

DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpb115041>

# Применение электротерапии в комплексных программах реабилитации пациентов после тотального эндопротезирования

С.Н. Колбахова<sup>1</sup>, Д.Б. Кульчицкая<sup>2</sup>, Т.Б. Хаптагаев<sup>3</sup>, Р.Н. Струков<sup>4</sup>, Е.С. Конева<sup>3, 4</sup>

<sup>1</sup> Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии, Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Группа компаний «МЕДСИ», Московская область, Российская Федерация

<sup>4</sup> Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Тотальное эндопротезирование коленного сустава является одним из наиболее распространённых хирургических вмешательств в мире. Отсутствие чётких рекомендаций по реабилитации может способствовать неадекватному восстановлению силы и диапазона движений, что приводит к менее оптимальным функциональным результатам.

**Цель исследования** — научное обоснование целесообразности комплексного применения электростимуляции и лечебной гимнастики у пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава.

**Материал и методы.** Пациенты ( $n=60$ ), поступившие через 3 месяца после тотального эндопротезирования коленного сустава, рандомизированы по 2 группам. Пациенты первой группы ( $n=30$ ) получали электростимуляцию четырёхглавых мышц, занятия лечебной гимнастикой, на курс 10 процедур. Во второй группе ( $n=30$ ) проводили только занятия по лечебной физкультуре.

**Результаты.** Применение электротерапии и лечебной физкультуры в комплексном лечении пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава способствует улучшению функции подвижности сустава, что подтверждается улучшением функциональной активности оперированного сустава по шкале оценки функции коленного сустава (KSS), улучшением состояния микроциркуляции и положительной динамикой болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале (ВАШ). Полученные данные анкеты оценки здоровья (HAQ) свидетельствуют о расширении возможностей выполнения большинства действий в повседневной жизни. Однако более статистически значимые результаты были получены у пациентов после курсового применения электростимуляции четырёхглавых мышц и занятий лечебной гимнастикой по сравнению с применением только лечебной гимнастики.

**Заключение.** Представленный нами комплекс реабилитации пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава, включающий электростимуляцию и лечебную гимнастику, является научно обоснованным, эффективным и может быть внедрён в базисную схему амбулаторного и санаторно-курортного лечения данной категории пациентов.

**Ключевые слова:** тотальное эндопротезирование коленного сустава; электростимуляция; реабилитация.

## Как цитировать:

Колбахова С.Н., Кульчицкая Д.Б., Хаптагаев Т.Б., Струков Р.Н., Конева Е.С. Применение электротерапии в комплексных программах реабилитации пациентов после тотального эндопротезирования // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2022. Т. 21, № 4. С. 281–287.

DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpb115041>

DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpr115041>

# The use of electrotherapy in complex treatment programs for patients after total arthroplasty

Svetlana N. Kolbakhova<sup>1</sup>, Detelina B. Kulchitskaya<sup>2</sup>, Timur B. Khaptagaev<sup>3</sup>,  
Roman N. Strukov<sup>4</sup>, Elizaveta S. Koneva<sup>3, 4</sup>

<sup>1</sup> State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> MEDSI Group of Companies, Moscow Region, Russian Federation

<sup>4</sup> The First Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Total knee arthroplasty is one of the most common surgical interventions in the world and the Russian Federation. Endoprosthetics of the knee joint occupies a leading place in the structure of surgical methods for the treatment of osteoarthritis.

**AIM:** of the study was to scientifically substantiate the feasibility of the complex use of electrical stimulation and therapeutic exercises in patients after total knee arthroplasty.

**MATERIALS AND METHODS:** We examined 60 patients who were admitted 3 months after TCS and were randomized into 2 groups. In the first group, 30 subjects received electrical stimulation of the quadriceps muscles and underwent therapeutic exercises, for a course of 10 procedures. The subjects of the second group, 30 people, had only physiotherapy exercises.

**RESULTS:** The use of electrotherapy and physiotherapy exercises, in the complex treatment of patients after total knee arthroplasty, improves the function of joint mobility. This is confirmed by the improvement in the functional activity of the operated joint according to the KSS scale (Knee Society Scores), the improvement in the state of microcirculation and the positive dynamics of the pain syndrome according to the VAS (Visual Analog Scale). The obtained data of the HAQ (Health Assessment Questionnaire) questionnaire testify to the expansion of the possibilities for performing most of the activities in everyday life. However, more statistically significant results were obtained in patients after a course of quadriceps electrical stimulation and therapeutic exercises compared with the use of therapeutic exercises alone.

**CONCLUSION:** The complex of rehabilitation of patients after total knee arthroplasty presented by us, including electrostimulation and therapeutic gymnastics, is scientifically sound, effective and can be implemented into the basic scheme of outpatient and sanatorium treatment of this category of patients.

**Keywords:** total knee arthroplasty; electrical stimulation; rehabilitation.

## To cite this article:

Kolbakhova SN, Kulchitskaya DB, Khaptagaev TB, Strukov RN, Koneva ES. The use of electrotherapy in complex treatment programs for patients after total arthroplasty. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2022;21(4):281–287. DOI: <http://doi.org/10.17816/rjpr115041>

Received: 08.10.2022

Accepted: 10.11.2022

Published: 10.03.2023

## ОБОСНОВАНИЕ

Остеоартроз коленного сустава во всём мире, наряду с хроническими сердечными и лёгочными заболеваниями, является ведущей причиной инвалидности, что определяет социальную значимость проблемы [1]. В России эндопротезирование коленного сустава выполняется в 71,4% случаев пациентам старше трудоспособного возраста [2]. По данным разных авторов, тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) позволяет получить удовлетворительные результаты более чем в 90% случаев [3]. В раннем восстановительном периоде ходьба у пациентов после ТЭКС характеризуется снижением скорости, наличием симптоматики разгрузки и незначительной асимметрией показателей функции нижних конечностей. Выявленные феномены свидетельствуют как о положительной динамике процесса восстановления в целом, так и нормализации временной структуры цикла шага. Установлено, что скорость ходьбы и длительность периода двойной опоры не восстанавливались через 3 месяца после ТЭКС.

Основные биомеханические изменения носят неспецифический характер и связаны с уменьшением скорости ходьбы. У людей после ТЭКС часто наблюдаются долгосрочный дефицит силы и слабость четырёхглавой мышцы бедра [4–7].

Всё вышеизложенное подтверждает необходимость разработки и внедрения современных реабилитационных программ для пациентов после ТЭКС.

Группа авторов провела обзор существующих научных работ, чтобы определить наиболее современные методы реабилитации после ТЭКС, а также представить доказательства их эффективности и практичности. В частности, оценивалась роль и фактические данные для лечебной физкультуры, гидротерапии, тренировки баланса, непрерывного пассивного движения, холодовой терапии и компрессии, нейромышечной электростимуляции, чрескожной электростимуляции нервов и инструментальной терапии мягких тканей [8]. Сообщения, что после ТЭКС целесообразно применять чрескожную электростимуляцию нервов, которая может не только облегчить послеоперационную боль, но и способствовать максимально возможной реабилитации функции коленного сустава [9], подтверждают, что нервно-мышечная электрическая стимуляция увеличивает силу четырёхглавой мышцы и улучшает функцию коленного сустава после ТЭКС [10, 11]. Однако нужно отметить, что в большинстве случаев исследования посвящены разработке и изучению реабилитационных программ для пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава [12], тогда как встречаются единичные работы, в которых учёные изучают целесообразность применения физических факторов в реабилитации пациентов после ТЭКС.

**Цель исследования** — научное обоснование целесообразности комплексного применения электростимуляции и лечебной гимнастики у пациентов после ТЭКС.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проспективное, одноцентровое, рандомизированное контролируемое исследование.

### Условия проведения

Исследование проведено в условиях стационара Федерального медицинского биофизического центра им. А.И. Бурназяна и Национального медицинского исследовательского центра реабилитации и курортологии в 2022 г.

### Критерии соответствия

*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 визуальной аналоговой шкале (ВАШ).

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

### Описание медицинского вмешательства

Все участники исследования ( $n=60$ ) рандомизированы по 2 группам, которые не отличались друг от друга и были сопоставимы по основным клинико-функциональным характеристикам.

Пациентам 1-й группы ( $n=30$ ) через 3 месяца после операции проводили занятия лечебной гимнастикой с инструктором лечебной физкультуры и электростимуляцию четырёхглавых мышц, на курс 10 процедур. Пациенты 2-й группы ( $n=30$ ) получали только занятия лечебной гимнастикой с инструктором по лечебной физкультуре.

Электростимуляция четырёхглавой мышцы бедра проводилась на аппарате «ИОНОСОН-Эксперт» (Германия) синусоидально модулированным среднечастотным током (2000 Гц), модулированным низкой частотой (15–20 Гц), при соотношении продолжительности импульса к паузе 3:5. Силу тока подбирали индивидуально, которая в среднем составляла 10–20 мА. Продолжительность процедуры варьировала в пределах 5–10 мин. Курс лечения состоял из 10 ежедневных процедур. Стимуляцию проводили 1 раз в день.

Основными задачами лечебной физкультуры были нормализация тонуса и силы мышц, улучшение регионального кровообращения, увеличение амплитуды движения в прооперированном суставе. Особое место из-за мышечного дисбаланса занимала тренировка правильной ходьбы с целью устранения возможного патологического двигательного стереотипа.

## Методы регистрации исходов

У всех пациентов до и после лечения проводили анализ динамики болевого синдрома по показателям ВАШ. Для общей и функциональной оценки коленного сустава проводили тестирование по шкале KSS (Knee Society Scores). Для субъективной оценки качества жизни использовали опросник HAQ (Health Assessment Questionnaire). Для оценки качества ходьбы выполняли тест 10-метровой ходьбы. Изучали состояние микроциркуляции с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Исследование тканевой микроциркуляции осуществляли на коже в области операционного шва.

## Этическая экспертиза

От всех участников исследования получено информированное согласие, закреплённое Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации. Все участники исследования были проинформированы о продолжительности, характере и предполагаемых исходах исследования.

## Статистический анализ

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием методов вариационной статистики на основании компьютерной программы STATISTICA 10.0; достоверность различий определяли с помощью критерия Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Объекты (участники) исследования

Обследовано 60 пациентов после ТЭК в возрасте от 57 до 79 лет.

Перед началом курса реабилитации сумма баллов по двум частям шкалы KSS у пациентов составила  $62,9 \pm 4,8$ , интенсивность болевого синдрома по ВАШ —  $4,5 \pm 0,6$  балла.

Показатель мобильности был снижен у большинства пациентов, индекс нарушения жизнедеятельности (HAQ

Disability Index, HAQ-DI) у 98,8% пациентов оценивался как «умеренные нарушения», у 1,2% — как «минимальные нарушения».

При поступлении (через 3 месяца после операции) проводили ЛДФ, при этом полученные результаты свидетельствовали об изменениях на уровне микроциркуляторного русла: у 44% пациентов выявлен спастический, у 56% — спастически-застойный тип микроциркуляции. У большинства пациентов наблюдались увеличение миогенного и нейрогенного тонуса артериол, выявлены эндотелиальная дисфункция и застой в веноулярном звене микроциркуляции. В сравнительном аспекте вышеперечисленные изменения были более значимыми у обследуемых со спастически-застойным типом.

## Основные результаты исследования

После курса реабилитационной терапии наблюдалось улучшение функции коленного сустава, что подтверждалось данными опросника KSS. У пациентов 1-й группы количество баллов по двум составляющим шкалы KSS увеличилось в среднем с  $62,0 \pm 3,6$  до  $82,8 \pm 3,3$  ( $p < 0,001$ ), во 2-й группе — с  $62,6 \pm 3,7$  до  $72,9 \pm 3,5$ .

По окончании курса лечения у пациентов 1-й группы выявлено также достоверное снижение интенсивности болевого синдрома по ВАШ с  $4,5 \pm 0,7$  до  $2,3 \pm 0,5$  балла ( $p < 0,05$ ). Наблюдалось значительное положительное влияние на субъективную оценку уровня боли, тугоподвижности суставов и функциональной способности. Во 2-й группе достоверных изменений не выявлено.

Результаты теста 10-метровой ходьбы показали, что пациенты 1-й группы проходили дистанцию за  $14,22 \pm 1,1$  сек, пациенты 2-й группы — за  $15,1 \pm 1,6$  сек.

Используя опросник оценки состояния здоровья HAQ, после курса лечения у пациентов 1-й группы установлено улучшение их жизнедеятельности: HAQ-DI изменился с  $1,5 \pm 0,6$  до  $0,3 \pm 0,01$  ( $p < 0,05$ ), тогда как во 2-й группе — с  $1,51 \pm 0,3$  до  $1,1 \pm 0,01$ .

После курсового лечения у большинства пациентов со спастическим типом микроциркуляции выявлено

**Таблица 1.** Динамика показателей лазерной доплеровской флоуметрии ( $A_{max}/3\sigma \times 100\%$ ) после курсового лечения у пациентов со спастически-застойным типом микроциркуляции,  $M \pm m$  (%)

**Table 1.** Dynamics of laser Doppler flowmetry ( $A_{max}/3\sigma \times 100\%$ ) after course treatment in patients with spastic-stagnant type of microcirculation,  $M \pm m$  (%)

Показатель	1-я группа, n=30		2-я группа, n=30	
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
Эндотелиальные ритмы	$9,3 \pm 0,6$	$11,7 \pm 0,8$	$9,1 \pm 0,5$	$9,8 \pm 0,3$
Нейрогенные ритмы	$10,8 \pm 0,3$	$12,5 \pm 0,6^*$	$10,4 \pm 0,3$	$11,1 \pm 0,7$
Миогенные ритмы	$10,1 \pm 0,4$	$13,2 \pm 0,7^{**}$	$10,1 \pm 0,3$	$10,9 \pm 0,4$
Дыхательные ритмы	$12,6 \pm 0,8$	$9,7 \pm 0,6^*$	$12,5 \pm 0,7$	$12,1 \pm 0,9$
Сердечные ритмы	$10,9 \pm 0,8$	$7,7 \pm 0,6^*$	$10,8 \pm 0,5$	$11,1 \pm 0,8$

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ .

улучшение показателей ЛДФ. Наблюдалась положительная динамика показателя амплитуды ритма ( $A\alpha/3\sigma \times 100\%$ ), свидетельствующего о состоянии эндотелиальной функции, который изменился на 26% ( $p < 0,01$ ) в 1-й группе. Установлено снижение изначально увеличенного миогенного тонуса артериол на 16% ( $p < 0,01$ ) в 1-й группе. У пациентов, получавших только лечебную гимнастику, достоверные изменения показателей ЛДФ не выявлены, за исключением незначительного улучшения миогенного тонуса артериол.

После проведённого лечения у пациентов со спастически-застойным типом микроциркуляции выявлены улучшения функции эндотелия, нейрогенного и миогенного тонуса артериол, а также положительные изменения в венулярном отделе микроциркуляторного русла (табл. 1). У пациентов, получавших только лечебную гимнастику, достоверные изменения в показателях ЛДФ не выявлены, за исключением тенденции к улучшению миогенного тонуса артериол.

Таким образом, на основании проведённого исследования установлено, что предложенные нами программы реабилитации пациентов после ТЭКС оказывают положительное воздействие на функциональную активность коленного сустава, кровообращение. В свою очередь, комплексное применение электростимуляции в сочетании с лечебной гимнастикой позволяет значительно повысить мышечную силу, уменьшить двигательный дефицит и степень выраженности болевого синдрома.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведённого исследования можно сделать вывод о высокой эффективности комплексного применения электростимуляции четырёхглавой мышцы бедра и лечебной гимнастики у пациентов после ТЭКС. Так, более статистически существенные результаты были получены у пациентов после курсового применения электростимуляции и лечебной гимнастики по сравнению с пациентами, получавшими только лечебную гимнастику. Выраженное положительное действие электростимуляции заключается в повышении функциональной активности четырёхглавых мышц, биоэлектрическая активность которых рефлекторно снижена в ответ на оперативное вмешательство и вынужденную гиподинамию. Под влиянием электрического тока, способного повысить биоэлектрический потенциал четырёхглавых мышц, изменяется функциональное состояние нервно-мышечного аппарата. В процессе миостимуляции по мере восстановления мышечной активности четырёхглавых мышц повышается статическая и динамическая подвижность коленного сустава. Следовательно, включение электростимуляции

и лечебной гимнастики в реабилитационные программы пациентов после ТЭКС является патогенетически оправданным. Установлены улучшение функциональной активности прооперированного сустава по шкале KSS, уменьшение болевого синдрома по ВАШ и положительная динамика состояния микроциркуляции. Расширение режима двигательной активности ведёт к улучшению качества жизни.

Таким образом, представленный нами комплекс реабилитации пациентов после ТЭКС, включающий электростимуляцию и лечебную гимнастику, является научно обоснованным, эффективным и может быть внедрён в базисную схему амбулаторного и санаторно-курортного лечения данной категории пациентов.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

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

**Funding source.** The authors declare no external funding for the study.

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

**Conflict of interest.** The authors declare no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Вклад авторов.** Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: С.Н. Колбахова — концепция и дизайн исследования, написание текста и редактирование статьи, анализ литературных источников; Д.Б. Кульчицкая — концепция и дизайн исследования, сбор и статистическая обработка материала, подготовка и написание текста статьи, сбор и анализ литературных источников; Е.С. Конева — сбор материала и статистическая обработка материала; Р.Н. Струков — подготовка и написание текста статьи, сбор и анализ литературных источников

**Authors' contributions.** The authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (the authors made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication). The greatest contribution is distributed as follows: S.N. Kolbakhova — concept and design of research, writing and editing of the article, analysis of literary sources; D.B. Kulchitskaya — concept and design of research, collection and statistical processing of material, preparation and writing of the text of the article, collection and analysis of literary sources; E.S. Koneva — collection of material and statistical processing of the material; R.N. Strukov — preparation and writing of the text of the article, collection and analysis of literary sources

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chughtai M., Elmallah R.D., Mistry J.B., et al. Nonpharmacologic pain management and muscle strengthening following total knee arthroplasty // *J Knee Surg*. 2016. Vol. 29, N 3. P. 194–200. doi: 10.1055/s-0035-1569147
2. Еськин Н.А., Андреева Т.М. Состояние специализированной травматологоортопедической помощи в Российской Федерации // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2017. № 1. С. 5–11.
3. Bozic K.J., Kamath A.F., Ong K., et al. Comparative epidemiology of revision arthroplasty: Failed total knee arthroplasty poses greater clinical and economic burdens than failed TKA // *Clin Orthop Relat Res*. 2015. Vol. 473, N 6. P. 2131–2138. doi: 10.1007/s11999-014-4078-8
4. Wang X., Hunter D.J., Vessentini G., et al. Technology-assisted rehabilitation following total knee or hip replacement for people with osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis // *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2019. Vol. 1, N 20. P. 506. doi: 10.1186/s12891-019-2900-x
5. Кульчицкая Д.Б., Кончугова Т.В., Саламадина М.О. Немедикаментозные методы лечения больных гонартрозом // *Вестник восстановительной медицины*. 2019. № 2. С. 40–43.
6. 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. Т. 89, № 1. С. 14–16.
7. Alquale-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. Vol. 8, N 3. P. 157–166. doi: 10.2217/pmt-2017-0057
8. Mistry J.B., Elmallah R.D., Bhavé A., et al. Rehabilitative guidelines after total knee arthroplasty: A review // *J Knee Sur*. 2016. Vol. 29, N 3. P. 201–217. doi: 10.1055/s-0036-1579670
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. Vol. 27, N 4. P. 283–286.
10. Şavkin R., Bükér 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. Vol. 87, N 4. P. 735–744. doi: 10.52628/87.4.19
11. Bistolfi A., Zanovello J., Ferracini R., et al. Evaluation of the effectiveness of neuromuscular electrical stimulation after total knee arthroplasty: A meta-analysis // *Am J Physical Med Rehabilitation*. 2018. Vol. 97, N 2. P. 123–130. doi: 10.1097/PHM.0000000000
12. 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 Int*. 2020. Vol. 40, N 9. P. 1385–1398. doi: 10.1007/s00296-020-04597-2

## REFERENCES

1. Chughtai M, Elmallah RD, Mistry JB, et al. Nonpharmacologic pain management and muscle strengthening following total knee arthroplasty. *J Knee Surg*. 2016;29(3):194–200. doi: 10.1055/s-0035-1569147
2. Eskin NA, Andreeva TM. The state of specialized traumatological orthopedic care in the Russian Federation. *Bulletin Traumatology Orthopedics named after N.N. Priorov*. 2017;(1):5–11. (In Russ).
3. Bozic KJ, Kamath AF, Ong K, et al. comparative epidemiology of revision arthroplasty: failed THA poses greater clinical and economic burdens than failed TKA. *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(6):2131–2138. doi: 10.1007/s11999-014-4078-8
4. Wang X, Hunter DJ, Vessentini G, et al 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. doi: 10.1186/s12891-019-2900-x
5. Kulchitskaya DB, Konchugova TV, Solomatina MO. Non-drug methods of treatment of patients with gonarthrosis. *Bulletin Restorative Med*. 2019;(2):40–43. (In Russ).
6. Kulchitskaya DB, Konchugova TV, Minenkov AA, Kolbaya LI. Technologies of restorative medicine in the correction of microcirculatory disorders in patients with gonarthrosis. *Questions Balneology Physiotherapy Therapeutic Physical Culture*. 2012;89(1):14–16. (In Russ).
7. Alquale-Costa R, Thomé GR, Perracini MR, Liebano RE. Low-level laser therapy and interferential current in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial protocol. *Pain Management*. 2018;8(3):157–166. doi: 10.2217/pmt-2017-0057
8. Mistry JB, Elmallah RD, Bhavé A, et al. Rehabilitative guidelines after total knee arthroplasty: A review. *J Knee Sur*. 2016;29(3):201–217. doi: 10.1055/s-0036-1579670
9. Zhang Q, Zhang JH, Tong P. [Application of transcutaneous electrical nerve stimulation to multimodal analgesia after total knee arthroplasty]. *Zhongguo Gu Shang*. 2014;27(4):283–286. (In Chinese).
10. Şavkin R, Bükér N, Güngör HR 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. doi: 10.52628/87.4.19
11. Bistolfi A, Zanovello J, Ferracini R, et al. Evaluation of the effectiveness of neuromuscular electrical stimulation after total knee arthroplasty: A meta-analysis. *Am J Physical Med Rehabilitation*. 2018;97(2):123–130. doi: 10.1097/PHM.0000000000
12. Fatoye F, Wright JM, Yeowell G, Gebrye T. Clinical and cost-effectiveness of physiotherapy interventions following total hip replacement: A systematic review and meta-analysis. *Rheumatology Int*. 2020;40(9):1385–1398. doi: 10.1007/s00296-020-04597-2

## ОБ АВТОРАХ

*Автор, ответственный за переписку:*

**Колбахова Светлана Николаевна**, к.м.н., доцент;  
адрес: Россия, 123182, Москва, ул. Живописная, д. 46;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0191-5272>;  
eLibrary SPIN: 9572-3271;  
e-mail: svetlana.leo2011@yandex.ru

**Кульчицкая Детелина Борисовна**, д.м.н., профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-9767>;  
eLibrary SPIN: 2674-6371;  
e-mail: deti\_ku@mail.ru

**Хаптагаев Тимур Будаевич**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2879-7114>;  
e-mail: koneva.es@medsigroup.ru

**Струков Роман Николаевич**, аспирант;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8797-7604>;  
e-mail: doc.strukov@mail.ru

**Конева Елизавета Сергеевна**, д.м.н., профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9859-194X>;  
eLibrary SPIN: 8200-2155;  
e-mail: elizaveta.coneva@yandex.ru

## AUTHORS' INFO

*The author responsible for the correspondence:*

**Svetlana N. Kolbakhova**, MD, Cand. Sci. (Med.),  
Assistant Professor;  
address: 46 Zhivopisnaya street, 123182, Moscow, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0191-5272>;  
eLibrary SPIN: 9572-3271;  
e-mail: svetlana.leo2011@yandex.ru

**Detelina B. Kulchitskaya**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7785-9767>;  
eLibrary SPIN: 2674-6371; e-mail: deti\_ku@mail.ru

**Timur B. Khaptaev**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2879-7114>;  
e-mail: koneva.es@medsigroup.ru

**Roman N. Strukov**, Graduate Student;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8797-7604>;  
e-mail: doc.strukov@mail.ru

**Elizaveta S. Koneva**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9859-194X>;  
eLibrary SPIN: 8200-2155;  
e-mail: elizaveta.coneva@yandex.ru