

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА ПРОЦЕДУР ФИЗИО- И ПЕЛОИДОТЕРАПИИ НА ШЕЙНО-ВОРОТНИКОВУЮ ЗОНУ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ ИНТЕНСИВНЫХ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК В СРЕДНЕГОРЬЕ

*Ю.В. Корягина, koru@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5468-0636>*

*С.М. Абуталимова, sabina190989@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1722-0774>*

*Г.Н. Тер-Акопов, sk@fmbamail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7432-8987>*

*Ю.В. Кушнарева, juli\_83-83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7343-4622>*

*Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр*

*Федерального медико-биологического агентства России, Ессентуки, Россия*

**Аннотация. Цель.** Разработать и научно обосновать методику применения комплекса процедур физио- и пелоидотерапии на шейно-воротниковую зону для восстановления функционального состояния спортсменов после интенсивных тренировочных нагрузок в среднегорье. **Материалы и методы.** В клинических исследованиях по апробации разработанной методики приняло участие 30 спортсменок. Комплекс методов воздействия включал комбинированную электротерапию и пелоидотерапию с использованием лечебной грязи Тамбуканского озера. У спортсменов до и после применения разработанной методики были исследованы исходный уровень и динамика функционального состояния верхних конечностей по данным ЭНМГ и реографии, а также реоэнцефалография. **Результаты.** Однократное и курсовое применение комплекса способствовало значительному расслабляющему эффекту на верхние конечности, снижению в них нервно-мышечной активности и нормализации чрезмерно повышенного кровотока, улучшению венозного оттока. **Заключение.** Данная методика рекомендуется к применению при следующих показаниях: большие по объему и интенсивности физические нагрузки, мышечный спазм волокон трапециевидных мышц и мышц ротаторной манжеты плеча, необходимость релаксации в переходный период тренировочного процесса.

**Ключевые слова:** спортсмены, восстановление, опорно-двигательный аппарат, верхние конечности, гемодинамика, электронейромиография

**Для цитирования:** Применение комплекса процедур физио- и пелоидотерапии на шейно-воротниковую зону для восстановления функционального состояния спортсменов после интенсивных тренировочных нагрузок в среднегорье / Ю.В. Корягина, С.М. Абуталимова, Г.Н. Тер-Акопов, Ю.В. Кушнарева // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № S1. С. 42–47. DOI: 10.14529/hsm24s106

Original article

DOI: 10.14529/hsm24s106

## PHYSIO- AND MUD THERAPY PROCEDURES FOR THE NECK-COLLAR AREA TO RESTORE THE FUNCTIONAL STATE OF ATHLETES AFTER INTENSE TRAINING IN THE MIDDLE ALTITUDE

**Yu.V. Koryagina**, [koru@yandex.ru](mailto:koru@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5468-0636>

**S.M. Abutalimova**, [sabina190989@yandex.ru](mailto:sabina190989@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1722-0774>

**G.N. Ter-Akopov**, [sk@fmbamail.ru](mailto:sk@fmbamail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7432-8987>

**Yu.V. Kushnareva**, [juli\\_83-83@mail.ru](mailto:juli_83-83@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7343-4622>

North-Caucasus Federal Research and Clinical Center of Federal Medical Biological Agency,  
Essentuki, Russia

**Abstract. Aim.** The primary objective of this study was to develop and validate a therapeutic approach that integrates physiotherapy and mud therapy techniques targeting the neck-collar area, aiming to restore functional capabilities in athletes following intense activities at middle altitudes. **Materials and methods.** The clinical investigation encompassed 30 female athletes who underwent a combined electrotherapy and mud therapy protocol utilizing therapeutic mud sourced from Tambukan Lake. The functional state of the upper limbs was assessed through electromyography (ENMG), rheography, and rheological data before and after the therapy. **Results.** The application of the proposed method demonstrated a notable relaxation effect on the upper limbs, accompanied by a reduction in neuromuscular activity, normalization of blood flow, and enhancement of venous outflow. Both single and course applications of the therapy were found to be effective in achieving these outcomes. **Conclusion.** The developed method is recommended for athletes engaged in high-intensity physical activities who experience muscular spasms in the trapezius muscle fibers and shoulder rotator cuff muscles, as well as during the transition periods of the training process. This therapeutic approach represents a promising intervention for restoring functional capabilities and enhancing recovery in athletes at middle altitudes.

**Keywords:** athletes, recovery, musculoskeletal system, upper limbs, hemodynamics, electroneuromyography

**For citation:** Koryagina Yu.V., Abutalimova S.M., Ter-Akopov G.N., Kushnareva Yu.V. Physio- and mud therapy procedures for the neck-collar area to restore the functional state of athletes after intense training in the middle altitude. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(S1): 42–47. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm24s106

**Введение.** Высокая работоспособность спортсмена определяется рациональной спортивной подготовкой и эффективной системой восстановительных мероприятий [1, 6]. Кавказские Минеральные Воды (КМВ) являются регионом, богатым природными лечебными ресурсами [5]. На КМВ расположено уникальное месторождение лечебной грязи на озере Большой Тамбукан [3]. Тамбуканская грязь высокопластичная, обладает высокой теплоёмкостью и показала благоприятное воздействие на важнейшие физиологические системы организма при применении для лечения хронических заболеваний [3] и восстановления спортсменов после интенсивных физических нагрузок [2, 4]. В связи с этим актуальным является разработка технологий применения природных лечебных ресурсов КМВ и преформированных физических фак-

торов для восстановления спортсменов после больших тренировочных нагрузок [7].

Цель работы: разработать и научно обосновать методику применения комплекса процедур физио- и пелоидотерапии на шейно-воротниковую зону для восстановления функционального состояния спортсменов после интенсивных тренировочных нагрузок в среднегорье.

**Материалы и методы.** В клинических исследованиях по апробации комплексов физио- и бальнеотерапии, направленных на восстановление функционального состояния верхних конечностей спортсменов после интенсивных тренировочных нагрузок, приняло участие 30 спортсменок высокой квалификации (23 спортсменки – основная группа (ОГ) и 7 спортсменок – контрольная группа (КГ)), виды спорта: тяжелая атлетика, лыжные гонки, гандбол.

Исследования проводились в среднегорье на высоте 1240 метров в г. Кисловодске, на горе Малое седло, в условиях учебно-тренировочных сборов (УТС) в ФГБУ «Юг-Спорт» в подготовительный период тренировочного процесса. Все участники дали информированное согласие на участие в исследовании в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации, а также разрешение на обработку персональных данных.

У спортсменок определялись исходный уровень и динамика ЭНМГ и реографии верхних конечностей, реоэнцефалография. Использовали методику стимуляционной ЭНМГ с помощью 4-канального АПК Нейро-МВП производства «Нейрософт», г. Иваново. Регистрацию моторных ответов (М-ответов) проводили с короткой мышцы, отводящей большой палец кисти (*Musculus abductor pollicis brevis*), иннервируемой п. Medianus. Исследование гемодинамики проводили на реографе (Реограф Валента, ООО «Компания Нео», г. Санкт-Петербург) по следующим методикам: РЭГ (реоэнцефалография) и РВГ (реовазография).

Известно, что шейно-воротниковая зона (ШВЗ), включающая нервно-мышечный аппарат (НМА) шейных и надплечных мышц, является зоной высоких нагрузок, преимущественно статического характера. Наиболее часто под действием нагрузок одним из компенсаторных механизмов, возникающих в ответ на статическую и динамическую перегруженность, является мышечный спазм волокон трапециевидных мышц и мышц ротаторной манжеты плеча. В связи с вышеизложенным, нами разрабатывался метод, способствующий релаксации мышц ШВЗ спортсменов. Комплекс методов воздействия на ШВЗ включал:

– Комбинированную электротерапию на аппарате IONOSON-Expert в программе «Синдром шейного отдела позвоночника», режим – амплитудно-модулированный среднечастотный ток с частотным диапазоном 100–250 Гц,  $F_{\text{баз}}$  = несущая частота: 4,0 КГц. Верхняя пара вакуумных электродов располагалась в области основания шеи, нижняя – в области трапециевидной мышцы. Время воздействия – 8 минут.

– Грязелечение ШВЗ с использованием лечебной грязи фасованной «Аппликатор грязевой Тамбуканский»,  $S = 300 \pm 35 \text{ см}^2$ . Перед проведением процедуры грязевой аппликатор помещали на термокомпресс 300 размером  $S = 300 \pm 50 \text{ см}^2$ , предварительно разогретый

в термошкафу при температуре  $+51,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , время процедуры – 15 минут.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Statistica 13.0. Рассчитывались стандартные показатели описательной статистики ( $M \pm \delta$ ). Сравнение показателей проводилось с помощью непараметрического критерия Уилкоксона.

**Результаты.** Анализ динамики показателей моторного ответа, регистрируемых при стимуляции срединного нерва правой руки, у спортсменок ОГ показал в точке стимуляции «локтевой сгиб» повышение показателя латентности и длительности М-ответа после курса процедур. Показатели амплитуды и площади М-ответа снижались уже после 1-й процедуры и еще значительно – после всего курса (см. таблицу). В точке стимуляции «нижняя треть плеча» у спортсменок ОГ статистически значимо снижались амплитуда и площадь М-ответа. В точке стимуляции «нижняя треть плеча» было выявлено снижение латентности после 1-й процедуры (до процедур –  $7,33 \pm 0,48 \text{ мс}$ , после 1-го сеанса –  $7,07 \pm 0,32 \text{ мс}$ ).

Анализ показателей периферической гемодинамики правой руки у спортсменок в начале и в конце УТС показал значимые изменения в КГ: в сегменте «кисть» повысился показатель диастолического индекса (до –  $0,7 \pm 0,07$ , после –  $0,85 \pm 0,15$ ,  $P < 0,04$ ), в сегменте «предплечье» увеличилось время распространения реографических волн (до –  $0,15 \pm 0,03 \text{ с}$ , после –  $0,23 \pm 0,04 \text{ с}$ ,  $P < 0,02$ ), время максимального систолического наполнения (до –  $0,14 \pm 0,03 \text{ с}$ , после –  $0,22 \pm 0,07 \text{ с}$ ,  $P < 0,03$ ), время медленного наполнения сосудов (до –  $0,1 \pm 0,03 \text{ с}$ , после –  $0,18 \pm 0,07 \text{ с}$ ,  $P < 0,01$ ), дикротический индекс (до –  $0,39 \pm 0,19$ , после –  $0,54 \pm 0,24$ ,  $P < 0,05$ ). В ОГ выявлено только одно значимое изменение времени максимального систолического наполнения сосудов в сегменте «предплечье» (до –  $0,16 \pm 0,07 \text{ с}$ , после –  $0,18 \pm 0,07 \text{ с}$ ,  $P < 0,01$ ), свидетельствующее о повышении напряжения гемодинамики.

Анализ показателей кровотока в сосудах правого полушария головного мозга у спортсменок во время УТС показал в КГ повышение времени распространения реографических волн (до –  $0,15 \pm 0,008 \text{ с}$ , после –  $0,18–0,19 \text{ с}$ ,  $P < 0,04$ ), дикротического индекса (до –  $0,623 \pm 0,106$ , после –  $0,739 \pm 0,079$ ,  $P < 0,04$ ) и индекса периферического сопротивления (до –  $1,45 \pm 0,3$ , после –  $1,73 \pm 0,27$ ,  $P < 0,03$ ) во фронто-

Показатели моторного ответа, регистрируемые при стимуляции срединного нерва правой руки, у женщин-спортсменок до и после проведения курса электропроцедур с грязелечением шейно-воротниковой зоны,  $M \pm \delta$   
Motor response indices during stimulation of the right hand median nerve in female athletes after a treatment course,  $M \pm \delta$

| № п/п  | Показатели<br>Parameter                                | До –<br>в начале<br>сборов<br>Baseline<br>(n = 23) | После<br>1 сеанса<br>Single<br>session<br>(n = 23) | После курса<br>процедур<br>Treatment<br>course<br>(n = 23) | СГ в начале<br>сборов<br>CG, baseline<br>(n = 7) | КГ в конце<br>сборов<br>CG at<br>the end of<br>the study<br>(n = 7) | Норма<br>Standard<br>values | P <                      |
|--|--|--|--|--|--|---|-----------------------------|--------------------------|
| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8                           | 9                        |
| Точка стимуляции «локтевой сгиб» / Stimulation point “elbow bend”                  |  |  |  |  |  |   |                             |                          |
| 6  | Латентность, мс<br>Latency, ms                         | 6,42 ± 0,57  | 6,41 ± 0,45  | 6,72 ± 0,7   | 6,67 ± 0,66                                      | 6,81 ± 0,69   |                             | 3–5 < 0,02               |
| 7  | Амплитуда, мВ<br>Amplitude, mV                         | 7,84 ± 2,34  | 6,31 ± 1,97  | 5,6 ± 2,36   | 5,54 ± 2,25                                      | 5,7 ± 2,39  | > 3,5                       | 3–4 < 0,05<br>3–5 < 0,02 |
| 8  | Длительность<br>М-ответа, мс<br>M-response time,<br>ms | 6,24 ± 0,61  | 6,16 ± 0,62  | 6,78 ± 0,85  | 6,35 ± 1,23                                      | 6,95 ± 1,19   |                             | 3–5 < 0,03               |
| 9  | Площадь, мВ·мс<br>Surface area,<br>mV·ms               | 27,78 ± 8,78                                       | 22,19 ± 9,07                                       | 21,68 ± 9,9  | 19,77 ± 10,73                                    | 20,39 ± 7,39  |                             | 3–4 < 0,05<br>3–5 < 0,03 |
| Точка стимуляции «нижняя треть плеча» / Stimulation point “lower third of the arm” |  |  |  |  |  |   |                             |                          |
| 11   | Латентность, мс<br>Latency, ms                         | 7,23 ± 0,7   | 7,28 ± 0,53  | 7,51 ± 0,74  | 7,46 ± 0,55                                      | 7,74 ± 0,71   |                             | –                        |
| 12   | Амплитуда, мВ<br>Amplitude, mV                         | 8,21 ± 2,71  | 6,56 ± 1,68  | 6,91 ± 2,33  | 6,24 ± 1,6                                       | 6,54 ± 2,92   | > 3,5                       | 3–4 < 0,02               |
| 13   | Длительность<br>М-ответа, мс<br>M-response time,<br>ms | 6,28 ± 0,83  | 6,02 ± 0,7   | 6,8 ± 0,92   | 6,25 ± 1,36                                      | 6,83 ± 0,95   |                             | –                        |
| 14   | Площадь, мВ·мс<br>Surface area,<br>mV·ms               | 28,92 ± 9,44                                       | 22,46 ± 8,07                                       | 26,1 ± 9,39  | 22,83 ± 8,62                                     | 24,51 ± 10,35   |                             | 3–4 < 0,02               |

Примечание. P – по критерию Уилкоксона, КГ – контрольная группа.

Note. P – the Wilcoxon test, CG – control group.

мастоидальном отведении; времени распространения реографических волн (до – 0,143 ± 0,011 с, после – 0,16 ± 0,018 с, P < 0,03) и индекса периферического сопротивления (до – 1,29 ± 0,33, после – 1,87 ± 0,37, P < 0,03) в окципитомастоидальном отведении. У спортсменок ОГ снижался показатель времени распространения реографических волн в окципитомастоидальном отведении (до – 0,156 ± 0,014 с, после – 0,151 ± 0,014, P < 0,02).

По показателям кровотока в сосудах левого полушария головного мозга у спортсменок КГ к концу УТС выявлено повышение времени распространения реографических волн (до – 0,147 ± 0,013 с, после – 0,163 ± 0,027 с, P < 0,04), диастолического (до – 0,604 ± 0,135, после – 0,699 ± 0,096, P < 0,03) и диастолического индексов (до – 0,68 ± 0,12, после – 0,76 ± 0,08, P < 0,02) и индекса пери-

ферического сопротивления (до – 1,4 ± 0,34, после – 1,65 ± 0,27, P < 0,02) во фронтотомастоидальном отведении, а также времени распространения реографических волн в окципитомастоидальном отведении. У спортсменок ОГ повышался показатель венозного оттока в окципитомастоидальном отведении (до – 40,25 ± 16,01, после – 46,7 ± 16,87, P < 0,04). Учитывая, что большинство показателей кровотока в сосудах головного мозга у женщин-спортсменок было выше физиологической нормы в начале УТС, а у спортсменок КГ еще более повысилось, полученные данные свидетельствуют о напряжении гемодинамики данных спортсменок, связанном с недостаточным восстановлением. У спортсменок ОГ выявлена положительная динамика показателей, выражающаяся в улучшении венозного оттока в левом полушарии.

**Заключение.** Методика, включающая курс электропроцедур с грязелечением ШВЗ в период УТС, не способствовала повышению функциональных возможностей НМА верхних конечностей. Стимулирующее действие на ШВЗ как место локализации плечевого сплетения способствовало значительному расслабляющему эффекту на верхние конеч-

ности. Как результат, обнаружены снижение в них нервно-мышечной активности и нормализация кровотока. Применение данной технологии рекомендуется для релаксации после тренировочного дня (в вечернее время), в дни отдыха или в переходный период тренировочного процесса, что будет способствовать восстановлению функций.

#### Список литературы

1. Апробация комплексов восстановительных мероприятий, разработанных для спортсменов на федеральной базе спортивной подготовки в условиях среднегорья / С.М. Абуталимова, Ю.В. Корягина, С.В. Нопин и др. // Вестник Моск. гор. пед. ун-та. Серия «Естественные науки». – 2020. – № 1. – С. 25–34.
2. Влияние применения грязевой аппликации Тамбуканского озера на состояние neuromuscular аппарата нижних конечностей высококвалифицированных спортсменов / Ю.В. Корягина, Л.Г. Рогалева, Г.Н. Тер-Акопов, С.В. Нопин // Курортная медицина. – 2018. – № 1. – С. 40–44.
3. Лечебные грязи озера Большой Тамбукан в медицинской реабилитации социально значимых заболеваний / Н.В. Ефименко, Т.Б. Меньшикова, В.А. Васин и др. // Курортная медицина. – 2015. – № 2. – С. 89–94.
4. Пат. 2700935 Российская Федерация. Способ применения лечебной грязи Тамбуканского озера для восстановления и реабилитации спортсменов / Ю.В. Корягина, Л.Г. Рогалева, С.В. Нопин, Г.Н. Тер-Акопов; заявитель и патентообладатель: ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России. – № 2019107521; заявл. 16.03.2019; опублик. 24.09.2019, Бюл. № 27.
5. Проблемы и стратегические предложения по рациональному использованию природных лечебных ресурсов кавказских минеральных вод в курортно-рекреационной практике / Н.В. Ефименко, Н.П. Поволоцкая, С.Р. Данилов и др. // Курортная медицина. – 2020. – № 3. – С. 17.
6. Тер-Акопов, Г.Н. Медико-биологическое обеспечение спорта высших достижений: современное состояние и актуальные вопросы (статья первая) / Г.Н. Тер-Акопов // Курортная медицина. – 2023. – № 2. – С. 139–146.
7. Тер-Акопов, Г.Н. Новые технологии восстановления спортсменов на учебно-тренировочной базе в условиях среднегорья. / Г.Н. Тер-Акопов // Современные вопросы биомедицины. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 4–16.

#### References

1. Abutalimova S.M., Koryagina Yu.V., Nopin S.V. et al. [Approval of Complexes of Restoration Events Developed for Athletes on the Federal Basis of Sports Training in the Conditions of Middle Heights]. *Vestnik Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Ser. Estestvennyye nauki* [Bulletin of the Moscow City Pedagogical University. Ser. Pedagogy and Psychology], 2020, no. 1 (37), pp. 25–34. (in Russ.)
2. Koryagina Yu.V., Roguleva L.G., Ter-Akopov G.N., Nopin S.V. [The Influence of Mud Application of Tambukan Lake on the State of the Neuromuscular Apparatus of the Lower Limbs of Highly Skilled Athletes]. *Kurortnaya meditsina* [Resort Medicine], 2018, no. 1, pp. 40–44. (in Russ.)
3. Efimenko N.V., Men'shikova T.B., Vasin V.A. et al. [Therapeutic Muds of Lake Bolshoy Tambukan in Rehabilitation of Socially Significant Diseases]. *Kurortnaya meditsina* [Resort Medicine], 2015, no. 2, pp. 89–94. (in Russ.)
4. Koryagina Yu.V., Roguleva L.G., Nopin S.V., Ter-Akopov G.N. *Sposob primeneniya lechebnoy gryazi Tambukanskogo ozera dlya vosstanovleniya i reabilitatsii sportsmenov* [A Way to Use the Tambukan Lake's Mud for Recovery and Rehabilitation of Athletes]. Patent RF, no. 2700935, 2019.
5. Efimenko N.V., Povolotskaya N.P., Danilov S.R. et al. [Problems and Strategic Proposals for Rational Use of Natural Healing Resources of Caucasian Mineral Waters in Resort and Recreational Practice]. *Kurortnaya meditsina* [Resort Medicine], 2020, no. 3, p. 17. (in Russ.)

6. Ter-Akopov G.N. [Medical and Biological Support of the Highest Achievement Sports. Status and Topical Issues (Article One)]. *Kurortnaya meditsina* [Resort Medicine], 2023, no. 2, pp. 139–146. (in Russ.)

7. Ter-Akopov G.N. [New Technologies for the Rehabilitation of Athletes on the Training Camp in the Conditions of Middle Altitude]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2017, vol. 1, no. 1, pp. 4–16. (in Russ.)

#### **Информация об авторах**

**Корягина Юлия Владиславовна**, доктор биологических наук, профессор, руководитель Центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Ессентуки, Россия.

**Абуталимова Сабина Маликовна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник Центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Ессентуки, Россия.

**Тер-Акопов Гукас Николаевич**, кандидат экономических наук, генеральный директор, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Ессентуки, Россия.

**Кушнарева Юлия Валериевна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Ессентуки, Россия.

#### **Information about the authors**

**Yulia V. Koryagina**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center for Medical and Biological Technologies, North Caucasus Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Essentuki, Russia.

**Sabina M. Abutalimova**, Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Center for Medical and Biological Technologies, North Caucasus Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Essentuki, Russia.

**Gukas N. Ter-Akopov**, Candidate of Economic Sciences, General Director of the North Caucasus Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Essentuki, Russia.

**Yulia V. Kushnareva**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Center for Medical and Biological Technologies, North Caucasus Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Essentuki, Russia.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

**Статья поступила в редакцию 20.11.2023**

**The article was submitted 20.11.2023**