

© CC BY М. И. Михайличенко, К. Г. Шаповалов, В. А. Мудров, 2021  
 УДК 616-001.18/19-001-06 : 616.001.33  
 DOI: 10.24884/0042-4625-2021-180-2-37-41

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ МЕСТНОЙ ХОЛОДОВОЙ ТРАВМЫ

М. И. Михайличенко\*, К. Г. Шаповалов, В. А. Мудров

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Чита, Россия

Поступила в редакцию 03.10.2020 г.; принята к печати 28.04.2021 г.

**ЦЕЛЬ.** Разработать классификацию осложнений местной холодовой травмы.

**МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ.** В основу исследования положены результаты и анализ лечения 132 пациентов с местной холодовой травмой II–IV степени нижних конечностей. Пострадавшие находились на стационарном лечении в краевом центре термической травмы на базе ГУЗ «Городская клиническая больница № 1» в период с 2018 по 2019 г. Посттравматические осложнения выявлены у 54 (40,1 %) пострадавших, из них у 32 развились ранние и у 22 пациентов — поздние осложнения. Оставшиеся 78 пациентов после выписки из стационара повторно за медицинской помощью не обращались и находились под наблюдением у хирурга поликлиники.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В ходе исследования установлено, что у 32 из 132 пациентов в раннем периоде местной холодовой травмы нижних конечностей в пораженных сегментах конечностей выявлены нарушения чувствительности, мышечная слабость, судороги, нарушение координации движений, отторжение трансплантата, нагноение раны и несостоятельность швов, некроз культи. У 22 пострадавших развились поздние осложнения местной холодовой травмы: трофические язвы культей стоп, остеомиелит с формированием секвестров, гангрена культей обеих стоп. В результате исследования и патогенетической трактовки последствий криотравмы сформирована новая классификация осложнений местной холодовой травмы и выделены критерии форм «холодовой конечности».

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Посттравматические осложнения выявлены почти у половины пострадавших с местной холодовой травмой (54 пациента, 40,1 %). Так, в ранние сроки криоповреждения у 32 пострадавших выявлялись нарушения чувствительности пораженной конечности, мышечная слабость, судороги, нарушение координации движений; у 4 (12,5 %) лечение осложнилось отторжением трансплантата; у 5 (15,5 %) пострадавших развились нагноение раны и несостоятельность швов; у 2 (6,25 %) возник некроз культи. В позднем периоде зарегистрированы осложнения местной холодовой травмы у 22 пациентов. Из них у 12 (55 %) пострадавших обнаружены трофические нарушения; остеомиелит выявлен у 8 (36 %) пострадавших; у 2 (9 %) – гангрена дистального сегмента пораженной конечности.

**Ключевые слова:** местная холодовая травма нижних конечностей, классификация местной холодовой травмы

**Для цитирования:** Михайличенко М. И., Шаповалов К. Г., Мудров В. А. Классификация осложнений местной холодовой травмы. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова.* 2021;180(2):37–41. DOI: 10.24884/0042-4625-2021-180-2-37-41.

\* **Автор для связи:** Максим Игоревич Михайличенко, ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России, 672000, Россия, г. Чита, ул. Горького, д. 39 «А». E-mail: angelo999@yandex.ru.

## COMPLICATIONS CLASSIFICATION OF LOCAL COLD INJURY

Maxim I. Mikhailichenko\*, Konstantin G. Shapovalov, Viktor A. Mudrov

Chita State Medical Academy, Chita, Russia

Received 03.10.2020; accepted 28.04.2021

The **OBJECTIVE** of this work was to develop a classification of complications of local cold injury.

**METHODS AND MATERIALS.** The study is based on the results and analysis of the treatment of 132 patients with local cold injury of the II–IV degree of the lower extremities. The victims were hospitalized in the regional center for thermal trauma on the basis of the «City Clinical Hospital № 1» in the period from 2018 to 2019. Post-traumatic complications were detected in 54 patients (40.1 %), of which 32 developed early and 22 patients developed late complications. The remaining 78 patients after discharge from the hospital did not seek medical help again and were under the supervision of a polyclinic surgeon.

**RESULTS.** In the course of the study, it was found that in 32 out of 132 patients in the early period of local cold injury of the lower extremities, sensitivity disorders, muscle weakness, convulsions, impaired coordination of movements, graft rejection, wound suppuration and suture failure, stump necrosis were detected in the affected segments of the extremities. 22 victims developed late complications of local cold injury: trophic ulcers of the stumps of the feet, osteomyelitis with the formation of sequestrs, gangrene of the stumps of both feet. As a result of the study and

pathogenetic interpretation of the consequences of cryoinjury, a new classification of complications of local cold injury was formed and the criteria for the forms of «cold extremity» were identified.

**CONCLUSION.** Post-traumatic complications were detected in almost half of the victims with local cold injury (54 patients, 40.1 %). Thus, in the early stages of cryoinjury, 32 patients were found to have impaired sensitivity of the affected limb, muscle weakness, convulsions, and impaired coordination of movements; 4 (12.5 %) had treatment complicated by graft rejection; 5 (15.5 %) had wound suppuration and suture failure; 2 (6.25 %) had stump necrosis. In the late period, complications of local cold injury were registered in 22 patients. Of these, 12 (55 %) patients were found to have trophic disorders; osteomyelitis was detected in 8 (36 %) patients; in 2 (9 %) — gangrene of the distal segment of the affected limb.

**Keywords:** *local cold injury of the lower extremities, classification of local cold injury*

**For citation:** Mikhailichenko M. I., Shapovalov K. G., Mudrov V. A. Complications classification of local cold injury. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2021;180(2):37–41. (In Russ.). DOI: 10.24884/0042-4625-2021-180-2-37-41.

\* **Corresponding author:** Maxim I. Mikhailichenko, Chita State Medical Academy, 39 «А», Gorky str., Chita, 672000, Russia. E-mail: angelo999@yandex.ru.

**Введение.** Местная холодовая травма (МХТ) в структуре травматических повреждений в мирное время в зоне с умеренным климатом составляет около 1 %, а в Сибири, на Дальнем Востоке и в северных регионах достигает 6–20 % [1, 2]. Актуальность лечения криоповреждения обусловлена его трудностью, длительной утратой трудоспособности и высоким процентом осложнений с последующей инвалидизацией пострадавших.

Патогенез отморожений достаточно сложен и многообразен. Вследствие холодового воздействия возникают нарушения иннервации, гемореологии в пораженных сегментах, что приводит к тромбозам и некрозу пораженных тканей конечностей. Дальнейшее течение раневого процесса сопровождается развитием инфекционно-воспалительных осложнений, которые приводят к значительному увеличению сроков стационарного лечения [3–5]. Перенесенные отморожения являются фактором риска развития облитерирующего эндартериита [6].

Существующие в настоящее время классификационные критерии основаны на этиологии, сроках и глубине холодового повреждения и не содержат признаков, определяющих наличие и характер ранних и поздних осложнений местной холодовой травмы, а также особенностей клинического течения последствий криоповреждения [7]. Все более существенным аспектом становится справедливый расчет стоимости лечения пациентов в системе обязательного медицинского страхования. В связи с вышеизложенным, разработка усовершенствованной классификации с учетом патогенетических механизмов развития осложнений после местной холодовой травмы является актуальной как с теоретической, так и с организационно-экономической точек зрения.

**Цель исследования** – разработать классификацию осложнений местной холодовой травмы.

**Методы и материалы.** В основу исследования положены результаты анализа лечения 132 пациентов с местной холодовой травмой II–IV степени нижних конечностей. Пострадавшие находились на стационарном лечении в краевом центре термической травмы на базе ГУЗ «Городская клиническая больница № 1» в период с 2018 по 2019 г.

Постальтерационные осложнения выявлены у 54 (40,1 %) пострадавших. Оставшиеся 78 пациентов после выписки из стационара повторно за медицинской помощью не обращались и находились под наблюдением у хирурга поликлиники. В период первичной госпитализации «ранние» осложнения развились у 32 пациентов. Еще 22 больным потребовалась повторная госпитализация ввиду развития «поздних» осложнений.

«Ранними» осложнениями местной холодовой травмы считали осложнения до 30-х суток с момента криоповреждения, «поздними» осложнениями – с 31-х суток течения местной холодовой травмы. Подобная градация не случайна и соответствует периодам течения отморожений, а также закономерным процессам отграничения очагов некроза и срокам оперативного лечения [7].

Критерии исключения из исследования: больные с тяжелой соматической патологией – неспецифическими воспалительными процессами различной этиологии и локализации, преморбидными окклюзирующими заболеваниями сосудов, нейропатиями различного генеза, сахарным диабетом, гипертонией, алиментарным истощением, лица с различной физической зависимостью.

При осмотре пациентов выявляли и объективно оценивали следующие критерии:

- 1) наличие нейропатических нарушений в области культей;
- 2) воспаление кожи в области послеоперационных швов;
- 3) признаки отторжения трансплантата;
- 4) наличие трофических нарушений;
- 5) рентгенологические признаки остеомиелита культей;
- 6) конечной некроз культы или гангрена стопы.

Для оценки периферической иннервации у пациентов с местной холодовой травмой использовали метод неинвазивной кожной стимуляционной электромиографии с помощью аппарата Нейро-ВМП компании «Нейрософт» (Россия). Для диагностики периферического кровообращения использован метод ультразвуковой диагностики с помощью аппарата UltraVision (Россия).

В дифференциации местной холодовой травмы по локализации и уровню поражения использована классификация, предложенная В. А. Сизоненко (2010) (табл. 1) [7].

Статистическую обработку результатов исследования осуществляли с помощью пакета программ «IBM SPSS Statistics Version 25.0». Номинальные данные описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей. Оценку статистической значимости различий показателей исследования проводили за счет построения произвольной таблицы сопряженности с использованием критерия хи-квадрат Пирсона. Зависимость относительных показателей оценивали путем сравнения полученного значения критерия хи-квадрат с критическим (определялся уровень значимости  $p$ ). Значения  $p < 0,05$  считали статистически значимыми [8].

Таблица 1

**Классификация местной холодовой травмы по локализации и уровню поражения (В. А. Сизоненко, 2010 г.)**

Table 1

**Classification of local cold injury by localization and level of lesion (V. A. Sizonenko, 2010)**

Местная холодовая травма	
Периоды клинического течения	Степень (глубина) поражений
I. Дореактивный II. Ранний реактивный III. Поздний реактивный IV. Восстановительный V. Отдаленных последствий	I. Микроскопическое (обратимое) поражение II. Поверхностное повреждение III. Некроз кожи и подкожно-жировой клетчатки IV. Повреждение всех слоев сегмента

Таблица 2

**Критерии форм холодовой конечности**

Table 2

**Criteria of cold extremity forms**

Клинический фактор	Формы холодовой конечности			Статистическая значимость, df=2
	преимущественно нейропатическая	преимущественно ишемическая	смешанная	
Снижение чувствительности, n (%)	100,0 (30/30)	9,4 (3/32)	100,0 (38/38)	$\chi^2=86,8$ ; $p<0,001$
Судороги, n (%)	86,7 (26/30)	12,5 (4/32)	86,9 (33/38)	$\chi^2=51,5$ ; $p<0,001$
Нарушение координации движений, n (%)	90,0 (27/30)	12,5 (4/32)	94,7 (36/38)	$\chi^2=63,4$ ; $p<0,001$
Наличие трофических нарушений, n (%)	93,3 (28/30)	31,3 (10/32)	94,7 (36/38)	$\chi^2=38,3$ ; $p<0,001$
Вторичные признаки ишемизации конечности, n (%)	3,3 (1/30)	93,8 (30/32)	94,7 (36/38)	$\chi^2=78,6$ ; $p<0,001$
Отсутствие пульсации на магистральных сосудах, n (%)	3,3 (1/30)	93,8 (30/32)	94,7 (36/38)	$\chi^2=78,6$ ; $p<0,001$
УЗДГ-признаки нарушений кровотока, n (%)	6,7 (2/30)	93,8 (30/32)	94,7 (36/38)	$\chi^2=74,1$ ; $p<0,001$
ЭНМГ-признаки нарушений иннервации, n (%)	93,3 (28/30)	6,3 (2/32)	92,1 (35/38)	$\chi^2=71,4$ ; $p<0,001$

**Результаты.** В ходе проведения исследования установлено, что у пациентов с ранними осложнениями местной холодовой травмы нижних конечностей в пораженных сегментах конечностей выявлены нарушения чувствительности, мышечная слабость, судороги, нарушение координации движений. У 12,5 % (4/32) пациентов этой группы выявлено отторжение трансплантата, у 15,5 % (5/32) пациентов обнаружено нагноение и несостоятельность швов, у 6,25 % (2/32) пострадавших развился некроз культи.

При анализе «поздних» осложнений отморожений у 55 % (12/22) пострадавших обнаружены трофические язвы культей стоп, у 36 % (8/22) пациентов – остеомиелит с формированием секвестров, у 9 % (2/22) сформировалась гангрена культей обеих стоп.

Выявленные стойкие поздние последствия местной холодовой травмы мы предлагаем обобщить в понятие «болезнь холодовой конечности», они указывают на неблагоприятный постморбидный фон у пострадавших с местной холодовой травмой. Эти осложнения мы связываем с тремя основными патологическими составляющими местной

холодовой травмы – хронической дисфункцией эндотелия, хронической нейропатией, комплексным нарушением кровотока в зоне перенесенной травмы.

В ходе объективного осмотра и инструментального исследования пациентов с последствиями местной холодовой травмы выявлены многочисленные изменения как со стороны пораженных сегментов конечности, так и со стороны регионарной нейрососудистой системы (табл. 2).

Выбранные критерии составляют подавляющее большинство возможных постальтерационных осложнений у пациентов с местной холодовой травмой (табл. 2). В настоящее время их использование в конкретных случаях необходимо для своевременной коррекции «диагноз-ассоциированного» лечения, а также позволит более корректно уточнить экономическую составляющую терапии данной социально значимой проблемы.

**Обсуждение.** Современные представления об эндотелии как нейроэндокринном органе, контролирующем свойства тромбогенности, тонуса, резистентности сосудов посредством синтеза и (или) накопления медиаторов, а также сведения

о динамике маркёров эндотелиальной дисфункции при локальной холодовой травме позволяют рассматривать изменения его функционального состояния в качестве одного из ключевых и наиболее ранних звеньев патогенеза [3, 5, 6].

Дисфункция эндотелия играет важнейшую роль в развитии патогенетических механизмов МХТ. Под термином «эндотелиальная дисфункция» понимают неадекватное выделение эндотелием различных субстанций, в частности, оксида азота, его ингибиторов, цитокинов и прочих биологически активных веществ [4]. Особый интерес представляют морфофункциональное состояние эндотелиальной выстилки и наличие свободно циркулирующих в кровотоке слущенных эндотелиальных клеток, которые запускают процессы коагуляции, межклеточные взаимодействия и косвенно влияют на периферический кровоток, в том числе у пациентов с местной холодовой травмой [7, 9].

Первое доказательство того, что эндотелий играет важнейшую роль в регуляции тонуса сосудов путем инкреции вазоактивных веществ, возникло еще в 1977 г. [9]. Позднее, в 1980 г., высказано предположение о существовании расслабляющего сосудистого фактора, связанного с эндотелием, и его антагониста [10]. Впоследствии две независимые группы исследователей показали, что этот расслабляющий фактор представляет собой оксид азота (NO) и один из его антагонистов (ADMA) [11, 12].

Перспективы улучшения клинических результатов лечения локальной холодовой травмы могут быть связаны с дальнейшим изучением механизмов нарушения структуры и функции эндотелия, определением эффективных прогностических маркёров и значимых мишеней патогенетически обоснованной лекарственной терапии, оптимизацией хирургической тактики лечения и профилактики осложнений.

Установлено, что у пострадавших в подавляющем большинстве случаев определяются снижение чувствительности, мышечная слабость, судороги, нарушения движений. Эти явления связаны с нарушением иннервации пораженной конечности. Доказано, что даже после отморожений II степени развиваются невриты, невроаскулиты, облитерирующие заболевания артерий нижних конечностей и трофические нарушения дистальных сегментов стоп [1, 2, 4]. Они с трудом поддаются лечению, а в послеоперационном периоде при поражении III–IV степени часто отмечаются нагноения мягких тканей культи и вторичный некроз. Эти осложнения нередко ведут к сепсису и протяженным тромбозам [1, 6]. При нарушениях чувствительной иннервации после отморожений неизбежно разобщение между потребностями тканей в трофике и оценке организмом этого процесса с вытекающими неблагоприятными последствиями. Нарушения симпатической иннервации – прямой путь к дистрофии тканей и образованию трофических нарушений, что также

отмечено у наших пациентов [14]. Формируется нейропатическая форма холодовой конечности.

Частными осложнениями у пациентов с местной холодовой травмой являются нарушения регионарного кровотока, которые вызывают формирование ишемической формы холодовой конечности (табл. 2). У этих пациентов отсутствует магистральный кровоток на стопе и определяются вторичные признаки ишемического поражения кожи: отсутствие волосяного покрова, бледность кожи и ломкость ногтей. В случаях выраженного артериального дефицита возможны трофические нарушения и гангрена культи пораженной конечности. В немногочисленных исследованиях, касающихся изучения микроциркуляции с помощью лазерной доплеровской флоуметрии у пациентов с местной холодовой травмой, показано, что комплексное нарушение кровотока в очаге альтерации и перифокально является важным звеном формирования осложнений местной холодовой травмы [4, 15].

Довольно часто у пострадавших с криповреждением выявлялись признаки, свойственные и для поражения периферических нервов, и для дефицита регионарного кровоснабжения [16, 17]. Эти критерии сформированы в отдельную смешанную форму холодовой конечности. Вероятно, подобное явление связано с комплексным поражением сосудисто-нервного пучка, а превалирование отдельных форм может объясняться преморбидными изменениями периферической нервной или, реже, сосудистой системы.

**Заключение.** Посттравматические осложнения выявлены почти у половины пострадавших с местной холодовой травмой (54 пациента, 40,1 %). Так, в ранние сроки криповреждения у 32 пострадавших выявлялись нарушения чувствительности пораженной конечности, мышечная слабость, судороги, нарушение координации движений; у 4 (12,5 %) лечение осложнилось отторжением трансплантата; у 5 (15,5 %) пострадавших развились нагноение раны и несостоятельность швов; у 2 (6,25 %) возник некроз культи.

В поздний период осложнения местной холодовой травмы развились у 22 пациентов. Из них у 12 (55 %) пострадавших обнаружены трофические нарушения; остеомиелит выявлен у 8 (36 %) пострадавших; у 2 (9 %) – гангрена дистального сегмента пораженной конечности.

#### Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения

с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

### Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сизоненко В. А. Холодовая травма // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. 2007. № 4. С. 98–101.
2. Локальная холоддовая травма : вопросы патогенеза, оценки тяжести и лечения / Ю. С. Винник, А. Б. Салмина, Ю. М. Юрьева, О. В. Теплякова // Москв. хирург. журн. 2011. Т. 1, № 17. С. 42–48.
3. Михайличенко М. И., Шаповалов К. Г., Витковский Ю. А. Лимфоцитарно-тромбоцитарные взаимодействия у больных с холодовой травмой // Забайкальский мед. вестн. 2006. № 2. С. 20–22.
4. Шаповалов К. Г., Сизоненко В. А., Бурдинский Е. Н. Изменения сосудистого тонуса и показателей микроциркуляции при отморожении нижних конечностей // Вестн. хир. им. Грекова. 2008. № 4. С. 67–68.
5. Петрищев Н. Н. Дисфункция эндотелия : причины, механизмы, фармакологическая коррекция. СПб. : СПбГМУ, 2003.
6. Шапкин Ю. Г., Гамзатова П. К., Стекольников Н. Ю. Эндотелиальная дисфункция в отдаленном периоде холодовой травмы // Вестн. эксперимент. и клин. хир. 2014. № 4. С. 359–363.
7. Сизоненко В. А. Классификация холодовой травмы // Холодовая травма : Третья конф. по проблеме. СПб., 2002. С. 202–208.
8. Мудров В. А. Алгоритмы статистического анализа качественных признаков в биомедицинских исследованиях с помощью пакета программ SPSS // Забайкальский мед. вестн. 2020. Т. 1. С. 151–163.
9. Васина Л. В., Власов Т. Д., Петрищев Н. Н. Функциональная гетерогенность эндотелия // Артериальная гипертензия. 2017. Т. 23. № 2. С. 88–102.
10. Эндотелиальная секреция вазоактивных молекул при холодовой травме конечностей / К. Г. Шаповалов, В. А. Сизоненко, Е. А. Томина, Ю. А. Витковский // Травматология и ортопедия России. 2008. Т. 2, № 48. С. 53–56.
11. Strijdom H. Endothelial dysfunction: are we ready to heed the vasculature's early-warning signal // Cardiovasc. Journal. 2012. Vol. 23, № 4. P. 184–185.
12. Differential formation of prostacyclin (PGX or PGI2) by layers of the arterial wall. An explanation for the antithrombotic properties of vascular endothelium / S. Moncada, A. G. Herman, E. A. Higgs, J. R. Vane // Thrombosis Res. 1977. Vol. 11. P. 323–344.
13. Furchgott R. F., Zawadzki J. V. The obligatory role of endothelial cells in the relaxation of arterial smooth muscle by acetylcholine // Nature. 1980. Vol. 288. P. 373–376.
14. Endothelium-derived relaxing factor from pulmonary artery and vein possesses pharmacologic and chemical properties identical to those of nitric oxide radical / L. J. Ignarro, R. E. Byrns, G. M. Buga, K. S. Wood // Circulation Resources. 1987. Vol. 61. P. 866–79.
15. Михайличенко М. И., Шаповалов К. Г., Мудров В. А. и др. Динамика нейромышечной активности у пациентов с местной холодовой травмой // Вестн. хир. им. И. И. Грекова. 2019. Т. 178, № 5. С. 47–51. Doi: 10.24884/0042-4625-2019-178-5-47-51.

16. Hutchison R. L. Frostbite of the hand // J. Hand Surg. Am. 2014. Vol. 39, № 9. P. 1863–1868. Doi: 10.1016/j.jhsa.2014.01.035.
17. McIntosh S. E., Opacic M., Freer L. Wilderness medical society practice guidelines for the prevention and treatment of frostbite // Wilderness Environ Med. 2014. Vol. 25, № 4. P. 43–54.

### REFERENCES

1. Sizonenko V. A. Cold injury // Bul. East Siberian Scientific Center Sb Rams. 2007;(4):98–101. (In Russ.).
2. Vinnik Yu. S., Yurieva M. Yu., Teplyakova O. V., Salmina A. B. Local cold injury, pathogenesis, severity assessment, treatment (review of literature) // Moscow journal of surgery. 2011;1(17):42–48. (In Russ.).
3. Mikhailichenko M. I., Shapovalov K. G., Witkowski Yu. A. Lymphocyte-platelet interaction in patients with cold injury // Zabajkalsky medical Herald. 2006;(2):20–22. (In Russ.).
4. Shapovalov K. G., Sizonenko V. A., Burdinski E. N. Changes in vascular tone and indicators of microcirculation in frostbite of the lower extremities // Grekov's Bulletin of Surgery. 2008:67–68. (In Russ.).
5. Nikolai N. Petrishchev. Endothelial dysfunction. Causes, mechanisms, pharmacological correction. SPb., 2003. (In Russ.).
6. Shapkin Yu. G., Gamzatov P. K., Stekolnikov N. Yu. Endothelial dysfunction in the remote period of cold injury // Bulletin of experimental and clinical surgery. 2014;(4):359–363. (In Russ.).
7. Sizonenko V. A. Classification of cold injury // Third conference on the problem of «Cold injury». SPb., 2002:202–208. (In Russ.).
8. Mudrov V. A. Statistical analysis algorithms of qualitative features in biomedical research using the SPSS software package // Zabajka'skiy medicinskiy vestnik. 2020;(1):151–163. (In Russ.).
9. Vasina L. V., Vlasov T. D., Petrishchev N. N. Functional heterogeneity of the endothelium (review) // Hypertension. 2017;23(2):88–102. (In Russ.).
10. Shapovalov K. G., Sizonenko V. A., Tomina E. A., Vitkovsky Y. A. Endothelial secretion of vasoactive molecules in cold extremity injury // Traumatology and orthopedics of Russia. 2008;2(48):53–56. (In Russ.).
11. Strijdom H. Endothelial dysfunction: are we ready to heed the vasculature's early-warning signal // Cardiovasc. Journal. 2012;23(4):184–185.
12. Moncada S., Herman A. G., Higgs E. A., Vane J. R. Differential formation of prostacyclin (PGX or PGI2) by layers of the arterial wall. An explanation for the antithrombotic properties of vascular endothelium // Thrombosis Res. 1977;(11):323–344.
13. Furchgott R. F., Zawadzki J. V. The obligatory role of endothelial cells in the relaxation of arterial smooth muscle by acetylcholine // Nature. 1980;(288):373–376.
14. Ignarro L. J., Byrns R. E., Buga G. M., Wood K. S. Endothelium-derived relaxing factor from pulmonary artery and vein possesses pharmacologic and chemical properties identical to those of nitric oxide radical. Circulation Resources. 1987;(61):866–79.
15. Mikhailichenko M. M., Shapovalov K. G., Mudrov V. A., Figursky S. A., Mikhailichenko S. I. Dynamics of neuromuscular activity in patients with local cold trauma // Grekov's Bulletin of Surgery. 2019;178(5):47–51. Doi: 10.24884/0042-4625-2019-178-5-47-51. (In Russ.).
16. Hutchison R. L. Frostbite of the hand // J. Hand Surg. Am. 2014; 39(9):1863–1868. Doi: 10.1016/j.jhsa.2014.01.035.
17. McIntosh S. E., Opacic M., Freer L. Wilderness medical society practice guidelines for the prevention and treatment of frostbite // Wilderness Environ Med. 2014;25(4):43–54.

### Информация об авторах:

**Михайличенко Максим Игоревич**, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры факультетской хирургии с курсом урологии, Читинская государственная медицинская академия (г. Чита, Россия), ORCID: 0000-0001-8660-2982; **Шаповалов Константин Геннадьевич**, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач России, зав. кафедрой анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, Читинская государственная медицинская академия (г. Чита, Россия), ORCID: 0000-0002-3485-5176; **Мудров Виктор Андреевич**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии Лечебного и стоматологического факультета, Читинская государственная медицинская академия (г. Чита, Россия), ORCID: 0000-0002-5961-5400.

### Information about authors:

**Mikhailichenko Maxim I.**, Cand. of Sci. (Med.), Assistant of the Department of Faculty Surgery with a course of Urology, Chita State Medical Academy (Chita, Russia), ORCID: 0000-0001-8660-2982; **Shapovalov Konstantin G.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Anesthesiology, Resuscitation and Intensive Care, Honored Doctor of Russia, Chita State Medical Academy (Chita, Russia), ORCID: 0000-0002-3485-5176; **Mudrov Viktor A.**, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Obstetrics and Gynecology at the Faculty of Medicine and Dentistry, Chita State Medical Academy (Chita, Russia), ORCID: 0000-0002-5961-5400.