

В ПОМОЩЬ ПРАКТИЧЕСКОМУ ВРАЧУ

<https://doi.org/10.52581/1814-1471/86/06>

УДК 617.546.3-001.45-06:616.747-002:615.825.6:004.358

К ВОПРОСУ ОБ ЭКСОСКЕЛЕТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПЛЕЧЕЛОПАТОЧНОГО ПЕРИАРТРИТА ПОСЛЕ МИННО-ВЗРЫВНОГО РАНЕНИЯ ЛОПАТОЧНОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Воробьев^{1, 2, 3✉}, А.С. Баринов^{1✉}, Е.А. Баринава¹, Ф.А. Андриященко³

¹ Волгоградский государственный медицинский университет,
Волгоград, Российская Федерация

² Федеральный центр поддержки разработки и производства
экзопротезов и экзоскелетов,
Волгоград, Российская Федерация

³ Волгоградский медицинский научный центр,
Волгоград, Российская Федерация

Аннотация

Представленное исследование было направлено на определение эффективности и применимости экзоскелетов в реабилитации пациентов с повреждениями лопатки и плечевого сустава.

Цель исследования: на примере клинического наблюдения показать возможности реабилитации пациентов с огнестрельными повреждениями надплечья и плечевого сустава с помощью пассивного экзоскелета верхней конечности «ЭКЗАР 34».

Материал и методы. Был проведен анализ изменений в объеме движений в плечевом суставе пациента после применения экзоскелета. Материалом исследования послужили клинические данные и наблюдения за пациентом с минно-взрывным повреждением лопатки.

Результаты. Применение экзоскелета способствует компенсации выпадающих функций мышц и увеличению амплитуды движений в плечевом суставе. Это позволяет пациенту выполнять действия, которые без экзоскелета требовали бы значительных усилий. Кроме того, реабилитация с использованием экзоскелета приводит к укреплению как поврежденных, так и неповрежденных мышц, что способствует сбалансированной работе мышечной системы надплечья и плеча.

Закключение. Применение экзоскелетов в реабилитации пациентов с повреждениями лопатки и плечевого сустава является эффективным и перспективным подходом. Экзоскелеты позволяют ускорить укрепление мышц, восстановление двигательной активности и объема движений, а также улучшить результаты лечения и качество жизни пациентов.

Ключевые слова: экзоскелет, реабилитация, повреждения лопатки, плечевой сустав, минно-взрывное повреждение, атрофия мышц, объем движений, физическая активность.

Конфликт интересов: авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Прозрачность финансовой деятельности: исследование выполнено при поддержке Фонда президентских грантов № 22-3-003591.

Для цитирования: Воробьев А.А., Баринов А.С., Баринава Е.А., Андриященко Ф.А. К вопросу об экзоскелетной реабилитации плечелопаточного периаартрита после минно-взрывного ранения лопаточной области // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2023. Т. 26, № 3. С. 47–53. doi 10.52581/1814-1471/86/06

AID TO THE PHYSICIAN

ON THE ISSUE OF EXOSKELETAL REHABILITATION
OF SHOULDER PERIARTHRITIS AFTER A GUNSHOT WOUND
OF THE SCAPULAR AREAA.A. Vorobyev^{1, 2, 3}✉, A.S. Barinov¹✉, E.A. Barinova¹, F.A. Andryushchenko³¹ Volgograd State Medical University,
Volgograd, Russian Federation² Federal Center for Support of the Development and Production of Exoprostheses,
Volgograd, Russian Federation³ Volgograd Medical Research Center,
Volgograd, Russian Federation**Abstract**

The study aimed to investigate the effectiveness and applicability of exoskeletons in the rehabilitation of patients with scapula and shoulder joint injuries.

Purpose of a study: to demonstrate the possibilities of rehabilitating patients with gunshot injuries to the upper extremities, specifically focusing on the passive upper limb exoskeleton "EKZAR34".

Material and methods. The study conducted an analysis of the patient's range of motion in the shoulder joint after using the exoskeleton. Clinical data and observations of a patient with mine-explosive scapula injury were used as research material.

Results. The use of the exoskeleton compensates for the lost muscle functions and increases the range of motion in the shoulder joint. This enables patients to perform actions that would otherwise require significant effort without the exoskeleton. Additionally, rehabilitation with the exoskeleton strengthens both damaged and undamaged muscles, leading to a balanced functioning of the shoulder and upper limb muscle system.

Conclusion. Employing of exoskeletons in the rehabilitation of scapula and shoulder joint injuries is an effective and promising approach. Exoskeletons expedite muscle strengthening, restore motor activity and range of motion, and enhance treatment outcomes and patients' quality of life.

Keywords: exoskeleton, rehabilitation, scapula injuries, shoulder joint, mine-explosive injury, muscle atrophy, range of motion, physical activity.

Conflict of interest: the authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this paper.

Financial disclosure: the study carried out with the support of the Presidential Grants Fund No. 22-3-003591.

For citation: Vorobyev A.A., Barinov A.S., Barinova E.A., Andryushchenko F.A. On the issue of exoskeletal rehabilitation of shoulder periartthritis after a gunshot wound of the scapular area. *Issues of Reconstructive and Plastic Surgery*. 2023;26(3):47–53. doi 10.52581/1814-1471/86/06

ВВЕДЕНИЕ

Анализ опыта мировых войн и локальных вооруженных конфликтов показывает, что более 60% раненых имеют повреждения опорно-двигательного аппарата. Данные повреждения в 90% случаев требуют специализированного хирургического лечения. У половины раненых в конечности имеются огнестрельные переломы костей. Лечение пациентов с огнестрельными костно-мягкотканными дефектами конечностей требует нестандартных подходов и участия врачей различных специальностей [1–3].

Современное комплексное лечение раненых и пострадавших с боевыми повреждениями конечностей должно включать не только собственно хирургическое лечение, но и эффективную реабилитацию для максимального восстановления функции травмированных конечностей.

Традиционные методы реабилитации, хотя и эффективны, имеют ряд ограничений и могут требовать продолжительного времени для достижения значимых результатов. В последнее время отмечается существенный рост интереса к экзоскелетам конечностей, что диктуется растущей потребностью в эффективных методах реабили-

тации и восстановления функции у пациентов с повреждениями или нарушениями движения в верхних конечностях.

Экзоскелеты представляют собой инновационное решение, которое позволяет усилить или заменить функцию ослабленных или поврежденных мышц, предоставляя пациентам возможность восстановить двигательные навыки и повысить их независимость в повседневной жизни [4].

Цель исследования: на примере клинического наблюдения показать возможности реабилитации пациентов с обширными огнестрельными повреждениями надплечья и плечевого сустава с помощью пассивного экзоскелета верхней конечности «ЭКЗАР34».

Основу показаний к применению экзоскелета «ЭКЗАР34» составляли состояния, проявляющиеся симптомокомплексом верхнего вялого пара-, монопареза верхней конечности с преимущественным выпадением или снижением функции мышц проксимального отдела конечности [5, 6]. Массовое применение этой разработки позволило расширить спектр показаний к использованию экзоскелета для восстановления функций суставов не только при повреждении нервов, но и ограничениях подвижности суставов вследствие повреждения мышц надплечья и плеча, а также посттравматических контрактур.

В ходе проведенного исследования были расширены показания к использованию экзоскелетов в реабилитационном процессе и обосновать их актуальность и значимость в достижении полноценного восстановления функции верхней конечности у пациентов с огнестрельными повреждениями лопатки и плечевого сустава.

Клиническое наблюдение

Пациент К., 45 лет, получил минно-взрывную травму: огнестрельный оскольчатый перелом акромиального и клювовидного отростков, верхнего края суставной поверхности правой лопатки со смещением отломков, частичным повреждением правой дельтовидной мышцы.

На момент обращения при внешнем осмотре имеется относительное снижение объема мышц правого надплечья, наиболее выражена атрофия правой дельтовидной мышцы. На коже втянутые рубцы на месте входного (в проекции нижнего угла лопатки) и выходного отверстий (на 2 см кзади от акромиально-ключичного сустава) (рис. 1). Активное отведение правой верхней конечности в плечевом суставе – 30°, сгибание в плечевом суставе – 80° (рис. 2). Пассивное отведение правой верхней конечности в плечевом суставе – 60°, сгибание в плечевом суставе – 135°. Пациент отмечает значительный болевой синдром, как в момент выполнения движения верхней конечности, так и состоянии ее покоя.



Рис. 1. Внешний вид кожных рубцов пациента К. после ранения до реабилитации

Fig. 1. An appearance of skin scars of the patient K. after injury before rehabilitation



а



б

Рис. 2. Объем движений в правом плечевом суставе пациента К. до реабилитации: а – отведение верхней конечности на 30°; б – сгибание на 80°

Fig. 2. Range of motion in the patient's K. right shoulder joint before rehabilitation: а – abduction of the upper limb by 30°; б – bending 80°

На рентгенограммах, выполненных на 4-е сут после получения травмы, визуализировался оскольчатый перелом акромиального и клювовидного отростков, ости, верхнего края суставной поверхности правой лопатки со смещением отломков. На рентгенограммах, выполненных на 25-е сут, положение отломков удовлетворительное. На рентгенограммах, выполненных на 59-е сут после получения травмы, положение отломков удовлетворительное, имелись признаки их консолидации (рис. 3).

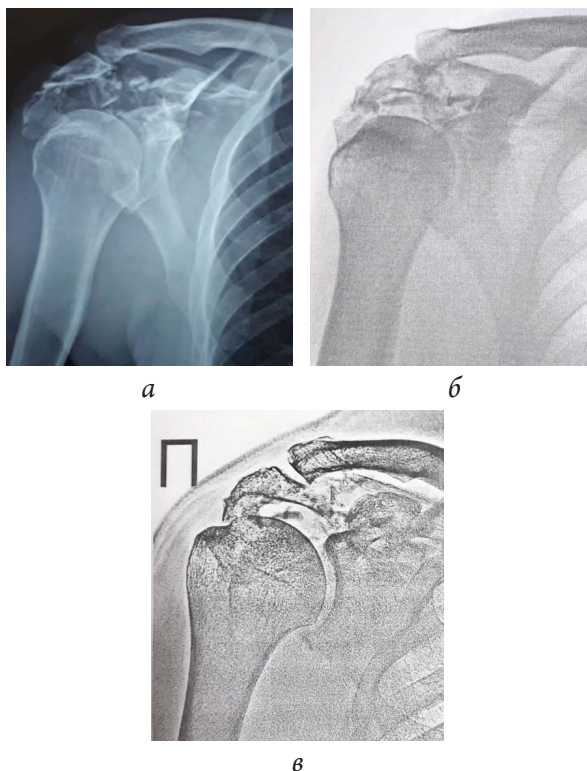


Рис. 3. Рентгенограммы плечевого сустава пациента К. на 4-е (а), 25-е (б) и 59-е (в) сут после получения травмы

Fig. 3. Radiographs of the shoulder joint of patient K. on the 4th (a), 25th (b) and 59th (c) days after injury

Оценка клинической картины и рентгенологических данных позволила сделать заключение о недостаточности функции мышц ротаторной манжеты правого плечевого сустава (учитывая характер травмы, вероятно повреждение *m. supraspinatus*, *m. infraspinatus* и *m. subscapularis*), а также частичного повреждения *m. deltoideus* за счет частичного разрыва мышечной ткани в результате травматического воздействия, возможного повреждения ветвей нервов, иннервирующих указанные мышцы, и в результате образования рубцов в период восстановления. Кроме того, функция мышц могла быть снижена вследствие временной иммобилизации конечности.

На электромиографии, выполненной в условиях военного госпиталя на 30-й день после травмы, не отмечалось поражения ветвей плечевого сплетения.

После консолидации лопатки пациент нуждался в реабилитации для компенсации либо восстановления функции мышц ротаторной манжеты, увеличения объема движений в правом плечевом суставе.

Для пациента был изготовлен индивидуальный экзоскелет для верхней конечности «ЭКЗАР34» (рис. 4). Применение экзоскелета позволило нивелировать вес верхней конечности пациента, что было использовано для активной разработки движений в суставе и укрепления мышц.

Был проведен 45-дневный курс реабилитации. Пациент выполнял рассчитанный на использование экзоскелета комплекс упражнений, направленных на увеличение объема движений в правом плечевом суставе, а также укрепление мышц правой верхней конечности. Экзоскелет использовался пациентом в повседневной жизни.

Уже при первом применении экзоскелета было получено отведение правого плеча 80°, сгибание – до 145° (рис. 5).



Рис. 4. Внешний вид экзоскелета «ЭКЗАР34» на правой верхней конечности пациента (первая примерка)

Fig. 4. An appearance of the exoskeleton "EKZAR34" on the patient's right upper limb (first fitting)



Рис. 5. Экзоскелет «ЭКЗАР34» на правой верхней конечности (первая примерка): а – отведение плеча; б – сгибание плеча

Fig. 5. Exoskeleton "EKZAR34" on the right upper limb (first fitting): а – abduction of the right shoulder; б – flexion of the right shoulder

После проведения курса реабилитации с использованием экзоскелета отведение правого плеча достигало 110° (с учетом движения лопатки), сгибание в плечевом суставе – до 160° . Атрофия мышц значительно уменьшилась. Функция верхней конечности была полностью восстановлена. Также полностью исчез болевой синдром в покое и при движении верхней конечности. Пациент может поднимать правую руку с грузом, может выполнять подтягивания на перекладине и отжимания от пола (рис. 6).

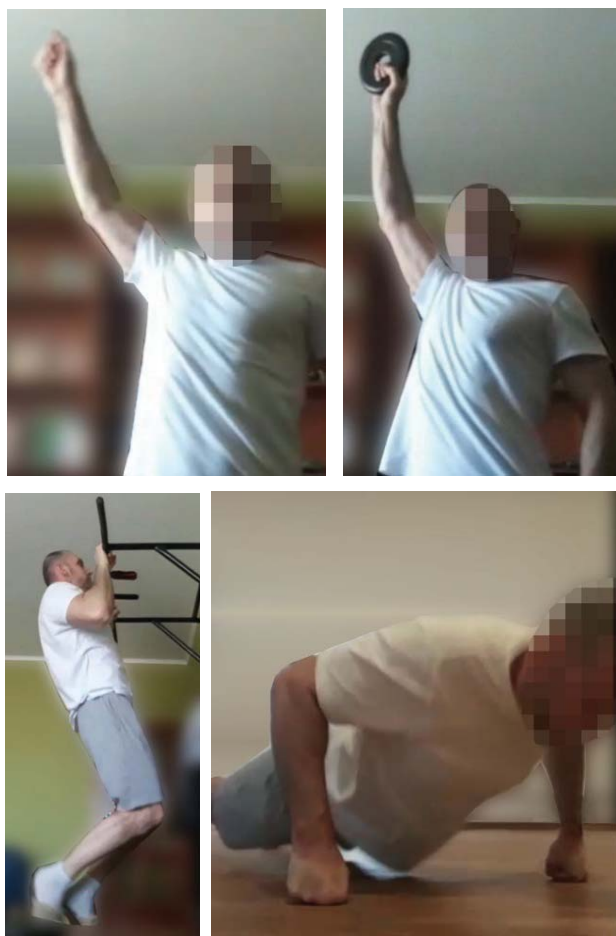


Рис. 6. Объем движений в правом плечевом суставе пациента после проведенной реабилитации с использованием экзоскелета «ЭКЗАР34»

Fig. 6. Range of motion in the patient's right shoulder joint after rehabilitation using the "EKZAR34" exoskeleton

ОБСУЖДЕНИЕ

Применение экзоскелета позволяет не только компенсировать выпадающие функции мышц в результате нарушения иннервации, но и способствует восстановлению двигательной активности атрофированных, а также рубцово-измененных мышц надплечья человека, в том числе после тяжелых высокоэнергетических травматических воздействий, таких как огнестрельные ранения.

Анализ применения экзоскелета у пациента с минно-взрывным повреждением лопатки показывает, что уже на начальных этапах реабилитации за счет аппаратного увеличения силы поврежденных мышц конечности значительно увеличивается амплитуда движений в плечевом суставе, появляется возможность выполнять действия, для которых без применения экзоскелета недостаточно усилий поврежденного мышечного аппарата.

В процессе реабилитации происходит укрепление как поврежденных мышц, так и неповрежденных мышц-синергистов, а также мышц-антагонистов, которые могут работать с большей амплитудой и с большей нагрузкой, что важно для работы плечевого сустава в целом. Таким образом, экзоскелет является необходимым дополнением для сбалансированной работы системы мышц надплечья и плеча, обеспечивающей нормальное функционирование плечевого сустава при снижении или выпадении функции тех или иных участников этой системы.

Усиление неповрежденных мышц – синергистов и антагонистов, снижение болевой афферентации приводит к ускоренному восстановлению объема движений в суставе при наличии контрактуры. Так, в представленном клиническом наблюдении уже через 1,5 мес пациент смог вернуться к полноценной физической активности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Восстановление пациентов после огнестрельных повреждений конечностей представляет особую актуальность. Повреждения лопатки и плечевого сустава часто сопровождаются ограничением движения, слабостью мышц и снижением функциональности верхней конечности. Применение пассивного экзоскелета предоставляет уникальную возможность для ускоренного укрепления мышц и восстановления двигательной активности, а также улучшения координации движений пациента. Путем компенсации выпадающих функций мышц экзоскелет обеспечивает стабильность и возможность выполнять действия, которые без его применения требовали бы значительных усилий. Экзоскелетная реабилитация способствует укреплению как поврежденных, так и неповрежденных мышц, что ведет к сбалансированной работе мышечной системы области надплечья и плеча, нормальному функционированию плечевого сустава и ускоряет процесс восстановления объема движений. В результате пациенты могут вернуться к полноценной физической активности в более ранние сроки. Применение экзоскелетов в реабилитации

представляет собой эффективный и перспективный подход, который может значительно улучшить результаты лечения и качество жизни пациентов с повреждениями лопатки и плечевого сустава.

Первый опыт использования экзоскелетной абилитации и реабилитации с помощью разработанного нами пассивного экзоскелета верхних

конечностей «ЭКЗАР34» свидетельствует о перспективности продолжения работ в данном направлении.

Считаем возможным применение реабилитации с помощью пассивного экзоскелета верхних конечностей «ЭКЗАР34» у пациентов, перенесших операцию по поводу плече-лопаточного периартрита (М75.0).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Методические рекомендации по лечению боевой хирургической травмы / Д.В. Тришкин, Е.В. Крюков, А.П. Чуприна и др. СПб.: Воен.-мед. академия им. С.М. Кирова, 2022. 373 с.
2. Сухарев В.А., Хоминец И.В., Кукушко Е.А., Васкул Д.И. Лечение сочетанного огнестрельного ранения с дефектом плечевой кости и лучевого нерва (клиническое наблюдение) // Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко. 2022. № 4 (10). С. 57–64.
3. Хоминец В.В., Шаповалов В.М., Михайлов С.В., Брижань Л.К. Лечение раненых в конечности в войнах и вооруженных конфликтах. СПб.: Историческая иллюстрация, 2021. 304 с.
4. Воробьев А.А., Петрухин А.В., Засыпкина О.А., Кривоножкина П.В., Поздняков А.М. Экзоскелет как новое средство в абилитации и реабилитации инвалидов (обзор) // Современные технологии в медицине. 2015. Т. 7, № 2. С. 185–197.
5. Воробьев А.А., Андрищенко Ф.А., Засыпкина О.А., Кривоножкина П.В. К методике определения анатомически зависимых параметров экзоскелета верхней конечности «ЭКЗАР» // Волгоградский научно-медицинский журнал. 2015. № 1. С. 58–61.
6. Воробьев А.А., Петрухин А.В., Засыпкина О.А., Кривоножкина П.С. Клинико-анатомические требования к активным и пассивным экзоскелетам верхней конечности // Волгоградский научно-медицинский журнал. 2014. № 1 (41). С. 56–61.

REFERENCES

1. Trishkin D.V., Kryukov Ye.V., Chuprina A.P., et al. Metodicheskiye rekomendatsii po lecheniyu boyevoy hirurgheskoй travmy [Methodological recommendations for the treatment of combat surgical trauma]. St. Petersburg, Military Medical Academy named after S.M. Kirov, 2022:373 p. (In Russ.).
2. Sukharev V.A., Khominets I.V., Kukushko E.A., Vaskul D.I. Lecheniye sochetannogo ognestrel'nogo raneniya s defektom plechevoy kosti i lucheвого nerva (klinicheskoye nablyudeniye) [Treatment of a combined gunshot wound with a defect of the humerus and radial nerve (clinical observation)]. Meditsinskiy vestnik GVKG im. N.N. Burdenko – Medical Bulletin of Main Military Clinical Hospital named after N.N. Burdenko. 2022;4(10):57-64 (In Russ.).
3. Khominets V.V., Shapovalov V.M., Mikhaylov S.V., Brizhan L.K. Lecheniye ranenyyh v konechnosti v voynah i vooruzhennykh konfliktakh [Treatment of wounded limbs in wars and armed conflicts]. St. Petersburg, Istoricheskaya illyustratsiya, 2021:304 p. (In Russ.).
4. Vorobyev A.A., Petrukhin A.V., Zasyapkina O.A., Krivonozhkina P.V., Pozdnyakov A.M. Ekzoskelet kak novoye sredstvo v abilitatsii i reabilitatsii invalidov (obzor) [Exoskeleton as a new means in habilitation and rehabilitation of invalids (review)]. Sovremennyye tekhnologii v medicine. 2015;7(2):185-197 (In Russ.).
5. Vorobyev A.A., Andryushchenko F.A., Zasyapkina O.A., Krivonozhkina P.V. K metodike opredeleniya anatomicheskikh zavisimyykh parametrov ekzoskeleta verkhney konechnosti "EKZAR" [On the method for determining the anatomically dependent parameters of the exoskeleton of the upper limb "EXAR"]. Volgogradskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal – Volgograd Medical Scientific Journal. 2015;1:58-61 (In Russ.).
6. Vorobyov A.A., Petrukhin A.V., Zasyapkina O.A., Krivonozhkina P.S. Kliniko-anatomicheskiye trebovaniya k aktivnym i passivnym ekzoskeletam verkhney konechnosti [Clinical and anatomical requirements to active and passive exoskeleton of upper limb]. Volgogradskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal – Volgograd Medical Scientific Journal. 2014;1(41):56-61 (In Russ.).

Сведения об авторах

Воробьев Александр Александрович ✉ – заслуженный деятель науки РФ, д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 400066, г. Волгоград, пл. Павших Борцов, д. 1); зам. директора Федерального центра поддержки разработки и производства экзопротезов и экзоскелетов Минздрава России (Россия, 400066, г. Волгоград, пл. Павших Борцов, д. 1).

<https://orcid.org/0000-0001-8378-0505>

e-mail: cos@volgmed.ru

Баринов Александр Сергеевич  – канд. мед. наук, доцент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 400066, г. Волгоград, пл. Павших Борцов, д. 1).
<https://orcid.org/0000-0001-6391-7236>
 e-mail: acosm@mail.ru

Баринова Екатерина Аркадьевна – канд. мед. наук, доцент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 400066, г. Волгоград, пл. Павших Борцов, д. 1).
<https://orcid.org/0000-0003-3073-0672>
 e-mail: barinovoy@gmail.com

Андрющенко Фёдор Андреевич – канд. мед. наук, ст. научн. сотрудник лаборатории инновационных методов реабилитации и абилитации ГБУ «Волгоградский научный медицинский центр» администрации Волгоградской области (Россия, 400066, г. Волгоград, пл. Павших Борцов, д. 1).
 e-mail: cos@volgmed.ru

Information about authors

Alexander A. Vorobyev , Dr. Med. sci., Professor, head of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, Volgograd State Medical University (1, Pavshikh Bortsov Sq., Volgograd, 400066, Russia); deputy director, Federal Center for Support of the Development and Production of Exoprostheses (1, Pavshikh Bortsov Sq., Volgograd, 400066, Russia).
<https://orcid.org/0000-0001-8378-0505>
 e-mail: cos@volgmed.ru

Alexander S. Barinov , Cand. Med. sci., Associate Professor, the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, Volgograd State Medical University (1, Pavshikh Bortsov Sq., Volgograd, 400066, Russia).
<https://orcid.org/0000-0001-6391-7236>
 e-mail: acosm@mail.ru

Ekaterina A. Barinova, Cand. Med. sci., Associate Professor, the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, Volgograd State Medical University (1, Pavshikh Bortsov Sq., Volgograd, 400066, Russia).
<https://orcid.org/0000-0003-3073-0672>
 e-mail: barinovoy@gmail.com

Fedor A. Andryushchenko, Cand. Med. sci., scientific employee, the Laboratory of Innovative Methods of Rehabilitation and Habilitation, the Volgograd Scientific Medical Center of the Administration of Volgograd Region (1, Pavshikh Bortsov Sq., Volgograd, 400066, Russia).
 e-mail: cos@volgmed.ru

Поступила в редакцию 22.06.2023; одобрена после рецензирования 21.08.2023; принята к публикации 25.08.2023
The paper was submitted 22.06.2023; approved after reviewing 21.08.2023; accepted for publication 25.08.2023