

---

---

# ЛЕКЦИЯ

---

---

УДК 616.5-0023:615.832.97

## КРИОВОЗДЕЙСТВИЕ В ЛЕЧЕНИИ ГНОЙНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КОЖИ И ПОДКОЖНОЙ КЛЕТЧАТКИ

*А.В. Павлов, С.С. Маскин, Л.А. Иголкина*

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра госпитальной хирургии*

Гнойные заболевания мягких тканей – древнейшая и в то же время не теряющая актуальности проблема, на которую приходится не менее трети всех хирургических заболеваний, 12 % летальных исходов после плановых и 27 % – после экстренных операций. Постоянно идет поиск новых способов лечения, из которых наиболее перспективными являются методики с применением физического воздействия на рану. Одним из таких давно известных методов, но получивших распространение только в последнее время, является использование сверхнизких температур в обработке гнойного очага – локальное криовоздействие. Оно обладает как общими для всех физических методов достоинствами – малое количество устойчивых к интенсивному воздействию микроорганизмов, ограниченность и контролируемость применения, отсутствие существенных побочных явлений и аллергических реакций, так и уникальными для криовоздействия особенностями – малотравматичность, анестезирующие свойства, эффективность при хронических процессах, простота обработки сложных полостей, существенная активизация пролиферативных процессов. При этом криовоздействие на раны при разнообразных гнойных заболеваниях кожи и подкожной клетчатки еще не до конца изученный процесс, требующий дальнейшего изучения и адаптации методики для нужд гнойной хирургии.

*Ключевые слова:* криовоздействие, криохирургия, локальная криотерапия, жидкий азот, гнойные раны, хирургическая инфекция.

DOI 10.19163/1994-9480-2018-1(65)-3-9

## LOCAL CRYOTHERAPY IN TREATMENT OF PURULENT SKIN DISEASES AND SUBCUTANEOUS TISSUE

*A. V. Pavlov, S. S. Maskin, L. A. Igoalkina*

*FSEI HE «The Volgograd State Medical University» of Public Health Ministry of the Russian Federation,  
Department of hospital surgery*

Purulent diseases in surgery are the oldest and at the same time not-over-the-topical problem, accounting for at least a third of all surgical diseases, 12 % of deaths after planned and 27 % after emergency operations. There is a constant search for new methods of treatment. The most promising are methods with the use of physical influence on the wound. One of such, known for a long time, but has become widespread only recently is the use of ultra-low temperatures in wound processing – local cryotherapy. It has both advantages for the all physical methods: lack of microorganisms resistant to intensive exposure, locality of action, absence of significant side effects and allergic reactions, and unique features for local cryotherapy -it does not cause severe tissue damage, anesthetic properties, efficacy in chronic processes, ease of use for complex cavities debridement. At the same time, the local cryotherapy is largely unexplored topic, requiring further study and adaptation of the technique for the purulent surgery requirements.

*Key words:* cryoexposure, cryosurgery, local cryotherapy, liquid nitrogen, purulent wounds, surgical infection.

Несмотря на чрезвычайно длительную историю изучения, профилактики и лечения хирургами гнойных заболеваний кожи и подкожной клетчатки, данная группа патологий по-прежнему остается весьма актуальной проблемой в хирургии. С учетом сложности сбора и анализа статистической информации о столь массовой и при этом разнородной группе патологий имеются данные о том, что от 15 до 30 % случаев госпитализации в хирургический стационар приходится на инфекционно-воспалительные заболевания и их осложнения. Среди

данной группы патологий преобладают гнойные заболевания кожи, подкожной клетчатки и мягких тканей. Они встречаются у 36–50 % от всех больных [10]. Хирургическая инфекция также является источником значительной части послеоперационных осложнений, в разных федеральных округах составляя от 22 до 65 %, в среднем достигая 37 % от всех осложнений. При плановых оперативных вмешательствах в 1,5 % случаев и более чем в 4 % случаев экстренных операций отмечаются осложнения в виде инфекционного процесса

в области манипуляций. Гнойные патологии ухудшают состояние пациентов и по статистике являются причиной 12 % летальных исходов после плановых и 27 % летальных исходов после экстренных операций [23].

Не менее существенной проблемой является внутрибольничная инфекция, на которую приходится не менее 30 % от всех послеоперационных гнойных осложнений [16].

**Использование физических факторов в лечении гнойных заболеваний.** Именно физические методы воздействия, при всей условности данного термина, связанной с наличием физических принципов в основе любой обработки раны, в последнее время выходят на передний план научных интересов и исследований, направленных на борьбу с инфекцией кожи и подкожной клетчатки [29].

Данные методы воздействия по используемому в них физическому явлению можно разделить на следующие группы [2]:

1. Методы, основанные на использовании механических колебаний:

- обработка пульсирующей струей жидкости,
- обработка низкочастотным ультразвуком.

2. Методы, основанные на изменении внешнего давления воздушной среды:

- вакуумная обработка и вакуумная терапия,
- управляемая абактериальная среда,
- гипербарическая оксигенация.

3. Использование электромагнитных колебаний оптического диапазона:

- лазерное излучение:
  - а) высокоэнергетическое;
  - б) низкой интенсивности;
- ультрафиолетовое излучение.

4. Методы, основанные на использовании электрического тока:

- постоянные токи низкого напряжения (электрофорез, электростимуляция),
- модулированные токи (электростимуляция).

5. Методы, основанные на использовании магнитного поля:

- низкочастотная магнитотерапия,
- воздействие постоянного магнитного поля.

6. Методы, основанные на изменении температуры:

- криовоздействие.

Следует подчеркнуть, что физические факторы не заменяют полноценную хирургическую обработку, а дополняют ее, способствуя подавлению патогенной микрофлоры в ране, ускоряя процессы сепарирования и отхождения некротизированных тканей [20].

**Исторический аспект применения и изучения холодового воздействия в лечении гнойных заболеваний.** Криохирurgia (греч. *kyos* (холод) + хирургия) – хирургические методы лечения холодом, применяемые в различных областях медицины.

Еще древние медики были хорошо осведомлены о способности холода снимать боль и воспаление, снижать температуру тела, повышать сопротивляемость

организма неблагоприятным воздействиям. Существуют доказательства того, что холод применялся в Древней Греции еще за 3500 лет до новой эры, при лечении инфицированных ран. Древние египтяне, а позже и Гиппократ, и Гален, и Цельс, и Авиценна знали о болеутоляющих и противовоспалительных свойствах холода, который использовали для лечения инфицированных повреждений, переломов черепа и различных ран, полученных в бою. Широко использовал охлаждение для лечения ран Н.И. Пирогов. Новые возможности в лечении гнойно-воспалительных патологий с использованием холодового воздействия были получены с открытием и широкой доступностью криоагентов, таких как жидкий азот [17].

Следует отметить, что применение сверхнизких температур для лечения гнойных заболеваний мягких тканей изучено значительно менее чем основные направления криохирургии, такие как криоабляция при неопластических процессах различной локализации [25]. Это обстоятельство не отменяет актуальность и значимость для криотерапии гнойных заболеваний исследований в смежных областях криомедицины, однако изученное в них локальное криовоздействие на патологический участок лишь отчасти репрезентативно относительно очага гнойной патологии [50].

Специфика механизма воздействия сверхнизких температур на ткани при лечении гнойных заболеваний

Современная концепция локального криовоздействия включает в себя 2 этапа. Первый этап – непосредственное повреждение клеток низкой температурой. Происходит деструкция тканей, обусловленная кристаллизацией и последующим размораживанием внутри и внеклеточной воды, в результате чего происходит необратимое повреждение мембранных структур растущими и мигрирующими при оттаивании кристаллами воды. При криовоздействии за короткий период происходит быстрое прохождение и отступление ледяного фронта [42]. Область прямого повреждающего воздействия на ткани макроорганизма крайне ограничена. Микроорганизмы же обладают существенно меньшей резистентностью к криовоздействию и подвергаются деструкции [45].

Второй этап – реакция микроциркуляторного русла и наступающий в результате этой реакции ишемический некроз [22]. Происходит отек, неполные разрывы и разволокнения стенок капилляров, просветы артериол содержат множественные красные, белые и смешанные тромбы, что типично для температурного воздействия и ускоренного свертывания крови. В некоторых сосудах также отмечается фрагментация эластических волокон, вакуолизация цитоплазмы, в просветах наблюдается вспененная пузырьками газа плазма. Указанные изменения связаны с эффектами пучения. Именно данный этап сопровождается наибольшим повреждением тканей макроорганизма. [35].

**Адаптационный переход от методик криодеструкции к криовоздействию при гнойных**

**заболеваниях.** Особенности вышеприведенного механизма определяют отличия использования и изучения криовоздействия при гнойных заболеваниях мягких тканей относительно локального криовоздействия при опухолевых заболеваниях. На современном этапе наиболее исследованной областью криохирургии является криодеструкция неопластических образований. В соответствии с целью при криодеструкции ставится задача по преодолению холодоустойчивости тканей, что достигается путем усиления второй фазы и расширения зоны крионекроза, при этом применяются широко контактные наконечники, приводящие без криопротекторных систем к криоадгезии. В то время как при использовании в лечении гнойной патологии необходимо сохранить бактерицидное действие первой фазы и максимально уменьшить некротические явления во время второй. При этом криоадгезия не желательна, если не имеется целью крионекроэктомия [39].

Не менее трудной проблемой является сложность в прогнозировании дозозависимого эффекта от воздействия сверхнизких температур. В криоабляции данное обстоятельство менее значимо, вследствие нивелирования его из принципа «польза-риск» и синергии к принципу «абластики-антибластики». Повреждение подлежащих тканей, сохраняющее высокую опасность реинфицирования пораженных участков, весьма нерационально [43].

Вышеуказанное обуславливает необходимость поиска более адекватного по отношению к гнойной хирургии способа криовоздействия. Перспективным представляется применение криоспрея, методики достаточно отработанной в отдельных направлениях медицины и значительно более щадящей по отношению к тканям [40].

**Использование криовоздействия в лечении гнойных заболеваний.** Сверхнизкие температуры оказывают многокомпонентный эффект на воспалительный очаг [7]. Прежде всего, следует отметить прямой бактериостатический эффект [27]. Различные микроорганизмы достаточно быстро приобретают устойчивость к средствам с антибактериальной активностью. Ввиду этого очевиден интерес к использованию физических способов элиминации возбудителя [19]. Криовоздействие, как прочие физические факторы, используемые в обработке раны, вызывает элиминацию возбудителя при превышении порогового уровня устойчивости: микроорганизмы не способны образовывать резистентные формы при перепадах температур на сотни градусов в течение всего нескольких секунд [37].

В исследованиях Аверьянова М.Ю. и Слонимского В.В. [1] проведен сравнительный анализ результатов изучения микрофлоры послеоперационных ран с использованием посевов на кровяной агар при криохирургическом и традиционном способах лечения гнойных заболеваний кожи и подкожной клетчатки различной локализации соответственно у 20 пациентов. Возраст варьировал от 18 до 55 лет, длительность заболевания от 5 до 15 суток. Операции выполнялись с использованием простейших наборов для криодеструк-

ции со сменными металлическими наконечниками, ватных и марлевых тампонов на инструменте, предназначенных для работы контактным способом. Криодеструкция проводилась однократно, время экспозиции составляло 30–45 с в зависимости от площади патологического очага с целью обеспечения полного промерзания стенок гнойной полости на глубину 1–2 мм. Исследование микрофлоры в ране при криохирургическом и традиционном способах лечения осуществляли дважды: непосредственно после вскрытия гнойника и через сутки после операции. При использовании однократной криохирургической обработки полости гнойника было достигнуто достоверное снижение количества жизнеспособных возбудителей инфекции в операционной ране, полное выздоровление и сокращение средних сроков нетрудоспособности до 7,3 дней (при традиционных методах лечения – 11 дней), хороший косметический эффект [1]. Следует отметить, что в исследовании изучена лишь принципиальная возможность элиминации возбудителя при использовании криовоздействия.

Патологические гнойные очаги, особенно при наличии таких модифицирующих и утяжеляющих течение воспаления факторов, как иммунодефициты различного генеза, нарушение трофики тканей сердечно-сосудистого, нейро-вегетативного и иного генеза, сахарного диабете, гипертонической болезни, имеют тенденцию к хронизации процесса. Гнойная полость увеличивается в размерах, приобретает сложную и протяженную конфигурацию, с карманами и затеками, зачастую простирается на значительном протяжении под неизменными массивами эпидермиса и дермы. Полноценная обработка такого типа раны конвенциональными средствами бывает существенно затруднена, травматична, требует от хирурга изрядных усилий и расхода большого количества лечебных ресурсов. В подобных случаях криообработка позволяет обработать весь объем гнойной полости и оказывается особенно эффективна [14, 18, 49, 26].

Важной особенностью криовоздействия является простота в освоении [33] и универсальность применения при различных нозологических формах [9]. Тем не менее, данное преимущество реализуемо лишь в случае разработки научно обоснованной унифицированной методики использования локального криовоздействия в клинической практике.

Проведенные исследования показывают, что локальные сверхнизкие температуры оказывают выраженный анестезирующий эффект на ткани человека [36, 28]. При понижении температуры замедляются до полной остановки все процессы гомеостаза клеток [32]. Нервные клетки рецепторных окончаний и волокон переходят в состояние временной «гибернации» [31], теряя способность продуцировать и передавать болевые сигналы высшим центрам нервной деятельности [5]. Возможность криовоздействия также активно используются в практике восстановительного лечения, реабилитации и курортологии [3].

**Исследование новых возможностей криовоздействия при лечении гнойных заболеваний.** Мягкие ткани, в которых развивается гнойное воспаление, в тех или иных соотношениях содержат жировую ткань. Ее содержание колеблется в зависимости от локализации, но в любом случае остается достаточно значительным. Особенно это касается покровных тканей, в которых обязательно присутствует подкожный жировой слой. В преобладающем числе патологий жировая ткань участвует и способствует развитию воспалительного процесса. В ходе научных исследований было обнаружено, что криовоздействие оказывает особый эффект на жировую ткань. Было выявлено, что жировая ткань содержит в себе значительное депо мультипотентных мезенхимальных клеток. Вследствие криовоздействия в жировой ткани наступает локальный температурный шок. Его развитие активирует хранящиеся в этой ткани мультипотентные клетки [47]. Они оказываются задействованы в регенераторном процессе, существенно ускоряя его [15].

Подтверждают возможность холодовой активации и клинические случаи «парадоксального» эффекта криолиполиза. Выяснилось, что если при данной косметической процедуре криовоздействие проводилось выше пороговых значений температурного шока, то происходит не липолиз, а наоборот, пролиферация жировых клеток [41]. Вероятно, с сочетанием вышеуказанной активации мультипотентных клеток и превалирования действия на микроциркуляторное русло связано следующее уникальное свойство криовоздействия – активация неоангиогенеза [38]. Даже при учете доминирования на втором этапе повреждающего действия на микроангиосистему новые сосуды активно появляются во всех подвергшихся криовоздействию участках [46]. Этим объясняется тот факт, что после криовоздействия остается тонкий и малозаметный, но прочный и эластичный рубец [44, 48]. Таким образом, имеются предпосылки для применения криовоздействия на очаг и после первой фазы воспаления.

Замораживание до сверхнизких температур оказывает выраженное воздействие на соединительнотканые элементы раны [4]. С одной стороны, активизируются вялые грануляции, быстро и равномерно заполняют полость раны, с другой стороны, ускоряется деградация гиперпродукции рубцовой ткани. Как уже было сказано выше, заживление происходит быстро с формированием эластичного полноценного рубца или даже без него. Хорошо иллюстрирует указанное положительное действие применение криовоздействия при вросшем ногте [21]. Частота рецидивов при этом снижается более чем в два раза [34]. Таким образом, имеются все предпосылки для использования криовоздействия при длительно текущих, склонных к хронизации ранах, а также при неконтролируемой гиперпролиферации соединительной ткани.

Несмотря на имеющиеся предпосылки на сегодняшний момент нет соответствующих руководств и

пособий, дающих исчерпывающее представление о требуемом температурно-временном режиме. Имеющиеся в некоторых источниках методические указания представляют собой обобщение эмпирических данных, касающихся неопластических тканей и не являющихся релевантными тканям и микроорганизмам в воспалительном очаге [8].

Криовоздействие, являясь высокоинтенсивным физическим фактором, способно вызывать деструкцию не только патологических, но и части здоровых тканей [12]. Данная проблема достаточно широко освещена в исследованиях с использованием математических моделей, и в особенности в работах по применению криодеструкции в онкологии [13]. Однако следует отметить, что имеется существенное различие в целях, условиях и способах криовоздействия в случае неопластического заболевания и в случае гнойного воспаления. Таким образом, в указанных публикациях не рассмотрены возможные нежелательные эффекты с учетом особенностей воспалительного характера патологии [11].

Эффективность криовоздействия напрямую зависит от правильности применения соответствующей холодильной устройств, пути и способа подведения хладагента [6]. Происходит непрерывное расширение показаний и возможностей криохирургического оборудования, исследуются новые направления его применения [24]. Все это делает целесообразным дальнейшее изучение и адаптацию существующих технических решений в криомедицине под нужды гнойной хирургии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гнойно-воспалительные заболевания кожи и подкожной клетчатки остаются весьма распространенной и актуальной проблемой в хирургии. В лечении данной группы патологий на современном этапе активно используются физические факторы воздействия, идет непрерывный поиск новых и расширение возможностей хорошо известных методов обработки гнойных ран. Одним из таких перспективных методов является локальное криовоздействие сверхнизкими температурами. Криообработка обладает общими преимуществами дебридмента с использованием физических факторов – универсальность и высокая эффективность бактерицидного действия в отношении различным микроорганизмов, не выраженное развитие резистентности к воздействию со стороны патогенов, контролируемость применения, возможность улучшения метода с развитием технической оснащенности. При этом локальное криовоздействие при правильном применении демонстрирует присущие именно данному методу положительные свойства – безопасность применения, невыраженное локальное повреждающее действие на ткани и незначительное влияние на общие процессы в организме, возможность полноценного дебридмента сложных гнойных полостей, простоту в освоении, значительное ускорение процессов заживления. Особенно

успешно криовоздействие применяется при хронических и гиперпролиферативных воспалительных процессах. Вместе с тем для широкого внедрения в практику требуется углубленное изучение данного метода, выработка четких показаний для применения, исследование адаптации методики проведения и технического оснащения криообработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов М.Ю., Слонимский В.В. Микробиологические аспекты лечения гнойных заболеваний кожи и подкожной клетчатки криохирургическим методом // *Новости хирургии*. – 2012. – Т. 20. – № 3. – С. 43–47.
2. Алмазов И.А., Зиновьев Е.В., Апчел А.В. Доказательные подходы к выбору физических методик хирургической обработки ожоговых ран // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. – 2015. – № 4 (52). – С. 192–196.
3. Андреев А.В., Тагунова И.К. Возможности криохирургии в практике восстановительного лечения // *Медицинская реабилитация, курортология, физиотерапия*. – 2011. – № 4. – С. 39–42.
4. Аралова М.В., Глухов А.А. Общая и местная криотерапия в комплексном лечении ран // *Вестник новых медицинских технологий*. – 2015. – Т. 22. – № 2. – С. 111–115.
5. Буторина А.В., Кондратенко Р.О., Нестеров С.Б. Разработка и апробация охлаждающего аэрозоля для спортивной медицины // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование*. – 2015. – № 1. – С. 18–26.
6. Верховный А.И. и др. Современные тенденции совершенствования криомедицинской техники в РФ // *Молодежный научно-технический вестник*. – 2016. – № 4. – С. 3.
7. Глянецев С.П. Криохирургия / Новая российская энциклопедия. – М.: «Энциклопедия», 2012. – Т. 9 (1). – С. 158–179.
8. Говоров А.В. и др. Эффективность криовоздействия в зависимости от количественных и качественных режимов замораживания и оттаивания // *Экспериментальная и клиническая урология*. – 2015. – № 1. – С. 24–29.
9. Гольцев А.Н. и др. Криотерапия: инновационные подходы в медицине // *Новости медицины и фармации*. – 2014. – № 7–8. – С. 10–12.
10. Гостищев В.К. Клиническая оперативная гнойная хирургия. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 448 с.
11. Гудков А.Б., Попова О.Н. Особенности реакции лёгочного газообмена на локальное охлаждение кисти и стопы // *В мире научных открытий*. – 2014. – № 2 (50). – С. 72–78.
12. Доровских В.А. и др. Возможности коррекции процессов перекисного окисления липидов биомембран, индуцированных холодным воздействием // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. – 2016. – № 59. – С. 59–63.
13. Дорошкевич С.В., Пивченко П.Г., Дорошкевич Е.Ю. Опыт криомоделирования патологии поджелудочной железы // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. – 2010. – № 8. – С. 52–55.
14. Карапетян Г.Э. Использование криогенной стимуляции в амбулаторном лечении больных с хроническими ранами // *Сибирское медицинское обозрение*. – 2007. – № 1. – С. 80–82.
15. Коржилова С.В., Савченкова И.П. Подкожно-жировая ткань человека, подвергнутая низкотемпературному шоку, как источник жизнеспособной клеточной популяции с характеристиками мультипотентных мезенхимных стромальных клеток // *Цитология*. – 2010. – № 8. – С. 621–627.
16. Кочеров О.Т., Чынгышлаев Ш.М., Турсунов Р.А. Современное состояние вопроса хирургического лечения ран и раневой инфекции // *Вестник Авиценны*. – 2011. – № 1. – С. 22–25.
17. Кубышкин В.А. и др. История криохирургии // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. – 2015. – № 5. – С. 62–74.
18. Лопатин С.Б. Современные подходы к лечению хронического фарингита с использованием локальной и общей криотерапии // *Вестник Ивановской медицинской академии*. – 2010. – Т. 15. – № 4. – С. 62–63.
19. Макарова О.А., Кузнецова Н.Л. Применение локального криовоздействия у пациентов с инфицированными ранами носа // *Медицинская наука и образование Урала*. – 2011. – Т. 12. – № 3. – С. 33–34.
20. Митрофанов В.Н., Живцов О.П. Лечение гнойных ран при помощи физических методов воздействия // *Журнал МедиАль*. – 2013. – № 2. – С. 39–41.
21. Слонимский В.В. Использование криодеструкции для лечения вросшего ногтя в условиях поликлиники // *Современные технологии в медицине*. – 2012. – № 2. – С. 122–124.
22. Тыныныка Л.Н. и др. Морфологическое состояние изолированных артерий после глубокого замораживания и ионизирующего излучения // *Вестник проблем биологии и медицины*. – 2013. – Т. 1. – № 4. – С. 278–286.
23. Хачатрян Н.Н. и др. Послеоперационные осложнения: современный взгляд на профилактику и лечение // *Хирургическая практика*. – 2013. – № 4. – С. 25–31.
24. Цыганов Д.И. Криомедицина: процессы и аппараты. – М.: Сайнс-Пресс, 2011. – 304 с.
25. Afsar F.S., Erkan C.D., Karaca S. Clinical practice trends in cryosurgery: a retrospective study of cutaneous lesions // *Adv. Dermatol. Allergol.* – 2015. – Vol. 32. – № 2. – P. 88–93.
26. Albu S., et al. The influence of spray cryotherapy on wound healing following endoscopic sinus surgery in chronic rhinosinusitis // *Laryngoscope*. – 2016. – Vol. 126. – № 1. – P. 25–32.
27. Chen L., Chen X., Zeng Y. The different effects of cryoablation and thermal ablation on inflammation and scar hyperplasia in rat skin // *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. – 2015. – Vol. 38. – № 6. – P. 451–455.
28. Connelly N.R. et al. Use of ultrasound-guided cryotherapy for the management of chronic pain states // *J. Clin. Anesth.* – 2013. – Vol. 25. – № 8. – P. 634–636.
29. Daeschlein G. et al. Importance of modern treatment procedures for infected and colonized wounds in dermatology // *Hautarzt*. – 2014. – Vol. 65. – № 11. – P. 949–959.
30. Esposito S., Noviello S., Leone S. Epidemiology and microbiology of skin and soft tissue infections // *Curr. Opin. Infect. Dis.* – 2016. – Vol. 29. – № 2. – P. 109–115.
31. Furmanek M.P., Slomka K., Juras G. The effects of cryotherapy on proprioception system // *Biomed. Res. Int.* – 2014. – Vol. 2014. – P. 46–50.
32. Garg A. et al. Cryosurgery: painless and fearless management of mucocele in young patient // *J. Clin. Diagn. Res.* – 2014. – Vol. 8. – № 8. – P. 04–06.
33. Keelan R. et al. Computerized training of cryosurgery – a system approach // *Cryo Letters*. – 2013. – Vol. 34. – № 4. – P. 324–337.
34. Kucuktas M. et al. Comparison of effectiveness of electrocautery and cryotherapy in partial matrixectomy after partial nail extraction in the treatment of ingrown nails // *Dermatol. Surg.* – 2013. – Vol. 39. – № 2. – P. 274–280.
35. Lu A. et al. MRI of frozen tissue demonstrates a phase shift // *Magn. Reson. Med.* – 2011. – Vol. 66. – № 6. – P. 1582–1589.
36. Mirmovich O. et al. Pain evaluation and control during and following the treatment of hypertrophic scars and keloids by contact and intralesional cryosurgery—a preliminary study // *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* – 2012. – Vol. 26. – № 4. – P. 440–447.
37. Pagliarello C., Fabrizi G., di Nuzzo S. Cryoinsufflation for hidradenitis suppurativa: technical refinement to prevent complications // *Dermatol. Surg.* – 2016. – Vol. 42. – № 1. – P. 130–132.
38. Pimentel C.B., Moraes A.M. de, Cintra M.L. Angiogenic effects of cryosurgery with liquid nitrogen on the normal skin of rats, through morphometric study // *An. Bras. Dermatol.* – 2014. – Vol. 89. – № 3. – P. 410–413.
39. Ramajayam K.K., Kumar A. A novel approach to improve the efficacy of tumour ablation during cryosurgery // *Cryobiology*. – 2013. – Vol. 67. – № 2. – P. 201–213.
40. Ribeiro A. et al. Depth of injury caused by liquid nitrogen cryospray: study of human patients undergoing planned

esophagectomy // *Dig. Dis. Sci.* – 2014. – Vol. 59. – № 6. – P. 1296–1301.

41. Seaman S.A. et al. Paradoxical adipose hyperplasia and cellular effects after cryolipolysis: A case report // *Aesthet. Surg. J.* – 2016. – Vol. 36. – № 1. – P. 6–13.

42. Sheng L. et al. Ultrasound signal wavelet analysis to quantify the microstructures of normal and frozen tissues in vitro // *Cryobiology*. – 2014. – Vol. 68. – № 1. – P. 29–34.

43. Shin E.J. et al. Dose-dependent depth of tissue injury with carbon dioxide cryotherapy in porcine GI tract // *Gastrointest. Endosc.* – 2012. – Vol. 75. – № 5. – P. 1062–1067.

44. Strungs E.G. et al. Cryoinjury models of the adult and neonatal mouse heart for studies of scarring and regeneration // *Methods Mol. Biol.* – 2013. – Vol. 1037. – P. 343–353.

45. Tedeschi R., De Paoli P. Collection and preservation of frozen microorganisms // *Methods Mol. Biol.* – 2011. – Vol. 675. – P. 313–326.

46. Terhorst D. et al. Reflectance confocal microscopy for the evaluation of acute epidermal wound healing // *Wound Repair Regen.* – 2011. – Vol. 19. – № 6. – P. 671–679.

47. Van der Lans A.J. et al. Cold-activated brown adipose tissue in human adults: methodological issues // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* – 2014. – Vol. 307. – № 2. – P. 103–113.

48. Yang S., Kampp J. Common Dermatologic Procedures // *Med. Clin. North Am.* – 2015. – Vol. 99. – № 6. – P. 1305–1321.

49. Zembruska H. et al. Treatment of intractable rectal stump drainage with cryoablation // *Am. J. Gastroenterol.* – 2012. – Vol. 107. – № 10. – P. 1593–1595.

50. Zimmerman E.E., Crawford P. Cutaneous cryosurgery // *Am. Fam. Physician.* – 2012. – Vol. 86. – № 12. – P. 1118–1124.

## REFERENCES

1. Aver'yanov M.Yu., Slonimskiy V.V. Mikrobiologicheskie aspekty lecheniya gnoynnyh zabolevaniy kozhi i podkozhnoy kletchatki kriohirurgicheskim metodom [Microbiological aspects of purulent skin and subcutaneous tissue treatment by cryosurgical method]. *Novosti hirurgii* [Surgery news], 2012, Vol. 20, no. 3, pp. 43–47. (In Russ.; abstr. in Engl.).

2. Almazov I.A., Zinov'ev E.V., Apchel A.V. Dokazatel'nye podhody k vyboru fizicheskikh metodik hirurgicheskoy obrabotki ozhogovyh ran [Evidence-based approaches to the choice of physical techniques for surgical treatment of burn wounds]. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii* [Bulletin of the Russian Military Medical Academy], 2015, no. 4 (52), pp. 192–196. (In Russ.; abstr. in Engl.).

3. Andreev A.V., Tagunova I.K. Vozmozhnosti kriohirurgii v praktike vosstanovitel'nogo lecheniya [The possibilities of cryosurgery in the practice of restorative treatment]. *Meditsinskaya reabilitatsiya, kurortologiya, fizioterapiya* [Medical rehabilitation, balneology, physiotherapy], 2011, no. 4, pp. 39–42. (In Russ.; abstr. in Engl.).

4. Aralova M.V., Gluhov A.A. Obshchaya i mestnaya krioterapiya v kompleksnom lechenii ran [General and local cryotherapy in complex treatment of wounds]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* [Bulletin of new medical technologies], 2015, Vol. 22, no. 2, pp. 111–115. (In Russ.; abstr. in Engl.).

5. Butorina A.V., Kondratenko R.O., Nesterov S.B. Razrabotka i aprobatsiya ohlazhdayushchego aerolya dlya sportivnoy meditsiny [Development and approbation of cooling aerosol for sports medicine]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Holodil'naya tekhnika i konditsionirovanie* [Scientific journal of NIITMO. Series: Refrigerating machinery and air conditioning], 2015, no. 1, pp. 18–26. (In Russ.; abstr. in Engl.).

6. Verhovnyy A.I., Vasil'ev M.K., Savel'eva S.K., Ponomarev D.E., Antonov E.A. Sovremennye tendentsii sovershenstvovaniya kriomeditsinskoy tekhniki v RF [Modern trends in the improvement of cryomedical engineering in the Russian Federation]. *Molodezhnyy nauchno-tekhnicheskyy vestnik* [Youth scientific and technical bulletin], 2016, no. 4, pp. 3. (In Russ.; abstr. in Engl.).

7. Glyantsev S.P. Kriohirurgiya [Cryosurgery]. In *Novaya rossiyskaya entsiklopediya* [New Russian Encyclopedia]. Moscow, Entsiklopediya, 2012, Vol. 9 (1), pp. 158–179.

8. Govorov A.V., Vasil'ev A.O., Kovylna M.V., Prilepskaya E.A., Kovnatskaya G.A., Pushkar' D.YU. Effektivnost' kriovozdeystviya v zavisimosti ot kolichestvennyh i kachestvennyh rezhimov zamorazhivaniya i ottaivaniya [Effectiveness of cryoexposure depending on quantitative and qualitative modes of freezing and thawing]. *Ekspierimental'naya i klinicheskaya urologiya* [Experimental and clinical urology], 2015, no. 1, pp. 24–29. (In Russ.; abstr. in Engl.).

9. Gol'tsev A.N., Panchenko O.A., Baranov A.YU., Kut'ko I.I. Krioterapiya: innovatsionnye podhody v meditsine [Cryotherapy: innovative approaches in medicine]. *Novosti meditsiny i farmatsii* [News of Medicine and Pharmacy], 2014, no. 7–8, pp. 1–12. (In Russ.; abstr. in Engl.).

10. Gostishchev V.K. Klinicheskaya operativnaya gnoynnaya hirurgiya [Clinical operative purulent surgery]. Moscow, GEOTAR-Media, 2016. 448 p.

11. Gudkov A.B., Popova O.N. Osobennosti reaktsii legochnogo gazoobmena na lokal'noe ohlazhdenie kisti i stopy [Peculiarities of the pulmonary gas exchange reaction for local cooling of the hand and foot]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discoveries], 2014, no. 2 (50), pp. 72–78. (In Russ.; abstr. in Engl.).

12. Dorovskikh V.A., Simonova N.V., Li O.N., Dorovskikh YU.V. Vozmozhnosti korrektsii protsessov perekisnogo okisleniya lipidov biomembran, indutsirovannykh holdovym vozdeystviem [Possibilities of correcting the processes of lipid peroxidation of biomembranes induced by cold exposure]. *Byulleten' fiziologii i patologii dyhaniya* [Bulletin of the Physiology and Pathology of Breathing], 2016, no. 59, pp. 5–63. (In Russ.; abstr. in Engl.).

13. Doroshkevich S.V., Pivchenko P.G., Doroshkevich E.YU. Opyt kriomodelirovaniya patologii podzheludochnoy zhelezy [Experience of cryomodeling of pancreatic pathology]. *Ekspierimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya* [Experimental and clinical gastroenterology], 2010, no. 8, pp. 52–55. (In Russ.; abstr. in Engl.).

14. Karapetyan G.E. Ispol'zovanie kriogennoy stimulyatsii v ambulatornom lechenii bol'nykh s hronicheskimi ranami [Use of cryogenic stimulation in outpatient treatment of patients with chronic wounds]. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie* [Siberian Medical Review], 2007, no. 1, pp. 80–82. (In Russ.; abstr. in Engl.).

15. Korzhikova S.V., Savchenkova I.P. Podkozhno-zhirovaya tkan' cheloveka, podvergnutaya nizkotemperaturnomu shoku, kak istochnik zhiznesposobnoy kletochnoy populatsii s karakteristikami mul'tipotentnykh mezenhimnykh stromal'nykh kletok [Human subcutaneous fat tissue, subjected to low temperature shock, as the source of a viable cell population with characteristics of multipotent mesenchymal stromal cells]. *Tsitologiya* [Cytology], 2010, no. 8, pp. 621–627. (In Russ.; abstr. in Engl.).

16. Kochorov O.T., Chyngyshpaev SH.M., Tursunov R.A. Sovremennoe sostoyanie voprosa hirurgicheskogo lecheniya ran i ranevoy infektsii [The current state of the issue of surgical treatment of wounds and wound infection]. *Vestnik Avitsenny* [Bulletin of Avicenna], 2011, no. 1, pp. 22–25. (In Russ.; abstr. in Engl.).

17. Kubyshekin V.A., Ionkin D.A., Kungurtsev S.V., CHzhao A.V. Istoriya kriohirurgii [History of cryosurgery]. *Hirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova* [Surgery. The journal named after N.I. Pirogov], 2015, no. 5, pp. 62–74. (In Russ.; abstr. in Engl.).

18. Lopatin S.B. Sovremennyye podhody k lecheniyu hronicheskogo faringita s ispol'zovaniem lokal'noy i obshchey krioterapii [Modern approaches to the treatment of chronic pharyngitis with the use of local and general cryotherapy]. *Vestnik Ivanovskoy meditsinskoy akademii* [Bulletin of the Ivanovo Medical Academy], 2010, vol. 15, no. 4, pp. 62–63. (In Russ.; abstr. in Engl.).

19. Makarova O.A., Kuznetsova N.L. Primenenie lokal'nogo kriovozdeystviya u patsientov s infitsirovannymi ranami nosa [The use of local cryoexposure in patients with infected nasal wounds]. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala* [Medical science and education of the Urals], 2011, vol. 12, no. 3, pp. 33–34. (In Russ.; abstr. in Engl.).

20. Mitrofanov V.N., ZHivtsov O.P. Lechenie gnoynnykh ran pri pomoshchi fizicheskikh metodov vozdeystviya [Treatment of purulent wounds with the help of physical methods of influence].

*ZHurnal MediAI'* [MedialAI Journal], 2013, no. 2, pp. 39–41. (In Russ.; abstr. in Engl.).

21. Slonimskiy V.V. Ispol'zovanie kriodestruksii dlya lecheniya vrosshego nogtya v usloviyah polikliniki [Use of cryodestruction for the treatment of ingrown nails in a polyclinic]. *Sovremennyye tekhnologii v meditsine* [Modern technologies in medicine], 2012, no. 2, pp. 122–124. (In Russ.; abstr. in Engl.).

22. Tynynyka L.N., Shevchenko E.V., Mihaylova I.P., Sandomirskiy B.P. Morfologicheskoe sostoyanie izolirovannyh arteriy posle glubokogo zamorazhivaniya i ioniziruyushchego izlucheniya [Morphological state of isolated arteries after deep freezing and ionizing radiation]. *Vestnik problem biologii i meditsiny* [Bulletin of the problems of biology and medicine], 2013, Vol. 1, no. 4, pp. 278–286. (In Russ.; abstr. in Engl.).

23. Hachatryan N.N., CHupalov M.O., Isaev A.I., Fesenko T.A., Volkov M.A. Posleoperatsionnye oslozhneniya: sovremennyy vzglyad na profilaktiku i lechenie [Postoperative complications: a modern view of prevention and treatment]. *Hirurgicheskaya praktika* [Surgical practice], 2013, no. 4, pp. 25–31. (In Russ.; abstr. in Engl.).

24. TSyganov D.I. *Kriomeditsina: protsessy i apparaty* [Cryomedicine: Processes and Apparatuses]. Moscow: Sayns-Press, 2011. 304 p.

25. Afsar F.S., Erkan C.D., Karaca S. Clinical practice trends in cryosurgery: a retrospective study of cutaneous lesions // *Adv Dermatol Allergol.*, 2015, Vol. 32, no. 2, pp. 88–93.

26. Albu S. et al. The influence of spray cryotherapy on wound healing following endoscopic sinus surgery in chronic rhinosinusitis // *Laryngoscope*, 2016, Vol. 126, no. 1, pp. 25–32.

27. Chen L., Chen X., Zeng Y. The different effects of cryoablation and thermal ablation on inflammation and scar hyperplasia in rat skin // *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*, 2015, Vol. 38, no. 6, pp. 451–455.

28. Connelly N.R. et al. Use of ultrasound-guided cryotherapy for the management of chronic pain states // *J. Clin. Anesth.*, 2013, Vol. 25, no. 8, pp. 634–636.

29. Daeschlein G. et al. Importance of modern treatment procedures for infected and colonized wounds in dermatology // *Hautarzt*, 2014, Vol. 65, no. 11, pp. 949–959.

30. Esposito S., Noviello S., Leone S. Epidemiology and microbiology of skin and soft tissue infections // *Curr. Opin. Infect. Dis.*, 2016, Vol. 29, no. 2, pp. 109–115.

31. Furmanek M.P., Slomka K., Juras G. The effects of cryotherapy on proprioception system // *Biomed. Res. Int.*, 2014, Vol. 2014, pp. 46–50.

32. Garg A. et al. Cryosurgery: painless and fearless management of mucocele in young patient // *J. Clin. Diagn. Res.*, 2014, Vol. 8, no. 8, pp. 04–06.

33. Keelan R. et al. Computerized training of cryosurgery – a system approach // *Cryo Letters*, 2013, Vol. 34, no. 4, pp. 324–337.

34. Kucuktas M. et al. Comparison of effectiveness of electrocautery and cryotherapy in partial matrixectomy after partial nail extraction in the treatment of ingrown nails // *Dermatol Surg.*, 2013, Vol. 39, no. 2, pp. 274–280.

35. Lu A. et al. MRI of frozen tissue demonstrates a phase shift // *Magn Reson Med.*, 2011, Vol. 66, no. 6, pp. 1582–1589.

36. Mirmovich O. et al. Pain evaluation and control during and following the treatment of hypertrophic scars and keloids by contact and intralesional cryosurgery—a preliminary study // *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.*, 2012, Vol. 26, no. 4, pp. 440–447.

37. Pagliarello C., Fabrizi G., di Nuzzo S. Cryoinsufflation for Hidradenitis Suppurativa: Technical Refinement to Prevent Complications // *Dermatol. Surg.*, 2016, Vol. 42, no. 1, pp. 130–132.

38. Pimentel C.B., Moraes A.M. de, Cintra M.L. Angiogenic effects of cryosurgery with liquid nitrogen on the normal skin of rats, through morphometric study // *An. Bras. Dermatol.*, 2014, Vol. 89, no. 3, pp. 410–413.

39. Ramajayam K.K., Kumar A. A novel approach to improve the efficacy of tumour ablation during cryosurgery // *Cryobiology*, 2013, Vol. 67, no. 2, pp. 201–213.

40. Ribeiro A. et al. Depth of injury caused by liquid nitrogen cryospray: study of human patients undergoing planned esophagectomy // *Dig. Dis. Sci.*, 2014, Vol. 59, no. 6, pp. 1296–1301.

41. Seaman S.A. et al. Paradoxical Adipose Hyperplasia and Cellular Effects After Cryolipolysis: A Case Report // *Aesthet. Surg. J.*, 2016, Vol. 36, no. 1, pp. 6–13.

42. Sheng L. et al. Ultrasound signal wavelet analysis to quantify the microstructures of normal and frozen tissues in vitro // *Cryobiology*, 2014, Vol. 68, no. 1, pp. 29–34.

43. Shin E.J. et al. Dose-dependent depth of tissue injury with carbon dioxide cryotherapy in porcine GI tract // *Gastrointest. Endosc.*, 2012, Vol. 75, no. 5, pp. 1062–1067.

44. Strungs E.G. et al. Cryoinjury models of the adult and neonatal mouse heart for studies of scarring and regeneration // *Methods Mol. Biol.*, 2013, Vol. 1037, pp. 343–353.

45. Tedeschi R., De Paoli P. Collection and preservation of frozen microorganisms // *Methods Mol. Biol.*, 2011, Vol. 675, pp. 313–326.

46. Terhorst D. et al. Reflectance confocal microscopy for the evaluation of acute epidermal wound healing // *Wound Repair Regen*, 2011, Vol. 19, no. 6, pp. 671–679.

47. Van der Lans A.A.J.J. et al. Cold-activated brown adipose tissue in human adults: methodological issues // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 2014, Vol. 307, no. 2, pp. 103–113.

48. Yang S., Kampp J. Common Dermatologic Procedures // *Med. Clin. North Am.*, 2015, Vol. 99, no. 6, pp. 1305–1321.

49. Zembrzuska H. et al. Treatment of intractable rectal stump drainage with cryoablation // *Am. J. Gastroenterol.*, 2012, Vol. 107, no. 10, pp. 1593–1595.

50. Zimmerman E.E., Crawford P. Cutaneous cryosurgery // *Am. Fam. Physician*, 2012, Vol. 86, no. 12, pp. 1118–1124.

## Контактная информация

**Павлов Александр Владимирович** – аспирант, кафедра госпитальной хирургии, Волгоградский государственный медицинский университет, e-mail: necronimus@yandex.ru