

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611023>

# Оценка эффективности локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава в раннем послеоперационном периоде. Систематический обзор литературы

Д.И. Казанцев<sup>1</sup>, А.А. Очкуренко<sup>2</sup>, В.А. Пелеганчук<sup>1</sup>, Ю.М. Батрак<sup>1</sup><sup>1</sup> Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Барнаул, Россия;<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

Представлен обзор литературы, посвящённой клинической эффективности различных методов локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава в раннем послеоперационном периоде. Поиск литературы проводился по ключевым словам «криотерапия», «эндопротезирование коленного сустава» в базах данных Medline.ru, «КиберЛенинка», E-Library, PubMed, Cochrane. Дата проведения поиска — 01.07.2023 г. В обзор включены исследования, в которых проводилась оценка эффективности криотерапии после эндопротезирования коленного сустава в раннем послеоперационном периоде. Согласно стратегии электронного поиска, найдено 562 реферата, в обзор включено 16 исследований. Хотя пациенты имели схожие характеристики, между исследованиями наблюдалась значительная гетерогенность по способам криотерапии, длительности и кратности холодового воздействия. Вероятно, это послужило причиной противоречивых результатов данного обзора. В настоящий момент трудно сделать однозначный вывод о преимуществах и недостатках использования криотерапии после эндопротезирования коленного сустава. Необходимы высококачественные исследования по оценке эффективности криотерапии.

**Ключевые слова:** криотерапия; эндопротезирование; коленный сустав.

## Как цитировать:

Казанцев Д.И., Очкуренко А.А., Пелеганчук В.А., Батрак Ю.М. Оценка эффективности локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава в раннем послеоперационном периоде. Систематический обзор литературы // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 109–126. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611023>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611023>

# The evaluation of the effectiveness of cryotherapy after a knee replacement in the early postoperative period. Systematic review

Dmitriy I. Kazantsev<sup>1</sup>, Aleksandr A. Ochkurenko<sup>2</sup>, Vladimir A. Peleganchuk<sup>1</sup>, Yurii M. Batrak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Barnaul, Russia;

<sup>2</sup> Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

## ABSTRACT

A literature review of the clinical efficacy of various methods of local cryotherapy after knee endoprosthesis in the early postoperative period is presented. A literature search using the keywords “cryotherapy” and “knee arthroplasty” was conducted in the databases Medline.Ru, CyberLeninka, E-Library, PubMed, and Cochrane. The search date was January 7, 2023. The review included studies that assessed the effectiveness of cryotherapy after knee replacement in the early postoperative period. After electronic search, 562 abstracts were found, and 16 studies were included in the review. Although the patients had similar characteristics, significant heterogeneity was noted in the studies according to cryotherapy modality, duration, and frequency of cold exposure. This may have been the reason for the contradictory results of the review. It is challenging to draw a clear conclusion on the advantages and disadvantages of using cryotherapy after knee replacement. Thus, high-quality studies should examine the effectiveness of cryotherapy.

**Keywords:** cryotherapy; replacement; knee.

## To cite this article:

Kazantsev DI, Ochkurenko AA, Peleganchuk VA, Batrak YuM. The evaluation of the effectiveness of cryotherapy after a knee replacement in the early postoperative period. Systematic review. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):109–126. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto611023>

Received: 18.10.2023

Accepted: 05.12.2023

Published online: 22.03.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) является эффективным хирургическим лечением поздней стадии артроза коленного сустава [1]. Через 3–6 месяцев после оперативного лечения отмечаются значительное снижение болевого синдрома, увеличение объёма движений, улучшение функции и качества жизни, связанного со здоровьем [2–8]. Исследования с краткосрочным и среднесрочным наблюдением показали отличные результаты с высокой степенью удовлетворённости. Однако ранний послеоперационный период может сопровождаться острой болью [9], локальным отёком и значительной кровопотерей [10, 11] как результатом повреждения мягких тканей в ходе оперативного вмешательства. Ответная воспалительная реакция усиливает отёк, ограничение движений коленного сустава, снижение силы четырёхглавой мышцы и, наконец, приводит к задержке выздоровления и длительному пребыванию в стационаре [12, 13]. Для снижения проявлений воспалительного процесса и облегчения боли часто используют немедикаментозные методы, такие как локальная криотерапия [14, 15]. Она заключается в наружном применении холода (охлаждённый газ, охлаждённые жидкости, лёд) на область хирургического вмешательства с целью минимизации воспаления мягких тканей после эндопротезирования коленного сустава [10, 11]. Холод, проникая в мягкие ткани, снижает внутрисуставную температуру [12], тем самым замедляя проведение нервных импульсов [13], и уменьшает локальный кровоток [14, 15]. Эти изменения, в свою очередь, снижают болевую чувствительность, воспалительную реакцию, уровень кровопотери и местный отёк.

Несмотря на большое количество публикаций, посвящённых криотерапии, существуют противоречивые данные о роли локальной криотерапии в раннем послеоперационном периоде после тотального эндопротезирования коленного сустава. Анализ систематических обзоров показывает, что нет единого мнения об определении наиболее эффективной методики локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава [16–20]. Остаются актуальными вопросы выбора охлаждающего агента (охлаждённый газ, колотый лёд, гелевые подушки, криотерапевтические устройства), температуры воздействия, частоты применения, длительности экспозиции и продолжительности курса. Этот обзор литературы направлен на дальнейшее изучение клинической эффективности различных методов локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава в раннем послеоперационном периоде.

## МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

Поиск литературы проводился по ключевым словам «криотерапия», «эндопротезирование коленного

сустава» в базах данных Medline.ru, «КиберЛенинка», E-Library. Для баз данных PubMed и Cochrane ключевыми словами были «cryotherapy», «knee arthroplasty». Дата проведения поиска — 01.07.2023 г. Ограничение поиска по языку и времени публикации и фильтр для баз данных Medline.ru, E-Library, «КиберЛенинка» и Cochrane не применялись. При поиске в базе данных PubMed использовался фильтр по типу статей, из поиска были исключены обзоры, систематические обзоры и статьи с метаанализом данных.

*Критерием включения* были клинические исследования, в которых:

- проводилась оценка эффективности применения локальной криотерапии у пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава;
- сравнивалась эффективность использования любой формы локальной криотерапии в остром послеоперационном периоде (до 48 часов);
- выполнялась оценка эффективности одним и более из интересующих нас показателей.

*Критерии невключения:*

- применение криотерапии в комбинированном лечении с другими методиками, за исключением компрессии;
- использование криотерапии через 48 и более часов после оперативного вмешательства;
- обзоры литературы, систематические обзоры, метаанализы;
- неполнотекстовые статьи.

Компрессионное воздействие на сустав исключить не представляется возможным, так как в раннем послеоперационном периоде использовался компрессионный трикотаж с целью профилактики тромбозмембральных осложнений. К тому же большинство устройств для криотерапии оказывают компрессионное воздействие на сустав.

Из включённых в исследование статей извлекались общая информация, методика применения криотерапии и критерии оценки эффективности. Общая информация включала в себя дизайн исследования, авторов, количество участников исследования и конфликт интересов. Методика применения включала способ криотерапевтического воздействия (с применением пузыря со льдом, гелем или с помощью устройств), время старта криотерапии (непосредственно после операции или отсроченно), а также продолжительность воздействия, частоту применения и длительность курса терапии.

Критериями оценки эффективности были:

- боль (шкалы);
- отёк (окружность сустава вокруг фиксированной точки в миллиметрах);
- объём кровопотери (измерялся в миллилитрах содержимого дренажа/снижение гемоглобина);
- объём движения сустава (в градусах);
- сила мышц (выбранная автором оценка);

- продолжительность стационарного лечения (изменялась в количестве дней, проведённых в стационаре после операции);
- потребность в опиоидах (миллиграмм на килограмм массы тела).

Сила мышц является собирательным понятием, которое складывается из данных альгофункциональных шкал, выбранных автором (KSS, 6MWT, ходьба без посторонней помощи и т.д.).

Согласно стратегии электронного поиска найдено 562 реферата: Medline.ru — 0 исследований, «КиберЛенинка» — 44 исследования, E-Library — 424, PubMed — 29, Cochrane Database — 65. После анализа рефератов 546 исследований были исключены из обзора, так как не отвечали критериям включения и/или соответствовали критериям невключения (рис. 1).

В данный обзор было включено 16 исследований [21–36]. Всего в них было изучено влияние криотерапии на 1300 коленных суставов после эндопротезирования коленного сустава у 1241 пациента (у 59 пациентов выполнено двустороннее ТЭК).

В табл. 1 представлена сводная оценка каждого включённого в обзор исследования. Все исследования были проспективными. В одном из них не была проведена рандомизация [25]. Слепение для криотерапии затруднено из-за характера вмешательства, но было достигнуто в 3 исследованиях [27, 34, 35]. Стоит отметить, что двое авторов докладывают о существующем конфликте интересов, в трёх исследованиях отмечено финансовое участие коммерческих организаций, в двух работах информации о конфликте интересов и финансировании не предоставлено.

Хотя пациенты имели схожие характеристики, между исследованиями наблюдалась значительная

гетерогенность по способам криотерапии, длительности, кратности холодового воздействия и оценке эффективности. В пяти исследованиях [21, 24, 25, 30, 31] сравниваемые группы различались наличием либо отсутствием воздействия холода на коленный сустав. В четырёх из них использовалось устройство для непрерывной локальной криотерапии, в пятом исследовании применяли колотый лёд. Подробная информация о методиках криотерапии данной группы исследований представлена в табл. 2.

В одиннадцати работах [22, 23, 26–29, 32–36] проводилось сравнение разных способов криотерапии. В восьми из одиннадцати исследований сравнивалась эффективность традиционного способа криотерапии (пакет со льдом/гелем) с эффективностью криотерапевтических устройств с манжетой на сустав [23, 27–29, 32–35]. В двух из одиннадцати исследований сравнивалась эффективность разных температурных режимов [22, 36]. В одном исследовании автор проводил сравнительную оценку эффективности трёх методов криотерапии: пакета с гелем, воздушной криотерапии и устройства для криотерапии с манжетой на сустав [26]. Подробная информация о методике локальной криотерапии представлена в приложении 1.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В данный систематический обзор включено 16 исследований. Была ожидаема проблема гетерогенности исследований по методике вмешательства (температура, частота и длительность воздействия, продолжительность курса) и критериям оценки. Для оценки эффективности все исследования были разделены на две группы. В первой группе исследований сравнивалась эффективность криотерапии с контрольной группой, где пациентам

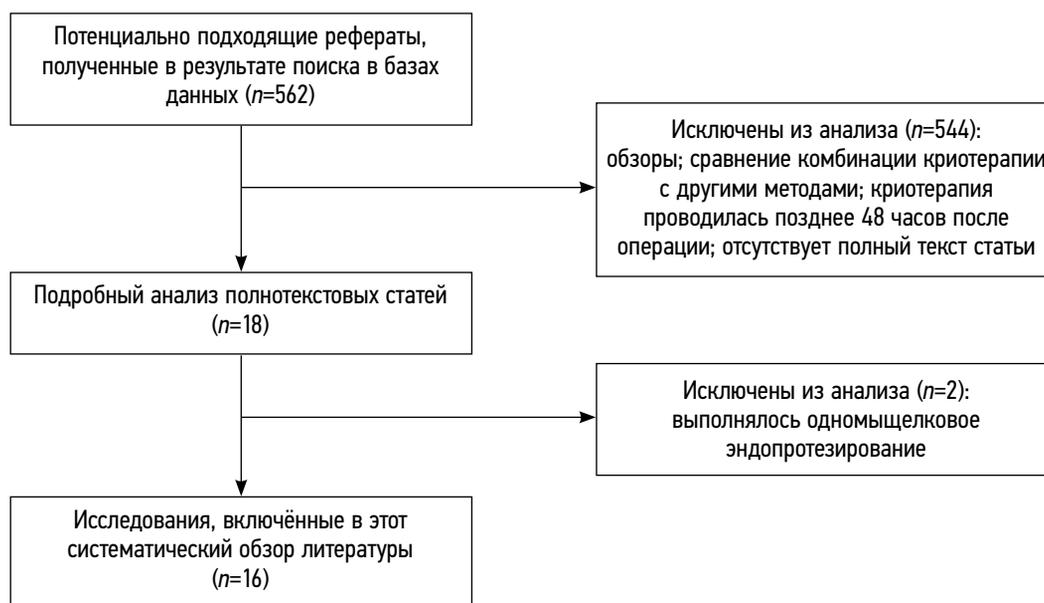


Рис. 1. Схема отбора источников литературы по криотерапии после эндопротезирования коленного сустава.

Fig. 1. A literature source selection scheme for cryotherapy after knee endoprosthesis.

Таблица 1. Общая характеристика включённых в обзор исследований  
Table 1. General characteristics of the studies included in the review

Автор	Год публикации	Количество пациентов	Проспективное исследование	Рандомизация	Ослепление	Конфликт интересов
Ley A.	1993	80	Да	Да	Нет	Есть
Ivey M.	1994	88	Да	Да	Нет	Нет информации
Healy W.	1994	76	Да	Да	Нет	Есть
Gibbons C.	2001	60	Да	Да	Нет	Нет информации
Morsi E.	2002	30	Да	Нет	Нет	Нет
Demoulin C.	2012	66	Да	Да	Нет	Нет, но есть финансирование
Su E.	2012	187	Да	Да	Да	Нет
Thienpont E.	2014	100	Да	Да	Нет	Нет
Bech M.	2015	71	Да	Да	Нет	Нет, но есть финансирование
Witting-Wells D.	2015	29	Да	Да	Нет	Нет
Kuyucu E.	2015	60	Да	Да	Нет	Нет
Schinsky M.	2016	97	Да	Да	Нет	Нет
Ruffilli A.	2017	50	Да	Да	Нет	Нет
Sadoghi P.	2018	97	Да	Да	Да	Нет, но есть финансирование
Karaduman Z.	2019	90	Да	Да	Нет	Нет
Thijs E.	2019	60	Да	Да	Да	Нет

Таблица 2. Результаты исследования оценки эффективности криотерапии (контрольная группа — отсутствие холодового воздействия)  
Table 2. Results of a study to evaluate the effectiveness of cryotherapy (control group — no cold exposure)

Автор	Год публикации	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности							
			День начала лечения	Способ криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса (дн.)	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность лечения	Потребность в опиоидах
Levy A.	1993	80	День операции	Syuo/Cuff, Aircast, USA	Нет информации	Непрерывно, замена воды в системе каждые 90 минут	3	2 недели	$p < 0,01$	—	$p < 0,001$	$p < 0,01$	—	—	$p < 0,05$
Gibbons C.	2001	60	День операции	Syuo/Cuff, Aircast, UK	Нет информации	Не менее 6 часов в день	11–13	Нет информации	$p > 0,05$	—	$p < 0,05$	$p > 0,05$	—	$p > 0,05$	$p > 0,05$
Morsi E.	2002	30	День операции	Устройство для непрерывной криотерапии	Первые 2 часа — $7 \pm 2^\circ$ , затем $12 \pm 3^\circ$ (температура кожи)	Непрерывно с короткими интервалами на ЛФК	6	6 недель	$p < 0,05$	$p > 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	—	—	—
Witting-Wells D.	2015	29	День операции	Пакет со льдом	Нет информации	30 минут 1 раз в день	1	Нет информации	$p > 0,05$	—	—	—	—	—	—
Куусу Е.	2015	60	Перед операцией	Waegeneer®, Beerge, Belgium	Нет информации	2 часа перед операцией. 2 часа 1 раз в день	4	12 месяцев	$p < 0,05$	—	$p > 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	—	—

Примечание.  $p < 0,05$  — значимая разница между сравниваемыми группами,  $p > 0,05$  — значимой разницы между сравниваемыми группами нет, — не исследовалось.  
Note.  $p < 0,05$  — significant difference between the compared groups,  $p > 0,05$  — no significant difference between the compared groups, — not investigated.

не применялось холодное воздействие. Во второй группе исследований проводилась оценка способов криотерапии.

### **Эффективность применения криотерапии (контрольная группа — отсутствие холодного воздействия)**

В трёх из пяти исследований криотерапия показала эффективность в отношении болевого синдрома [21, 25, 31]. А. Levy отметил снижение потребности в опиоидах в группе криотерапии [21]. В двух работах значимой разницы по болевому синдрому выявлено не было [24, 30]. С. Gibbons не выявил преимуществ криотерапии относительно потребности в опиоидах [24]. Вероятно, это связано с различной температурой охлаждения кожных покровов. Исследователи L. Jutte [37] и R. Bugaj [38] в своих работах сообщили, что температура кожных покровов 13,6° вызывает местную анальгезию, а снижение температуры кожи до 12,5° приводит к десятипроцентному снижению нервной проводимости. В данной группе исследований только E. Morsi [25] контролировал температуру кожных покровов на протяжении всего испытания. Можно сделать вывод, что гетерогенность результата связана с разным температурным режимом воздействия на сустав.

Оценка объёма кровопотери была проведена в четырёх исследованиях [21, 24, 25, 31]. В трёх из них выявлено значимое преимущество криотерапии [21, 24, 25]. Стоит отметить, что объём кровопотери был значимо меньше в исследованиях, где криотерапия применялась непрерывно либо не менее 6 часов в день. E. Кууиси оказывал воздействие на сустав 2 часа в день, преимуществ криотерапии относительно объёма кровопотери выявлено не было [31]. Вероятно, объём кровопотери был меньше за счёт длительной дополнительной компрессии коленного сустава, которая привела к уменьшению полости сустава. Но данная гипотеза требует дальнейшего исследования.

Объём движений был исследован в четырёх работах [21, 24, 25, 31], эффективность криотерапии доказана в трёх из них [21, 25, 31]. В современной литературе описывается несколько факторов, влияющих на объём движений коленного сустава после эндопротезирования: исходная деформация сустава, выбор имплантата, хирургическая техника, сопутствующая патология, реабилитационный потенциал пациента. J. Lützner [39] в своей работе провёл многофакторный анализ и пришёл к выводу, что дооперационный объём движений коленного сустава был единственным значимым фактором, влияющим на объём движений при последующем наблюдении. В нашем обзоре отмечена корреляция между болевым синдромом и объёмом движений в суставе: чем меньше болевой синдром в группе, тем больше объём движений в суставе, при условии, что между сравниваемыми группами не было статистически значимых различий по альгофункциональным шкалам и объёму движений перед вмешательством [24, 31].

Проводилась оценка влияния криотерапии на отёк коленного сустава, силу мышц и продолжительность стационарного лечения. E. Morsi в своём исследовании не выявил преимуществ криотерапии для отёка сустава, несмотря на доказанную эффективность в отношении болевого синдрома, объёма кровопотери и объёма движений [25]. Сила мышц имела положительную корреляцию с объёмом движений и отрицательную — с болевым синдромом [31]. С. Gibbons не выявил влияния криотерапии на продолжительность стационарного лечения, а также на болевой синдром, потребность в опиоидах и объём движений [24].

Критерии выписки из стационара включают в себя способность к самообслуживанию [40]. Пациент должен самостоятельно передвигаться, производить смену положения тела, ходить с костылями более 70 метров. Реализация данных критериев возможна в условиях умеренного болевого синдрома, достаточного объёма движений, силы мышц и отсутствия потребности в парентеральных обезболивающих, в том числе опиатах.

Высокая гетерогенность методик локальной криотерапии неизбежно приводит к различным результатам, что не позволяет нам однозначно утверждать о преимуществе одной из них. К такому же заключению пришёл в своей работе P. Kramp: исследования, включённые в его систематический обзор, имели множество методологических ошибок, и проведённый им метаанализ не смог подтвердить клиническую эффективность локальной криотерапии [18].

### **Эффективность применения криотерапии (исследуемые группы отличаются способом холодного воздействия)**

M. Ivey [22] и E. Thijs [36] в своих исследованиях оценили эффективность криотерапии в зависимости от температурного режима. M. Ivey сравнивал влияние трёх температурных режимов (10, 16, 21°) на уровень болевого синдрома и потребность в опиоидах [22]. Значимой разницы между сравниваемыми группами ни по одному критерию получено не было. E. Thijs сравнил эффективность двух температурных режимов (10–12, 21°) в отношении болевого синдрома, отёка сустава и потребности в опиоидах, была получена значимая разница между сравниваемыми группами по болевому синдрому и потребности в опиоидах, но не было отмечено различий в отношении отёка сустава [36]. Из этого исследования можно сделать вывод, что температурный режим влияет на болевой синдром. Отсутствие разницы между сравниваемыми группами в отношении отёчности сустава можно объяснить одинаковым режимом компрессионного воздействия на коленный сустав. Противоположные результаты этих исследований в отношении болевого синдрома и потребности в опиатах, вероятно, связаны с применением разных послеоперационных повязок: M. Ivey применял марлевую повязку для закрытия послеоперационной

раны [22], E. Thijs — адгезивную повязку [36]. T. Ibrahim в своём экспериментальном исследовании доказал влияние толщины послеоперационной повязки на температуру кожных покровов при проведении криотерапии у здоровых пациентов [41]. Адгезивная повязка не оказывает значимого теплоизолирующего действия на кожные покровы в сравнении с группой, где повязка отсутствовала. Температура кожных покровов под объёмными повязками значимо отличалась.

Традиционная криотерапия включает в себя использование пакетов со льдом или гелем. Современная криотерапия представляет собой устройства, способные удерживать заданную температуру длительное время, а также оказывать контролируруемую компрессию на сустав. В семи исследованиях авторы оценивали клиническую эффективность современных устройств в сравнении с традиционными способами криотерапии [23, 27–29, 32–34]. Важно отметить, что все пациенты в той или иной мере получали компрессию прооперированного сустава, так как в большинстве клиник применение компрессионного трикотажа с целью профилактики тромбозных осложнений в послеоперационном периоде является обязательным.

Возможно, этим фактом объясняется отсутствие значимой разницы в объёме кровопотери и отёке сустава между традиционной и аппаратной криотерапией во всех семи исследованиях. К тому же компрессионный трикотаж создаёт дополнительную теплоизоляцию, что препятствует достижению терапевтически значимой температуры кожных покровов [37, 38]. Это объясняет отсутствие значимых различий в раннем послеоперационном периоде по болевому синдрому и потребности в опиатах в пяти из семи исследований [23, 27–29, 33]. M. Schinsky получил значимое снижение болевого синдрома в группе с традиционной криотерапией через 6 недель после операции. В других исследованиях такого результата не наблюдалось [32]. Вероятно, в этом исследовании имелись дополнительные факторы, влияющие на болевой синдром.

E. Su получил значимое снижение потребности в опиатах в группе с криотерапевтическим устройством [27]. Пакет со льдом накладывался на компрессионно-эластическую повязку, что теоретически могло послужить препятствием для достижения целевой температуры кожных покровов. Криопневматическое устройство накладывалось на сустав без дополнительной компрессионной повязки.

В исследовании P. Sadoghi накладывались одинаковые послеоперационные повязки и компрессионный трикотаж [34], однако длительность холодового воздействия традиционными способами криотерапии была значительно меньше. К тому же в группе с применением устройства для криотерапии холодовое воздействие оказывалось перед оперативным вмешательством. Это могло послужить причиной меньшего уровня болевого синдрома у пациентов с использованием устройства.

Объём движений сустава изучался во всех семи исследованиях, где проводилось сравнение традиционной и аппаратной криотерапии, а сила мышц — в трёх [27–29]. В вышеперечисленных исследованиях отмечается взаимосвязь между болевым синдромом, объёмом движений и силой мышц. Исключение составляет исследование E. Thienpont [28]. В данном исследовании нет предоперационной оценки объёма движений сустава в сравниваемых группах, что гипотетически могло привести к статистической ошибке. Значимой разницы в длительности стационарного лечения в данных исследованиях выявлено не было.

Вышеперечисленные исследования различаются по выбору послеоперационной повязки, эластического трикотажа, продолжительности холодового воздействия, контролю температуры кожных покровов и предоперационной функциональной оценке. В настоящем обзоре мы не нашли данных о явных клинических преимуществах криотерапевтических устройств перед традиционной криотерапией. В этом наш вывод совпадает с A. Thasoo и M. Liu [17, 19], которые в своих работах также отмечают значительную гетерогенность методик локальной криотерапии.

C. Demoulin сравнивал эффективность трёх способов криотерапии: воздушной криотерапии, пакета с гелем и устройства для криотерапии с манжетой [26]. В данном исследовании проводился контроль температуры кожных покровов. Терапевтически значимая температура кожи была достигнута только в группе воздушной криотерапии, но воздействие длилось 90 секунд. Температура кожных покровов достигла 22–24° в группах традиционной криотерапии и с применением устройства, но информация об экспозиции данной температуры отсутствует. В группе с применением геля дополнительно использовалось полотенце, что могло повлиять на результат. Автор использовал сравнение болевого синдрома после операции с предоперационным уровнем боли. В связи с этим  $p < 0,05$  в группах воздушной и традиционной криотерапии говорит о значительной разнице болевого синдрома в сторону его увеличения.

Z. Karaduman провёл сравнение трёх групп [35]. В двух группах использовалось устройство для криотерапии: в одной из них криотерапия применялась до и после операции, во второй группе — только после операции. Третья группа пациентов получала традиционную криотерапию. В группах, где применялось устройство для криотерапии, показатели боли, отёка сустава, объёма кровопотери и продолжительности стационарного лечения были значимо лучшими, чем в группе традиционной криотерапии. В группе, где криотерапия применялась перед операцией, показатель боли и объём движений в суставе были значительно лучше, чем во второй и третьей группах. Вероятно, применение криотерапии перед операцией оказывает положительный эффект на болевой синдром и, как следствие, на объём движений в раннем послеоперационном периоде.

В пяти работах учитывался индекс массы тела (ИМТ) пациентов [26, 28, 33, 35, 36]. Сравнимые группы были однородны по ИМТ. Существует гипотеза, что на внутрисуставную температуру во время криотерапии может повлиять толщина мягких тканей. У.Н. Kim в своём исследовании оценивал влияние газовой криотерапии на температуру кожных покровов и внутрисуставную температуру [42]. Значимой корреляции между ИМТ и динамикой изменения температуры кожных покровов или в полости коленного сустава ни во время криотерапии, ни после неё не выявлено. Стоит отметить, что ИМТ может неточно отражать толщину подкожно-жировой клетчатки области коленного сустава. Представляется необходимым измерение толщины подкожно-жировой клетчатки области коленного сустава при определении соотношения динамики охлаждения кожных покровов и полости сустава во время криотерапии.

Во всех 16 исследованиях не было отмечено осложнений, ассоциированных с охлаждением кожных покровов. Встречались тромбозы глубоких вен нижних конечностей, поверхностная и глубокая перипротезные инфекции [21, 24, 35]. Однако значимой разницы в количестве осложнений в сравниваемых группах не было обнаружено ни в одном исследовании.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Контроль болевого синдрома после эндопротезирования коленного сустава по-прежнему является важным аспектом в раннем послеоперационном периоде. Локальная криотерапия как метод немедикаментозного воздействия на болевой синдром становится всё более популярной. Результаты данного обзора по оценке эффективности применения локальной криотерапии достаточно противоречивы. Вероятно, это связано

с гетерогенностью холодового воздействия: способом криотерапии, температурой воздействия, частотой применения, длительностью экспозиции и продолжительностью курса.

В настоящее время трудно сделать однозначный вывод о преимуществах и недостатках использования криотерапии. Необходимы высококачественные исследования по оценке эффективности локальной криотерапии после эндопротезирования коленного сустава.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

## ADDITIONAL INFO

**Author contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Felson D.T., Lawrence R.C., Hochberg M.C., et al. Osteoarthritis: new insights. Part 2: treatment approaches // *Ann Intern Med.* 2000. Vol. 133, № 9. P. 726–37. doi: 10.7326/0003-4819-133-9-200011070-00015
2. Naylor J.M., Harmer A.R., Heard R.C., et al. Patterns of recovery following knee and hip replacement in an Australian cohort // *Aust Health Rev.* 2009. Vol. 33, № 1. P. 124–35. doi: 10.1071/ah090124
3. Bourne R.B., McCalden R.W., MacDonald S.J., et al. Influence of patient factors on TKA outcomes at 5 to 11 years followup // *Clin Orthop.* 2007. Vol. 464. P. 27–31. doi: 10.1097/BLO.0b013e318159c5ff
4. Harris W.H., Sledge C.B. Total hip and total knee replacement (2) // *N Engl J Med.* 1990. Vol. 323, № 12. P. 801–7. doi: 10.1056/NEJM199009203231206
5. Hawker G., Wright J., Coyte P., et al. Health-related quality of life after knee replacement // *J Bone Joint Surg Am.* 1998. Vol. 80, № 2. P. 163–73. doi: 10.2106/00004623-199802000-00003
6. Sorrells R.B., Voorhorst P.E., Murphy J.A., et al. Uncemented rotating-platform total knee replacement: a five to twelve-year follow-up study // *J Bone Joint Surg Am.* 2004. Vol. 86, № 10. P. 2156–62.
7. Kurtz S., Ong K., Lau E., Mowat F., Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030 // *J Bone Joint Surg Am.* 2007. Vol. 89, № 4. P. 780–5. doi: 10.2106/JBJS.F.00222
8. Patel A., Pavlou G., Mújica-Mota R.E., Toms A.D. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the national joint registry dataset // *Bone Joint J.* 2015. Vol. 97-B, № 8. P. 1076–81. doi: 10.1302/0301-620X.97B8.35170
9. Jamison R.N., Ross M.J., Hoopman P., et al. Assessment of postoperative pain management: patient satisfaction and perceived helpfulness // *Clin J Pain.* 1997. Vol. 13, № 3. P. 229–36. doi: 10.1097/00002508-199709000-00008
10. Berman A.T., Geissele A.E., Bosacco S.J. Blood loss with total knee arthroplasty // *Clin Orthop.* 1988. № 234. P. 137–8.
11. Sehat K.R., Evans R.L., Newman J.H. Hidden blood loss following hip and knee arthroplasty. Correct management of blood loss should

- take hidden loss into account // *J Bone Joint Surg Br.* 2004. Vol. 86, № 4. P. 561–5.
- 12.** Matsen 3<sup>rd</sup> F.A., Questad K., Matsen A.L. The effect of local cooling on postfracture swelling. A controlled study // *Clin Orthop Relat Res.* 1975. № 109. P. 201–6. doi: 10.1097/00003086-197506000-00029
- 13.** Hecht P.J., Bachmann S., Booth Jr R.E., Rothman R.H. Effects of thermal therapy on rehabilitation after total knee arthroplasty. A prospective randomized study // *Clin Orthop Relat Res.* 1983. № 178. P. 198–201.
- 14.** Guillot X., Tordi N., Prati C., et al. Cryotherapy decreases synovial Doppler activity and pain in knee arthritis: A randomized-controlled trial // *Joint Bone Spine.* 2017. Vol. 84, № 4. P. 477–483. doi: 10.1016/j.jbspin.2016.09.004
- 15.** Zhong Y., Zheng C., Du W., et al. Mirabilite with ice pack after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial study // *Evid Based Complement Alternat Med.* 2021. Vol. 2021. P. 6611614. doi: 10.1155/2021/6611614
- 16.** Adie S., Kwan A., Naylor J.M., Harris I.A., Mittal R. Cryotherapy following total knee replacement // *Cochrane Database Syst Rev.* 2012. № 9. P. CD007911. doi: 10.1002/14651858.CD007911
- 17.** Thacoor A., Sandiford N.A. Cryotherapy following total knee arthroplasty: What is the evidence? // *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2019. Vol. 27, № 1. P. 2309499019832752. doi: 10.1177/2309499019832752
- 18.** Krampe P.T., Bendo A.J.P., Barros M.I.G., Bertolini G.R.F., Buzanello Azevedo M.R. Cryotherapy in Knee Arthroplasty: Systematic Review and Meta-Analysis // *Ther Hypothermia Temp Manag.* 2023. Vol. 13, № 2. P. 45–54. doi: 10.1089/ther.2022.0043
- 19.** Liu M.M., Tian M., Luo C., Wang S., Shao L. Continuous cryotherapy vs. traditional cryotherapy after total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *Front Surg.* 2023. Vol. 9. P. 1073288. doi: 10.3389/fsurg.2022.1073288
- 20.** Wyatt P.B., Nelson C.T., Cyrus J.W., Goldman A.H., Patel N.K. The Role of Cryotherapy After Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review // *J Arthroplasty.* 2023. Vol. 38, № 5. P. 950–956. doi: 10.1016/j.arth.2022.12.004
- 21.** Levy A.S., Marmar E. The role of cold compression dressings in the postoperative treatment of total knee arthroplasty // *Clin Orthop Relat Res.* 1993. № 297. P. 174–8.
- 22.** Ivey M., Johnston R.V., Uchida T. Cryotherapy for postoperative pain relief following knee arthroplasty // *J Arthroplasty.* 1994. Vol. 9, № 3. P. 285–90. doi: 10.1016/0883-5403(94)90083-3
- 23.** Healy W.L., Seidman J., Pfeifer B.A., Brown D.G. Cold compressive dressing after total knee arthroplasty // *Clin Orthop Relat Res.* 1994. № 299. P. 143–6.
- 24.** Gibbons C.E., Solan M.C., Ricketts D.M., Patterson M. Cryotherapy compared with Robert Jones bandage after total knee replacement: a prospective randomized trial // *Int Orthop.* 2001. Vol. 25, № 4. P. 250–2. doi: 10.1007/s002640100227
- 25.** Morsi E. Continuous-flow cold therapy after total knee arthroplasty // *J Arthroplasty.* 2002. Vol. 17, № 6. P. 718–22. doi: 10.1054/arth.2002.33562
- 26.** Demoulin C., Brouwers M., Darot S., et al. Comparison of gaseous cryotherapy with more traditional forms of cryotherapy following total knee arthroplasty // *Ann Phys Rehabil Med.* 2012. Vol. 55, № 4. P. 229–40. doi: 10.1016/j.rehab.2012.03.004
- 27.** Su E.P., Perna M., Boettner F., et al. A prospective, multi-center, randomised trial to evaluate the efficacy of a cryopneumatic device on total knee arthroplasty recovery // *J Bone Joint Surg Br.* 2012. Vol. 94, № 11 Suppl A. P. 153–6. doi: 10.1302/0301-620X.94B11.30832
- 28.** Thienpont E. Does advanced cryotherapy reduce pain and narcotic consumption after knee arthroplasty? // *Clin Orthop Relat Res.* 2014. Vol. 472, № 11. P. 3417–23. doi: 10.1007/s11999-014-3810-8
- 29.** Bech M., Moorhen J., Cho M., et al. Device or ice: the effect of consistent cooling using a device compared with intermittent cooling using an ice bag after total knee arthroplasty // *Physiother Can.* 2015. Vol. 67, № 1. P. 48–55. doi: 10.3138/ptc.2013-78
- 30.** Wittig-Wells D., Johnson I., Samms-McPherson J., et al. Does the use of a brief cryotherapy intervention with analgesic administration improve pain management after total knee arthroplasty? // *Orthop Nurs.* 2015. Vol. 34, № 3. P. 148–53. doi: 10.1097/NOR.0000000000000143
- 31.** Kuyucu E., Bülbül M., Kara A., Koçyiğit F., Erdil M. Is cold therapy really efficient after knee arthroplasty? // *Ann Med Surg (Lond).* 2015. Vol. 4, № 4. P. 475–8. doi: 10.1016/j.amsu.2015.10.019
- 32.** Schinsky M.F., McCune C., Bonomi J. Multifaceted Comparison of Two Cryotherapy Devices Used After Total Knee Arthroplasty: Cryotherapy Device Comparison // *Orthop Nurs.* 2016. Vol. 35, № 5. P. 309–16. doi: 10.1097/NOR.0000000000000276
- 33.** Ruffilli A., Castagnini F., Traina F., et al. Temperature-Controlled Continuous Cold Flow Device after Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial Study // *J Knee Surg.* 2017. Vol. 30, № 7. P. 675–681. doi: 10.1055/s-0036-1593874
- 34.** Sadoghi P., Hasenhütl S., Gruber G., et al. Impact of a new cryotherapy device on early rehabilitation after primary total knee arthroplasty (TKA): a prospective randomised controlled trial // *Int Orthop.* 2018. Vol. 42, № 6. P. 1265–1273. doi: 10.1007/s00264-018-3766-5
- 35.** Karaduman Z.O., Turhal O., Turhan Y., et al. Evaluation of the Clinical Efficacy of Using Thermal Camera for Cryotherapy in Patients with Total Knee Arthroplasty: A Prospective Study // *Medicina (Kaunas).* 2019. Vol. 55, № 10. P. 661. doi: 10.3390/medicina55100661
- 36.** Thijs E., Schotanus M.G.M., Bemelmans Y.F.L., Kort N.P. Reduced opiate use after total knee arthroplasty using computer-assisted cryotherapy // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019. Vol. 27, № 4. P. 1204–1212. doi: 10.1007/s00167-018-4962-y
- 37.** Jutte L.S., Merrick M.A., Ingersoll C.D., Edwards J.E. The relationship between intramuscular temperature, skin temperature, and adipose thickness during cryotherapy and rewarming // *Arch Phys Med Rehabil.* 2001. Vol. 82, № 6. P. 845–50. doi: 10.1053/apmr.2001.23195
- 38.** Bugaj R. The cooling, analgesic, and rewarming effects of ice massage on localized skin // *Phys Ther.* 1975. Vol. 55, № 1. P. 11–9. doi: 10.1093/ptj/55.1.11
- 39.** Lützner J., Hartmann A., Lützner C., Kirschner S. Is range of motion after cruciate-retaining total knee arthroplasty influenced by prosthesis design? A prospective randomized trial // *J Arthroplasty.* 2014. Vol. 29, № 5. P. 961–5. doi: 10.1016/j.arth.2013.09.046
- 40.** Wainwright T.W., Gill M., McDonald D.A., et al. Consensus statement for perioperative care in total hip replacement and total knee replacement surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society recommendations // *Acta Orthop.* 2020. Vol. 91, № 1. P. 3–19. doi: 10.1080/17453674.2019.1683790

41. Ibrahim T., Ong S.M., Saint Clair Taylor G.J. The effects of different dressings on the skin temperature of the knee during cryotherapy // *Knee*. 2005. Vol. 12, № 1. P. 21–3. doi: 10.1016/j.knee.2004.02.006

42. Kim Y.H., Baek S.S., Choi K.S., Lee S.G., Park S.B. The effect of cold air application on intra-articular and skin temperatures in the knee // *Yonsei Med J*. 2002. Vol. 43, № 5. P. 621–6. doi: 10.3349/yjmj.2002.43.5.621

## REFERENCES

- Felson DT, Lawrence RC, Hochberg MC, et al. Osteoarthritis: new insights. Part 2: treatment approaches. *Ann Intern Med*. 2000;133(9):726–37. doi: 10.7326/0003-4819-133-9-200011070-00015
- Naylor JM, Harmer AR, Heard RC, et al. Patterns of recovery following knee and hip replacement in an Australian cohort. *Aust Health Rev*. 2009;33(1):124–35. doi: 10.1071/ah090124
- Bourne RB, McCalden RW, MacDonald SJ, et al. Influence of patient factors on TKA outcomes at 5 to 11 years followup. *Clin Orthop*. 2007;464:27–31. doi: 10.1097/BLO.0b013e318159c5ff
- Harris WH, Sledge CB. Total hip and total knee replacement (2). *N Engl J Med*. 1990;323(12):801–7. doi: 10.1056/NEJM199009203231206
- Hawker G, Wright J, Coyte P, et al. Health-related quality of life after knee replacement. *J Bone Joint Surg Am*. 1998;80(2):163–73. doi: 10.2106/00004623-199802000-00003
- Sorrells RB, Voorhorst PE, Murphy JA, et al. Uncemented rotating-platform total knee replacement: a five to twelve-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86(10):2156–62.
- Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(4):780–5. doi: 10.2106/JBJS.F.00222
- Patel A, Pavlou G, Mújica-Mota RE, Toms AD. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the national joint registry dataset. *Bone Joint J*. 2015;97-B(8):1076–81. doi: 10.1302/0301-620X.97B8.35170
- Jamison RN, Ross MJ, Hoopman P, et al. Assessment of postoperative pain management: patient satisfaction and perceived helpfulness. *Clin J Pain*. 1997;13(3):229–36. doi: 10.1097/00002508-199709000-00008
- Berman AT, Geissele AE, Bosacco SJ. Blood loss with total knee arthroplasty. *Clin Orthop*. 1988;(234):137–8.
- Sehat KR, Evans RL, Newman JH. Hidden blood loss following hip and knee arthroplasty. Correct management of blood loss should take hidden loss into account. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(4):561–5.
- Matsen 3<sup>rd</sup> FA, Questad K, Matsen AL. The effect of local cooling on postfracture swelling. A controlled study. *Clin Orthop Relat Res*. 1975;(109):201–6. doi: 10.1097/00003086-197506000-00029
- Hecht PJ, Bachmann S, Booth Jr RE, Rothman RH. Effects of thermal therapy on rehabilitation after total knee arthroplasty. A prospective randomized study. *Clin Orthop Relat Res*. 1983;(178):198–201.
- Guillot X, Tordi N, Prati C, et al. Cryotherapy decreases synovial Doppler activity and pain in knee arthritis: A randomized-controlled trial. *Joint Bone Spine*. 2017;84(4):477–483. doi: 10.1016/j.jbspin.2016.09.004
- Zhong Y, Zheng C, Du W, et al. Mirabilite with ice pack after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial study. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2021;2021:6611614. doi: 10.1155/2021/6611614
- Adie S, Kwan A, Naylor JM, Harris IA, Mittal R. Cryotherapy following total knee replacement. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;(9):CD007911. doi: 10.1002/14651858.CD007911
- Thacoor A, Sandiford NA. Cryotherapy following total knee arthroplasty: What is the evidence? *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2019;27(1):2309499019832752. doi: 10.1177/2309499019832752
- Krampe PT, Bendo AJP, Barros MIG, Bertolini GRF, Buzanello Azevedo MR. Cryotherapy in Knee Arthroplasty: Systematic Review and Meta-Analysis. *Ther Hypothermia Temp Manag*. 2023;13(2):45–54. doi: 10.1089/ther.2022.0043
- Liu MM, Tian M, Luo C, Wang S, Shao L. Continuous cryotherapy vs. traditional cryotherapy after total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Surg*. 2023;9:1073288. doi: 10.3389/fsurg.2022.1073288
- Wyatt PB, Nelson CT, Cyrus JW, Goldman AH, Patel NK. The Role of Cryotherapy After Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review. *J Arthroplasty*. 2023;38(5):950–956. doi: 10.1016/j.arth.2022.12.004
- Levy AS, Marmar E. The role of cold compression dressings in the postoperative treatment of total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;(297):174–8.
- Ivey M, Johnston RV, Uchida T. Cryotherapy for postoperative pain relief following knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1994;9(3):285–90. doi: 10.1016/0883-5403(94)90083-3
- Healy WL, Seidman J, Pfeifer BA, Brown DG. Cold compressive dressing after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;(299):143–6.
- Gibbons CE, Solan MC, Ricketts DM, Patterson M. Cryotherapy compared with Robert Jones bandage after total knee replacement: a prospective randomized trial. *Int Orthop*. 2001;25(4):250–2. doi: 10.1007/s002640100227
- Morsi E. Continuous-flow cold therapy after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2002;17(6):718–22. doi: 10.1054/arth.2002.33562
- Demoulin C, Brouwers M, Darot S, et al. Comparison of gaseous cryotherapy with more traditional forms of cryotherapy following total knee arthroplasty. *Ann Phys Rehabil Med*. 2012;55(4):229–40. doi: 10.1016/j.rehab.2012.03.004
- Su EP, Perna M, Boettner F, et al. A prospective, multi-center, randomised trial to evaluate the efficacy of a cryopneumatic device on total knee arthroplasty recovery. *J Bone Joint Surg Br*. 2012;94(11 Suppl A):153–6. doi: 10.1302/0301-620X.94B11.30832
- Thienpont E. Does advanced cryotherapy reduce pain and narcotic consumption after knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2014;472(11):3417–23. doi: 10.1007/s11999-014-3810-8
- Bech M, Moorhen J, Cho M, et al. Device or ice: the effect of consistent cooling using a device compared with intermittent cooling using an ice bag after total knee arthroplasty. *Physiother Can*. 2015;67(1):48–55. doi: 10.3138/ptc.2013-78
- Wittig-Wells D, Johnson I, Samms-McPherson J, et al. Does the use of a brief cryotherapy intervention with analgesic administration improve pain management after total knee arthroplasty? *Orthop Nurs*. 2015;34(3):148–53. doi: 10.1097/NOR.0000000000000143
- Kuyucu E, Bülbül M, Kara A, Koçyiğit F, Erdil M. Is cold therapy really efficient after knee arthroplasty? *Ann Med Surg (Lond)*. 2015;4(4):475–8. doi: 10.1016/j.amsu.2015.10.019

- 32.** Schinsky MF, McCune C, Bonomi J. Multifaceted Comparison of Two Cryotherapy Devices Used After Total Knee Arthroplasty: Cryotherapy Device Comparison. *Orthop Nurs.* 2016;35(5):309–16. doi: 10.1097/NOR.0000000000000276
- 33.** Ruffilli A, Castagnini F, Traina F, et al. Temperature-Controlled Continuous Cold Flow Device after Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial Study. *J Knee Surg.* 2017;30(7):675–681. doi: 10.1055/s-0036-1593874
- 34.** Sadoghi P, Hasenhüttl S, Gruber G, et al. Impact of a new cryotherapy device on early rehabilitation after primary total knee arthroplasty (TKA): a prospective randomised controlled trial. *Int Orthop.* 2018;42(6):1265–1273. doi: 10.1007/s00264-018-3766-5
- 35.** Karaduman ZO, Turhal O, Turhan Y, et al. Evaluation of the Clinical Efficacy of Using Thermal Camera for Cryotherapy in Patients with Total Knee Arthroplasty: A Prospective Study. *Medicina (Kaunas).* 2019;55(10):661. doi: 10.3390/medicina55100661
- 36.** Thijs E, Schotanus MGM, Bemelmans YFL, Kort NP. Reduced opiate use after total knee arthroplasty using computer-assisted cryotherapy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(4):1204–1212. doi: 10.1007/s00167-018-4962-y
- 37.** Jutte LS, Merrick MA, Ingersoll CD, Edwards JE. The relationship between intramuscular temperature, skin temperature, and adipose thickness during cryotherapy and rewarming. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(6):845–50. doi: 10.1053/apmr.2001.23195
- 38.** Bugaj R. The cooling, analgesic, and rewarming effects of ice massage on localized skin. *Phys Ther.* 1975;55(1):11–9. doi: 10.1093/ptj/55.1.11
- 39.** Lützner J, Hartmann A, Lützner C, Kirschner S. Is range of motion after cruciate-retaining total knee arthroplasty influenced by prosthesis design? A prospective randomized trial. *J Arthroplasty.* 2014;29(5):961–5. doi: 10.1016/j.arth.2013.09.046
- 40.** Wainwright TW, Gill M, McDonald DA, et al. Consensus statement for perioperative care in total hip replacement and total knee replacement surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society recommendations. *Acta Orthop.* 2020;91(1):3–19. doi: 10.1080/17453674.2019.1683790
- 41.** Ibrahim T, Ong SM, Saint Clair Taylor GJ. The effects of different dressings on the skin temperature of the knee during cryotherapy. *Knee.* 2005;12(1):21–3. doi: 10.1016/j.knee.2004.02.006
- 42.** Kim YH, Baek SS, Choi KS, Lee SG, Park SB. The effect of cold air application on intra-articular and skin temperatures in the knee. *Yonsei Med J.* 2002;43(5):621–6. doi: 10.3349/ymj.2002.43.5.621

## ОБ АВТОРАХ

### \* Казанцев Дмитрий Игоревич;

адрес: Россия, 656024, Барнаул, ул. Ляпидевского, д. 1/3;

ORCID: 0000-0002-5498-3861;

e-mail: dmitry.kazantsev@inbox.ru

### Очкуренко Александр Алексеевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-1078-9725;

eLibrary SPIN: 8324-2383;

e-mail: cito-omo@mail.ru

### Пелеганчук Владимир Алексеевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-2386-4421;

e-mail: 297501@mail.ru

### Батрак Юрий Михайлович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0003-0489-1480;

e-mail: dr\_yu.batrak@mail.ru

## AUTHORS' INFO

### \* Dmitriy I. Kazantsev;

address: 1/3 Lyapidevskogo str., 656024 Barnaul, Russia;

ORCID: 0000-0002-5498-3861;

e-mail: dmitry.kazantsev@inbox.ru

### Aleksandr A. Ochurenko, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0002-1078-9725;

eLibrary SPIN: 8324-2383;

e-mail: cito-omo@mail.ru

### Vladimir A. Peleganchuk, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0002-2386-4421;

e-mail: 297501@mail.ru

### Yurii M. Batrak, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0003-0489-1480;

e-mail: dr\_yu.batrak@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Приложение 1. Эффективность применения криотерапии (исследуемые группы отличаются способом холододового воздействия)  
 Suppl 1. Effectiveness of cryotherapy application (study groups differ in the way of cold exposure)

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности							
			День начала лечения	Сравниваемые способы криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах
Healy W.	1994	76	День операции	Cryo/Cuff, Aircast, USA + компрессионный трикотаж	Нет информации	I фаза (4 дня) — замена воды каждые 4 часа, II фаза (7 дней) — замена воды каждые 2 часа	7–14 дней	6 недель	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
									Нет информации	Нет информации	Нет данных	Нет информации	Нет информации	Нет информации	Нет информации
Ivey M.	1994	88	День операции	Proaction medical, Texas	10° на устройстве	Непрерывно	3 дня	Нет информации	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
									16° на устройстве	Непрерывно	3 дня	Нет информации	Нет информации	Нет информации	Нет информации
									21° на устройстве	Непрерывно	3 дня	Нет информации	Нет информации	Нет информации	Нет информации
Demoulin C.	2012	66	Первый день после операции	Воздушная криотерапия + компрессионный трикотаж	-78° (температура кожи 14°)	90 секунд 3 раза в день	5–7 дней	5–7 дней	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
									2 часа заморозки (температура кожи 22–24°)	20 минут 5 раз в день	5–7 дней	5–7 дней	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
									Пакет с гелем (накладывался на полотноце) + компрессионный трикотаж	Неизвестно (температура кожи 22–24°)	20 минут 5 раз в день	5–7 дней	5–7 дней	$p > 0,05$	$p > 0,05$

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности									
			День начала лечения	Сравнимые криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объем кровопотери	Объем движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах		
Su E.	2012	187	День операции	Game Ready	Охлаждение и давление титровалось до уровня комфорта пациента	2 часа охлаждения, перерыв минимум 1 час, 4 цикла в день. После выписки 1 час охлаждения, 30 минут перерыв	14 дней	6 недель	$p > 0,05$	$p > 0,05$	-	$p > 0,05$	-	$p > 0,05$	$p = 0,13$	-	$p < 0,05$
Thierpont E.	2014	100	День операции	Пакет со льдом + повязка Роберта-Джонса первые 12 часов	11 (6–15)° на устройстве	Однократно в течение 4 часов после операции. Со следующего дня — по 2 часа 2 раза в день. Разрешалось дополнительно применять холод ночью, 47 из 50 пациентов использовали устройство дополнительно на протяжении всей ночи	Весь период госпитализации (количество койко-дней не указывается)	6 недель — оценка эффективности. 3 месяца — оценка желательных событий	$p > 0,05$	-	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p < 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности							
			День начала лечения	Сравнимые способы криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах
Bech M.	2015	71	День операции	DonJoy Icecap, DJO Sapha (манжета накладывалась на слой трикотажа)	2-6° на устройстве	Непрерывно	48 часов	6 недель	$p > 0,05$	-	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
Schinsky M.	2016	97	День операции	Polar Care Glacier (Breg, Inc.) + эластичный бинт	Нет информации	Стационарный период — 135,77 минуты за 3,72 раза в день. Со дня выписки до 3 недель — 83,93 минуты за 3,27 раза в день. С 3 до 6 недель — 65,63 минуты за 1,57 раза в день.	С 2,27 дня (выписка) до 6 недель	6 недель	$p < 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	-	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности							
			День начала лечения	Сравнимые способы криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах
Ruffilli A.	2017	50	День операции	Hilotherm GmbH, Бегману + эластично-компрессионная повязка первые сутки	12° на устройстве	Непрерывно	7 дней (выписка)	1 неделя	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$	-	-	$p > 0,05$
				Пакет со льдом + эластично-компрессионная повязка	Нет информации	Непрерывно, смена пакета со льдом каждые 30 минут	7 дней (выписка)								
Sadoghi P.	2018	97	Перед операцией	Waegeler®, Beerse, Belgium + компрессионный трикотаж	Нет информации	1 час перед операцией. 6 часов после операции. Со следующего дня — по 2 часа 2 раза в день	6 дней	6 дней	$p < 0,05$	$p > 0,05$	-	$p < 0,05$	-	$p > 0,05$	$p > 0,05$
			День операции	Пакет со льдом + компрессионный трикотаж	Нет информации	20 минут 3 раза в день	6 дней								

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии						Критерии эффективности						
			День начала лечения	Сравнимые способы криотерапии	Температура воздействия (°С)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах
Karaduman Z.	2019	90	Перед операцией	Waegener®, Beergse, Belgium + компрессионный трикотаж	11 (8–12)° на устройстве	4 часа перед операцией. 6 часов после операций. Первый послеоперационный день с интервалом 2 часа. Второй, третий день охлаждали каждые 6 часов по 2 часа	3 дня	12–24 месяца	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	-	-
			День операции	Пакет с гелем + компрессионный трикотаж	Нет информации	Каждые 2 часа по 20 минут	3 дня								

Автор	Год	Количество пациентов	Методика криотерапии					Критерии эффективности							
			День начала лечения	Сравнимые криотерапии	Температура воздействия (°C)	Длительность и кратность применения	Продолжительность курса	Длительность наблюдения	Боль	Отек	Объём кровопотери	Объём движений	Сила мышц	Продолжительность стац. лечения	Потребность в опиоидах
Thijs E.	2019	60	День операции	Zamar Therapy Cube, Vrsag, Croatia + компрессионный трикотаж	10–12° на устройстве	После операции — 6 часов, затем в первую ночь 4 часа. В первый день после операции — 2 раза в день по 2 часа, плюс ночью 4 часа. Во второй и последующие дни после операции — 2 раза в день по 2 часа, разрешалось дополнительно применять устройство ночью	7 дней	6 недель	$p < 0,05$	$p > 0,05$	—	—	—	—	$p < 0,05$

Примечание.  $p < 0,05$  — значимая разница между сравниваемыми группами,  $p > 0,05$  — значимой разницы между сравниваемыми группами нет, — не исследовалось. Статистически значимое отличие зарегистрировано через 6 недель, в группе с применением геля болевой синдром меньше.

Note.  $p < 0,05$  — significant difference between the compared groups,  $p > 0,05$  — no significant difference between the compared groups, — not investigated. Statistically significant difference was registered after 6 weeks, the pain syndrome is less in the group with gel application.