

Оригинальная статья / Original article

УДК: 615.8

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-2-46-52>

## Применение физических факторов в программах реабилитации пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава

Кульчицкая Д.Б.<sup>1</sup>, Фесюн А.Д.<sup>1</sup>, Самойлов А.С.<sup>2</sup>, Колбахова С.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия

### Резюме

В последние годы увеличивается количество пациентов, которым проведена операция тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС). Несмотря на совершенствование техники выполнения данного хирургического вмешательства, нередко возникают послеоперационные осложнения. Все вышеизложенное подтверждает необходимость разработки и внедрения современных реабилитационных программ для пациентов после ТЭКС.

**Цель.** Научное обоснование целесообразности комплексного применения криотерапии и электростимуляции у пациентов после ТЭКС.

**Материал и методы.** Было обследовано 90 пациентов, которые поступали через 3 месяца после ТЭКС и были рандомизированы по 3 группам. В первой группе 30 испытуемых получали электростимуляцию четырехглавых мышц и проводились занятия лечебной гимнастикой на курс 10 процедур. Во второй группе 30 испытуемых получали электростимуляцию четырехглавых мышц и воздушную криотерапию, проводились занятия лечебной гимнастикой на курс 10 процедур. Для обследуемых третьей группы, 30 человек, проводили только занятия лечебной физкультурой.

**Результаты.** С позиции МКФ доказано, что применение физических факторов в комплексном лечении вышеуказанной категории пациентов способствует улучшению «b 710 – функции подвижности сустава». Это подтверждается улучшением функции оперированного сустава по шкале KSS, состоянием микроциркуляции и уменьшением болевого синдрома по ВАШ. При оценке эффективности предложенных реабилитационных программ на основе МКФ в домене «d 450 – ходьба», выявлено увеличение уровня мобильности. Данные опросника HAQ при оценке домена «d 5 – самообслуживание», свидетельствуют об увеличении возможности выполнения большинства действий в повседневной жизни. Однако, более статистически значимые результаты были получены у пациентов после курсового применения электростимуляции четырехглавых мышц, криотерапии и занятия лечебной гимнастикой.

**Ключевые слова:** тотальное эндопротезирование коленного сустава, воздушная криотерапия, электростимуляция, реабилитация

**Источник финансирования:** Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

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

**Для цитирования:** Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Samoilov A.S., Kolbakhova S.N. The Physical Factors Application in Rehabilitation Programs for Patients after Total Knee Replacement. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21(2): 46-52. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-2-46-52>

**Для корреспонденции:** Кульчицкая Детелина Борисовна, e-mail: deti\_ku@mail.ru

Статья получена: 26.01.2022

Поступила после рецензирования: 20.03.2022

Статья принята к печати: 05.04.2022

## The Physical Factors Application in Rehabilitation Programs for Patients after Total Knee Replacement

Detelina B. Kulchitskaya<sup>1</sup>, Anatoliy D. Fesyun<sup>1</sup>, Alexander S. Samoilov<sup>2</sup>,  
Svetlana N. Kolbakhova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>A.I. Burnazyan State Scientific Center of the Russian Federation – Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russian Federation

### Abstract

Total knee replacement (TKR) surgery has been performed in increasing number of patients in recent years. Postoperative complications often occur despite the improvement of the technique for performing this surgical intervention. All of the above confirms the need for the development and implementation of modern rehabilitation programs for patients after TKR.

**Aim.** To substantiate scientifically the feasibility of the combined use of cryotherapy and electrical stimulation in patients after TKR.

**Material and methods.** We examined 90 patients who were admitted 3 months after TKR and were randomized into 3 groups. In the first group – 30 subjects received electrical stimulation of the quadriceps muscles and carried out therapeutic exercises for a course of 10 procedures. In the second group – 30 subjects received electrical stimulation of the quadriceps muscles and air cryotherapy, performed therapeutic exercises for a course of 10 procedures. In the third group – 30 people were given physical therapy classes only.

**Results.** From the standpoint of the ICF, it has been proven that the physical factors application in the complex treatment of the above patients' category contributes to the improvement of "b 710 – the function of joint mobility". This is confirmed by the operated joint function improvement according to the KSS scale, microcirculation state enhancement, and the decrease in pain syndrome according to the VAS. The mobility level advance was revealed when evaluating the effectiveness of the proposed rehabilitation programs in the domain "d 450-walking" based on the ICF. When assessing the domain "d 5-self-service", the HAQ questionnaire data indicate an increase in the ability to perform most activities in everyday life. However, more statistically significant results were obtained in patients after a course of quadriceps electrical stimulation, air cryotherapy and therapeutic exercises.

**Keywords:** total knee replacement, air cryotherapy, electrical stimulation, rehabilitation

**Acknowledgments:** The study had no sponsorship.

**Disclosure of interest:** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**For citation:** Kulchitskaya D.B., Fesyun A.D., Samoilov A.S., Kolbakhova S.N. The Physical Factors Application in Rehabilitation Programs for Patients after Total Knee Replacement. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21(2): 46-52. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-2-46-52>

**For correspondence:** Detelina B. Kulchitskaya, e-mail: deti\_ku@mail.ru

**Received:** Jan 26, 2022

**Revised:** Mar 20, 2022

**Accepted:** Apr 05, 2022

### Введение

Остеоартроз коленного сустава представляет хроническое дегенеративное заболевание, характеризующееся износом хряща, прогрессирующей деформацией сустава и потерей функции. Применение консервативных методов лечения не всегда дает желаемый эффект и зачастую приводит к необходимости тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) [1]. Однако, со своей стороны оперативное вмешательство вызывает травму тканей и провоцирует иммунный ответ. У людей после ТЭКС часто встречается долгосрочный дефицит силы четырехглавой мышцы бедра [2]. Неспособность восстановить мышечную активацию приводит к плохим хирургическим и функциональным результатам, что может ускорить прогрессирование остеоартроза в других суставах нижних конечностей и в целом ухудшить качество жизни пациентов [3]. Все вышеизложенное подтверждает необходимость разработки и внедрения современных реабилитационных программ для пациентов после ТЭКС. Физиотерапевтические методы давно доказали свое противовоспалительное, обезболивающее, трофостимулирующее действие [4–7]. Установлено, что лазерное излучение снижает интенсивность боли и послеоперационного

воспаления, уменьшает локомоторную дисфункцию у пациентов после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава [8].

Встречаются работы, в которых авторы доказывают, что после ТЭКС целесообразно применять чрескожную электростимуляцию нервов, которая может не только облегчить послеоперационную боль пациентов, но и способствовать максимально возможной реабилитации функции коленного сустава [9]. Данные, представленные другими исследователями, подтверждают, что нервно-мышечная электрическая стимуляция увеличивает силу четырехглавой мышцы и улучшает функцию коленного сустава после ТЭКС [10,11].

Группа исследователей предлагает реабилитационные методы для пациентов после ТЭКС, делая акцент на раннее включение лечебной гимнастики, гидротерапии и чрескожной электростимуляции нервов [12]. Установлено, что физиотерапевтические вмешательства клинически эффективны в отношении функциональной работоспособности, силы мышц бедра, боли и диапазона сгибания движений у взрослых после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава [13].

Однако нужно отметить, что в большинстве случаев исследования посвящены разработке и изучению

реабилитационных программ для пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава [14]. Тогда как встречаются единичные работы, в которых ученые изучают целесообразность применения физических факторов в реабилитации пациентов после ТЭКС. В последние годы в физиотерапевтической практике все чаще применяют локальную воздушную криотерапию. Результаты существующих исследований доказали анальгетический, локомоторно-корректирующий и метаболический лечебные эффекты данного фактора у пациентов с гонартрозом [15]. Однако не существует работ, в которых изучается комплексное действие криотерапии и электростимуляции у пациентов после ТЭКС.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось научное обоснование целесообразности комплексного применения криотерапии и электростимуляции у пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава.

### Материал и методы

Было обследовано 90 пациентов после ТЭКС в возрасте от 57 до 79 лет. Все пациенты были рандомизированы по 3 группам, сопоставимым по основным клинико-функциональным характеристикам.

Первая группа – 30 пациентов, которым через 3 месяца после операции проводили занятия лечебной гимнастики с инструктором лечебной физкультуры (ЛФК) и электростимуляцию четырехглавых мышц, на курс 10 процедур.

Вторая группа – 30 пациентов, которым через 3 месяца после операции проводили занятия лечебной гимнастики с инструктором ЛФК, электростимуляцию четырехглавых мышц и воздушную криотерапию, на курс 10 ежедневных процедур.

Третья группа – пациенты получали только занятия лечебной гимнастики с инструктором ЛФК.

Электростимуляцию проводили с помощью аппарата «ИОНОСОН-ЭКСПЕРТ». Воздействие осуществляли на область четырехглавых мышц бедра, форма тока: синусоидально модулированный низкой частотой, несущая частота 2000 Гц, диапазон частот 15–20 Гц, посылка – пауза 3:5. Длительность процедуры 10 минут, ежедневно в течение 10 дней.

Воздушную криотерапию осуществляли с помощью аппарата «Криоджет». Методика воздействия лабильная, использовали большую овально-щелевую насадку БОШ. Мощность – 7–8 ед. Воздействовали на область четырехглавых и икроножных мышц с расстоянием 9–10 см, в течение 6–8 минут, на курс 10 ежедневных процедур.

Основными задачами лечебной физкультуры при эндопротезировании коленного сустава являются: стимуляция процессов регенерации кости и профилактика осложнений, инициируемых как самой травмой, так и вынужденным состоянием гипокинезии. Особое место занимает задача устранения патологического двигательного стереотипа. С началом ходьбы появляется мышечный дисбаланс, нередко формируется анталгическая поза. При повреждениях коленного сустава часто обнаруживаются напряжения и очаги гипертонусов в следующих мышцах: в крестцово-остистой, в большой ягодичной, в наружной головке четырехглавой

мышцы бедра, в портняжной, нежной мышцах, в передней большеберцовой мышце, в мышцах ишиокруральной группы и задней поверхности голени. В связи с этим испытуемые применяли физические упражнения для изометрического напряжения мышц бедра, ягодичных и мышц голени, а также физические упражнения для тренировки разгибания в коленном суставе.

У всех пациентов до и после лечения оценивали интенсивности болевого синдрома по показателям визуальной аналоговой шкалы боли (ВАШ). Проводили тестирование функции коленного сустава по шкале KSS, которая состоит из двух частей: общая и функциональная оценка коленного сустава. Качество жизни оценивали по опроснику HAQ, проводили тест 10-метровой ходьбы. Состояние микроциркуляции изучали методом лазерной доплеровской флоуметрии. Исследование осуществляли на коже в области оперативного шва.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием методов вариационной статистики на основании компьютерной программы STATISTICA 10.0, достоверность различий определяли с помощью критерия Стьюдента. Все обследуемые были разделены методом рандомизации на качественно сопоставимые группы.

**Критерии включения:** лица мужского и женского пола, в возрасте от 60 до 85 лет; состояние через 3 месяца после тотального эндопротезирования коленного сустава; болевой синдром выше 4 баллов по ВАШ.

**Критерии не включения:** непереносимость к криотерапии и электротерапии; выраженность болевого синдрома по ВАШ менее 4 баллов; выраженная недостаточность сердечно-сосудистой, дыхательной системы; тромбоз вен нижних конечностей.

### Результаты и обсуждение

В настоящее время в медицинской реабилитации на основании Приказа Министерства здравоохранения РФ от 31.07.2020 № 788н определена необходимость использования Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ). Целью реабилитации пациентов, перенесших эндопротезирование суставов, с позиции МКФ является восстановление функции оперированного сустава, возможностей передвижения и самообслуживания, улучшение качества жизни. В связи с вышеизложенным, в представленном авторами исследовании ведущие домены были: «b 710 – функции подвижности сустава», «d 450 – ходьба» и «d 5 – самообслуживание».

В научное исследование включены пациенты, которым 3 месяца назад была выполнена операция ТЭКС. При поступлении, до курса реабилитации, для оценки «b 710 – функции подвижности сустава» им проводили тестирование функции коленного сустава по шкале KSS. У большинства пациентов сумма баллов по двум частям данной шкалы была в среднем  $62,9 \pm 4,8$ . Интенсивность болевого синдрома по ВАШ в среднем у всех пациентов составила  $4,4 \pm 0,7$  балла.

Тест 10-метровой ходьбы использовали при изучении возможностей передвижения на уровне активности, по МКФ, в частности «d 450 – ходьба». Было установлено снижение уровня мобильности у большинства пациентов. Для оценки «d 5 – самообслуживание»

применяли опросник HAQ. При подсчете индекса нарушения жизнедеятельности (Index – HAQ–DI) у 98,8% наблюдались умеренные нарушения, а у 1,2% – минимальные нарушения жизнедеятельности.

ЛДФ проводили также при поступлении и через 3 месяца после операции. Результаты, полученные с помощью данного метода, свидетельствовали об изменениях на уровне микроциркуляторного русла. У 44% обследуемых выявлен спастический, а у 56% – спастически-застойный тип микроциркуляции (МЦ).

У большинства пациентов наблюдалось увеличение миогенного и нейрогенного тонуса артериол, выявлена эндотелиальная дисфункция и застой в веноулярном звене МЦ. Вышеуказанные изменения были более значимыми у обследуемых со спастически-застойным типом.

Таким образом, при оценке нарушений по МКФ у обследуемых всех групп в домене «b 710 – функции подвижности сустава» были установлены умеренные нарушения, которые наблюдались у 93% (28) пациентов в первой группе, у 90% (27) – во второй и 90% (27) – в третьей. Легкие нарушения выявлены у 7%, 10% и 10% испытуемых соответственно по группам. При оценке «d 450 – ходьба» и «d 5 – самообслуживание» умеренные затруднения выявлены у 91%, 93% и 92% пациентов соответственно по группам. А легкие затруднения – у 9%, 7% и 8% обследуемых соответственно по группам.

После курсовой терапии наблюдалось улучшение функции коленного сустава, что подтверждалось данными, полученными при использовании опросника KSS. У пациентов первой группы в среднем количество баллов по двум составляющим шкалы KSS увеличилось с  $62,3 \pm 3,8$  до  $82,9 \pm 3,4$  ( $p < 0,001$ ), во второй группе с  $61,9 \pm 3,1$  до  $87,9 \pm 2,4$  ( $p < 0,001$ ), в третьей группе с  $62,6 \pm 3,9$  до  $82,9 \pm 3,4$ . После окончания курса лечения выявлено достоверное снижение интенсивности болевого синдрома по ВАШ с  $4,6 \pm 0,8$  до  $2,4 \pm 0,6$  балла ( $p < 0,05$ ) и с  $4,5 \pm 0,4$  до  $1,3 \pm 0,7$  балла ( $p < 0,001$ ) соответственно по группам. В третьей группе достоверных изменений не было выявлено. Результаты теста 10-метровой ходьбы показали, что пациенты первой группы проходили дистанцию за  $14,31 \pm 1,2$  секунд, пациенты второй группы – за  $13,1 \pm 1,1$  секунды, а третьей – за  $15,2 \pm 1,7$ .

Используя опросник оценки состояния здоровья HAQ, после курса лечения у большинства пациентов установлено улучшение их жизнедеятельности. В первой группе Index – HAQ –DI изменился с  $1,5 \pm 0,6$

до  $0,3 \pm 0,01$  ( $p < 0,05$ ), во второй группе – с  $1,49 \pm 0,5$  до  $0,1 \pm 0,01$  ( $p < 0,001$ ), в третьей – с  $1,51 \pm 0,3$  до  $1,1 \pm 0,01$ .

После курсового лечения у большинства пациентов со спастическим типом МЦ выявлено улучшение показателей ЛДФ. Наблюдалась положительная динамика показателя  $A\bar{z}/3 \sigma \times 100\%$ , свидетельствующего о состоянии эндотелиальной функции, который изменился на 26% ( $p < 0,01$ ) в первой группе и на 39% ( $p < 0,001$ ) – во второй. Установлено снижение изначально увеличенного миогенного тонуса артериол на 16% ( $p < 0,01$ ) в первой группе и на 32% ( $p < 0,001$ ) – во второй. У пациентов, получавших только лечебную гимнастику, достоверные изменения в показателях ЛДФ не выявлены, за исключением незначительного улучшения миогенного тонуса артериол.

После проведенного лечения у обследуемых со спастически-застойным типом МЦ выявлено улучшение функции эндотелия, нейрогенного и миогенного тонуса артериол (табл. 1). Вышеуказанные изменения были более значимыми у пациентов второй группы. Именно у испытуемых данной группы наблюдались выраженные положительные изменения в веноулярном отделе микроциркуляторного русла. У пациентов, получавших только лечебную гимнастику, достоверные изменения в показателях ЛДФ не выявлены, за исключением тенденции к улучшению миогенного тонуса артериол.

При использовании МКФ установлено, что в начале курсовой терапии преобладали пациенты с умеренными нарушениями (в среднем у 93% испытуемых по группам). Только у 7% выявлены легкие нарушения. Тогда как в конце курсовой терапии превалировали пациенты с легкими нарушениями. Так, в домене «b 710 – функции подвижности сустава» их количество в первой группе составляло 79%, во второй – 86%. Легкие затруднения при оценке «d 450 – ходьба» и «d 5 – самообслуживание» выявлены у 77% и 89% пациентов соответственно по группам. У обследуемых третьей группы изменения не наблюдались.

Таким образом, на основании проведенного исследования установлено, что предложенные нами программы реабилитации пациентов после ТЭКС оказывают положительное действие на двигательную функцию коленного сустава, регионарную гемодинамику. Однако комплекс, включающий воздушную криотерапию, электростимуляцию и лечебную гимнастику, оказывает более выраженное действие на состояние микроциркуляции, позволяет значительно повысить мышечную силу, устранить или уменьшить двигательный дефицит, уменьшить болевой синдром.

**Таблица 1.** Динамика показателей ЛДФ после курсового лечения у пациентов со спастически-застойным типом МЦ  
**Table 1.** Dynamics of Laser Doppler Flowmeter indicators after course treatment in patients with spastic-stagnant type of microcirculation

Исследуемый показатель / The studied indicator Amax/3 от 100%.	1 группа, n=30 / Group 1		2 группа, n=30 / Group 2		3 группа, n=30 / Group 3	
	До лечения / Before treatment M ± m	После лечения / After treatment M ± m	До лечения / Before treatment M ± m	После лечения / After treatment M ± m	До лечения / Before treatment M ± m	После лечения / After treatment M ± m
Эндотелиальные ритмы / Endothelial rhythms	9,4±0,7%	11,9±0,9%	9,1 ± 0,7%	12,7±0,7% ***	9,2±0,45%	9,9±0,4%
Нейрогенные ритмы / Neurogenic rhythms	10,9±0,4%	12,6±0,7% *	10,5±0,5%	15,9±0,6% ***	10,5±0,4%	11,2±0,8%
Миогенные ритмы / Myogenic rhythms	10,01± 0,5%	13,1±0,9% *	10,1 ± 0,6%	14,9±0,8% ***	10,1±0,1%	10,9±0,5%
Дыхательные ритмы / Respiratory rhythms	12,7 ± 0,9%	9,9 ± 0,9% *	12,9±0,9%	8,1±0,6% ***	12,7±0,5%	13,1±0,9%
Сердечные ритмы / Heart rhythms	10,7 ± 0,9%	7,9 ± 0,8% *	10,9±0,8%	6,1±0,7% ***	10,6±0,5%	11,1±0,9%

**Примечания:** достоверность различий P до и после лечения \* – <0,05, \*\* – <0,01, \*\*\*- <0,001

**Notes:** reliability of P differences before and after treatment \* – <0.05, \*\* – <0.01, \*\*\*- <0.001

**Заключение**

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о высокой эффективности используемых реабилитационных программ у пациентов после ТЭКС. С позиции МКФ доказано, что применение физических факторов в комплексном лечении вышеуказанной категории пациентов способствует улучшению «b 710 – функции подвижности сустава». Это подтверждается улучшением функции оперированного сустава по шкале KSS, уменьшением болевого синдрома по ВАШ и состояния микроциркуляции. При оценке эффективности предложенных реабилитационных программ на основе МКФ в домене «d 450 – ходьба» выявлено увеличение уровня мобильности. Данные, полученные с помощью опросника HAQ при оценке домена «d 5 – самообслуживание», свидетельствуют об увеличении возможности выполнения большинства действий в повседневной жизни.

Однако, более статистически значимые результаты были получены у пациентов после курсового применения электротерапии, воздушной криотерапии и лечебной гимнастики. Положительное действие криотерапии

на состояние артериолярного, капиллярного кровотока и веноулярного звена микроциркуляторного русла привело к устранению отечности оперированной конечности, что создало предпосылки для более выраженного положительного действия электростимуляции. Включение локальной воздушной криотерапии и электростимуляции в программы реабилитации пациентов после ТЭКС является патогенетически оправданным. Установлено, что у данной категории пациентов после курсовой терапии значительно снижается интенсивность болевого синдрома по ВАШ, повышается статическая и динамическая подвижность коленного сустава, расширяется двигательный режим. В целом, улучшается качество жизни.

Таким образом, предложенный авторами комплекс, включающий воздушную криотерапию, электростимуляцию и лечебную гимнастику в реабилитационные программы пациентов после ТЭКС, является научно обоснованным, эффективным и может быть внедрен в базисную схему амбулаторного и санаторно-курортного лечения данной категории пациентов.

## Список литературы

1. Цыкунов М.Б. Программа реабилитации при повреждениях хрящевых и капсульно-связочных структур коленного сустава. Методические рекомендации. Вестник восстановительной медицины. 2014; 3(61): 110–114.
2. Wang X., Hunter D.J., Vesentini G., Pozzobon D., Ferreira M.L. Technology-assisted rehabilitation following total knee or hip replacement for people with osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2019; 1(20): 506 p. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2900-x>
3. Abdel M.P., Oussedik S., Parratte S., Lustig S., Haddad F.S. Coronal alignment in total knee replacement: historical review, contemporary analysis, and future direction. *Bone and Joint Journal*. 2014; 96-B(7): 857–862. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B7.33946>
4. Кульчицкая Д.Б., Кончугова Т.В., Саламадина М.О. Немедикаментозные методы лечения больных гонартрозом. Вестник восстановительной медицины. 2019; 2(90): 40–43.
5. Кульчицкая Д.Б., Кончугова Т.В., Миненков А.А., Колбая Л.И. Технологии восстановительной медицины в коррекции микроциркуляторных нарушений у больных гонартрозом. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2012; 89(1): 14–16.
6. Alqualo-Costa R., Thomé G.R., Perracini M.R., Liebano R.E. Low-level laser therapy and interferential current in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial protocol. *Pain Management*. 2018; 8(3): 157–166. <https://doi.org/10.2217/pmt-2017-0057>
7. Hegedús B., Viharos L., Gervain M., Gálfi M. The effect of low-level laser in knee osteoarthritis: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2009; 27(4): 577–584.
8. Langella L.G., Casalechi H.L., Tomazoni S.S. et al. Photobiomodulation therapy (PBMT) on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty—a randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers in Medical Science*. 2018; 33(9): 1933–1940. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2558-x>
9. Zhang Q., Zhang J.H., Tong P. Application of transcutaneous electrical nerve stimulation to multimodal analgesia after total knee arthroplasty. *Zhongguo Gu Shang*. 2014; 27(4): 283–286.
10. Şavkin R., Bükler N., Güngör H.R. The effects of preoperative neuromuscular electrical stimulation on the postoperative quadriceps muscle strength and functional status in patients with fast-track total knee arthroplasty. *Acta Orthopaedica Belgica*. 2021; 87(4): 735–744. <https://doi.org/10.52628/87.4.19>
11. Bistolfi A., Zanovello J., Ferracini R., Allisiardi F., Lioce E., Magistrone E., Berchiolla P., Da Rold I., Massazza G. Evaluation of the Effectiveness of Neuromuscular Electrical Stimulation After Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2018; 97(2): 123–130.
12. Mistry J.B., Elmallah R.D., Bhave A. et al. Rehabilitative Guidelines after Total Knee Arthroplasty: A Review. *The Journal of Knee Surgery*. 2016; 29(3): 201–17. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1579670>
13. Fatoye F., Wright J.M., Yeowell G., Gebrye T. Clinical and cost-effectiveness of physiotherapy interventions following total hip replacement: a systematic review and meta-analysis. *Rheumatology International*. 2020; 40(9): 1385–1398.
14. Беляев А.Ф., Кантур Т.А., Хмелева Е.В. Реабилитация пациентов после эндопротезирования тазобедренных суставов. Вестник восстановительной медицины. 2018; 4(86): 2–6.
15. Разумов А.Н., Григорьева В.Д., Дашина Т.А. Воздушная криотерапия в восстановительном лечении больных остеоартрозом и заболеваниями мягких тканей. Пособие для врачей. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2010; (4): 51–53.

## References

1. Cykunov M.B. Programma reabilitacii pri povrezhdeniyah hryashchevyh i kapsul'no-svyazochnyh struktur kolennogo sustava. Metodicheskie rekomendacii [Rehabilitation program for injuries of cartilage and capsular ligamentous structures of the knee joint. Methodological recommendations]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2014; 3(61): 110–114 (In Russ.).
2. Wang X., Hunter D.J., Vesentini G., Pozzobon D., Ferreira M.L. Technology-assisted rehabilitation following total knee or hip replacement for people with osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2019; 1(20): 506 p. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2900-x>
3. Abdel M.P., Oussedik S., Parratte S., Lustig S., Haddad F.S. Coronal alignment in total knee replacement: historical review, contemporary analysis, and future direction. *Bone and Joint Journal*. 2014; 96-B(7): 857–862. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B7.33946>
4. Kul'chickaya D.B., Konchugova T.V., Salamadina M.O. Nemedikamentoznye metody lecheniya bol'nyh gonartrozom [Non-drug methods of treatment of patients with gonarthrosis]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019; 2(90): 40–43 (In Russ.).
5. Kul'chickaya D.B., Konchugova T.V., Minenkov A.A., Kolbaya L.I. Tekhnologii vosstanovitel'noj medicyny v korrekcii mikrocirkulyatornyh narushenij u bol'nyh gonartrozom [Technologies of restorative medicine in the correction of microcirculatory disorders in patients with gonarthrosis]. *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechebnoj Fizicheskoy Kul'tury*. 2012; 89(1): 14–16 (In Russ.).
6. Alqualo-Costa R., Thomé G.R., Perracini M.R., Liebano R.E. Low-level laser therapy and interferential current in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial protocol. *Pain Management*. 2018; 8(3): 157–166. <https://doi.org/10.2217/pmt-2017-0057>
7. Hegedús B., Viharos L., Gervain M., Gálfi M. The effect of low-level laser in knee osteoarthritis: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2009; 27(4): 577–584.
8. Langella L.G., Casalechi H.L., Tomazoni S.S. et al. Photobiomodulation therapy (PBMT) on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty—a randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers in Medical Science*. 2018; 33(9): 1933–1940. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2558-x>
9. Zhang Q., Zhang J.H., Tong P. Application of transcutaneous electrical nerve stimulation to multimodal analgesia after total knee arthroplasty. *Zhongguo Gu Shang*. 2014; 27(4): 283–286.
10. Şavkin R., Bükler N., Güngör H.R. The effects of preoperative neuromuscular electrical stimulation on the postoperative quadriceps muscle strength and functional status in patients with fast-track total knee arthroplasty. *Acta Orthopaedica Belgica*. 2021; 87(4): 735–744. <https://doi.org/10.52628/87.4.19>
11. Bistolfi A., Zanovello J., Ferracini R., Allisiardi F., Lioce E., Magistrone E., Berchiolla P., Da Rold I., Massazza G. Evaluation of the Effectiveness of Neuromuscular Electrical Stimulation After Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2018; 97(2): 123–130.
12. Mistry J.B., Elmallah R.D., Bhave A. et al. Rehabilitative Guidelines after Total Knee Arthroplasty: A Review. *The Journal of Knee Surgery*. 2016; 29(3): 201–17. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1579670>
13. Fatoye F., Wright J.M., Yeowell G., Gebrye T. Clinical and cost-effectiveness of physiotherapy interventions following total hip replacement: a systematic review and meta-analysis. *Rheumatology International*. 2020; 40(9): 1385–1398.
14. Belyaev A.F., Kantur T.A., Khmeleva E.V. Reabilitatsiya patsiyentov posle endoprotezirovaniya tazobedrennykh sustavov [Rehabilitation of patients after hip arthroplasty]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2018; 4(86): 2–6 (In Russ.).
15. Razumov A.N., Grigor'eva V.D., Dashina T.A. Vozdushnaya krioterapiya v vosstanovitel'nom lechenii bol'nyh osteoartrozom i zabolevaniya mi myagkikh tkanej. Posobie dlya vrachej [Air cryotherapy in the restorative treatment of patients with osteoarthritis and soft tissue diseases. A manual for doctors]. *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechebnoj Fizicheskoy Kul'tury*. 2010; (4): 51–53 (In Russ.).

**Информация об авторах:**

**Кульчицкая Детелина Борисовна**, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела физиотерапии и рефлексотерапии, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: deti\_ku@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7785-9767>

**Фесюн Анатолий Дмитриевич**, доктор медицинских наук, и.о. директора Национального медицинского исследовательского центра реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: fad68@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Самойлов Александр Сергеевич**, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9241-7238>

**Колбахова Светлана Николаевна**, кандидат медицинских наук, заведующая кафедрой восстановительной медицины, физиотерапии Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0191-5272>

**Вклад авторов:**

Фесюн А.Д., Самойлов А.С. – концепция и дизайн исследования; Колбахова С.Н. – сбор материала; Кульчицкая Д.Б., Колбахова С.Н. – выполнение текстовой части работы.

**Information about the authors:**

**Detelina B. Kulchitskaya**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher of the Department of Physiotherapy and Reflexology, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: deti\_ku@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7785-9767>

**Anatoliy D. Fesyun**, Dr. Sci. (Med.), Acting Director, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: fad68@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Alexander S. Samoilov**, Dr. Sci. (Med.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, General Director, A.I. Burnazyan State Scientific Center of the Russian Federation – Federal Medical Biophysical Center.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9241-7238>

**Svetlana N. Kolbakhova**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Restorative Medicine and Physiotherapy, Medico-Biological University of Innovation and Continuing Education, A. I. Burnazyan State Scientific Center of the Russian Federation – Federal Medical Biophysical Center.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0191-5272>

**Contribution:**

Fesyun A.D., Samoilov A.S. – concept and design of the study; Kolbakhova S.N. – collection of material; Kulchitskaya D.B., Kolbakhova S.N. – text writing.

