

ВЛИЯНИЕ МИОФАСЦИАЛЬНОГО РЕЛИЗА НА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ У БЕГУНИЙ НА СРЕДНИЕ ДИСТАНЦИИ

И.И. Шумихина, shuma66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3063-4229>

И.В. Гуштурова, gushturova_iv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7273-3663>

А.Е. Алабужев, fizkult@uni.udm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1598-9216>

С.А. Алабужев, legkatlet@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8389-8626>

Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

Аннотация. **Цель:** изучить влияние миофасциального релиза на восстановительные процессы у бегуний на средние дистанции. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие девушки 16–18 лет, занимающиеся легкой атлетикой – бегом на средние дистанции, в контрольную группу вошло 12 девушек и 11 девушек составили экспериментальную группу. Сеансы миофасциального релиза продолжительностью 15–20 минут проходили в заключительной части тренировки. Разработанная методика применения миофасциального релиза направлена на повышение скорости восстановительных процессов, улучшение кровообращения в работающих мышцах, повышение мобильности грудной клетки, снятие гипертонуса с работающих мышц, улучшение функциональных возможностей дыхательной системы. В упражнениях миофасциального релиза использовались теннисные мячи, специальные валики, а также ручные техники. Упражнения были предложены с целью улучшения кровообращения работающих мышц, повышения снабжения мышц кислородом, улучшения питания фасции мышц, снятия зажимов. В каждом упражнении регламентировалось положение звеньев тела, направление воздействия мячей и валиков. Воздействия выполнялись по току лимфы, исключая суставы и лимфатические узлы. **Результаты.** При использовании миофасциального релиза в заключительной части тренировки выявлена тенденция к увеличению функциональных резервов дыхательной системы у бегуний экспериментальной группы по сравнению с контрольной группой. У легкоатлеток экспериментальной группы достоверно ($p < 0,05$) изменился восстановительный период ЧСС до исходного уровня после пробы с приседанием, тогда как у девушек контрольной группы время восстановления ЧСС до исходного уровня после пробы с приседанием практически не изменилось. **Заключение.** Выявлено, что использование в заключительной части тренировочного занятия миофасциального релиза способствует усилению эффекта восстановления сердечно-сосудистой системы, а также повышает функциональное состояние кардиореспираторной системы, адаптационно-приспособительные механизмы. Более длительное использование миофасциального релиза может обеспечить статистически значимое увеличение показателей функции внешнего дыхания.

Ключевые слова: миофасциальный релиз, восстановительные процессы, девушки, легкая атлетика

Для цитирования: Влияние миофасциального релиза на восстановительные процессы у бегуний на средние дистанции / И.И. Шумихина, И.В. Гуштурова, А.Е. Алабужев, С.А. Алабужев // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 187–193. DOI: 10.14529/hsm230423

Original article
DOI: 10.14529/hsm230423

EFFECT OF MYOFASCIAL RELEASE ON RECOVERY IN FEMALE MIDDLE-DISTANCE RUNNERS

I.I. Shumikhina, shuma66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3063-4229>

I.V. Gushturova, gushturova_iv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7273-3663>

A.E. Alabuzhev, fizkult@uni.udm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1598-9216>

S.A. Alabuzhev, legkatlet@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8389-8626>

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

Abstract. Aim. To study the effect of myofascial release on recovery in middle-distance runners. **Materials and methods.** The study involved female middle-distance runners aged 16–18 years. The control and experimental groups consisted of 12 and 11 female athletes, respectively. During the cool-down, 15–20 minute sessions of myofascial release took place. The developed technique of myofascial release was aimed at accelerating recovery, improving blood circulation in working muscles and chest mobility, reducing muscle tone, and improving the functional performance of the respiratory system. Myofascial release was performed with table tennis balls, special rollers, and manually. Each exercise included a description of the body segment position and the technique of targeted application for balls and rollers. All manipulations were performed with respect to lymph flow, avoiding joints and lymphatic nodes. **Results.** Myofascial release during the cool-down resulted in an increase in the functional reserves of the respiratory system in the experimental group compared to the control group. In the experimental group, there was a significant improvement in heart rate recovery after exercise ($p < 0.05$); while in the control group, this parameter remained almost unchanged. **Conclusion.** Myofascial release as part of cool-down activities results in a better recovery of the cardiovascular system, a better functional state of the cardiorespiratory system, and the improvement of adaptive mechanisms. Prolonged use of myofascial release can provide significant improvement in external respiration.

Keywords: myofascial release, recovery, girls, athletics

For citation: Shumikhina I.I., Gushturova I.V., Alabuzhev A.E., Alabuzhev S.A. Effect of myofascial release on recovery in female middle-distance runners. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):187–193. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230423

Введение. Высокая интенсивность спортивной тренировки, омоложение спорта, риск развития нервного перенапряжения, связанного с соревновательной борьбой, предъявляют высокие требования к функциональному состоянию организма спортсменов [1, 2]. В связи с этим появляется потребность в поиске и внедрении в тренировку дополнительных средств для предупреждения перенапряжения, ускорения восстановления и повышения спортивной работоспособности. В настоящее время тенденции развития легкой атлетики свидетельствуют о том, что спортивные результаты растут из-за интенсификации тренировочного процесса и увеличения объема тренировочных нагрузок. Форсирование физических нагрузок у легкоатлетов доходит до таких пределов, при которых спортсмены тренируются на пределе своих функциональных возможностей, что очень часто приводит

к перенапряжению функциональных систем организма и возникновению патологических явлений. Поэтому внедрение современных средств оптимизации тренировочного процесса для активного воздействия на процессы восстановления после физических нагрузок путём естественного их стимулирования имеют важное значение [3].

Восстановление – это возвращение функционального состояния организма к дотренировочному уровню и формирование способности систем жизнеобеспечения к переходу на новый, более высокий уровень функциональных возможностей организма [9, 10].

Интенсификация тренировочных нагрузок без ущерба для здоровья легкоатлетов вероятна при условии рационального построения занятий и использовании всевозможных восстановительных мероприятий [4, 7, 12]. Скорость восстановления функционального

состояния организма в большинстве случаев зависит от интенсивности проделанной работы: чем меньше выполненная работа, тем быстрее период восстановления, и наоборот: чем интенсивнее и длительнее физическая работа, тем медленнее период восстановления функционального состояния и работоспособности у спортсменов [13, 14]. В практике спортивной тренировки чаще всего в качестве восстановительных средств используются физические средства восстановления, такие как спортивный массаж, физические упражнения, способствующие растяжению мышечных волокон, участвующих в проделанной работе, и их расслаблению. Такие упражнения способствуют активации кровообращения в работающих мышцах и убирают накопившуюся молочную кислоту и другие продукты метаболизма, а также выполняют функцию активного отдыха, тем самым ускоряя восстановление [5, 8, 11]. Появившаяся в 50-х годах XX века методика миофасциального релиза недостаточно распространена у спортсменов, хотя может быть достаточно эффективной и при этом простой в выполнении [6].

В настоящее время исследования, доказывающие эффективность использования миофасциального релиза для улучшения восстановительных процессов, носят фрагментарный характер. В то же время некоторые исследования опровергают эффективность применения миофасциального релиза для восстановления и повышения физической работоспособности. Поэтому разработка технологии использования миофасциального релиза как средства восстановления является достаточно актуальной задачей в тренировочном процессе спортсменов.

Цель исследования: изучить влияние миофасциального релиза на восстановительные процессы у бегуний на средние дистанции.

Материалы и методы. В обследовании на базе МБОУ «СШОР № 5» г. Ижевска приняли участие девушки в возрасте 16–18 лет, занимающиеся легкой атлетикой – бегом на средние дистанции, контрольную группу составили 12 девушек и 11 спортсменок вошли в экспериментальную группу. Квалификация спортсменок – I–II взрослый спортивный разряд по легкой атлетике. Сеансы миофасциального релиза продолжительностью 15–20 минут проходили в заключительной части тренировки. После выполнения комплекса миофасци-

ального релиза испытуемые выполняли пробу Мартине, по результатам которой оценивалось функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.

Задачами разработанной методики применения миофасциального релиза являются: повышение скорости восстановительных процессов, улучшение кровообращения в работающих мышцах, повышение мобильности грудной клетки, снятие гипертонуса с работающих мышц, улучшение функциональных возможностей дыхательной системы.

Нами использовались упражнения миофасциального релиза с использованием теннисных мячей и специальных валиков, а также ручные техники. Упражнения были предложены с целью улучшения кровообращения работающих мышц, повышения снабжения мышц кислородом, улучшения питания фасции мышц, снятия зажимов. В каждом упражнении регламентировалось положение звеньев тела, направление воздействия инвентаря. Воздействия инвентаря выполнялись по току лимфы, исключая воздействие на суставы и лимфатические узлы.

Методика состояла из трех периодов: вводного, основного и заключительного. Вводный и заключительный периоды состояли из 1 занятия, основной – из 10 занятий. На первом этапе эксперимента у девушек контрольной и экспериментальной групп изучались жизненная емкость легких (ЖЕЛ), экскурсия грудной клетки (см), пробы с задержкой дыхания на вдохе и выдохе, проба Штанге и проба Генче соответственно. Также проводилась проба Мартине после проведения миофасциального релиза у девушек в экспериментальной группе и у девушек контрольной группы данная проба проводилась в заключительной части тренировки.

Результаты исследования. Анализ данных, полученных после эксперимента с применением в заключительной части тренировки миофасциального релиза, позволил выявить положительные сдвиги в функциональном состоянии кардиореспираторной системы у девушек экспериментальной группы по сравнению с девушками контрольной группы. Данные динамики показателей функционального состояния кардиореспираторной системы у спортсменок контрольной и экспериментальной групп в конце педагогического эксперимента представлены в таблице.

Динамика показателей функционального состояния кардиореспираторной системы у спортсменок до и после проведения педагогического эксперимента ($M \pm m$) ($n = 23$)
Changes in the functional state of the cardiorespiratory system in female athletes before and after the study ($M \pm m$) ($n = 23$)

| Показатель Parameter | Показатели в тестах до эксперимента Baseline measurements | | Показатели в тестах после эксперимента Post-study measurements | |
|--|--|---------------------|---|---------------------|
| | КГ / CG (n = 12) | ЭГ / EG (n = 11) | КГ / CG (n = 12) | ЭГ / EG (n = 11) |
| ЖЕЛ, мл VC, ml | 4046,2 ± 132,8 | 4062,5 ± 151,1 | 4098,7 ± 134,2 | 4197,5 ± 143,2 |
| Проба Штанге, с Timed inspiratory capacity, s | 58,1 ± 6,1 | 56,5 ± 5,9 | 59,2 ± 4,9 | 59,0 ± 5,6 |
| Проба Генче, с Timed expiratory capacity, s | 28,2 ± 3,2 | 26,3 ± 2,8 | 29,1 ± 1,8 | 28,8 ± 2,3 |
| Экскурия грудной клетки, см Chest excursion, cm | 8,8 ± 0,9 | 8,4 ± 0,8 | 9,1 ± 0,9 | 9,2 ± 0,6 |
| ЧСС 1, уд./мин HR 1, bpm | 84,3 ± 2,1 | 86,8 ± 1,9 | 85,5 ± 2,3 | 85,7 ± 1,9 |
| ЧСС 2, уд./мин HR 2, bpm | 107,8 ± 2,5 | 109,5 ± 2,2 | 108,4 ± 3,1 | 102,5 ± 2,6* |
| Прирост ЧСС, % HR growth, % | 27,8 ± 3,5 | 26,6 ± 2,7 | 26,7 ± 3,3 | 19,6 ± 2,1* |
| Восстановление ЧСС до исходного уровня, мин Heart rate recovery after exercise, min | 4,12 ± 0,6 | 4,03 ± 0,9 | 4,09 ± 0,8 | 3,56 ± 0,7* |

Примечание. * – $p < 0,05$ * изменения достоверны между результатами контрольной и опытной групп на втором этапе исследования.

Note. * – significant at $p < 0.05$ when comparing between the control and experimental groups at the second stage of the study.

Выявлено, что наметилась тенденция к улучшению функционального состояния дыхательной системы у девушек экспериментальной группы по сравнению с девушками контрольной группы. Так, нами отмечается прирост результатов ЖЕЛ в контрольной группе на 1,3 %, в экспериментальной группе – на 3,2 %, эти изменения носят недостоверный характер, так как педагогический эксперимент длился в течение одного месяца, но наметившаяся тенденция к увеличению жизненной емкости легких позволяет говорить о более высоких функциональных способностях дыхательной системы у бегуний экспериментальной группы. Это также подтверждается результатами дыхательных проб: прирост в пробе с задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге) выше у спортсменок экспериментальной группы по сравнению с контрольной группой – соответственно 5,4 и 3,1 %. Такие же изменения наблюдаются в результатах пробы с задержкой дыхания на выдохе (проба Генче): прирост результата спортсменок кон-

трольной группы составил 3,3 %, а у бегуний экспериментальной группы – 9,5 %.

При оценке функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы под воздействием миофасциального релиза выявлено, что ЧСС у бегуний экспериментальной группы снижается в заключительной части тренировки по сравнению с первым этапом исследования, тогда как у спортсменок контрольной группы отмечается незначительное повышение данного показателя. Достоверные изменения ($p < 0,05$) отмечаются на втором этапе исследований у бегуний экспериментальной группы на пробу Мартине. Так, прирост в процентном соотношении ЧСС после пробы с приседанием достоверно ниже у спортсменок экспериментальной группы, что говорит о более высоких функциональных возможностях сердечно-сосудистой системы, а значит, и об увеличении физической работоспособности спортсменок. Это также подтверждается скоростью восстановительных процессов ЧСС у девушек экспериментальной группы по

сравнению с результатами спортсменок контрольной группы. У легкоатлеток экспериментальной группы достоверно ($p < 0,05$) изменился восстановительный период ЧСС до исходного уровня после пробы с приседанием, время восстановления ЧСС до исходного уровня у спортсменок экспериментальной группы снизилось на 11,6 %, тогда как у девушек контрольной группы время восстановления ЧСС до исходного уровня после пробы с приседанием практически не изменилось.

Результаты исследования продемонстрировали, что проведение миофасциального релиза в заключительной части тренировки у бегуний на средние дистанции оказалось эффективным, так как наблюдаются положительные сдвиги в показателях дыхательной системы, увеличивается ЖЕЛ, экскурсия грудной клетки, время задержки дыхания на вдохе

и выдохе. Данный эффект миофасциального релиза связан с тем, что, воздействуя теннисным мячиком и валиком на грудные мышцы, происходит растяжение и релаксация данных мышц, что способствует устранению обменных нарушений и нормализации кровоснабжения и трофики мышц. Это также приводит к улучшению функционального состояния сердечно-сосудистой системы, адаптационно-приспособительных механизмов и повышению физической работоспособности.

Заключение. Нами выявлено, что использование в заключительной части тренировочного занятия миофасциального релиза способствует усилению эффекта восстановления сердечно-сосудистой системы, а также повышает функциональное состояние кардиореспираторной системы, адаптационно-приспособительные механизмы.

Список литературы

1. Григорьева, Е.В. *Особенность методики «миофасциальный релиз» в современных фитнес-технологиях* / Е.В. Григорьева, В.В. Горелик // *Наука и образование: новое время.* – 2017. – № 3. – С. 1–5.
2. Иваненко О.А. *Миофасциальный релиз в оздоровительной тренировке женщин 45–50 лет* / О.А. Иваненко // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* – 2020. – № 2 (180). – С. 123–128.
3. Шлык, Н.И. *Индивидуальный подход к анализу тренировочного процесса по данным вариабельности сердечного ритма у легкоатлетов-бегунов в условиях среднегорья* / Н.И. Шлык, И.И. Шумихина, А.Е. Алабужев // *Теория и практика физ. культуры.* – 2017. – № 1. – С. 15–18.
4. *ACTN3 R577X genotype and exercise phenotypes in recreational marathon runners* / J. Del Coso, V. Moreno, J. Gutiérrez-Hellín et al. // *Genes.* – 2019. – Vol. 10. – P. 413.
5. *D'Amico, A. The effect of foam rolling on recovery between two eight hundred meter runs* / A. D'Amico, V. Paolone // *J Hum Kinet.* – 2017. – Vol. 57 (1). – P. 97–105.
6. *Effects of foam rolling on range of motion, peak torque, muscle activation and the hamstrings-to-quadriceps strength ratios* / S. Madoni, P. Costa, J. Coburn, A. Galpin // *J Strength Cond Res.* – 2018. – Vol. 32 (7). – P. 1821–1830.
7. *Effects of foam rolling on performance and recovery: A systematic review of the literature to guide practitioners on the use of foam rolling* / S. Hendricks, H. Hill, S. den Hollander et al. // *J Bodyw Mov Ther.* – 2020. – Vol. 24 (2). – P. 151–174.
8. *Higher quadriceps roller massage forces do not amplify range-of-motion increases or impair strength and jump performance* / L. Grabow, J. Young, L. Alcock et al. // *J Strength Cond Res.* – 2018. – Vol. 32(11). – P. 3059–3069.
9. *Impact of stretching on performance and injury risk of long-distance runners* / C. Baxter, L.R. McNaughton, A. Sparks et al. // *Res Sports Med.* – 2017. – Vol. 25 (1). – P. 78–90.
10. *Navalta, J.W. Ethical issues relating to scientific discovery in exercise science* / J.W. Navalta, W.J. Stone, T.S. Lyons // *Int J Exerc Sci.* – 2019. – Vol. 12 (1). – P. 1–8.
11. *Nikolaidis, P.P. Force-velocity characteristics, muscle strength, and flexibility in female recreational marathon runners* / P.P. Nikolaidis, T. Rosemann, B. Knechtle // *Front. Physiol.* – 2018. – Vol. 9. – P. 1563.
12. *Richman, E. Combined effects of self-myofascial release and dynamic stretching on range of motion, jump, spring and agility performance* / E. Richman, B. Tyo, C. Nicks // *J Strength Cond Res.* – 2019. – Vol. 33 (7). – P. 1795–1803.

13. *Running technique is an important component of running economy and performance* / J.P. Folland, S.J. Allen, M.I. Black et al. // *Med Sci Sports Exerc.* – 2017. – Vol. 49 (7). – P. 1412–1423.

14. *Short-term effects of rolling massage on energy cost of running and power of the lower limbs* / N. Giovanelli, F. Vaccari, M. Floreani et al. // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2018. – Vol. 13 (10). – P. 1337–1343.

References

1. Grigor'yeva E.V., Gorelik V.V. [Features of the Myofascial Release Technique in Modern Fitness Technologies]. *Nauka i obrazovaniye: novoye vremya* [Science and Education. New Times], 2017, no. 3, pp. 1–5. (in Russ.)

2. Ivanenko O.A. [Myofascial Release in Health Training for Women 45–50 Years Old]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University P.F. Lesgaft], 2020, no. 2 (180), pp. 123–128. (in Russ.)

3. Shlyk N.I., Shumikhina I.I., Alabuzhev A.E. [Individual Approach to the Analysis of the Training Process According to Heart Rate Variability Data Among Track and Field Runners in Mid-Mountain Conditions]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2017, no. 1, pp. 15–18. (in Russ.)

4. Del Coso J., Moreno V., Gutiérrez-Hellín J. et al. ACTN3 R577X Genotype and Exercise Phenotypes in Recreational Marathon Runners. *Genes*, 2019, vol. 10, p. 413. DOI: 10.3390/genes10060413

5. D'Amico A., Paolone V. The Effect of Foam Rolling on Recovery between Two Eight Hundred Meter Runs. *Journal Human Kinet.*, 2017, vol. 57 (1), pp. 97–105. DOI: 10.1515/hukin-2017-0051

6. Madoni S., Costa P., Coburn J., Galpin A. Effects of Foam Rolling on Range of Motion, Peak Torque, Muscle Activation and the Hamstrings-to-quadriceps Strength Ratios. *Journal Strength Cond Research*, 2018, vol. 32 (7), pp. 1821–1830. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002468

7. Hendricks S., Hill H., den Hollander S. et al. Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery: A Systematic Review of the Literature to Guide Practitioners on the Use of Foam Rolling. *Journal Bodyw Mov Therapy*, 2020, vol. 24 (2), pp. 151–174. DOI: 10.1016/j.jbmt.2019.10.019

8. Grabow L., Young J., Alcock L. et al. Higher Quadriceps Roller Massage Forces do not Amplify Range-of-motion Increases or Impair Strength and Jump Performance. *Journal Strength Cond Research*, 2018, vol. 32 (11), pp. 3059–3069. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001906

9. Baxter C., McNaughton L.R., Sparks A. et al. Impact of Stretching on Performance and Injury Risk of Long-distance Runners. *Research Sports Medicine*, 2017, vol. 25 (1), pp. 78–90. DOI: 10.1080/15438627.2016.1258640

10. Navalta J.W., Stone W.J., Lyons T.S. Ethical Issues Relating to Scientific Discovery in Exercise Science. *International Journal Exercise Science*, 2019, vol. 12 (1), pp. 1–8.

11. Nikolaidis P.P., Rosemann T., Knechtle B. Force-velocity Characteristics, Muscle Strength, and Flexibility in Female Recreational Marathon Runners. *Front. Physiology*, 2018, vol. 9, p. 1563. DOI: 10.3389/fphys.2018.01563

12. Richman E., Tyo B., Nicks C. Combined Effects of Self-myofascial Release and Dynamic Stretching on Range of Motion, Jump, Spring and Agility Performance. *Journal Strength Cond Research*, 2019, vol. 33 (7), pp. 1795–1803. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002676

13. Folland J.P., Allen S.J., Black M.I. et al. Running Technique is an Important Component of Running Economy and Performance. *Medical Science Sports Exercise*, 2017, vol. 49 (7), pp. 1412–1423. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001245

14. Giovanelli N., Vaccari F., Floreani M. et al. Short-term Effects of Rolling Massage on Energy Cost of Running and Power of the Lower Limbs. *International Journal Sports Physiology Performance*, 2018, vol. 13 (10), pp. 1337–1343. DOI: 10.1123/ijsp.2018-0142

Информация об авторах

Шумихина Ирина Ивановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия.

Гуштурова Ирина Вадимовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия.

Алабужев Александр Ефимович, кандидат педагогических наук, доцент, директор института физической культуры и спорта, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия.

Алабужев Сергей Александрович, старший преподаватель кафедры теории и методики спортивной тренировки и спортивных дисциплин, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия.

Information about the authors

Irina I. Shumikhina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biomedical Foundations of Physical Education, Udmurt State University, Izhevsk, Russia.

Irina V. Gushturova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biomedical Foundations of Physical Education, Udmurt State University, Izhevsk, Russia.

Alexander E. Alabuzhev, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Physical Education and Sport, Udmurt State University, Izhevsk, Russia.

Sergey A. Alabuzhev, Senior Lecturer, Department of Theory and Methods of Sports Training and Sports Disciplines, Udmurt State University, Izhevsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 02.09.2023

The article was submitted 02.09.2023