

© Team of authors, 2026 / © Коллектив авторов, 2026

3.1.3. Otorhinolaryngology, 3.1.16. Plastic surgery, 3.3.3. Pathological physiology /

3.1.3. Оториноларингология, 3.1.16. Пластическая хирургия, 3.3.3. Патологическая физиология

## Central mechanisms of regulation of the stress response in rhinoseptoplasty with surgical correction of nasal valves

A.V. Timoshenko<sup>1</sup>, Nashwan Alkhatib<sup>1</sup>, P.N. Minasyan<sup>1</sup>, V.N. Kotov<sup>2</sup>,  
P.V. Mikhalskaia<sup>1</sup>, I.V. Kastyro<sup>1</sup>, V.I. Popadyuk<sup>1</sup>, I.B. Ganshin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia<sup>2</sup>N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Contacts: Timoshenko Alexander Vladimirovich – e-mail: dr.timoshenko@gmail.com

## Центральные механизмы регуляции стрессового ответа при риносептопластике с хирургической коррекцией клапанов носа

А.В. Тимошенко<sup>1</sup>, Нашван Альхатиб<sup>1</sup>, П.Н. Минасян<sup>1</sup>, В.Н. Котов<sup>2</sup>,  
П.В. Михальская<sup>1</sup>, И.В. Кастыро<sup>1</sup>, В.И. Попадюк<sup>1</sup>, И.Б. Ганьшин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО Российский Университет дружбы народов им. П. Лумумбы, Москва, Россия<sup>2</sup>НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина МЗ РФ, Москва, Россия

Контакты: Тимошенко Александр Владимирович – e-mail: dr.timoshenko@gmail.com

## 鼻整形 鼻中隔成形术（合并鼻阀外科矫正）中应激反应调控的中枢机制

A.V. Timoshenko<sup>1</sup>, Nashwan Alkhatib<sup>1</sup>, P.N. Minasyan<sup>1</sup>, V.N. Kotov<sup>2</sup>,  
P.V. Mikhalskaia<sup>1</sup>, I.V. Kastyro<sup>1</sup>, V.I. Popadyuk<sup>1</sup>, I.B. Ganshin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>俄罗斯人民友谊大学 (RUDN University), 莫斯科, 俄罗斯<sup>2</sup>N.N. Blokhin 俄罗斯联邦卫生部肿瘤学国家医学研究中心, 莫斯科, 俄罗斯

联系人: Timoshenko Alexander Vladimirovich – e-mail: dr.timoshenko@gmail.com

Observed postoperative heart rate variability (HRV) patterns reflect known interactions between the brain and the autonomic nervous system during acute stress. A high vagosympathetic index and increased very-low-frequency (VLF) power indicate active activation of brain stress centers, while high high-frequency (HF) power and a low centralization index reflect vagal dominance and cortical inhibition of stress responses. After rhinoseptoplasty, these dynamics were modulated by analgesic efficacy: excellent pain control with lornoxicam maintained a "recovery mode"-like state of the brain and heart (parasympathetic/vagal dominance and minimal anxiety signaling), whereas other medications were associated with a "stress mode" pattern (enhanced sympathetic outflow due to brainstem and limbic system activation). Our results confirm that HRV can serve as a noninvasive indicator of a patient's neurocardiac stress state, integrating pain perception, autonomic regulation, and even brain activity. Effective analgesia during head and neck surgery not only improves patient comfort but can also maintain autonomic homeostasis and prevent excessive central nervous system activation.

**Key words:** rhinoseptoplasty, pain syndrome, analgesia, HRV

**Conflict of interest.** The authors have no conflicts of interest.

**Funding.** Absent.

**For citation:** Timoshenko A.V., Alkhatib N., Minasyan P.N., Kotov V.N., Mikhalskaia P.V., Kastyro I.V., Popadyuk V.I., Ganshin I.B. Central mechanisms of regulation of the stress response in rhinoseptoplasty with surgical correction of nasal valves. *Head and Neck. Russian Journal.* 2026;14(1):106–112

**Doi:** 10.25792/HN.2026.14.1.106-112

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material – tables, drawings, photographs of patients.

Наблюдаемые послеоперационные паттерны вариабельности сердечного ритма (BCP) отражают известные взаимодействия между мозгом и вегетативной нервной системой во время острого стресса. Высокий вагосимпатический индекс и повышение мощности очень низких частот (VLF) свидетельствуют об активном задействовании стрессовых центров головного мозга, в то время как высокая мощность высоких частот (HF) и низкий индекс централизации отражают доминирование блуждающего нерва и кортикальное торможение стрессовых реакций. После риносептопластики эта динамика модулировалась эффективностью анальгетиков: превосходный контроль боли лорноксикамом поддерживал состояние мозга и сердца, подобное

«режиму восстановления» (преобладание парасимпатической/вагусной нервной системы и минимальная тревожная сигнализация), тогда как другие препараты были связаны с паттерном «стрессового режима» (усиленный симпатический отток, обусловленный активацией ствола мозга и лимбической системы). Наши результаты подтверждают, что ВСП может служить неинвазивным индикатором нейрокардиального стрессового состояния пациента, интегрируя восприятие боли, вегетативную регуляцию и даже активность мозга. Эффективная анальгезия при хирургических вмешательствах на голове и шее не только повышает комфорт пациента, но также может сохранять вегетативный гомеостаз и предотвращать чрезмерную активацию центральной нервной системы.

**Ключевые слова:** риносептопластика, болевой синдром, анальгезия, ВСП

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Отсутствует.

**Для цитирования:** Тимошенко А.В., Альхатиб Н., Минасян П.Н., Котов В.Н., Михальская П.В., Кастыро И.В., Попадюк В.И., Ганшин И.Б. Центральные механизмы регуляции стрессового ответа при риносептопластике с хирургической коррекцией клапанов носа. *Head and neck. Голова и шея. Российский журнал.* 2026;14(1):106–112

**Doi:** 10.25792/HN.2026.14.1.106-112

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

После операции наблюдается вариабельность (HRV) в режиме, который отражает взаимодействие между мозгом и автономной нервной системой. Более высокие показатели парасимпатической активности (VLF) и более высокие показатели симпатической активности (HF) указывают на активацию симпатической системы; более высокие показатели симпатической активности (HF) и более низкие показатели парасимпатической активности (VLF) указывают на активацию парасимпатической системы. После риносептопластики с коррекцией клапанов носа, эти динамические изменения регулируются обезболиванием: при хорошем контроле боли с помощью лорноксикама, поддерживается состояние «режима восстановления» (преобладание парасимпатической активности/вагусной системы, минимальная тревожная сигнализация); при использовании других препаратов чаще наблюдается «режим стресса» (преобладание симпатической активности). Наши результаты подтверждают, что ВСП может служить неинвазивным индикатором стрессового состояния пациента, интегрируя восприятие боли, вегетативную регуляцию и даже активность мозга. Эффективная анальгезия при хирургических вмешательствах на голове и шее не только повышает комфорт пациента, но также может сохранять вегетативный гомеостаз и предотвращать чрезмерную активацию центральной нервной системы. Результаты исследования показывают, что ВСП может служить неинвазивным индикатором стрессового состояния пациента, интегрируя восприятие боли, вегетативную регуляцию и даже активность мозга. Эффективная анальгезия при хирургических вмешательствах на голове и шее не только повышает комфорт пациента, но также может сохранять вегетативный гомеостаз и предотвращать чрезмерную активацию центральной нервной системы.

**Ключевые слова:** риносептопластика, болевой синдром, анальгезия, ВСП

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Источники финансирования:** Исследование не получило внешнего финансирования.

**Ссылка на статью:** Timoshenko A.V., Alkhatib N., Minasyan P.N., Kotov V.N., Mikhalskaia P.V., Kastyro I.V., Popadyuk V.I., Ganshin I.B. Central mechanisms of regulation of the stress response in rhinoseptoplasty with surgical correction of nasal valves. *Head and Neck. Russian Journal.* 2026;14(1):106–112

**Doi:** 10.25792/HN.2026.14.1.106-112

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

## Введение

Хирургические вмешательства в области наружного носа и на перегородке носа являются важным стрессорным фактором [1]. Одним из наиболее распространенных хирургических вмешательств в ринохирургии является риносептопластика [2–5]. Хирургическая альтерация приводит к повреждению чувствительных рецепторов (дендритов) ветвей тройничного CNV и лицевого нервов CNVII [5–7]. На первом этапе повреждения возникает острый постоперационный болевой синдром [8]. Вследствие повреждения мягких тканей, хрящей и костей наружного носа и его перегородки, возникает отек и септическое воспаление. Эти факторы провоцируют вторую волну аллогенных факторов (медиаторы воспаления и отек), которые приводят к дальнейшему усугублению течения острой боли

после риносептопластики [9]. Болевой синдром приводит к немедленной активации гипоталамо-гипофизарно-адреналовой оси (выброс адреналина в плазму крови), а далее – к активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси (выброс минералокортикоидов и глюкокортикоидов) [10]. Эти факторы эволюционно предназначены для минимизации последствий воздействия стресса. Кроме этого, было экспериментально показано, что симуляция септопластики у крыс приводит к морфо-функциональным изменениям в гиппокампе [11–13]

После проведения ринохирургических вмешательств максимальный болевой синдром развивается в первые 3–6 постоперационных часов. При отсутствии должного обезболивания и реабилитации он может продлиться до 2–3 суток [14–15]. Это приводит к централизации стрессорных ответов и проявляется, к примеру, в виде централизации регуляции сердечной деятель-

ности, что хорошо отражается на изменениях вариабельности сердечного ритма [16–18].

**Целью настоящей статьи** является исследование степени централизации регуляции сердечной деятельности при проведении риносептопластики с коррекцией клапанов носа.

## Материалы и методы

**Дизайн исследования.** Всем пациентам проводилась ринопластика с одномоментной септопластикой с коррекцией внутреннего клапана носа. Первую группу составили 33 пациента (10 мужчин и 23 женщины) в возрасте от 22 до 41 года. Этим пациентам проводилась следующая периоперационная анальгезия: 1% раствор парацетамола внутривенно 1 раз в сутки в течение двух дней, а далее в виде таблетированной формы 500 мг 1 раз в день по требованию. Во второй группе 33 пациентам (11 мужчин и 22 женщины в возрасте от 20 до 44 лет) проводилась обезболивающая терапия 5% раствором кетопрофена 2 мл внутримышечно 1 раз в сутки в течение двух дней, а далее в виде таблетированной формы 100 мг 1 раз в день по требованию. В третьей группе 33 пациентам (10 мужчин и 23 женщин в возрасте от 21 до 42 лет) проводилось обезболивание при помощи 3% раствора кеторолака 1 мл внутримышечно 1 раз в сутки в течение двух дней, а далее в виде таблетированной формы 30 мг 1 раз в день по требованию. Четвертую группу составили 32 пациента, среди которых были 10 мужчин и 22 женщины. В этой группе анальгетическая терапия проводилась внутримышечным введением 8 мг лорноксикама на 2 мл физиологического раствора (0,9 % раствор хлорида натрия) 1 раз в сутки в течение двух дней, а далее в виде таблетированной формы 8 мг 1 раз в день по требованию.

Вариабельность сердечного ритма оценивали на основании анализа записей электрокардиограмм. ЭКГ проводили при помощи аппаратно-программного комплекса «Варикард» для обработки кардиоинтервалограмм и анализа вариабельности сердечного ритма. Время записи составило  $14 \pm 2,28$  мин. По результатам анализа ВРС оценивали общую мощность (мс<sup>2</sup>), а также относительную мощность VLF (%) – очень низкочастотного компонента; HF (%) – высокочастотного компонента вариабельности сердечного ритма; LF (%) – низкочастотного компонента. Кроме указанных параметров анализировались отношение очень низкочастотного компонента к высокочастотному компоненту (VLF/HF), а также индекс централизации (IC).

## Результаты

**Высокие частоты.** Высокочастотный компонент вариабельности сердечного ритма у пациентов до хирургического вмешательства был достоверно выше в 4-й группе, по сравнению с остальными ( $p < 0,009$ ,  $p < 0,0087$ ,  $p < 0,033$ , соответственно). Через 1 час после хирургического вмешательства в 4-й группе значения HF были значимо выше, чем в 1-3 группах ( $p < 0,042$ ,  $p < 0,031$ ,  $p < 0,018$ , соответственно). В 3-й группе HF был значимо ниже, по сравнению с 1-й группой ( $p < 0,042$ ). Через 3 часа достоверных различий по этому показателю между группами выявлено не было. На 6-й постоперационный час в 1-й ( $p < 0,002$ ), 2-й ( $p < 0,018$ ) и 3-й ( $p < 0,036$ ) группах высокочастотный компонент ВРС был статистически значимо ниже, чем в группе 4. Через сутки после проведения риносептопластики с коррекцией клапанов носа в 4-й группе HF ВРС был достоверно выше, по сравнению с остальными группами ( $p$  для 1, 2 и 3 групп:

$p < 0,025$ ,  $p < 0,019$ ,  $p < 0,008$ , соответственно). В 1-й группе этот показатель был достоверно выше, чем во 2-й ( $p < 0,05$ ) и в 3-й группах ( $p < 0,024$ ). На вторые сутки после операции (48 часов) HF был значимо ниже в 1-й ( $p < 0,04$ ) и 2-й группах ( $p < 0,047$ ), по сравнению с 4-й группой.

**Низкие частоты.** Согласно критерию Манна-Уитни, до проведения ринопластики с коррекцией клапанов носа низкочастотный компонент вариабельности сердечного ритма был значимо выше в 1-й ( $p < 0,05$ ) и 2-й группах ( $p < 0,045$ ), по сравнению с 4-й группой. В 3-й группе LF был значимо ниже, чем во 2-й группе ( $p < 0,033$ ). Через час после проведения операций низкочастотный компонент ВРС был достоверно выше в 1-й, 2-й и 3-й группах, по сравнению с 4-й группой ( $p < 0,034$ ,  $p < 0,02$ ,  $p < 0,004$ , соответственно). На 3-й постоперационный час LF был значимо ниже, чем в 1-й, 2-й и 4-й группах ( $p < 0,038$ ,  $p < 0,041$ ,  $p < 0,041$ , соответственно). Через 6 часов повышение средних значений этого показателя было выявлено во 2-й и 3-й группах, по сравнению с 4-й группой ( $p < 0,039$ ,  $p < 0,046$ , соответственно). Снижение LF отмечалось в 4-й группе и на первые сутки после хирургических вмешательств, по сравнению с 1-й, 2-й и 3-й группами ( $p < 0,008$ ,  $p < 0,0024$ ,  $p < 0,0039$ , соответственно). В 1-й группе мощность низких частот была значимо выше, по сравнению со 2-й группой ( $p < 0,05$ ). На вторые сутки после операции в 3-й группе LF был достоверно выше, чем в 1-й ( $p < 0,016$ ) и во 2-й группах ( $p < 0,02$ ). Средние значения LF во 2-й ( $p < 0,027$ ) и 3-й группах ( $p < 0,003$ ) были достоверно выше, чем в 4-й группе.

**Очень низкие частоты.** При межгрупповом сравнении Критерий Манна-Уитни выявил, что до хирургического вмешательства мощность очень низких частот была статистически выше в 1-й, 2-й и 3-й группах, по сравнению с 4-й группой ( $p < 0,008$ ,  $p < 0,006$ ,  $p < 0,0058$ , соответственно). В 1-й группе этот показатель был достоверно выше, чем во 2-й ( $p < 0,049$ ) и 3-й группах ( $p < 0,05$ ). В 4-й группе средние значения VLF были значимо ниже, чем во 2-й и 3-й группах ( $p < 0,032$ ,  $p < 0,037$ , соответственно). На 3-й постоперационный час в третьей группе VLF был достоверно выше, чем в 1-й ( $p < 0,043$ ) и 2-й группах ( $p < 0,033$ ). Через 6 часов очень низкочастотный компонент 4-й группы был достоверно ниже, чем в 1-й – 3-й группах ( $p < 0,005$ ,  $p < 0,0032$ ,  $p < 0,00278$ , соответственно). В 3-й группе мощность VLF была значимо выше, чем в 1-й группе ( $p < 0,05$ ). Через сутки после операции во 2-й и 3-й группах средние значения VLF были достоверно выше, чем в 4-й группе ( $p < 0,05$  и  $p < 0,048$ , соответственно). В первой группе эти значения были статистически значимо ниже, чем в 3-й группе ( $p < 0,031$ ). На второй постоперационный день в 4-й группе VLF был достоверно ниже, чем в 1-й и 3-й группах ( $p < 0,0011$  и  $p < 0,0025$ , соответственно). В 1-й группе мощность этого показателя была достоверно выше, чем во 2-й и 3-й группах ( $p < 0,003$  и  $p < 0,02$ , соответственно).

**Отношение VLF/HF.** Согласно критерию Манна-Уитни, отношение VLF/HF в дооперационном периоде в 1-й и 2-й группах было выше, чем в 3-й ( $p < 0,0007$  и  $p < 0,05$ , соответственно) и 4-й группах ( $p < 0,0015$  и  $p < 0,009$ , соответственно). Через 1 час после окончания риносептопластики с коррекцией клапанов носа в 3-й группе отношение очень низкочастотного компонента к высоким частотам было статистически выше, чем в 1-й и 2-й группах ( $p < 0,0014$  и  $p < 0,005$ , соответственно) и в 4-й группе ( $p < 0,007$ ). В 1-й группе этот показатель был достоверно выше, чем во 2-й группе ( $p < 0,05$ ). На 3-й постоперационный час VLF/HF было также достоверно выше в 3-й группе, чем в 1-й, 2-й и 4-й группах ( $p < 0,041$ ,  $p < 0,047$  и  $p < 0,021$ , соответственно). Через 6 часов данный показатель был значимо больше в 3-й группе, чем

в 1-й, 2-й и 4-й группах ( $p < 0,0061$ ,  $p < 0,043$  и  $p < 0,048$ , соответственно). Во второй группе он был также достоверно выше, чем в 1-й и 4-й группах ( $p < 0,048$  и  $p < 0,05$ , соответственно).

Через сутки после операции в первой группе отношение VLF/HF было значительно ниже, чем во 2-й и 3-й группах ( $p < 0,031$  и  $p < 0,012$ , соответственно), а в 4-й группе – ниже, чем во 2-й и 3-й группах ( $p < 0,05$  и  $p < 0,0051$ , соответственно). В 3-й группе VLF/HF было достоверно выше, чем во 2-й группе ( $p < 0,033$ ). Через 48 часов после окончания риносептопластики данный параметр был достоверно выше, чем в 4-й группе, по сравнению с 1-й и 2-й группами ( $p < 0,027$  и  $p < 0,0083$ , соответственно), и ниже в 1-й и 2-й группах, по сравнению с 3-й группой ( $p < 0,047$  и  $p < 0,032$ , соответственно). Группы 3 и 4 между собой не различались.

**Индекс централизации.** До хирургического вмешательства индекс централизации, согласно критерию Краске-Уоллиса был достоверно ниже в 4-й группе, по сравнению с 1-й, 2-й и 3-й группами ( $p < 0,0006$ ,  $p < 0,003$ ,  $p < 0,05$ , соответственно). В 3-й группе он был также ниже, по сравнению с 1-й и 2-й группами ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,004$ , соответственно). В первой группе IC был значительно выше, чем во 2-й группе ( $p < 0,043$ ). Согласно критерию Манна-Уитни, через 1 час после окончания риносептопластики с коррекцией клапанов носа в 4-й группе IC был значительно ниже, чем в 1-, 2-й и 3-й группах ( $p < 0,009$ ,  $p < 0,023$ ,  $p < 0,049$ , соответственно). На 3-й постоперационный час этот показатель был также ниже в 4-й группе, по сравнению с остальными ( $p < 0,0085$ ,  $p < 0,006$ ,  $p < 0,034$ , соответственно). Через 6 часов после хирургического вмешательства IC был значительно выше в 1-, 2-й и 3-й группах, по сравнению с 4-й ( $p < 0,0003$ ,  $p < 0,003$ ,  $p < 0,034$ , соответственно). Во второй группе IC был достоверно ниже, чем в первой ( $p < 0,044$ ). Через сутки после операции в 4-й группе IC был статистически значимо ниже, чем в 1-й–3-й группах ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,04$ ,  $p < 0,039$ , соответственно). На 48-й час постоперационного периода в 1-й группе индекс централизации был значительно выше, чем во 2-й и 4-й группах ( $p < 0,016$ ,  $p < 0,002$ , соответственно).

## Обсуждение

Вариабельность сердечного ритма – это не только показатель периферической вегетативной активности, он также позволяет оценить функцию мозга во время стресса и боли. Колебания HF, LF и VLF составляющих модулируются центральной вегетативной сетью – совокупностью областей мозга, регулирующих сердечно-сосудистую вегетативную активность. Ключевыми участниками этой сети являются гипоталамус, ядра ствола мозга (например, дорсальное ядро блуждающего нерва, ядро одиночного тракта), лимбические структуры (миндалевидное тело), островковая кора и передняя поясная кора (ППК) [19–28]. Во время острой послеоперационной боли (например, после риносептопластики) болевые стимулы активируют болевые пути и стрессовые цепи в мозге, что, в свою очередь, изменяет ВСР. Например, сильная боль или тревога могут гиперактивировать миндалевидное тело и гипоталамус, воздействуя на симпатические нервы через вазомоторные центры продолговатого мозга и высвобождая гормоны стресса через гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую ось. Эта центральная активация проявляется в виде повышения частоты сердечных сокращений и увеличения мощности LF и VLF при подавлении HF – именно тот паттерн, который мы наблюдали у пациентов с более сильной болью (группы 1–3). Нейровизуализационные исследования показа-

ли, что снижение вариабельности сердечного ритма связано с усиленной активацией стресс-чувствительных областей мозга. В частности, данные функциональной МРТ указывают на то, что при высокой симпатической активности и низком вагальном тоне наблюдается повышенная активация в передней поясной коре (ППК), островковой коре и околоводопроводном сером веществе – областях, участвующих в обработке боли и автономном контроле [23, 24]. Эти области являются частью центральной автономной сети, которая оценивает угрозы и координирует физиологическую реакцию на стресс. ППК, например, помогает интегрировать болевые сигналы и может усиливать частоту сердечных сокращений и артериальное давление через симпатические пути, когда необходима сильная реакция «бей или беги» [19, 21, 23, 29–31]. Островковая кора (особенно передняя часть островка) является центром interoцепции и имеет связи как с симпатическими, так и с парасимпатическими центрами; более высокая активация островка коррелирует с повышенной симпатической активностью и более низкой вариабельностью сердечного ритма во время стресса [21, 24, 26, 28]. По сути, центры тревоги мозга запечатлевают свою активность в ритме сердца – острая боль запускает вегетативные рефлексивные стволы мозга и кортикальную модуляцию, которую мы обнаруживаем как сдвиг в сторону симпатической доминантности вариабельности сердечного ритма (HF, LF, VLF).

Напротив, поддержание высокого вагального тонуса в послеоперационном периоде – как это наблюдалось в группе, получавшей лорноксикам – подразумевает преобладание областей мозга, способствующих парасимпатической активности. Важным аспектом центральной вегетативной сети является вентральная медиальная префронтальная кора и связанные с ней корковые области, которые оказывают ингибирующее «вагальное торможение» на частоту сердечных сокращений, активируя парасимпатические нейроны ствола мозга [20, 23, 31]. Высокая мощность HF у наших пациентов, получавших лорноксикам, предполагает эффективное задействование таких нисходящих успокаивающих путей. Это можно интерпретировать как то, что мозг воспринимает меньшую угрозу/боль, тем самым позволяя вагальной активности (сигналы покоя и пищеварения от дорсального вагального комплекса) оставаться сильной. Исследования подтверждают эту интерпретацию: в условиях расслабления и эффективной анальгезии вариабельность сердечного ритма остается повышенной (особенно HF), и мозг демонстрирует активацию в областях, связанных с безопасностью и регуляцией эмоций, включая префронтальную кору [25, 28]. Наши данные об увеличении HF и снижении LF/HF при применении лорноксикама, вероятно, отражают отсутствие чрезмерных сигналов тревоги в центральной нервной системе; обезболивание предотвращает устойчивую активность ноцицептивных путей вплоть до АСС/миндалевидного тела, таким образом, парасимпатический тонус доминирует в раннем периоде восстановления. Это состояние полезно не только для комфорта, но и для заживления – более высокая активность блуждающего нерва связана со снижением воспаления и лучшим послеоперационным восстановлением, отчасти благодаря противовоспалительному рефлексу блуждающего нерва [32–39]. В контексте мозговой активности более высокая вагальная активность соответствует меньшему стрессовому воздействию гипоталамо-гипофизарной системы и большей активации нейронных цепей, способствующих гомеостазу (например, активация ядра *ambiguus*, замедляющая сердцебиение, барорецепторные рефлексивные, поддерживающие стабильность).

Острый послеоперационный стресс включает в себя сложное взаимодействие между болевым синдромом головного мозга и вегетативными центрами. Исследования с использованием методов визуализации и нейрофизиологии показывают, что компонент очень низкой частоты (VLF) вариабельности сердечного ритма может быть связан с центральными медленными ритмами нейроэндокринной активности. Колебания VLF (циклы длительностью более 25 секунд) могут модулироваться колебаниями активности вазомоторных центров или циклическим высвобождением гормонов/нейропептидов под контролем гипоталамуса [40]. Примером может служить циркадный ритм кортизола или терморегуляторные циклы, которые работают в более медленных временных масштабах и могут отражаться на ВСР в виде волн VLF. Во время острого болевого стресса активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси (всплески кортикотропина и кортизола), вероятно, способствует повышению мощности VLF, которое мы наблюдали в группах 1–3 [10]. Таким образом, вызванная болью стимуляция гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси головного мозга оказывает измеримое воздействие на сердце – устойчивое снижение восстановления ВСР до тех пор, пока не ослабнет всплеск гормонов стресса. В нашей группе, получавшей лорноксикам, уменьшение боли привело к снижению восприятия стресса мозгом; следовательно, активация ГН была ослаблена, и VLF не повышалась аномально. Эта связь подтверждается исследованием септопластики у крыс, где время нормализации вариабельности сердечного ритма совпало со снижением уровня кортикостерона в течение нескольких дней [10]. Таким образом, изменения VLF после риносептопластики можно рассматривать как суррогат центральной (гипоталамусной) активности в ответ на боль.

Также стоит отметить, что само восприятие боли является процессом в головном мозге, тесно связанным с вегетативной нервной системой. Голубое ядро (в стволе головного мозга) и другие ядра могут генерировать симпатическую активность в ответ на болевые сигналы, что приводит к тахикардии и повышению артериального давления. Именно поэтому неадекватная анальгезия клинически часто проявляется учащением сердцебиения и повышением артериального давления у пациента, выходящего из наркоза. Исследования показали, что показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР) могут даже предсказывать или отражать интенсивность боли: например, Jeanpe et al. наблюдали, что снижение мощности высокочастотного сигнала у анестезированных пациентов указывало на недостаточную анальгезию, а другие показали, что индексы, основанные на ВСР (например, индекс анальгезии/ноцицепции), коррелируют с сообщаемым уровнем боли [41–43]. Интеграция болевых сигналов в головном мозге, вероятно, опосредует эти эффекты – сильная боль задействует околосредовое серое вещество (ОСВ) и парабрахияльные ядра, чтобы запустить защитные симпатические реакции (видимые как изменения ВСР). Действительно, снижение вариабельности сердечного ритма коррелирует с активацией ОСВ во время стресса [22, 26], что подчеркивает, что эта область среднего мозга (имеющая решающее значение для модуляции боли и реакции «бей или беги») может подавлять вагальную активность, когда необходима сильная защитная реакция. У пациентов с сильной болью и стрессом (группы 1–3) можно предположить, что их миндалевидное тело и передняя поясная кора были очень активны, вызывая симпатический всплеск, который приводил к повышению LF и VLF и снижению HF. Напротив, при хорошо

контролируемой боли (группа 4) эти цепи были бы гораздо менее активны, что позволяло бы кортикальным тормозящим воздействиям (например, со стороны префронтальной коры) поддерживать вегетативный баланс.

## Выводы

Наблюдаемые нами послеоперационные паттерны вариабельности сердечного ритма отражают известные взаимодействия между мозгом и вегетативной нервной системой во время острого стресса. Высокие соотношения LF/HF и повышение VLF свидетельствуют об активном задействовании стрессовых центров головного мозга (активация симпатической нервной системы и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси), в то время как высокая мощность ВЧ и низкий индекс централизации отражают доминирование блуждающего нерва и кортикальное торможение стрессовых реакций. После риносептопластики эта динамика явно модулировалась эффективностью анальгетиков: превосходный контроль боли лорноксикамом поддерживал состояние мозга и сердца, подобное «режиму восстановления» (преобладание парасимпатической/вагусной нервной системы и минимальная тревожная сигнализация), тогда как другие препараты были связаны с паттерном «стрессового режима» (усиленный симпатический отток, обусловленный активацией ствола мозга и лимбической системы). Наши результаты подтверждают, что ВСР может служить неинвазивным индикатором нейрокардиального стрессового состояния пациента, интегрируя восприятие боли, вегетативную регуляцию и даже активность головного мозга. Эффективная анальгезия при хирургических вмешательствах на голове и шее не только повышает комфорт пациента, но также может сохранять вегетативный гомеостаз и предотвращать чрезмерную активацию центрального стресса, о чем свидетельствует более благоприятный профиль вариабельности сердечного ритма. Это взаимодействие разума и сердца подчеркивает важность адекватного обезболивания: подавляя сигналы острой боли, мы, вероятно, смягчаем всю центральную стрессовую реакцию, что, в свою очередь, отражается в более сбалансированных показателях ВСР и, в конечном итоге, в лучшем послеоперационном восстановлении пациента [22, 24, 26, 28].

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Eckert D.J., Malhotra A. Pathophysiology of adult obstructive sleep apnea. *Proc Am Thorac Soc.* 2008; 5: 144–153.
2. 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.
3. Kalmykov I.K., Popadyuk V.I., Ermakova N.V., Kleyman V.K., Shalakov K.P. Influence of the choice of anesthetic aid on changes in the frequency range of heart rate variability during septoplasty in the early postoperative period. *Russian Rhinology.* 2022; 30 (3): 169–177.
4. Taghialatela Scafati S., Rasulo M., Göksel A. Low Strip Unifying Hybrid Rhinoseptoplasty: A Novel Classification in Dorsal Preservation Surgery. *Plast Reconstr Surg.* 2024; 154(5): 967–976.
5. Kalmykov I., Efimenkov I., Kuznetsov N., Amirkhanyan S. The structure of arrhythmias in patients after septoplasty. *Journal of Clinical Physiology and Pathology (JISCPP)* 2022; 1 (1): 13–15.
6. Iwanaga J., Watanabe K., Oskouian R.J., Tubbs R.S. Distribution of the internal nasal branch of the infraorbital nerve to the nasal septum: Application to rhinoplasty. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2018; 71(5): 665–669.

7. Kastyro I.V., Reshetov I.V., Khamidulin G.V. 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.
8. 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.
9. Kotov V.N., Kastyro I.V., Ganshin I.B., Popadyuk V.I. The Role of Photobiomodulation Therapy in Reducing Stress-Induced Changes in the Hippocampus of Rats during Septoplasty Modeling. *Doklady Biochemistry and Biophysics*. 2025; 521(1): 187-191.
10. Kastyro I.V., Popadyuk V.I., Reshetov I.V., Kostyaeva M.G. Changes in the Time-Domain of Heart Rate Variability and Corticosterone after Surgical Trauma to the Nasal Septum in Rats. *Doklady Biochemistry and Biophysics*. 2021; 499: 247–250.
11. Torshin V.I., Kastyro I.V., Reshetov I.V., Kostyaeva M.G., Popadyuk V.I. The Relationship between P53-Positive Neurons and Dark Neurons in the Hippocampus of Rats after Surgical Interventions on the Nasal Septum. *Doklady Biochemistry and Biophysics*. 2022; 502: 30–35.
12. Kostyaeva M.G., Kastyro I.V., Yunusov T.Yu., Kolomin T.A. Protein p53 Expression and Dark Neurons in Rat Hippocampus after Experimental Septoplasty Simulation. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2022; 37(1): 19–24.
13. Kastyro I.V., Mikhalskaia P.V., Khamidulin G.V., Kostyaeva M.G. Expression of the P53 Protein and Morphological Changes in Neurons in the Pyramidal Layer of the Hippocampus After Simulation of Surgical Interventions in the Nasal Cavity in Rats. *Cell Physiol Biochem*. 2023; 57(1): 23-33.
14. Lavrenteva E.A., Khlystalov M.V., Moroz S.E., Hodorovich O.S., Korolev A.G., Ibadullaeva S.S., Kastyro I.V., Kartasheva A.F., Ganshin I.B., Barannik M.I., Sarygin P.V., Inozemtsev A.N. Histological Comparison of Lipofilling and Hyaluronic Acid Filler Injection 30 Days after Simulation in Rats. *Dokl Biol Sci*. 2025; 520(1): 44-48.
15. Kalmykov I., Kastyro I., Popadyuk V., Mikhalskaia P., Cymbal A., Mironov N., Dubova V., Shishkova D., Gordeev D. General anesthesia methods and their influence on HRV and pain syndrome after rhinosurgery. *Journal of Clinical Physiology and Pathology (JISCPP)* 2022; 1(1): 28-34.
16. Dragunova S.G., Reshetov I.V., Kosyeva T.F., Severin A.E., Khamidulin G.V. Comparison of the Effects of Septoplasty and Sinus Lifting Simulation in Rats on Changes in Heart Rate Variability. *Doklady Biochemistry and Biophysics*. 2021; 498: 165–169.
17. Kastyro I.V., Reshetov I.V., Khamidulin G.V., Shilin S.S., Torshin V.I., Kostyaeva M.G., Popadyuk V.I., Yunusov T.Y., Shmaevsky P.E., Shalamov K.P., Kupryakova A.D., Doroginskaya E.S., Sedelnikova A.D. Influence of Surgical Trauma in the Nasal Cavity on the Expression of p53 Protein in the Hippocampus of Rats. *Doklady Biochemistry and Biophysics*. 2021; 497: 99–103.
18. 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.
19. Critchley H.D., Mathias C.J., Josephs O., O'Doherty J. Human cingulate cortex and autonomic control: converging neuroimaging and clinical evidence. *Brain*. 2003; 126(Pt 10): 2139-52
20. Gianaros P.J., Derbyshire S.W., May J.C. Anterior cingulate activity correlates with blood pressure during stress. *Psychophysiology*. 2005; 42(6): 627-35.
21. Ziegler G., Dahnke R., Yeragani V.K., Bär K.J. The relation of ventromedial prefrontal cortex activity and heart rate fluctuations at rest. *Eur J Neurosci*. 2009; 30(11): 2205-10.
22. Lin I.M., Tai L.Y., Fan S.Y. Breathing at a rate of 5.5 breaths per minute with equal inhalation-to-exhalation ratio increases heart rate variability. *Int J Psychophysiol*. 2014; 91(3): 206-11.
23. Critchley H.D., Nicotra A., Chiesa P.A., Nagai Y., Gray M.A., Minati L., Bernardi L. Slow breathing and hypoxic challenge: cardiorespiratory consequences and their central neural substrates. *PLoS One*. 2015; 10(5): e0127082.
24. Hassanpour M.S., Simmons W.K., Feinstein J.S., Luo Q. The Insular Cortex Dynamically Maps Changes in Cardiorespiratory Interoception. *Neuropsychopharmacology*. 2018; 43(2): 426-434.
25. Mather M., Thayer J. How heart rate variability affects emotion regulation brain networks. *Curr Opin Behav Sci*. 2018; 19: 98-104.
26. Sklerov M., Dayan E., Browner N. Functional neuroimaging of the central autonomic network: recent developments and clinical implications. *Clin Auton Res*. 2019; 29(6): 555-566.
27. Chand T., Li M., Jamalabadi H., Wagner G., Lord A. Heart Rate Variability as an Index of Differential Brain Dynamics at Rest and After Acute Stress Induction. *Front Neurosci*. 2020; 14: 645.
28. Huber A., Koenig J., Bruns B., Bendszus M., Friederich H.C., Simon J.J. Brain activation and heart rate variability as markers of autonomic function under stress. *Sci Rep*. 2025; 15(1): 28114.
29. Benarroch E.E. The central autonomic network: functional organization, dysfunction, and perspective. *Mayo Clin Proc*. 1993; 68(10): 988-1001.
30. Duggento A. Globally conditioned Granger causality in brain–brain and brain–heart interactions: A combined heart rate variability/ultra-high-field (7 T) functional magnetic resonance imaging study. *Philos. Trans. Roy. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci*. 2016; 374: 20150185.
31. Mulcahy J.S., Larsson D.E.O., Garfinkel S.N., Critchley H.D. Heart rate variability as a biomarker in health and affective disorders: A perspective on neuroimaging studies. *Neuroimage*. 2019; 202:116072.
32. Steptoe A., Kivimäki M. Stress and cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*. 2012; 9(6):360-70.
33. Chang C., Metzger C.D., Glover G.H., Duyn J.H., Heinze H.J., Walter M. Association between heart rate variability and fluctuations in resting-state functional connectivity. *Neuroimage*. 2013; 68 :93-104.
34. Faes L., Marinazzo D., Jurysta F., Nollo G. Linear and non-linear brain-heart and brain-brain interactions during sleep. *Physiol Meas*. 2015; 36(4): 683-98.
35. Keuken M.C., Forstmann B.U. A probabilistic atlas of the basal ganglia using 7 T MRI. *Data Brief*. 2015; 4: 577-82.
36. Seldenrijk A., Vogelzangs N., Batelaan N.M., Wieman I., van Schaik D.J., Penninx B.J. Depression, anxiety and 6-year risk of cardiovascular disease. *J Psychosom Res*. 2015; 78(2): 123-9.
37. Kim H.G., Cheon E.J., Bai D.S., Lee Y.H., Koo B.H. Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry Investig*. 2018; 15(3): 235-245.
38. Karlsen H.R., Matejschek F., Saksvik-Lehoullier I., Langvik E. Anxiety as a risk factor for cardiovascular disease independent of depression: A narrative review of current status and conflicting findings. *Health Psychol Open*. 2021; 8(1): 2055102920987462.
39. Candia-Rivera D. Brain-heart interactions in the neurobiology of consciousness. *Curr Res Neurobiol*. 2022; 3: 10005.
40. Usu, H., Nishida Y. The Very Low-Frequency Band of Heart Rate Variability Represents the Slow Recovery Component After a Mental Stress Task. *PLoS One*. 2017; 12(8): e0182611.
41. Koenig J., Jarczok M.N., Ellis R.J., Hillecke T.K., Thayer J.F. Heart rate variability and experimentally induced pain in healthy adults: a systematic review. *Eur J Pain*. 2014; 18(3): 301-14.
42. Boselli E., Bouvet L., Bégou G., Dabouz R. Prediction of immediate postoperative pain using the analgesia/nociception index: a prospective observational study. *Br J Anaesth*. 2014; 112(4): 715-21.

43. *Papaioannou V., Chouvarda I., Gaertner E., Benyamina M. Heart rate variability and cardiac baroreflex inhibition-derived index predicts pain perception in burn patients. Burns. 2016; 42(7): 1445-1454.*

Поступила 05.12.2025

Получены положительные рецензии 20.01.26

Принята в печать 28.01.26

Received 05.12.2025

Positive reviews received 20.01.26

Accepted 28.01.26

*Вклад авторов: А.В. Тимошенко, Нашван Альхатиб, П.Н. Минасян, В.Н. Котов, П.В. Михальская — написание статьи. А.В. Тимошенко, Нашван Альхатиб, В.Н. Котов — набор пациентов, статистическая обработка данных. И.В. Кастыро, В.И. Попадюк, И.Б. Ганьшин — разработка идеи и дизайна исследования, корректура текста статьи.*

*Authors' contribution: A.V. Timoshenko, Nashwan Alkhatib, P.N. Minasyan, V.N. Kotov, P.V. Mikhalskaia — writing the article. A.V. Timoshenko, Nashwan Alkhatib, V.N. Kotov — patient recruitment, statistical data processing. I.V. Kastyro, V.I. Popadyuk, I.B. Ganshin — development of the idea and design of the study, proofreading the article.*

### Информация об авторах:

*Тимошенко Александр Владимирович — аспирант кафедры пластической хирургии факультета непрерывного медицинского образования Российского университета Дружбы Народов им. П. Лумумбы». Адрес: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. <https://orcid.org/0009-0002-2281-2889>. e-mail: [dr.timoshenko@gmail.com](mailto:dr.timoshenko@gmail.com)*

*Нашван Альхатиб — аспирант кафедры пластической хирургии факультета непрерывного медицинского образования Российского университета Дружбы Народов им. П. Лумумбы. Адрес: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. <https://orcid.org/0009-0004-6412-6750>. e-mail: [nashvan.alkh@gmail.com](mailto:nashvan.alkh@gmail.com)*

*Минасян Паруйр Наиревич — аспирант кафедры пластической хирургии факультета непрерывного медицинского образования Российского университета Дружбы Народов им. П. Лумумбы». Адрес: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. <https://orcid.org/0000-0002-8244-9877>. e-mail: [tinapar@yandex.ru](mailto:tinapar@yandex.ru)*

*Котов Владислав Николаевич — врач хирург НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина МЗ РФ. Адрес: 115522, Москва, Каширское шоссе, д. 24. <https://orcid.org/0000-0001-8416-8238>. e-mail: [fnkc.vladislav@gmail.com](mailto:fnkc.vladislav@gmail.com)*

*Михальская Полина Васильевна — ассистент кафедры оториноларингологии, Российский Университет дружбы народов им. П. Лумумбы. Адрес: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6;*

*Кастыро Игорь Владимирович — д.м.н., профессор кафедры пластической хирургии, профессор кафедры клинической физиологии и некарственных*

*методов терапии, Российский Университет дружбы народов им. П. Лумумбы. Адрес: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. e-mail: [ikastyro@gmail.com](mailto:ikastyro@gmail.com); SPIN: 5694-3710; ORCID: 0000-0001-6134-3080*

*Попадюк Валентин Иванович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой оториноларингологии, Российский Университет дружбы народов им. П. Лумумбы. Адрес: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. SPIN: 6284-8040; ORCID ID: 0000-0003-3309-4683*

*Ганьшин Игорь Борисович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой пластической хирургии, Российский Университет дружбы народов им. П. Лумумбы. Адрес: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. SPIN: 2765-7044; ORCID ID: 0000-0001-5766-9416*

### Information about the authors:

*Alexander V. Timoshenko — post-graduate student, the Department of Plastic Surgery, the Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). Address: 6, Mikloukho-Maklay st., Moscow, 117198, Russia. <https://orcid.org/0009-0002-2281-2889> e-mail: [dr.timoshenko@gmail.com](mailto:dr.timoshenko@gmail.com)*

*Alkhatib Nashwan — post-graduate student, the Department of Plastic Surgery, the Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). Address: 6, Mikloukho-Maklay st., Moscow, 117198, Russia. <https://orcid.org/0009-0004-6412-6750> e-mail: [nashvan.alkh@gmail.com](mailto:nashvan.alkh@gmail.com)*

*Paruyr N. Minasyan — post-graduate student, the Department of Plastic Surgery, the Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). Address: 6, Mikloukho-Maklay st., Moscow, 117198, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-8244-9877> e-mail: [minapar@yandex.ru](mailto:minapar@yandex.ru)*

*Vladislav N. Kotov — Surgeon, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 24 Kashirskoye Shosse, Moscow, 115522, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-8416-8238> e-mail: [fnkc.vladislav@gmail.com](mailto:fnkc.vladislav@gmail.com)*

*Polina V. Mikhalskaia — Assistant of the Department of Otorhinolaryngology, RUDN University, Address: 6, Mikloukho-Maklay st., Moscow, 117198 Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8845-0529>, e-mail: [polinamikhalskaia@gmail.com](mailto:polinamikhalskaia@gmail.com)*

*Igor V. Kastyro — DCs, Professor, Department of Plastic Surgery, Faculty of New Medical Research, Professor, Department of Clinical Physiology and Non-drug Therapy, RUDN University. Address: 6, Mikloukho-Maklay st., Moscow, 117198, Russia. e-mail: [ikastyro@gmail.com](mailto:ikastyro@gmail.com); SPIN: 5694-3710; ORCID: 0000-0001-6134-3080*

*Valentin I. Popadyuk — DCs, Professor, Head of the Otolaryngology Department, RUDN University. Address: 6, Mikloukho-Maklay st., Moscow, 117198, Russia. SPIN: 6284-8040; ORCID ID: 0000-0003-3309-4683*

*Igor B. Ganshin — DCs, PhD, Professor, Head of the Department of Plastic Surgery, Peoples' Friendship University of Russia named after P. Lumumba. Address: 6, Mikloukho-Maklay st., Moscow, 117198, Russia. SPIN: 2765-7044; ORCID ID: 0000-0001-5766-9416*