

ФОТОБИОМОДУЛЯЦИЯ ОСТРОГО БОЛЕВОГО СИНДРОМА ПОСЛЕ СЕПТОПЛАСТИКИ

И.В. Кастыро¹, Ю.С. Романко², Г.М. Мурадов¹, В.И. Попадюк¹, И.К. Калмыков¹,
М.Г. Костяева¹, Ю.Ш. Гущина¹, С.Г. Драгунова¹

¹Российский Университет дружбы народов, Москва, Россия

²Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

В работе оценена эффективность фотобиомодуляционной терапии (ФБМТ) для минимизации острого болевого синдрома в раннем постоперационном периоде у пациентов после проведения септопластики. В исследование были включены две группы наблюдения в количестве 31 пациент каждая. В первой группе была проведена септопластика со стандартным ведением в послеоперационном периоде. Во второй группе к стандартным мероприятиям послеоперационного периода добавляли ФБМТ через 3, 6 и 24 ч после септопластики ($\lambda=0,890$ мкм, $P=10$ Вт, 2 мин) и далее интраназально через 48 ч после операции ($\lambda=0,630$ мкм, $P=8$ Вт, 2 мин). В обеих группах оценивали вариабельность сердечного ритма (ВСР) и болевой синдром при помощи визуально-аналоговой шкалы в течение 48 ч после септопластики. У пациентов второй группы на фоне применения ФБМТ показатели ВСР имели значимо меньшую общую мощность по сравнению с пациентами первой группы. После проведения ФБМТ ультранизкочастотный компонент спектрального анализа ВСР в первой группе составил 18580 ± 2067 мс², во второй группе – 8086 ± 3003 мс² ($p < 0,001$). Низкочастотный компонент ВСР также был значимо выше в первой группе: 1871 ± 405 мс² и 1095 ± 190 мс² соответственно ($p < 0,005$), что свидетельствует о повышении напряжения симпатического отдела вегетативной нервной системы в группе без применения ФБМТ. В первые 3 ч после септопластики интенсивность боли между группами не имела достоверных различий ($p=0,07$). В период от 6 до 24 ч после хирургического вмешательства пациенты, которым не проводилась ФБМТ, испытывали более интенсивную боль, чем пациенты второй группы ($p < 0,001$). Таким образом, в нашем исследовании группа пациентов с ФБМТ показала лучшие результаты по выраженности болевого синдрома и ВСР по сравнению с классической реабилитацией пациентов после септопластики.

Ключевые слова: септопластика, боль, фотобиомодуляция, вариабельность сердечного ритма.

Для цитирования: Кастыро И.В., Романко Ю.С., Мурадов Г.М., Попадюк В.И., Калмыков И.К., Костяева М.Г., Гущина Ю.Ш., Драгунова С.Г. Фотобиомодуляция острого болевого синдрома после септопластики // Biomedical Photonics. – 2021. – Т. 10, № 2. – С. 34–41. doi: 10.24931/2413-9432-2021-10-2-34-41

Контакты: Кастыро И.В., e-mail: ikastyro@gmail.com

PHOTOBIO-MODULATION OF ACUTE PAIN SYNDROME AFTER SEPTOPLASTY

Kastyro I.V.¹, Romanko Yu.S.², Muradov G.M.¹, Popadyuk V.I.¹, Kalmykov I.K.¹, Kostyaeva M.G.¹, Gushchina Yu.Sh.¹, Dragunova S.G.¹

¹Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

²First Sechenov Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Abstract

The paper evaluates the effectiveness of the use of therapeutic laser exposure (photobiomodulation therapy – PBMT) to minimize acute pain in the early postoperative period in patients after septoplasty. The study included two groups of patients. Patients of the first group (31 patients) underwent septoplasty with standard management in the postoperative period. Patients of the second group (31 patients) also underwent septoplasty, and then added PBMT to the standard measures of the postoperative period at 3, 6 and 24 h after septoplasty ($\lambda = 0.890$ μm , $P = 10$ W, 2 min) and then intranasally 48 h after septoplasty ($\lambda = 0.630$ μm , $P = 8$ W, 2 min). In patients of both groups, heart rate variability and pain were assessed using a visual analog scale within 48 hours after septoplasty. In patients of the second group, after the use of PBMT, the indicators of heart rate variability had a significantly lower total power, compared with patients of the first group. So, after PBMT, the ultra-low-frequency component of the spectral analysis of heart rate variability in the first group was 18580 ± 2067 ms², which is significantly higher than in the second group (8086 ± 3003 ms²) ($p < 0.001$). The low-frequency component of heart rate variability was also significantly higher in the first group (1871 ± 405 ms²) compared to the second (1095 ± 190 ms²) ($p < 0.005$), which indicates an increase in the tension of the sympathetic part of the autonomic nervous system in the group without the use of PBMT. In the first 3 hours after surgery, the severity of pain between the groups did not differ significantly ($p = 0.07$). In the period from 6 to 24 hours after surgery, patients who did not undergo PBMT experienced significantly higher pain than patients with PBMT ($p < 0.001$). Thus, in our study, the

group of patients with PBMT showed better results in pain and heart rate variability compared to the classical rehabilitation of patients after septoplasty.

Key words: septoplasty, pain, photobiomodulation, heart rate variability.

For citation: Kastyro I.V., Romanko Yu.S., Muradov G.M., Popadyuk V.I., Kalmykov I.K., Kostyaeva M.G., Gushchina Yu.Sh., Dragunova S.G. Photobiomodulation of acute pain syndrome after septoplasty. *Biomedical Photonics*, 2021, T. 10, No. 2, pp. 34–41 (in Russian). doi: 10.24931/2413–9432–2021–10–2–34–41

Contacts: Kastyro I.V., e-mail: ikastyro@gmail.com

Введение

Хирургическая коррекция искривленной перегородки носа (ИПН) – септопластика, является одной из самых распространенных операций в ринопластики. Частыми осложнениями после вмешательства 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 части перегородки носа помещают обратно между двумя листками надхрящичной. Полость носа после операции тампонируют во избежание осложнений [3].

Особое положение занимает вопрос реабилитации пациентов после септопластики, включающей качественное анестезиологическое пособие, анальгетическую терапию, применение местных лекарственных средств. Ранее нами было продемонстрировано, что септопластика сама по себе [4], а также при некачественном анестезиологическом пособии провоцирует развитие дистресс синдрома: дисбаланс вегетативной нервной системы (ВНС), выраженный болевой синдром и нарушение качества жизни в ранний послеоперационный период, что подтверждается изменениями баланса ВНС и изменениями ВСР [5].

Для уменьшения проявления побочных явлений после септопластики, таких как боль, отек тканей, воспаление, экхимоз, в последнее время все чаще применяется фотобиостимуляция [6], которая улучшает и ускоряет репарацию тканей, следовательно, и заживление хирургической раны. Эти эффекты фотобиостимуляции основаны на улучшении внутриклеточного метаболизма кальция и ускорения синтеза АТФ в митохондриях [7, 8]. Фотобиомодуляционная терапия (ФБМТ), является формой световой терапии. При ФБМТ используются источники света, такие как лазеры или светоизлучающие диоды (светодиоды) с длиной волны 0,6–1 мкм и мощностью менее 500 мВт на диод [9], чтобы вызвать фотохимическую реакцию,

приводящую к увеличению синтеза АТФ в митохондриях, передаче сигнала в биологических мембранах и клетках, синтезу ДНК, пролиферации клеток, дифференцировке и модуляции про- и противовоспалительных медиаторов, уменьшающих уровень боли и воспаление [10, 11, 12]. ФБМТ широко используется для лечения различных заболеваний: диабетические язвы, заболевания крови, костно-мышечные осложнения, ишемическая болезнь сердца, а также с целью заживления ран, снижения боли и воспаления, восстановления и регенерации тканей [13, 14].

Известно, что после септопластики ФБМТ применяется интраназально уже после удаления тампонов, либо сразу в случае наложения сплинтов [15]. При этом практически отсутствуют данные, где проведена оценка эффективности ФБМТ при воздействии во время тампонады в первые двое суток после септопластики.

Принимая во внимание вышеизложенное, настоящее исследование было проведено с целью оценки эффективности применения фотобиомодуляции (ФБМ) для минимизации острого болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде у пациентов после проведения септопластики.

Материалы и методы

Ринопластика

Септопластика под общей анестезией была проведена 62 пациентам, из них 40 мужчинам и 22 женщинам в возрасте от 18 до 44 лет. Случайным образом пациенты были распределены на 2 группы по 31 больному в каждой с равным количеством мужчин и женщин. Женщинам септопластика проводилась в периовуляторный период, так как известно, что именно в эту фазу овариально-менструального цикла минимален риск носового кровотечения после ринопластики [16]. Сразу после операции всем пациентам устанавливалась передняя тампонада носа марлевыми тампонами в перчаточной резине на двое суток. Всем пациентам септопластика проводилась с использованием местной инфильтрационной анестезии 1% раствором прокаина (250 мг) с 0,1% раство-

ром эпинефрина (10 мг) и общей анестезии, для которой использовали фентанил (30 мкг/мл), пропофол (150 мг), цисатракурия безилат (нимбекс) (6 мг), транексамовую кислоту (транексам) (1000 мг), атропин (0,5 мг) и метоклопрамид (церукал) (10 мг). С целью профилактики развития острого бактериального воспаления околоносовых пазух назначалась пероральная антибактериальная терапия азитромицином по схеме: 500 мг однократно утром в течение трех дней с первым приемом утром в день операции.

Фотобиомодуляционная терапия

Через 3 ч, 6 ч и 24 ч после септопластики пациентам второй группы проводилась лазерная терапия. Головки излучателя генерировали инфракрасное импульсное лазерное излучение с длиной волны 890 нм и установленной мощностью 10 Вт (аппарат «ЛАЗМИК-01», Россия). Головки излучателя устанавливались в проекции латерального хряща и большого хряща крыла носа с обеих сторон в течение 2 мин.

Через 48 ч после операции удаляли тампоны носа пациентам обеих групп. Во второй группе проводили интраназальную ФБМТ с насадкой в непрерывном, модулированном режиме работы в красном оптическом диапазоне, с длиной волны 630 нм и с мощностью излучения 8 мВт. Головки устанавливались в обе половины носа на 2 мин (аппарат «ЛАЗМИК-01», Россия).

Анализ вариабельности сердечного ритма и болевого синдрома

Для оценки ВСР проводили суточную запись ЭКГ по Холтеру с помощью аппаратов МТ-200 (Schiller, Swiss). Система записи ЭКГ устанавливалась пациентам за 30 мин до септопластики и снималась через 24 ч после нее. Изучались параметры ВСР в частотном диапазоне: низкие частоты (LF, мс²), ультранизкие частоты (ULF, мс²), высокие частоты (HF, мс²) и общая мощность (Total power, мс²).

Болевой синдром оценивался с помощью визуальной-аналоговой шкалы (рис.1) через 1, 3, 6, 12, 24 и 48 ч после септопластики, во второй группе – сразу 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 [5].

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 (M±SE) и проанализированы с помощью t-критерия независимых выборок после проверки нормальности с помощью теста Шапиро-Уилка. Нормально распре-



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

Fig. 1. Visual analog scale for assessing the intensity of acute pain syndrome

деленные 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

Вариабельность сердечного ритма

После проведения сеансов ФБМТ ультранизкочастотный компонент спектрального анализа ВСР был достоверно ниже во второй группе (8086 ± 3003 мс²), по сравнению с первой (18580 ± 2067 мс²) ($p < 0,001$) (рис. 2а). Низкочастотный компонент ВСР был значительно выше в первой группе (1871 ± 405 мс²), по сравнению со второй (1095 ± 190 мс²) ($p < 0,005$), что свидетельствует о повышении напряжения симпатического отдела ВНС в группе без применения ФБМТ (рис. 2б). На основании анализа высокочастотного компонента ВСР, было зафиксировано понижение активности парасимпатической нервной системы за операционные сутки в целом также во второй группе: 1157 ± 220 мс² против 1630 ± 263 мс² в первой группе ($p < 0,01$) (рис. 2в). Во второй группе общая мощность ВСР (13498 ± 3226 мс²) была достоверно ниже ($p < 0,001$), чем в первой (26808 ± 2371 мс²) (рис. 2г).

Болевой синдром

В первые 3 ч после проведения хирургического вмешательства интенсивность боли между группами не различалась ($p = 0,07$). В первой группе интенсивность боли через 6 ч увеличилась по сравнению с 3 ч после операции, но достоверного отличия не было зафиксировано ($p = 0,01$). Через 6 ч во второй группе интенсивность болевого синдрома начала снижаться по сравнению с предыдущим сроком ($p < 0,05$) (рис. 3). Далее интенсивность болевого синдрома продолжала снижаться в обеих группах, и через 48 ч после септопластики пациенты либо не ощущали боли, либо она была минимальна и не причиняла явного дискомфорта. При этом в период с 6 до 24 ч после хирургического вмешательства пациенты, которым не проводилась ФБМТ, испытывали боль достоверно выше, чем пациенты, которым ФБМТ была выполнена ($p < 0,001$) (рис. 3, табл.).

Обсуждение

Известно, что удаление тампонов целесообразно через двое суток после операции, когда происходит

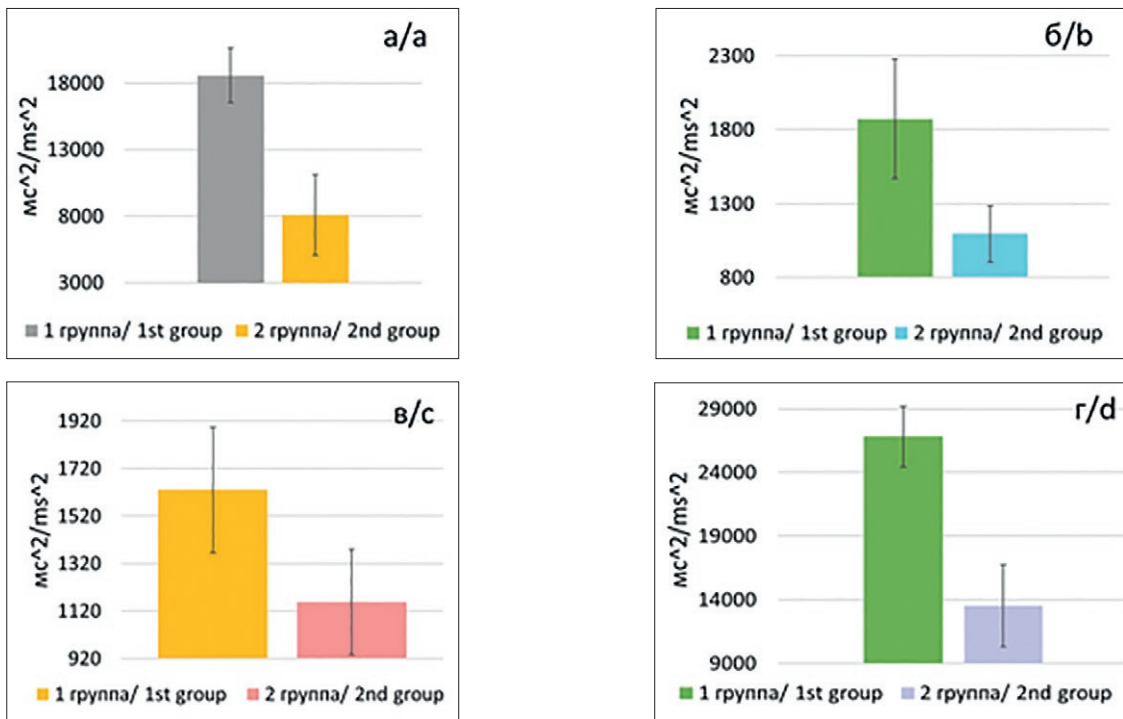


Рис. 2. Изменения показателей частотной области variability сердечного ритма с применением ФБМТ после септопластики и без нее: а – ULF, б – LF, в – HF, г – общая мощность
Fig. 2. Changes in the indicators of the frequency domain of heart rate variability with the use of PBMT after septoplasty and without it: а – ULF (ultralow-frequency), б – LF (low-frequency), в – HF (high-frequency), г – Total power

Таблица

Интенсивность острого болевого синдрома после септопластики

Table

Intensity of acute pain after septoplasty

Группа Groups	Динамика интенсивности острого болевого синдрома после операции, мм Dynamics of the intensity of acute pain syndrome after surgery, mm					
	1ч 1 h	3ч 2 h	6ч 6 h	12ч 12h	24ч 24 h	48ч 48 h
1 группа 1 st group	17,15±2,46	21,82±2,83	25±2,02	21,64±2,36	16,68±1,01	3,68±1,01
2 группа 2 nd group	14,16±2,31	18,88±2,45	16,43±2,08	12,83±2,38	10,84±1,15	3,84±1,15

спад воспалительных процессов и начинается восстановление слизистой оболочки, нормализация кровоснабжения хрящевой и костной тканей [1, 2], поэтому мы считали 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 внутриносовыми тампонами и с высокой частотой сеансов терапии в первые сутки после ринохирургических вмешательств.

Общепринятой теорией механизма биологического воздействия ФБМ является поглощение света

хромофорами [17]. 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 способствует восстановлению поврежденных тканей [6]. Недавние исследования показали, что ФБМТ эффективна при различных состояниях: от диабетической стопы до андрогенной алопеции и мукозита после химиотерапии, также при заживлении ран и воспалении [7, 8, 17, 18, 19]. ФБМТ может сыграть роль в уменьшении количества новых

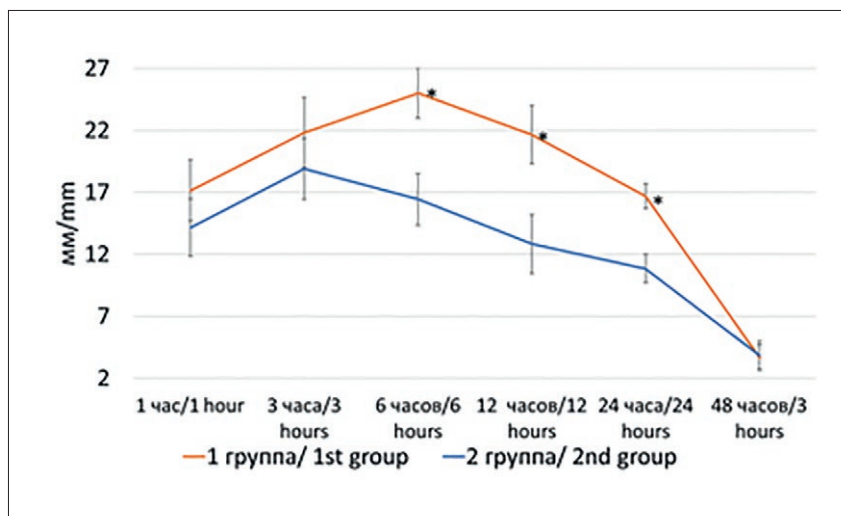


Рис. 3. Интенсивность болевого синдрома после септопластики
* – достоверные различия между группами, $p=0,001$

Fig. 3. Intensity of pain after septoplasty
* – significant differences between groups, $p=0.001$

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 [6].

Hersant et al. оценивали влияние низкоинтенсивного лазера на результаты приживаемости лоскута в пластической хирургии лица. Авторы показали, что ФБМТ способствует более высокой приживаемости лоскута, ускоряет заживление ран [20]. Enwemeka et al. обнаружили, что ФБМТ с высокой эффективностью способствует восстановлению поврежденных тканей в течение всех трех фаз и уменьшению болевого синдрома [21].

Описанные выше эффекты ФБМТ, особенно восстановление поврежденной ткани и неоваскуляризация, обеспечивают уменьшение отека и воспалительных реакций, снижение вероятности кровоизлияния [6] и, следовательно, болевого синдрома в ткани после септопластики. При интраназальном применении лазерной терапии достигаются также и системные эффекты через клетки и компоненты крови [22], что, вероятно, может способствовать и положительному нейротерапевтическому воздействию [23]. Ткани вокруг полости носа имеют обильное кровоснабжение с относительно медленным кровотоком. Было показано, что ФБМТ улучшает реологию крови [24], снижает ее вязкость [25] и улучшает статус свертывания крови [26] при различных патологических состояниях. Значимо меньшая интенсивность болевого синдрома, отмечаемая во второй группе наблюдения по сравнению с пациентами первой группы, свидетельствует об относительно низких воспалительных реакциях со стороны системы крови в поврежденной области после применения ФБМТ [27].

У пациентов на фоне применения ФБМТ показатели ВСП имели значимо меньшую общую мощность по

сравнению с пациентами, которым лазерная терапия не проводилась. Так, ультранизкочастотный компонент, который часто ассоциируют с циркадианными ритмами [28], был ниже во второй группе. Повышение мощности ULF свидетельствует о сбое циркадианных ритмов в результате хирургической травматизации на фоне воспалительных явлений в группе без применения ФБМТ. Высокочастотный (HF) компонент ВСП показывает тонус парасимпатической нервной системы в то время, как низкочастотный (LF), по мнению ряда авторов, может отражать и симпатический (преимущественно), и парасимпатический тонус [29]. 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. Увеличение тонуса парасимпатической нервной системы в условиях стресса может говорить о неадекватном ответе организма [30], что может отражать степень хирургического повреждения в челюстно–лицевой области [31]. Было показано, что после септопластики LF ВСП может резко снижаться [29]. 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 [27] и улучшением настроения [32]. Было высказано предположение, что системные эффекты ФБМТ после облучения крови также могут в конечном итоге оказывать нейропротекторное действие [23, 33, 34]. Известно, что интраназальное облучение крови имеет такие же неврологические последствия, как и внутривенная или внутрисосудистая ФБМТ [35]. Данные факты могут облегчать понимание более низкого

уровня болевого синдрома, меньших изменений в балансе ВНС в ответ на хирургическое повреждение после септопластики у пациентов с применением ФБМ в раннем послеоперационном периоде.

Заключение

В нашем исследовании группа пациентов с ФБМТ показала лучшие результаты при оценке показателей

болевого синдрома 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пустовит О. М., Наседкин А. Н., Егоров В. И., Исаев В. М., Исаев Е. В., Морозов И. И. Использование ультразвуковой кавитации и фотохромотерапии для усиления процесса репарации слизистой оболочки носа после септопластики и подслизистой вазотомии нижних носовых раковин // Голова и шея Русский журнал. – 2018. – Т. 6 №2. – С. 20–26.
2. Sommer F, Hoffmann T.K. Septoplasty – a surgical or political challenge? // *The Lancet*. – 2019. – Vol. 394. – P. 276–277.
3. Кастыро И. В., Торшин В. И., Дроздова Г. А., Попадюк В. И. Интенсивность острой боли у мужчин и женщин после септопластики // Российский открытый медицинский журнал. – 2017. – Т. 6, №3. – С. 1–6.
4. Кастыро И. В., Иноземцев А. Н., Шмаевский П. Е., Хамидуллин Г. В., Торшин В. И., Коваленко Ю. Н., Пряников П. Д., Гусейнов И. И. Влияние травмы слизистой оболочки перегородки носа у крыс на поведенческие реакции и изменения баланса вегетативной нервной системы (пилотное исследование) // *J. Phys.: Conf. Ser.* – 2020. – Том 1611. – С. 012054.
5. Попадюк В. И., Ермакова Н. В., Торшин В. И. Септопластика и тонзиллэктомия: острый стресс-ответ как мера эффективности местных анестетиков // Вестник Оториноларинголог. – 2016. – Т. 81, №3. – С. 7–11.
6. 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. – Vol. 44, №5. – P. 1685–1691.
7. 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. – Vol. 2018. – P. 1–8.
8. 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. – Vol. 33. – №3. – P. 683–688.
9. Zein R., Selting W., Hamblin M.R. Review of light parameters and photobiomodulation efficacy: dive into complexity // *J. Biomed. Opt.* – 2018. – Vol. 23. – P. 120901.
10. Costa M.S., Pinfildi C.E., Gomes H.C., Liebano R.E., Arias V.E., Santos Silveira T., Ferreira L.M. Effect of low-level laser therapy with output power of 30 mW and 60 mW in the viability of a random skin flap // *Photomed Laser Surg.* – 2010. – Vol. 28. – №1. – P. 57–61.
11. Santos F.T., Santos R.S., P.L., Weckwerth V., Dela Coleta Pizzol K.E., Pereira Queiroz T. Is low-level laser therapy effective on sensorineural recovery after bilateral sagittal split osteotomy? Randomized trial // *J Oral Maxillofac Surg.* – 2019. – Vol. 77. – №1. – P. 164–173.
12. 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. – Vol. 95. – №2. – P. 120–143.

REFERENCES

1. 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, Vol. 6(2), pp. 20–26.
2. Sommer F, Hoffmann T.K. Septoplasty—a surgical or political challenge? *The Lancet*, 2019, Vol. 394, pp. 276–277.
3. 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, Vol. 6(3), pp. 1–6.
4. 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, Vol. 1611, pp. 012054.
5. 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, Vol. 81(3), pp. 7–11.
6. 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, Vol. 44 №5, pp. 1685–1691.
7. 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, Vol. 2018, pp. 1–8.
8. 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, Vol. 33(3), pp. 683–688.
9. Zein R., Selting W., Hamblin M.R. Review of light parameters and photobiomodulation efficacy: dive into complexity. *J. Biomed. Opt.*, 2018, Vol. 23, pp. 120901.
10. Costa M.S., Pinfildi C.E., Gomes H.C., Liebano R.E., Arias V.E., Santos Silveira T., Ferreira L.M. Effect of low-level laser therapy with output power of 30 mW and 60 mW in the viability of a random skin flap. *Photomed Laser Surg*, 2010, Vol. 28(1), pp. 57–61.
11. Santos F.T., Santos R.S., P.L., Weckwerth V., Dela Coleta Pizzol K.E., Pereira Queiroz T. Is low-level laser therapy effective on sensorineural recovery after bilateral sagittal split osteotomy? Randomized trial. *J Oral Maxillofac Surg*, 2019, Vol. 77(1), pp. 164–173.
12. 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, Vol. 95(2), pp. 120–143.
13. Chung H., Dai T., Sharma S.K., Huang Y.-Y. et al. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann. Biomed. Eng.*, 2012, Vol. 40, pp. 516–533.

13. 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. – Vol. 40. – P. 516–533.
14. Arany P.R., Cho A., Hunt T.D., Sidhu G., Shin K., Hahn 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- β 1 directs dental stem cell differentiation for regeneration. // *Sci. Transl. Med.* – 2014. – Vol. 6. – P. 238ra269.
15. Naik K. A Novel Way of Trans-Septal Splint Suturing Without Nasal Packing for Septoplasty. // *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* – 2015. – 67. – №1. – P. 48–50.
16. Findikcioglu K., Findikcioglu F., Demirtas Y., Yavuzer R., Ayhan S., Atabay K. Effect of the menstrual cycle on intraoperative bleeding in rhinoplasty patients // *Eur J Plast Surg.* – 2009. – Vol. 32. – P. 77–81.
17. 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 Medi Sci.* – 2018. – Vol. 9. – №2. – P. 139.
18. 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. – Vol. 24. – №2. – P. 418–426.
19. Wang W., Jiang W., Tang C., Zhang X., Xiang J. Clinical efficacy of low-level laser therapy in plantar fasciitis: a systematic review and meta-analysis. // *Medicine.* – 2019. – Vol. 98. – №3. – P. e14088.
20. 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. – Vol. 33. – №5. – P. 283–297.
21. 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. – Vol. 22 №4. – P. 323–329.
22. 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. – Vol. 31, №3. – P. 269–286.
23. Hennessy M., Hamblin M.R. Photobiomodulation and the brain: a new paradigm // *J. Opt.* – 2016. – Vol. 19. – P. 013003.
24. 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. – Vol. 3. – P. 1–16.
25. 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. – Vol. 489713. – P. 1–5.
26. 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. – Vol. 28. – P. 1400–1401.
27. Elwood P.C., Pickering J., Gallacher J.E. Cognitive function and blood rheology: results from the Caerphilly cohort of older men // *Age Ageing.* – 2001. – Vol. 30. – P. 135–139.
28. 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. – Vol. 27. – P. 1–11.
29. 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. – Vol. 29(2), pp. 445–448.
30. Kastyro I.V., Reshetov I.V., Khamidulin G.V. et al. 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. – Vol. 492, pp. 121–123.
31. Dolgalev A.I.A.I., 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. – Vol. 496, pp. 36–39.

- Попадюк В. И. Влияние хирургической травмы полости носа на поведение в открытом поле и вегетативную нервную систему крыс // Доклады биохимии и биофизики. – 2020. – Т. 492. – С. 121–123.
31. Долгалев А.А., Святославов Д. С., Поут В. А., Решетов И. В., Кастыро И. В. Эффективность последовательного использования пластиковых и титановых имплантатов для экспериментального замещения дефекта нижней челюсти у животных с использованием предварительного цифрового дизайна // Доклад по биохимии и биофизике. – 2021. – Том 496. – С. 36–39.
32. Gao Z.-S., Zhang L., Qin C.-I. The relationship between hemorheological changes and the anxiety and depression symptoms in schizophrenia // *Chin. J. Hemorheol.* – 2004. – Vol. 1.
33. 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. – Vol. 27. – P. 418–420.
34. 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. – Vol. 38. – P. 268–270.
35. 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. – Vol. 2. – P. 38–43.
32. Gao Z.-S., Zhang L., Qin C.-I. The relationship between hemorheological changes and the anxiety and depression symptoms in schizophrenia. *Chin. J. Hemorheol*, 2004, Vol. 1.
33. 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, Vol. 27, pp. 418–420.
34. 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, Vol. 38, pp. 268–270.
35. 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, Vol. 2, pp. 38–43.