

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ПАТОЛОГИИ СТОПЫ, ВОЗНИКАЮЩЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОЛОДНЫХ И ВЛАЖНЫХ УСЛОВИЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Сахаров С.П.*¹, Бекшоков К.К.², Керимов А.А.²,
Мальчевский В.А.^{1,3}, Карпович Н.И.⁴

DOI: 10.25881/20728255_2026_21_2_139

¹ ФГБОУ ВО «Тюменский Государственный медицинский университет», Тюмень

² ФГБУ «ГВКГ им. Н.Н. Бурденко», Москва

³ ФГБУН Федеральный исследовательский центр
«Тюменский научный центр» Сибирского отделения
Российской академии наук, Тюмень

⁴ ФГБОУ ВО «Российский университет дружбы народов
им. Патриса Лумумбы», Москва

Резюме. Цель исследования — проинформировать широкий круг медицинских специалистов о современных взглядах на диагностику и лечение пациентов с патологией стопы, возникающей в результате сочетанного воздействия холодных и влажных условий внешней среды.

Материалы и методы исследования. В обзоре на основе 28 специальных отечественных и зарубежных литературных источников представлен современный взгляд на патогенез, диагностику, лечение и профилактику «Незамерзающей холодовой травмы» (Nonfreezing cold injury, NFCI). Приведены её действующие клинические классификации по степеням тяжести и стадиям течения патологического процесса.

Результаты и их обсуждение. Выявлено, что несмотря на общий большой прогресс в медицине в последние десятилетия, существенного улучшения результатов лечения NFCI не достигнуто. Причиной этого является фрагментарная изученность патофизиологических особенностей возникновения и развития данного патологического процесса. Как следствие — отсутствие схем эффективного комплексного патогенетически обоснованного лечения и профилактики заболевания. Проблема лечения патологии стопы, возникшей в результате сочетанного воздействия холодных и влажных условий внешней среды до сих пор ждет от специалистов своего решения.

Ключевые слова: траншейная стопа, иммерсионная стопа, незамерзающая холодовая травма, NFCI.

Введение

Патология стопы, вызванная сочетанным воздействием холодных и влажных условий внешней среды, значительно снижает «качество жизни» людей [1]. Она встречается у военнослужащих, моряков, альпинистов, туристов, а также работников широкого круга сугубо мирных профессий, осуществляющих свою трудовую деятельность во влажных условиях природной среды (старатели, шахтеры, рыбаки и т.д.), бездомных и людей, ведущих асоциальный образ жизни [2]. Несмотря на многочисленные попытки людей предохранить свои стопы от переохлаждения водой различными техническими решениями, начиная с непромокаемой обуви и улучшением условий труда, они только несколько ослабили остроту проблемы, но не решили

CONTEMPORARY APPROACHES TO THE DIAGNOSIS AND MANAGEMENT OF FOOT DISORDERS CAUSED BY COMBINED COLD AND HUMID ENVIRONMENTAL EXPOSURE

Sakharov S.P.*¹, Bekshokov K.K.², Kerimov A.A.², Malchevskiy V.A.^{1,3},
Karpovich N.I.⁴

¹ Tyumen State Medical University, Tyumen

² Burdenko Main Military Clinical Hospital, Moscow

³ Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy
of Science, Tyumen

⁴ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow

Abstract. The aim of the work — to inform a wide range of medical specialists about modern views on their diagnosis and treatment of patients with foot pathology resulting from the combined effects of cold and wet environmental conditions.

Materials and research methods. In the review on the basis of 28 special domestic and foreign literature sources the modern view on pathogenesis, diagnosis, treatment and prevention of Nonfreezing cold injury (NFCI) is presented. Its current clinical classifications by degrees of severity and stages of the course of the pathological process are given.

Conclusion. It is revealed that despite the general great progress in medicine in the last decades, no significant improvement of NFCI treatment results has been achieved. The reason for this is the fragmentary study of pathophysiological features of the occurrence and development of this pathological process. As a consequence, the absence of schemes of effective complex pathogenetically based treatment and prevention of the disease. The problem of treatment of foot pathology resulting from the combined effect of cold and wet environmental conditions is still waiting for specialists to find a solution.

Keywords: trench foot, immersion foot, non-freezing cold injury, NFCI.

её кардинально. Проводя анализ специальных литературных источников, мы с удивлением обнаружили, что информация, посвященная проблеме диагностики и лечения патологии стопы, возникшей в результате переохлаждающего воздействия влажных условий в немногочисленных отечественных специальных литературных источниках, изложена излишне лаконично и фрагментарно [3–5]. Все это в итоге приводит к дефициту информации по данной проблеме у медицинских специалистов и, как следствие, ухудшению результатов диагностики, а также лечения пациентов с патологией стопы, возникшей в результате сочетанного воздействия холодных и влажных условий внешней среды. На восполнение этого дефицита информации и направлен данный литературный обзор.

* e-mail: galen7@yandex.ru.

Цель работы: проинформировать широкий круг медицинских специалистов, о современных взглядах на их диагностику и лечение пациентов с патологией стопы, возникающей в результате сочетанного воздействия холодных и влажных условий внешней среды.

История вопроса

Первые, дошедшие до нас описания патологии стопы, возникшей в результате сочетанного воздействия холодных и влажных условий внешней среды – «траншейной стопы», были сделаны французскими врачами армии Наполеона во время похода в Россию в 1812 г. [6]. «Иммерсионная стопа», была впервые описана во время Второй мировой войны у моряков, потерпевших кораблекрушение и спасавшихся на борту спасательных шлюпок [2]. Заболеваемость «траншейной стопой» была весьма распространена среди солдат Франции, Англии, Германии и Австро-Венгрии во время Первой мировой войны [7]. Во время Второй мировой войны на европейском театре военных действий в вооруженных силах США в Голландии было зафиксировано 11 000 случаев «траншейной стопы» только в ноябре 1944 года [2]. В 1982 г. во время Фолклендского конфликта только в одной из бригад вооруженных сил Великобритании у 76% личного состава была зафиксирована «траншейная стопа» [8]. В то же время в русской и Красной армии в годы первой и второй мировой войн, данной патологии не встречалось, в связи с эффективным дренированием окопов, отличной обувью у личного состава и грамотно организованной гигиеной стоп [9]. На наш взгляд, это утверждение крайне сомнительно. Это невозможно было обеспечить с учетом маневренной диверсионно-партизанской борьбы в лесисто-болотистой местности на оккупированной территории Белоруссии, областей Северо-Запада РФ и Республики Карелии. Да и в воспоминания фронтовиков даже, служивших в регулярных частях красной армии воюющих в лесисто-болотистой местности, отмечается, особенно осенне-зимний период, вода по колено в окопах и постоянно мокрые ноги у личного состава. Информация о встречаемости данной патологии у жителей РФ в мирное время отсутствует, несмотря на наличие predisposing природно - климатических условий. На наш взгляд, это связано с дефицитом знаний у врачей о данной патологии и как следствие ее не диагностированием.

Терминология и классификация

Существует англоязычный термин «Незамерзающая холодовая травма» (Nonfreezing cold injury, NFCI), обозначающий общее название данной патологии. Под термином NFCI понимают повреждение мягких тканей, нервов и сосудистой системы дистальных конечностей от длительного воздействия влажных, холодных (но не замерзающих; обычно от 0 до 15 °C или от 32 до 59 °F) условий. Чаще всего поражаются стопы, но это состояние может поражать и кисти рук. Термин NFCI заменил собой два исторически сложившихся термина «траншейная

стопа» и «иммерсионная стопа» представляющие собой с точки зрения патофизиологии два аналогичных состояния [2].

За рубежом в клинической практике используется объединенная классификация Webster-Ungley [10], которая выделяет четыре степени тяжести течения патологического процесса NFCI в зависимости от выраженности клинических проявлений.

Эпидемиология NFCI

Факторы окружающей среды, которые увеличивают скорость охлаждения, такие как ветер и повышенная влажность воздуха, усиливают риск возникновения NFCI [11]. Отмечено, что депрессия, курение, употребление алкоголя, усталость, недоедание, обезвоживание, травматические повреждения, сосудистые заболевания у пострадавших и неподвижность конечностей повышают вероятность появления NFCI, а также усиливают тяжесть течения патологического процесса [2; 12]. Выявлено, что люди африканской расы более предрасположены, как заболеваемости NFCI, так и к более тяжелому её течению [13].

Физиология и патофизиология NFCI

Кожа способствует терморегуляции, являясь поверхностью для теплообмена между человеческим организмом и окружающей средой. В ответ на переохлаждение происходит вначале расширение сосудов, которое приводит к увеличению кожного кровотока, что способствует потере тепла, затем появляется вазоконстрикция уменьшающая кожный кровоток и ограничивая потерю тепла. Кожный кровоток регулируется симпатической иннервацией и местными сосудистыми механизмами. Механизмы центрального гипоталамического контроля реагируют на центральную и периферическую температурную афферентную информацию, вызывая рефлекторную нейрогенную вазоконстрикцию или вазодилатацию. Если позволяет температура внутренних и срединных слоев кожи, локальные изменения температуры кожи могут также вызывать локально опосредованную вазодилатацию или вазоконстрикцию, не зависящую от центральной нервной системы или рефлекторных нейрогенных механизмов. Кожный кровоток может уменьшиться примерно на 90% в холодных условиях по сравнению с кровотоком в состоянии покоя в термонеutralной среде, при этом удовлетворяя более низкие метаболические потребности холодной кожи. Кожный кровоток может также снижаться в конечностях при неподвижности и от давления, создаваемого стягивающей одеждой или обувью в сочетании с отеком [2].

Охлаждение кожи примерно до 15 °C (59 °F) усиливает сужение сосудов рук или ног, делая их уязвимыми для холодовых повреждений. Дальнейшее местное охлаждение вызывает холодовую вазодилатацию с циклическим увеличением кровотока, что защищает ткани организма от холодового повреждения. Индуцированная холодом вазодилатация, также известная как «реакция

Льюиса Хантинга», возникает в виде коротких циклов от 5 до 10 минут, которые удлиняются с увеличением продолжительности и усилением охлаждения [14]. Снижение температуры внутренних слоев кожи уменьшает величину и частоту циклов. Вызванная холодом вазодилатация может быть устранена при гипотермии. У людей, которые неоднократно подвергались длительному воздействию холода, отмечаются более быстрые циклы, с более высокими пиковыми температурами, чем у тех, кто не подвергался такому воздействию [15].

С точки зрения патофизиологии NFCI представляет собой нейроваскулярное повреждение с нарушением контроля кровообращения и микроциркуляции в тканях [8], которое приводит к микротромбозу, а также повреждению эндотелия в микроциркуляторном русле. Нервы могут быть повреждены непосредственно воздействием холодом или вторично вследствие повреждения их микроциркуляторного русла [16; 17]. Длительная, глубокая вазоконстрикция играет очень важную роль в патогенезе NFCI [8; 14], но не является единственной причиной её возникновения [18]. NFCI возникает, когда конечность подвергается воздействию холода в сочетании с повышенной влажностью внешней среды, в течение относительно длительного периода времени [11]. Степень тяжести повреждения тканей при NFCI напрямую зависит от значений низкой температуры воздействия и её длительности. Точные значения температуры и продолжительности воздействия, которые могут вызвать NFCI, на сегодняшний день неизвестны. Повторные холодовые воздействия с неполным восстановлением между воздействиями вызывают более серьезные повреждения, чем однократное длительное воздействие, из-за реперфузионного повреждения тканей [16]. Исследование на лабораторных крысах показало, что повреждение нервов и выработка активных форм кислорода были выше, когда нервы подвергались прерывистому охлаждению с периодами нагревания по сравнению с условиями постоянного охлаждения [2]. Этот факт, на наш взгляд, может указывать на важную роль свободных радикалов в патогенезе NFCI и может являться предметом дальнейших научных исследований. Мы считаем, что NFCI сам по себе вряд ли приводит к некрозу тканей. Они вызывается давлением из-за отека, вызванного NFCI, связанного с ношением сдавливающей обуви или одежды. Выраженные случаи сдавления потенциально могут привести даже к компартмент синдрому. У больных с NFCI ходящих с опухшими ногами, также могут появляться некрозы тканей, вызванные воздействием механических факторов, возникающих непосредственно вследствие ходьбы. Таким образом, патофизиология возникновения и развития патологического процесса у пациентов с NFCI изучена на сегодняшний день фрагментарно.

Клиническая картина NFCI

Клиника патологического процесса при NFCI характеризуется строгой стадийностью течения с

обязательным последовательным прохождением всех четырёх стадий [8; 12]. Но, продолжительность стадий у различных пациентов может существенно отличаться. Клинические стадии течения патологического процесса при NFCI:

- I. I стадия, протекает непосредственно во время холодового воздействия и характеризуется потерей чувствительности. Больные часто жалуются, что пораженные участки ощущаются онемевшими и похожими на деревянный брус. Ретроспективное исследование показало, что наиболее частым начальным симптомом NFCI была потеря чувствительности, продолжающаяся более 30 минут. Потеря проприоцепции может вызвать неуклюжесть и нарушения походки. Пораженные конечности обычно безболезненны. Сначала они могут быть ярко-красными, а затем становиться бледными или белыми из-за выраженной вазоконстрикции. В более поздней части первой стадии периферический пульс уменьшается [13].
- II. II стадия возникает, когда пострадавшего перемещают в теплую среду и продолжается во время и после согревания. Обычно эта стадия длится несколько часов, но может продолжаться и несколько дней. Руки и ноги приобретают пятнистую бледно-голубую окраску из-за слегка усиленного кровотока. Изменение цвета может быть незаметным у жертв с сильно пигментированной кожей. Периферический пульс вначале ослаблен, но позже становится скачкообразным, хотя наполнение капилляров все еще задерживается. Пораженные конечности могут отекают. Они остаются локально холодными и с полным или частичным отсутствием чувствительности, особенно в дистальных отделах, всю вторую стадию [2].
- III. III стадия обычно начинается внезапно и длится несколько суток или недель, а в тяжелых случаях – от 6 до 10 недель. Эта стадия характеризуется ярко-красными отеками конечностями с скачкообразным пульсом и замедленным наполнением капилляров, что, вероятно, вызвано повреждением микрососудов. Пораженные конечности чрезвычайно болезненны и гипералгичны, хотя некоторые дистальные области могут оставаться с полным или частичным отсутствием чувствительности. Как правило, видимых некрозов тканей нет, но на нежизнеспособных участках, подвергшихся давлению, могут появиться волдыри или обесцвечивание кожных покровов [2].
- IV. IV стадия возникает после исчезновения гиперемии кожных покровов. Она может длиться от нескольких недель до нескольких лет, а в тяжелых случаях может продолжаться всю жизнь пациента. Если нет некрозов тканей, кожные покровы пораженных конечностей визуально кажутся без изменений. Одним из наиболее частых стойких проявлений NFCI во время четвертой стадии является повышенная чувствительность к последующему воздействию холода. Чувствительность

к холоду может начаться в любое время, вплоть до 6 недель после травмы, даже в легких случаях, когда неврологические симптомы исчезают в течение первой недели. Пораженные конечности быстрее охлаждаются при воздействии холода, доставляют больше дискомфорта и медленно согреваются. Последующее воздействие холода может вызвать интенсивную вазоконстрикцию, часто сохраняющуюся в течение нескольких часов, даже после кратковременного воздействия холода. В ретроспективной серии случаев у пациентов субъективно отмечались более холодные конечности, аномальное ощущение покалывания и снижение чувствительности к легким прикосновениям, но без проприоцептивной потери чувствительности или нарушения походки. Многие пострадавшие с тяжелыми травмами испытывают хроническую боль, часто усиливающуюся при воздействии холода. Могут оставаться небольшие участки в дистальных отделах конечностей с отсутствием чувствительности. Гипергидроз является частым осложнением при тяжелых случаях NFCl. У пациентов также могут развиваться хронические неврологические заболевания, такие как комплексный регионарный болевой синдром или другие аналогичные синдромы. В редких случаях ткань, пораженная пролежневым некрозом, может стать откровенно некротизированной на четвертой стадии, что потребует ампутации. Сенсорная невропатия также может привести к таким осложнениям, как травмы и инфекции, включая остеомиелит или сепсис [13].

NFCl не является прогрессирующим состоянием. Самые тяжелые симптомы проявляются в первые несколько суток. После этого симптомы, вызванные NFCl, обычно улучшаются или остаются стабильными. Усиление симптомов не следует связывать с NFCl.

Диагностика NFCl

Диагностика NFCl проводится клинически, существующие лабораторные и инструментальные технологии мало информативны. Критерии постановки диагноза NFCl:

1. Пребывание пострадавшего в условиях, достаточных для того, чтобы вызвать значительное периферическое охлаждение, особенно во влажной и холодной среде с температурой воды $<15^{\circ}\text{C}$ (59°F), в сочетании с наличием холодных и онемевших участков дистальных отделов конечностей, в течение нескольких часов или суток.
2. Наличие периферической невропатии более 1 недели после воздействия холода в сочетании с повышенной влажностью на дистальные отделы конечностей, если исключены другие причины.

Дифференциальная диагностика NFCl

Отморожение, в отличие от NFCl, происходит только при температурах воздуха значительно ниже точки за-

мерзания и не может возникнуть в холодной воде, даже в морской. Теоретически отморожение и NFCl могут возникать вместе, если ткань с NFCl впоследствии замерзнет. Отмороженные ткани до оттаивания выглядят бледно-голубыми, желтыми или белыми. В отличие от ткани с NFCl, отмороженная ткань, которая не оттаяла, является твердой или твердой и выглядит восковидной.

Пролежни мягких тканей могут в ряде случаев возникнуть в связи с NFCl из-за отека внутри сдавливающей одежды и обуви. При NFCl пролежни безболезненны, так как ткани лишены чувствительности. Пролежни мягких тканей при NFCl крайне редко могут вызвать ишемию с локальной потерей ткани (гангрену). В тяжелых случаях при NFCl может возникать компартмент-синдром с последующим дистальным поражением тканей. Некрозы тканей после воздействия температур значительно ниже точки замерзания, обычно вызваны отморожением.

Инфекции мягких тканей могут вызывать покраснение и отек кожи с последующим некрозом, обычно односторонним. Инфекции редко поражают только дистальную часть конечности. Системные симптомы и признаки часто присутствуют при инфекции и редко встречаются при неосложненном NFCl.

Феномен Рейно, сильная вазоконстрикция в ответ на холод, обычно поражает руки или ноги с обеих сторон. Побледнение быстрое и четко разграничено с соседними участками непораженной кожи. Полное выздоровление достигается без последствий после согревания.

Отморожение, сдавливающий некроз, инфекции мягких тканей и феномен Рейно могут возникать в следствии NFCl.

Общие принципы лечебных мероприятий при NFCl

NFCl являются трудными для лечения, могут у пациентов существенно снижать качество жизни, за счет хронических невропатий и гиперчувствительности к холодовому воздействию, которые могут не редко не поддаваться лечению. Лечение NFCl носит симптоматический характер, так как патогенетическое отсутствует. Состав лечебных мероприятий зависит от этапа оказания медицинской помощи.

Догоспитальный этап оказания медицинской помощи при NFCl

Первое, что необходимо сделать это предотвратить дальнейшее охлаждение [9]. Конечности при NFCl следует пассивно согреть при комнатной температуре и приподнять под углом 30° градусов. Не доказано, что быстрое согревание при NFCl улучшает результаты лечения [19]. Согревание теплой водой, горячим воздухом или грелкой не допустимо. Погружение пораженных конечностей в теплую воду только усиливает болевой и отечный синдром у пострадавших [20], а также повышает метаболические потребности поврежденной кожи [12]. Для борьбы с болевым синдромом могут назначаться не наркотические анальгетики или НПВС в стандартных дозировках. По-

страдавшие с отеками на нижних конечностях не должны ходить, за исключением тех случаев, когда ходьба необходима для эвакуации. Пациенты, которые вынуждены ходить, должны по возможности с целью нивелирования механического травмирующего фактора носить толстые свободные носки и не тесную обувь [2].

Госпитальный этап оказания медицинской помощи при NFCl

При поступлении в госпиталь выполняется рентгенография пораженных конечностей с целью выявления переломов костных структур. При наличии нарушений целостности кожных покровов выполняются мероприятия по профилактике столбняка [19]. Больные госпитализируются. Режим постельный с приподнятым положением пораженных конечностей под углом 30 градусов, с целью снижения болевого и отечных синдромов [8]. Пораженные сегменты конечностей должны быть оголены. Воздух в палате комнатной температуры, максимально сухой.

Медикаментозное лечение:

1. Лечение и профилактика локальных микроциркуляторных нарушений в пораженных отделах конечностей (в первые 24 часа после возникновения NFCl назначается внутривенно антиагрегантный препарат илопрост) [21].
2. Борьба с болевым синдромом (назначаются ненаркотические анальгетики или НПВС в стандартных дозировках, амитриптилин (50–100 мг 1 раз в сутки на ночь, в случае их неэффективности с целью купирования нейропатических болей применяется габапентин в стандартных дозировках) [8; 22].
3. Антибиотикотерапия. Субфебрильная лихорадка (38–38,5 °C или 100,4–101,3 °F) часто развивается у больных с NFCl впервые 12–36 часов и не является показанием для назначения антибиотикотерапии. Показанием для назначения антибиотикотерапии у пациентов с NFCl является наличие вторичных инфекционных осложнений в виде инфекции кожи и подкожной клетчатки. Их возбудители стафилококки, стрептококки и псевдомонады. Входными воротами для обычно являются эрозии и изъязвления кожных покровов [23].

Осложнения NFCl

Главным осложнением NFCl, существенно снижающим качество жизни, являются хронические умеренно выраженные нейропатические боли в пораженных сегментах конечностей постоянного характера. Медикаментозное лечение до сих пор не разработано. Для снижения выраженности болей достаточно эффективно применяется аккупунктурная терапия [24; 25].

Довольно распространенным не приятным осложнением NFCl является выраженный гипергидроз стоп, который может вызывать рецидивирующие паронихиальные инфекции грибковой этиологии [8].

Профилактика возникновения NFCl

Меры по профилактике NFCl:

1. Регулярная ежедневная ротация людей, находящихся в холодных и влажных условиях внешней среды, является основой профилактики возникновения NFCl [13].
2. Подготовка и обучение людей к работе в холодных и влажных условиях внешней среды может снизить стресс и смягчить вазоконстрикцию, уменьшая вероятность возникновения NFCl [26].
3. Обязательное сохранение достаточного двигательного режима у людей, находящихся в холодных и влажных условиях внешней среды [27].
4. Адекватное горячее питание, богатое животным белком и жирами [27].
5. Назначение ответственного по проверке состояния дистальных сегментов нижних конечностей в подразделении (обычно стрелок-санитар), осуществляющего их визуальный осмотр не реже двух раз в сутки [22].
6. Изолирующая, свободная одежда и обувь, которые сохраняют руки и ноги человека в тепле и сухости [26].
7. В холодных и влажных условиях внешней среды смена носков 2–3 раза в сутки. Использование только носков хлопчатобумажной ткани или натуральной шерсти [12; 28].
8. При использовании сапог с пароизоляцией, применение талька, не содержащего асбеста, в дополнение к регулярной смене носков [12].
9. Отказ от нанесения кремов на ноги или руки в холодных и влажных условиях внешней среды [2].

Заключение

Несмотря на общий большой прогресс в медицине в последние десятилетия, существенного улучшения результатов лечения NFCl не достигнуто. Причиной этого является фрагментарная изученность патофизиологических особенностей возникновения и развития данного патологического процесса. Как следствие, отсутствие схем эффективного комплексного патогенетически обоснованного лечения и профилактики заболевания. Проблема лечения патологии стопы, возникшей в результате сочетанного воздействия холодных и влажных условий внешней среды до сих пор ждет от специалистов своего решения.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Najjar I, Karege G, Robert-Ebadi H. Prof. "Trench foot" on the banks of Lake Geneva: a severe case of nonfreezing cold injury. AIM Clinical Cases. 2022; 1. e220498. doi: 10.7326/aimcc.2022.0498.
2. Zafren K, Hollis S, Weiss EA. Prevention and treatment of nonfreezing cold injuries and warm water immersion tissue injuries: Supplement to Wilderness Medical Society clinical practice guidelines for the prevention and treatment of frostbite. Wilderness & Environmental Medicine. 2023; 34(2): 172–181. doi: 10.1016/j.wem.2023.02.006.

3. Кавалерский Г.М., Гаркави А.В. Раздел «Траншейная стопа» главы Термические поражения // Медицина чрезвычайных ситуаций. Хирургия катастроф. – Москва: Медицинское информационное агентство, 2015. – С.19. [Kavalersky GM, Garkavi AV. "Trench Foot" section of the chapter "Thermal Injuries". Emergency Medicine. Disaster Surgery. Moscow: Medical Information Agency. 2015. P.19. (In Russ.)]
4. Ноздрачев А.В., Сальников В.П., Сильников М.В., Химичев В.А. Воздействие климатических условий на человеческий организм // Экипировка. – СПб.: Санкт-Петербургский институт МВД России, 2001. – С.100. [Nozdralyov AV, Salnikov VP, Silnikov VA, Chimitchov. "The Impact of Climatic Conditions on the Human Body". Equipment. St. Petersburg: St. Petersburg Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2001. P.100. (In Russ.)]
5. Отморожение. Гипотермия. Другие эффекты воздействия низкой температуры. Клинические рекомендации МЗ РФ, 2021. – 131 с. <https://www.policlinika-fts.ru/upload/docs21/kr678-otmorozhenie-gipotermiya-drugie-effekty.pdf>. [Frostbite. Hypothermia. Other Effects of Low-Temperature Exposure. Clinical Guidelines of the Ministry of Health of the Russian Federation. 2021; 131 p. <https://www.policlinika-fts.ru/upload/docs21/kr678-otmorozhenie-gipotermiya-drugie-effekty.pdf>. (In Russ.)]
6. Mistry K, Ondhia C, Levell NJ. A review of trench foot: a disease of the past in the present. *Clinical and Experimental Dermatology*. 2020; 45(1): 10-14. doi: 10.1111/ced.14031.
7. Haller JS, Jr. Trench foot - A study in military-medical responsiveness in the Great War, 1914-1918. *West. J. Med*. 1990; 152: 729-733.
8. Thomas JR, Oakley HN. Nonfreezing cold injury. Pandolf KB, Burr RE. *Medical Aspects of Harsh Environments*. Washington, DC: Borden Institute. 2001; 467-490.
9. Русанов С.А. Траншейная стопа // Большая медицинская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. Б. В. Петровский. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия. – 1985. – Т. 25: Тениус – Углекислота. – С.225. [Rusanov SA. "Trench Foot". *Great Medical Encyclopedia: in 30 volumes / chief editor B. V. Petrovsky*. 3rd ed. Moscow: Soviet Encyclopedia. 1985; 25: Tenus - Carbon Dioxide: 225. (In Russ.)]
10. Jin H-X, Teng Y, Dai J, Zhao X-D. Expert consensus on the prevention, diagnosis and treatment of cold injury in China, 2020. *Mil Med Res*. 2021; 8(1): 6. doi: 10.1186/s40779-020-00295-z.
11. Zafren K. Nonfreezing Cold Injury (Trench Foot). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(19): 10482. doi: 10.3390/ijerph181910482.
12. Ungley CC, Channell GD, Richards RL. The immersion foot syndrome. *Wilderness and Environmental Medicine*. 2003; 14(2): 135-141. doi: 10.1580/1080-6032(2003)014[0135:TIFS]2.0.CO;2.
13. Kuht JA, Woods D, Hollis S. Case series of non-freezing cold injury: epidemiology and risk factors. *J R Army Med Corps*. 2019; 165(6): 400-404. doi: 10.1136/jramc-2018-000992.
14. Eglin CM, Wright J, Maley M, Hollis S, Massey H, Montgomery H, Tipton MJ. The peripheral vascular responses in non-freezing cold injury and matched controls. *Experimental Physiology*. 2023; 108(3): 420-437. doi: 10.1113/EP090721.
15. Daanen HA, Van de Linde FJ, Romet TT, Ducharme MB. The effect of body temperature on the hunting response of the middle finger skin temperature. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997; 76(6): 538-543. doi: 10.1007/s004210050287.
16. Collier T, Patel A, Rinaldi R. Hypothermia-induced peripheral polyneuropathy after an episode of drowning. *PM R*. 2012; 4(3): 230-233. doi: 10.1016/j.pmrj.2011.10.009.
17. Løseth S, Bågenholm A, Torbergson T, Stalberg E. Peripheral neuropathy caused by severe hypothermia. *Clin Neurophysiol*. 2013; 124(5): 1019-1024. doi: 10.1016/j.clinph.2012.11.002.
18. Montgomery H. Experimental immersion foot: review of the physiopathology. *Physiological Reviews*. 1954; 34(1): 127-137. doi: 10.1152/physrev.1954.34.1.127.
19. McIntosh SE, Freer L, Grissom CK, Auerbach PS, Rodway GW, Cochran A. Wilderness Medical Society clinical practice guidelines for the prevention and treatment of frostbite: 2019 update. *Wilderness Environ Med*. 2019; 30(4): S19-S32. doi: 10.1016/j.wem.2019.05.002.
20. Wrenn K. Immersion foot: a problem of the homeless in the 1990s. *Archives of Internal Medicine*. 1991; 151(4): 785-788. doi: 10.1001/archinte.151.4.785.
21. Tam A, Lyons T, Vennam S, Barnes R, Imray C. Early use of iloprost in non-freezing cold injury. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2022; 33(3): 344-347. doi: 10.1016/j.wem.2022.04.009.
22. Aldington D.J., McQuay H.J., Moore R.A. End-to-end military pain management. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2011; 366(1562): 268-275. doi: 10.1098/rstb.2010.0214.
23. Heil K, Thomas R, Robertson G, Porter A, Milner R, Wood A. Freezing and non-freezing cold weather injuries: a systematic review. *Br Med Bull*. 2016; 117(1): 79-93. doi: 10.1093/bmb/ldw001.
24. Anand P, Privitera R, Yiangou Y, Donatien P, Birch R, Misra P. Trench foot or non-freezing cold injury as a painful vaso-neuropathy: Clinical and skin biopsy assessments. *Front Neurol*. 2017; 8: 514. doi: 10.3389/fneur.2017.00514.
25. Vale TA, Symmonds M, Polydefkis M, Byrnes K, Rice ASC, Themistocleous AC, Bennett DLH. Chronic non-freezing cold injury results in neuropathic pain due to a sensory neuropathy. *Brain*. 2017; 140: 2557-2569. doi: 10.1093/brain/awx215.
26. Francis TJ, Golden FS. Non-freezing cold injury: the pathogenesis. *J R Nav Med Serv*. 1985; 71(1): 3-8.
27. Francis TJ. Non freezing cold injury: a historical review. *J R Nav Med Serv*. 1984; 70(3): 134-139.
28. Dow J, Giesbrecht GG, Danzl DF, Brugger H, Sagalyn EB, Walpoth B. Wilderness Medical Society clinical practice guidelines for the out-of-hospital evaluation and treatment of accidental hypothermia: 2019 update // *Wilderness Environ Med*. 2019; 30(4): 47-S69. doi: 10.1016/j.wem.2019.10.002.