли в мм.



Рисунок 1. Визуально-аналоговая шкала оценки интенсивности острого болевого синдрома.

**Статистический анализ.** Вся статистическая обработка данных была выполнена с использованием программного пакета JASP, версия 0.14.0 (University of Amsterdam, The Netherlands) для Windows®. Непрерывные переменные (величина боли, LF, ULF, HF, Total power) были представлены как среднее±ошибка средней и проанализированы с помощью t-критерия независимых выборок после проверки нормальности с помощью теста Шапиро-Уилка. Нормально распределенные данные оценивались с использованием t-критерия Стьюдента независимых выборок, а ненормально распределенные данные оценивались с использованием U-критерия Манна-Уитни. Значения  $p < 0,05$  считались статистически значимыми.

**Результаты. Variability сердечного ритма.** После проведения сеансов ФБМ терапии ультранизкочастотный компонент спектрального анализа ВРС был достоверно ниже во второй группе ( $8086 \pm 3003$  мс<sup>2</sup>), по сравнению с первой ( $18580 \pm 2067$  мс<sup>2</sup>) ( $p < 0,001$ ) (рис. 2а). Низкочастотный компонент ВРС был значимо выше в первой группе ( $1871 \pm 405$  мс<sup>2</sup>), по сравнению со второй ( $1095 \pm 190$  мс<sup>2</sup>) ( $p < 0,005$ ), что свидетельствует о повышении напряжения симпатического отдела ВНС в группе без применения ФБМТ (рис. 2б). На основании анализа высокочастотного компонента ВРС, было зафиксировано понижение активности парасимпатической нервной системы за

периоперационные сутки в целом также во второй группе –  $1157 \pm 220$  мс<sup>2</sup> против  $1630 \pm 263$  мс<sup>2</sup> в первой группе ( $p < 0,01$ ) (рис. 2в). Во второй группе общая мощность ВСР была достоверно ниже ( $13498 \pm 3226$  мс<sup>2</sup>), чем в первой группе ( $26808 \pm 2371$  мс<sup>2</sup>) ( $p < 0,001$ ) (рис. 2г).

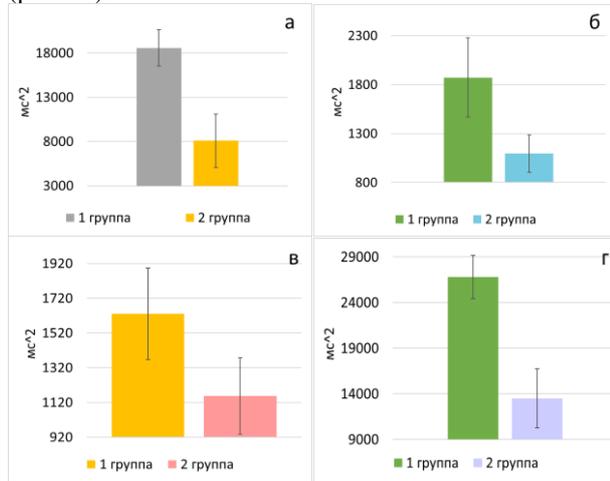


Рисунок 2. Изменения показателей частотной области variability сердечного ритма с применением ФБМТ после септопластики и без нее: а – ULF, б – LF, в – HF, г – общая мощность.

**Болевой синдром.** В первые три часа после проведения хирургического вмешательства интенсивность остроты боли между группами не различалась. В первой группе интенсивность боли через 6 часов увеличилась, по сравнению с 3-мя часами после операции, но достоверного отличия не было зафиксировано. Через 6 часов во второй группе интенсивность болевого синдрома начала снижаться, по сравнению с предыдущим сроком ( $p < 0,05$ ) (рис. 3). Далее болевой синдром продолжил снижаться в обеих группах и через 48 часов после септопластики пациенты либо не ощущали боли, либо она была минимальна и не причиняла явного дискомфорта. При этом в период с 6-ти до 24-х часов после хирургического вмешательства пациенты, которым не проводилась ФБМТ, испытывали боль достоверно выше, чем пациенты с ФБМТ ( $p < 0,001$ ) (рис. 3, табл. 1).

Время после операции	1 час, мм	3 часа, мм	6 часов, мм	12 часов, мм	2 сутки, мм	2 сутки, мм
1 группа	17,1 5±2,46	21,8 2±2,83	25±2,02	21,64 ±2,36	16,68 ±1,01	3,68±1,01
2 группа	14,1 6±2,31	18,8 8±2,45	16,43 ±2,08	12,83 ±2,38	10,84 ±1,15	3,84±1,15

Таблица 1. Интенсивность острого болевого синдрома после септопластики.

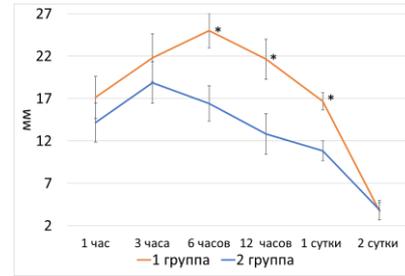


Рисунок 3. Интенсивность болевого синдрома после септопластики. \* – достоверные различия между группами при  $p < 0,001$ .

**Обсуждение.** Представленное исследование является одним из немногих, которое показывает эффективность применения ФБМТ у пациентов с тампонадой полости носа в первые двое суток после проведения септопластики.

Известно, что удаление тампонов целесообразно через 2 суток после операции, когда происходит спад воспалительных процессов и одновременно начинается восстановление слизистой оболочки, нормализация кровоснабжения хрящевой и костной тканей [1, 18, 19], поэтому мы посчитали важным применять ФБМТ именно в течение первых двух суток. В доступной литературе нами не было обнаружено работ, где проводилась бы ФБМТ у пациентов после септопластики с внутриносowymi тампонами и с высокой частотой сеансов терапии в первые сутки после ринохирургических вмешательств.

Общепринятой теорией механизма биологического воздействия фотобиомодуляции является поглощение света хромофорами [20, 21]. ФБМТ приводит к следующим эффектам: уменьшение отека и воспаления, уменьшение боли, синтез коллагена, повышение эластичности, усиление перфузии тканей и увеличение васкуляризации тканей, усиление пролиферации клеток, особенно фибробластов, что в целом приводит к восстановлению поврежденных тканей [7]. Недавние исследования показали, что ФБМТ эффективна при различных состояниях от диабетической стопы до андрогенной алопеции и мукозита после химиотерапии, а также при заживлении ран и воспалении [8, 9, 20, 21]. Фотобиомодуляционная терапия может сыграть роль в уменьшении количества новых кровоизлияний после проведения хирургических вмешательств в челюстно-лицевой области. При этом ФБМТ позиционируют, как новую альтернативу другим вмешательствам, так как она является простым в использовании и минимально инвазивным методом [7].

Hersant et al. оценивали влияние низкоинтенсивного лазера на результаты приживаемости лоскута в пластической хирургии лица. Авторы показали, что ФБМТ повышает

выживаемость лоскута, увеличивает заживление ран. При этом они также сообщили о некоторых возможных эффектах старения кожи [22]. Epwemecka et al. обнаружили, что ФБМТ с высокой эффективностью способствует восстановлению поврежденных тканей в течение всех трех фаз и уменьшения болевого синдрома [23].

Описанные выше эффекты ФБМТ, особенно восстановление поврежденной ткани и неоваскуляризация, обеспечивают уменьшение отека и воспалительных реакций, снижение вероятности кровоизлияния [7] и, следовательно, болевого синдрома в ткани после септопластики. При интраназальном применении лазерной терапии достигаются также и системные эффекты через клетки и компоненты крови [24], что, вероятно, может способствовать и положительному нейротерапевтическому воздействию [25]. Ткани вокруг полости носа имеют обильное кровоснабжение с относительно медленным кровотоком. Было показано, что ФБМТ улучшает реологию крови [26], снижает вязкость крови [27] и улучшает статус свертывания крови [28] при различных патологических состояниях. У пациентов второй группы значимо меньшая интенсивность болевого синдрома и снижение мощности по сравнению с пациентами первой группы свидетельствуют об относительно низких воспалительных реакциях со стороны системы крови в поврежденной области после применения ФБМТ [29].

На фоне применения ФБМТ показатели ВСР имели значимо меньшую общую мощность, по сравнению с пациентами без фотобиомодуляции. Ультранизкочастотный компонент часто ассоциируют с циркадианными ритмами [30]. Повышение мощности ULF свидетельствует о сбое циркадианных ритмов в результате хирургической травматизации на фоне воспалительных явлений в группе без применения ФБМТ. Высокочастотный компонент ВСР показывает тонус парасимпатической нервной системы в то время, как LF, по мнению ряда авторов, может отражать и симпатический (преимущественно), и парасимпатический тонус [31]. Снижение LF и HF после септопластики с применением ФБМТ отражает снижение симпатического и парасимпатического тонуса после коррекции ИПН. Смещение баланса ВНС в сторону ее симпатического компонента является физиологически обоснованным и соответствует степени выраженности воздействия стрессовых факторов. Однако, увеличение тонуса парасимпатической нервной системы в условиях стресса может говорить об неадекватном ответе организма и соответствовать дисстрессу [19], что может отражать степень хирургического

повреждения в челюстно-лицевой области [18]. Так, было показано, что после септопластики LF ВСР может резко снижаться [31]. В нашем исследовании у группы пациентов с классическим вариантом постоперационной реабилитации была повышена активность и симпатического, и парасимпатического отделов ВНС. Исследования показали взаимосвязь между реологией крови, когнитивными функциями [29] и улучшением настроения [32]. Было высказано предположение, что системные эффекты ФБМТ после облучения крови также могут в конечном итоге оказывать нейропротекторное действие [25, 33, 34]. Также известно, что интраназальное облучение крови имеет такие же неврологические последствия, что и внутривенная или внутрисосудистая ФБМТ [35]. Данные факты также могут давать понимание более низкого болевого синдрома, меньших изменений в балансе ВНС в ответ на хирургическое повреждение после септопластики у пациентов с применением фотобиомодуляции в раннем послеоперационном периоде.

Таким образом, в нашем исследовании группа пациентов с ФБМТ показала лучшие результаты по болевому синдрому и ВСР, по сравнению с классической реабилитацией пациентов после септопластики. По нашему мнению, необходимо в дальнейшем разработать протоколы реабилитации пациентов после септопластики с различными видами тампонады полости носа. Вероятно, что применение ФБМТ в дальнейшем может послужить одним из способов снижения длительности тампонады носа после проведения септопластики в результате ускорения репаративных процессов слизистой оболочки перегородки носа. Таким образом, мы сможем приблизиться к решению вопроса о качестве жизни пациентов в раннем послеоперационном периоде после проведения хирургических вмешательств на перегородке носа с применением последующей передней тампонады полости носа

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

9. Pustovit O.M., Nasedkin A.N., Egorov V.I., Isaev V.M., Isaev E.V., Morozov I.I. Using ultrasonic cavitation and photochromotherapy to increase nasal mucosa reparation process after septoplasty and submucous vasotomy of the inferior nasal turbinates. *Golova I Sheya Head and neck Russian Journal*. 2018;6(2):20–26 (in Russian);
10. И.В. Кастыро, В.И. Попадюк, В.И. Торшин Острый болевой синдром после септопластики. М.: РУДН. 2021; 177с.
11. Kastyro I.V., Torshin V.I., Drozdova G.A., Popadyuk V.I. Acute pain intensity in men and women after septoplasty. *Russian Open Medical Journal*. 2017. 6 (3): 1-6

12. Kastyro I.V., Inozemtsev A.N., Shmaevsky P.E., Khamidullin G.V., Torshin V.I., Kovalenko A.N., Pryanikov P.D., Guseinov I.I. The impact of trauma of the mucous membrane of the nasal septum in rats on behavioral responses and changes in the balance of the autonomic nervous system (pilot study). *J. Phys.: Conf. Ser.* 2020; 1611 (012054) doi:10.1088/1742-6596/1611/1/012054
13. Kastyro I.V., Popadyuk V.I., Muradov G.M., Reshetov I.V. Low-Intensity Laser Therapy As a Method to Reduce Stress Responses after Septoplasty. *Doklady Biochemistry and Biophysics.* 2021; 500: 300–303.
14. Popadyuk V.I., Kastyro I.V., Ermakova N.V., Torshin V.I. Septoplasty and tonsillectomy: acute stress response as a measure of effectiveness of local anesthetics. *Vestn Otorinolaringol.* 2016; 81(3): 7-11. doi: 10.17116/otorino20168137-11.
15. Karimi S., Sadeghi M., Amali A., Saedi B. Effect of Photobiomodulation on Ecchymosis after Rhinoplasty: A Randomized Single-Blind Controlled Trial. *Aesthetic Plast Surg.* 2020; 44(5): 1685-1691. doi: 10.1007/s00266-020-01760-9
16. Suchonwanit P., Chalermroj N., Khunkhet S. Low-level laser therapy for the treatment of androgenetic alopecia in Thai men and women: a 24-week, randomized, double-blind, sham device-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2018; 2018: 1–8
17. Alegre-Sánchez A., Saceda-Corralo D., Segurado-Miravalles G., de Perosanz-Lobo D., Fonda-Pascual P., Moreno-Arrones O.M., Buendía-Castaño D., Perez-García B., Boixeda P. Pulsed dye laser on ecchymoses: clinical and histological assessment. *Lasers Med Sci.* 2018; 33(3): 683–688
18. Zein R., Selting W., Hamblin M.R. Review of light parameters and photobiomodulation efficacy: dive into complexity. *J. Biomed. Opt.* 2018; 23: 120901.
19. Musstaf R.A., Jenkins D.F., Jha A.N. Assessing the impact of low level laser therapy (LLLT) on biological systems: a review. *Int J Radiat Biol.* 2019; 95(2): 120–143
20. Chung H., Dai T., Sharma S.K., Huang Y.-Y., Carroll J.D., Hamblin M.R. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann. Biomed. Eng.* 2012; 40: 516–533.
21. Arany P.R., Cho A., Hunt T.D., Sidhu G., Shin K., Hahm E., Huang G.X., Weaver J., Chen A.C.-H., Padwa B.L., Hamblin M.R., Barcellos-Hoff M.H., Kulkarni A.B., Mooney D.J. Photoactivation of endogenous latent transforming growth factor- $\beta$ 1 directs dental stem cell differentiation for regeneration. *Sci. Transl. Med.* 2014; 6: 238ra269.
22. Naik K. A Novel Way of Trans-Septal Splint Suturing Without Nasal Packing for Septoplasty. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2015; 67(1): 48–50
23. Kalmykov I.K., Torshin V.I., Ermakova N.V., Sinel'nikova A.N., Kastyro I.V. Evaluation of acute pain syndrome in patients after septoplasty and various anesthetic strategies. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal.* 2021; 3: 97–110.
24. Kamami Y.V., Pandraud L., Bougara A. Laser-assisted outpatient septoplasty: results in 703 patients. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2000; 122(3): 445-9.
25. Valsamidis K., Titelis K., Rachovitsas D., Konstantinidis I., Markou K., Triaridis S. Long-Term Evaluation of Nasal Septoplasty Followed by Inferior Turbinate Cauterization for the Treatment of Nasal Obstruction using Objective and Subjective Methods. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2018; 22(3): 284-290.
26. Dolgalev Al.Al., Svyatoslavov D.S., Pout V.A., Reshetov I.V., Kastyro I.V. Effectiveness of the Sequential Use of Plastic and Titanium Implants for Experimental Replacement of the Mandibular Defect in Animals using Preliminary Digital Design. // *Doklady Biochemistry and Biophysics.* 2021; 496: 36–39. DOI: 10.1134/S160767292101004X
27. Kastyro I.V., Reshetov I.V., Khamidulin G.V., Shmaevsky P.E., Karpukhina O.V., Inozemtsev A.N., Torshin V.I., Ermakova N.V., Popadyuk V.I. The Effect of Surgical Trauma in the Nasal Cavity on the Behavior in the Open Field and the Autonomic Nervous System of Rats *Doklady Biochemistry and Biophysics.* 2020; 492: 121–123.
28. Kazemikhoo N., Vaghardoost R., Dahmardehei M., Mokmeli S., Momeni M., Nilforoushzadeh M.A., Ansari F., Razagi M.R., Razagi Z., Amirkhani M.A., Masjedi M.R. Evaluation of the effects of low level laser therapy on the healing process after skin graft surgery in burned patients (a randomized clinical trial). *J Lasers Med Sci* 2018; 9(2): 139
29. Tchanque-Fossuo C.N., Ho D., Dahle S.E., Koo E., Li C.-S., Jagdeo R.R.I., J. A systematic review of lowlevel light therapy for treatment of diabetic foot ulcer. *Wound Repair Regen* 2016; 24(2): 418–426
30. Hersant B., SidAhmed-Mezi M., Bosc R., Meningaud J.P. Current indications of low-level laser therapy in plastic surgery: a review. *Photomed Laser Surg* 2015; 33(5): 283–297
31. Enwemeka C.S., Parker J.C., Dowdy D.S., Harkness E.E., Sanford L.E., Woodruff L.D. The efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: a meta-analysis study. *Photomed Laser Therapy* 2004; 22(4): 323–329
32. Salehpour F., Gholipour-Khalili S., Farajdokht F., Kamari F., Walski T., Hamblin M.R., DiDuro J.O., Cassano P. Therapeutic potential of intranasal photobiomodulation therapy for neurological and neuropsychiatric disorders: a narrative review. *Rev Neurosci.* 2020; 31(3): 269-286. doi: 10.1515/revneuro-2019-0063.
33. Hennessy M., Hamblin M.R. Photobiomodulation and the brain: a new paradigm. *J. Opt.* 2016; 19: 013003.

34. Liu T.C.-Y., Wu D.-F., Gu Z.-Q., Wu M. Applications of intranasal low intensity laser therapy in sports medicine. *J. Innov. Opt. Health Sci.* 2010; 3: 1–16.
35. Liu T.C.-Y., Cheng L., Su W.-J., Zhang Y.-W., Shi Y., Liu A.-H., Zhang L.-L., Qian, Z.-Y. Randomized, double-blind, and placebo-controlled clinic report of intranasal low-intensity laser therapy on vascular diseases. *Int. J. Photoenergy.* 2012; 489713: 1–5.
36. Gao X., Zhi P., Wu X. Low-energy semiconductor laser intranasal irradiation of the blood improves blood coagulation status in normal pregnancy at term. *Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao.* 2008; 28: 1400–1401.
37. Elwood P.C., Pickering J., Gallacher J.E. Cognitive function and blood rheology: results from the Caerphilly cohort of older men. *Age Ageing.* 2001; 30: 135–139.
38. Bersani I., Piersigilli F., Gazzolo D., Campi F., Savarese I., Dotta A., Tamborrino P.P., Auriti C., Di Mambro C. Heart rate variability as possible marker of brain damage in neonates with hypoxic ischemic encephalopathy: a systematic review. *European Journal of Pediatrics.* 2020; 27: 1-11.
39. Celiker M., Cicek Y., Tezi S., Ozgur A., Polat H.B., Dursun E. Effect of Septoplasty on the Heart Rate Variability in Patients With Nasal Septum Deviation. *J Craniofac Surg.* 2018;29(2):445-448.
40. Gao Z.-S., Zhang L., Qin C.-l. The relationship between hemorheological changes and the anxiety and depression symptoms in schizophrenia. *Chin. J. Hemorheol.* 2004; 1.
41. Xiao X., Guo Y., Chu X., Jia S., Zheng X., Zhou C. Effects of low power laser irradiation in nasal cavity on cerebral blood flow perfusion of patients with brain infarction. *Chin. J. Phys. Med.* 2005; 27: 418–420.
42. Caldieraro M.A., Sani G., Bui E., Cassano P. Long-term near-infrared photobiomodulation for anxious depression complicated by Takotsubo cardiomyopathy. *J. Clin. Psychopharmacol.* 2018; 38: 268–270.
43. Dou Z., Xiquan H., Zhu H. The effects of two kinds of laser irradiation on patients with brain lesion. *Chin. J. Phys. Med. Rehabil.* 2003; 2: 38–43.