

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ  
REVIEW ARTICLE

<https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.4.CLIN.1>  
УДК 616.728.3-007.248-089.843-036.82-039.76



## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ДООПЕРАЦИОННОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ПЕРВИЧНОМУ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЮ У ПАЦИЕНТОВ С ОСТЕОАРТРОЗОМ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Г.П. Котельников, А.В. Колсанов, О.И. Мосеев, Д.С. Кудашев, С.Д. Зуев-Ратников

Самарский государственный медицинский университет, ул. Чапаевская, д. 89, г. Самара, 443099, Россия

**Резюме.** *Актуальность.* В последнее десятилетие дооперационная реабилитация привлекает значительное внимание как отечественных, так и зарубежных специалистов, однако её эффективность и влияние на раннее восстановление пациентов с остеоартрозом коленного сустава после проведения первичного эндопротезирования вызывает много противоречий и остаётся спорной. *Цель исследования* – проведение анализа научной литературы и оценка результатов, потенциальных преимуществ и недостатков применения доступных и современных методов дооперационной реабилитации в период подготовки к первичному эндопротезированию у пациентов с остеоартрозом коленного сустава. *Материалы и методы.* В ходе настоящего исследования поиск данных осуществляли по базам Scopus, Web of Science, PubMed, РИНЦ за период с 2009 по 2024 г. *Результаты.* В результате анализа были выявлены ключевые методы дооперационной реабилитации, применяемые в период подготовки к проведению тотального эндопротезирования коленного сустава, а также было изучено влияние данных методов на восстановление у пациентов функциональных показателей, изменение болевых ощущений и продолжительность пребывания в стационаре после проведения операции в сравнении со стандартной программой подготовки к тотальному эндопротезированию коленного сустава. *Заключение.* В ходе исследования было выявлено, что дооперационная реабилитация перед проведением тотального эндопротезирования коленного сустава может значительно сократить продолжительность пребывания в стационаре, однако убедительных доказательств улучшения послеоперационных функциональных показателей установлено не было. Для определения реальной эффективности дооперационной реабилитации необходимы клинические исследования, направленные на изучение влияния комплексных программ дооперационной реабилитации на патогенетические аспекты остеоартроза, клинические симптомы и функциональные показатели в послеоперационном периоде.

**Ключевые слова:** дооперационная реабилитация, физиотерапия, лечебная физкультура, тотальное эндопротезирование, остеоартроз, коленный сустав.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Котельников Г.П., Колсанов А.В., Мосеев О.И., Кудашев Д.С., Зуев-Ратников С.Д. Вариабельность дооперационной реабилитации при подготовке к первичному эндопротезированию у пациентов с остеоартрозом коленного сустава. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врачи и Здоровье.* 2024;14(4):29-38. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.4.CLIN.1>

## VARIABILITY OF PREOPERATIVE REHABILITATION IN PREPARATION FOR PRIMARY ARTHROPLASTY IN PATIENTS WITH OSTEOARTHRITIS OF THE KNEE JOINT

Gennady P. Kotelnikov, Aleksandr V. Kolsanov, Oleg I. Moseev, Dmitriy S. Kudashev, Sergey D. Zuev-Ratnikov

Samara State Medical University, 89 Chapaevskaya str., Samara, 443099, Russia

**Abstract. Relevance.** In the last decade, preoperative rehabilitation has attracted considerable attention from both domestic and foreign specialists, however, its effectiveness and impact on the early recovery of patients with osteoarthritis of the knee joint after primary arthroplasty causes many contradictions and remains controversial. **Objective.** To analyze the scientific literature and evaluate the results, potential advantages and disadvantages of using available and modern methods of preoperative rehabilitation in preparation for primary arthroplasty in patients with osteoarthritis of the knee joint. **Materials and methods.** In the course of this study, data was searched using Scopus, Web of Science, Pubmed, and RSCI databases for the period from 2009 to 2024. **Results.** As a result of the analysis, the key methods of preoperative rehabilitation used during the preparation for total knee arthroplasty were identified, and the effect of these methods on the restoration of functional parameters in patients, changes in pain and the duration of hospital stay after surgery was studied in comparison with the standard program of preparation for total knee arthroplasty. **Conclusion.** During the study, it was revealed that preoperative rehabilitation before total knee replacement can significantly reduce the duration of hospital stay, however, convincing evidence of improvement in postoperative functional parameters has not been established. To determine the real effectiveness of preoperative rehabilitation, clinical studies are needed to study the effect of comprehensive preoperative rehabilitation programs on the pathogenetic aspects of osteoarthritis, clinical symptoms and functional parameters in the postoperative period.

**Key words:** preoperative rehabilitation, physiotherapy, physical therapy, total arthroplasty, osteoarthritis, knee joint.

**Competing interests.** The authors declare no conflict of interest.

**Funding.** The study was conducted without sponsorship.

**Cite as:** Kotelnikov G.P., Kolsanov A.V., Moseev O.I., Kudashev D.S., Zuev-Ratnikov S.D. Variability of preoperative rehabilitation in preparation for primary arthroplasty in patients with osteoarthritis of the knee joint. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2024;14(4):29-38. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.4.CLIN.1>

### Введение

Остеоартроз коленного сустава (ОА КС) – это деструктивно-дистрофическое заболевание, поражающее все структуры коленного сустава, а также околосуставные мышцы, и характеризующееся длительным и прогрессирующим течением [1]. В основе механизма развития ОА КС лежит дистрофия суставного хряща, причиной которой может быть длительная нагрузка, либо снижение толерантности хряща к повседневной физической нагрузке [2]. Впоследствии формируется дисплазия подлежащей кости, нарушается кровообращение и микроциркуляция в капсуле сустава и субхондральной кости, происходит разрастание внутрисуставной жировой ткани, фиброзное замещение капсулы и избыточное образование синовиальной жидкости с дальнейшим развитием синовита [3]. Компенсаторным механизмом являются костно-хрящевые разрастания (остеофиты), которые формируются за счёт роста ткани по периферии, увеличивая площадь суставной впадины и уменьшая нагрузку на сустав [4]. Параллельно, из-за ограничения движений, происходит гипотрофия околосуставных мышц, что, в дальнейшем, способствует ухудшению кровоснабжения, нарастанию контрактуры и нестабильности сустава [5]. В Российской Федерации частота встречаемости ОА КС у взрослого населения составляет 13%. Таким образом численность данной категории пациентов в Российской Федерации может составлять от 14 до 16 миллионов человек [6]. В мире средняя частота встречаемости ОА КС – 10% у мужчин и 18% у женщин [7]. По данным 2019 года распространённость ОА КС увеличилась на 113,25% – до 527,81

миллионов человек. Наибольшее количество человек, страдающих ОА КС, в 2019 году наблюдалось в Китае (132,81 миллиона) и в Индии (62,36 миллиона), при этом соответствующие процентные изменения с 1990 по 2019 год составили 156,58% и 165,75% соответственно [8, 9]. В настоящее время наиболее эффективным методом лечения терминальных стадий ОА КС является тотальное эндопротезирование (ТЭ), которое рекомендовано пациентам с первичным или вторичным ОА КС III стадии по классификации Н.С. Косинской. ТЭ позволяет быстро купировать болевой синдром, восстановить биомеханику поражённого сустава и в короткие сроки осуществить бытовую и профессиональную реабилитацию пациента [10, 11]. Для успешного проведения ТЭ необходимо тщательное предоперационное обследование и планирование, а также рекомендована дооперационная реабилитация. Дооперационная реабилитация (преабилитация) в последнее десятилетие привлекла значительное внимание как зарубежных, так и российских медицинских специалистов. Концепция программы дооперационной реабилитации заключается в подготовке пациента к операции путём улучшения функциональных возможностей опорно-двигательной системы в целом и поражённой конечности в частности. По данным ряда авторов, дооперационную реабилитацию рекомендовано начинать за 4–6 недель до оперативного вмешательства. Некоторые исследования показали, что грамотно разработанная программа дооперационной реабилитации может уменьшить боль, улучшить диапазон движений, функциональные показатели и качество жизни у

пациентов, ожидающих тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС), которые также имеют серьёзные функциональные нарушения и мышечную слабость из-за боли и отсутствия физической активности [12, 13]. Применение дооперационной реабилитации способствует ранней активизации в послеоперационном периоде, снижению риска осложнений, полноценному функциональному, социально-бытовому и профессиональному восстановлению, а также уменьшению количества дней пребывания в стационаре по сравнению с пациентами, которые соблюдали стандартный протокол в предоперационном периоде (то есть не выполняли никаких упражнений и процедур до операции) [14, 15]. Однако до конца не определено, существует ли значительная корреляция между применением реабилитации и улучшением функциональных показателей после проведения ТЭКС. Также остаются неясными наиболее эффективная комбинация и длительность проведения дооперационной реабилитации, направленной на улучшение состояния коленного сустава до и после ТЭКС в конкретных группах пациентов. Недавние систематические обзоры, описывающие положительное влияние дооперационной реабилитации на послеоперационное функционирование коленного сустава, продолжительность пребывания в больнице, силу, подвижность, боль или качество жизни, связанное со здоровьем, не оценивали качество программ дооперационной реабилитации [16]. На сегодняшний день опубликовано несколько зарубежных систематических обзоров и мета-анализов, исследующих данные о влиянии дооперационной реабилитации на послеоперационные результаты. В этих систематических обзорах изучалось влияние дооперационной реабилитации на различные послеоперационные показатели, такие как уровень боли, функции, качество жизни, сила нижних конечностей и продолжительность пребывания в больнице. Из-за расхождений в исходных результатах исследования, неоднородности оцениваемых результатов и временных рамок, а также типа исследуемого вопроса в нескольких систематических обзорах сообщалось о неубедительных или противоречивых результатах [17]. В отечественной литературе данная проблематика практически не изучена, за исключением упоминания, что медицинскую реабилитацию пациентов с ОА КС, особенно пожилого и старческого возраста, рекомендовано начинать в предоперационном периоде для ранней активизации в послеоперационном периоде [18–20]. Но так или иначе в базах научных публикаций отсутствуют данные о проведении российскими учёными клинических исследований, посвящённых данной теме.

**Цель:** провести анализ научной литературы и оценить результаты, потенциальные преимущества и недостатки применения актуальных методов дооперационной реабилитации в период подготовки к первичному эндопротезированию у пациентов с остеоартрозом коленного сустава.

### Материалы и методы

Для достижения поставленной цели нами был проведён поиск данных в реферативных базах Scopus, Web of Science, PubMed, РИНЦ за период с 2009 по 2024 год по ключевым словам: дооперационная реабилитация, физиотерапия, лечебная физкультура, тотальное эндопротезирование, остеоартроз, коленный сустав, preoperative rehabilitation, physiotherapy, physical therapy, total arthroplasty, osteoarthritis, knee joint.

Всего нами было рассмотрено 48 статей и тезисов. В большинстве исследований, найденных в литературе, оценивались такие последствия, как боль, диапазон движений, физические функции, качество жизни и сила. Из этого обзора мы исключили исследования, которые включали операции, отличные от ТЭКС, или не включали физические упражнения или процедуры перед операцией. Во многих исследованиях использовался только один метод дооперационной реабилитации и только одно исследование было посвящено изучению комбинированной программы дооперационной реабилитации.

### Результаты

Анализ отобранных научных исследований показал, что на сегодняшний день в период подготовки к ТЭКС наиболее часто применяются следующие методы дооперационной реабилитации: лечебная физическая культура (ЛФК), физическая терапия, программы упражнений, направленные на восстановление проприоцепции, баланса и стереотипа походки, электронейростимуляция (ЭНМС), акватерапия, диетотерапия, физиотерапия, рефлексотерапия и массаж.

Одной из основных методик дооперационной реабилитации в период подготовки к эндопротезированию коленного сустава является ЛФК. В исследовании Rahmatika R. и соавт. было отмечено, что, несмотря на высокий уровень эффективности ТЭКС, есть пациенты с постоянной дисфункцией коленного сустава и более длительным периодом реабилитации. Авторы предполагают, что физические упражнения перед проведением ТЭКС, а именно предреабилитационные упражнения с сопротивлением, улучшат состояние пациента перед операцией. Это, в свою очередь, создаст условия для улучшения функциональных показателей после проведения ТЭКС. В данном исследовании методикой

дооперационной реабилитации при подготовке к ТЭКС являлось использование физических упражнений с эспандером в течение 4-х недель до операции. Оценка результатов проводилась с использованием теста Timed up and Go (TUG) и шкалы Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC). По результатам исследования наблюдалась значительная разница между группами по обоим показателям спустя 4 недели после проведения ТЭКС, а также спустя 8 недель – существенная разница по результатам теста TUG. В итоге было выявлено, что предоперационные упражнения с использованием эластичной ленты улучшили функциональные показатели у пациентов в послеоперационном периоде за более короткий промежуток времени. Однако необходимы дальнейшие исследования, направленные на оценку эффективности предоперационных упражнений у пациентов, планирующих ТЭКС [21].

Физическая терапия уже давно стала ключевым методом реабилитации после тотального эндопротезирования суставов и других ортопедических вмешательств. Однако имеется ограниченная информация о потенциальной роли физической терапии в качестве методики дооперационной реабилитации в период подготовки к ТЭКС, поскольку предыдущие исследования имели разные результаты. В рандомизированном контролируемом клиническом исследовании Mat Eil Ismail MS и соавторов оценивалось влияние предоперационных физических упражнений на краткосрочные функциональные показатели после проведения ТЭКС. 50 пациентов с ОА КС, ожидающих одностороннее первичное ТЭКС, были рандомизированы на две группы: группу вмешательства ( $n = 24$ ), пациенты которой выполняли физические упражнения в течение 6-ти недель непосредственно перед операцией, и контрольную группу ( $n = 26$ ). Оценка функционального результата с использованием шкалы The Knee injury and Osteoarthritis and Outcome Score (KOOS) и оценки диапазона движений (ROM) проводились до операции и после операции через 6 недель. Обе группы показали значительную разницу во всех функциональных подшкалах KOOS ( $p < 0,001$ ). Разница средних баллов через 6 недель и 3 месяца не была значимой по подшкале спортивных и развлекательных мероприятий для обеих групп ( $p > 0,05$ ). Значительные различия наблюдались при анализе зависимости времени от лечения между группами по подшкалам симптомов ( $p = 0,003$ ) и повседневной активности ( $p = 0,025$ ). Никаких существенных различий по шкале ROM не было обнаружено при сравнении предоперационных изменений и изменений через 3 месяца после операции, а также при анализе зависимости времени от лечения ( $p = 0,928$ ). В течение 6-ти недель предоперационная физическая те-

рапия не оказала существенного влияния на улучшение краткосрочных функциональных показателей подшкал KOOS и диапазона движений в коленном суставе после проведения ТЭКС [22].

В другом рандомизированном контролируемом клиническом исследовании Skoffer B. и соавт. изучили влияние комбинированной 4-недельной программы дооперационной реабилитации и 4-недельной программы послеоперационных упражнений с сопротивлением на функциональное состояние и силу мышц сгибателей и разгибателей коленного сустава. Участники исследования были распределены в группу вмешательства и в контрольную группу, которые в течение 4-х недель перед ТЭКС проходили стандартную подготовку. Группа вмешательства выполняла программу в течение 4-х недель до операции и 4-х недель после операции, тогда как контрольная группа выполнила только 4-недельную программу тренировок после операции. Основными показателями последующего наблюдения были следующие: 30-секундный тест стояния на стуле (основной результат), тест 6-минутной ходьбы, сила мышц сгибателей и разгибателей коленного сустава, а также самочувствие, сообщаемое пациентами. Никаких существенных различий в обеих группах не наблюдалось по основному результату – 30-секундному тесту стоя на стуле (4,0 повторения против 2,0 повторения,  $P = 0,067$ ) или по другим функциональным показателям. В группе вмешательства, по сравнению с контрольной группой, наблюдались более высокие показатели силы мышц-разгибателей прооперированного коленного сустава (0,5 Нм/кг против 0,2 Нм/кг,  $P = 0,002$ ) и силы мышц-сгибателей прооперированного коленного сустава (0,3 Нм/кг против 0,2 Нм/кг,  $P = 0,042$ ). Никаких существенных различий между группами по собственным ощущениям у пациентов выявлено не было. Авторы исследования поддерживают использование краткосрочных высокоинтенсивных тренировок с сопротивлением перед ТЭКС, поскольку они оказывают длительный эффект на мышечную силу, хотя могут не оказывать значительного воздействия на функциональные показатели [23].

Стоит отметить, что частым осложнением у пациентов с ОА КС является снижение проприоцепции с последующим нарушением баланса, постурального контроля и стереотипа походки. Восстановление данных параметров напрямую влияет на уменьшение боли, улучшение функциональных показателей, качества жизни и снижение числа осложнений после проведения оперативных вмешательств [24]. Для снижения риска развития данных осложнений медицинские специалисты используют различные предоперационные программы упражнений, направленные на восстановление проприоцепции,

и, как следствие, баланса, постурального контроля и стереотипа походки.

В рандомизированном клиническом исследовании Gstoettner M. и соавт. оценили влияние предоперационной проприоцептивной программы тренировок в течение 6-ти недель перед операцией на послеоперационное восстановление баланса и стереотипа походки у пациентов, перенёсших ТЭКС. В рамках исследования у пациентов из контрольной и тренировочных групп проводили оценку баланса с использованием системы стабилизации Biodex, а также измерение скорости походки и клинических результатов с использованием шкал WOMAC и KOOS. В результате, после проведения ТЭКС, у пациентов, прошедших 6-недельную до оперативного вмешательства предоперационную программу проприоцептивных упражнений, наблюдалось значительное улучшение стабильности походки в отличие от пациентов, не принимавших участие в данной программе. Однако значительного улучшения показателей боли и скованности по шкалам KOOS и WOMAC в обеих группах после проведения ТЭКС не наблюдалось [25].

В проспективном контролируемом исследовании Ebru Aytekin и соавт. проверили гипотезу, утверждающую, что у пациентов, прошедших дооперационную реабилитацию, функциональные возможности и болевой статус улучшаются, но также пациенты могут отложить своё решение о согласии на оперативное вмешательство. В рамках данного исследования участие приняли 44 пациента с IV степенью остеоартроза коленного сустава, не поддающегося консервативному лечению, и которым была назначено одностороннее ТЭ. Участникам контрольной группы была назначена 12-недельная тренировочная программа в зале и дома. Оценка проводилась за 3 месяца до ТЭКС и через 3 и 6 месяцев после оперативного вмешательства с помощью визуально-аналоговой шкалы (ВАШ) и шкалы KOOS. Статистически улучшение наблюдалось в обеих группах на 3-м и на 6-м месяце после лечения по сравнению с исходным уровнем показателей. Кроме того, около 20% пациентов отложили операцию из-за уменьшения боли, что показало важность предоперационных физических упражнений и позволило отсрочить время проведения операции [26].

В пилотном рандомизированном контролируемом исследовании Gränicher P. и соавт. оценивали влияние предоперационных физических упражнений, включающих методики проприоцептивной нервно-мышечной фасилитации (ПНФ), тренировки на выносливость и индивидуально назначенные процедуры, на функциональные, субъективные и социально-экономические параметры после проведения ТЭКС. Участие в исследовании приняли 20 пациентов, которые случайным образом были рас-

пределены в контрольную группу и группу вмешательства. Измерения проводились перед началом программы упражнений, за 2 дня до операции и через 3 месяца после ТЭКС. Первично оценивался показатель теста подъёма по лестнице (SCT), вторично – показатели диапазона движений колена (ROM) и уровень физической активности с использованием шкалы Лисхольма (LS) и шкалы активности Тегнера (TAS). Субъективными и социально-экономическими параметрами были шкала общего впечатления пациентов от изменений (PGIC), время стационарной реабилитации, предоперационные уровни боли и метаболический эквивалент (MET), послеоперационный приём анальгетиков и общие затраты. Результаты показали, что дооперационная реабилитация улучшила уровень физической активности до и после ТЭКС и привела к клинически значимому увеличению показателей по шкале TAS. Общие затраты в контрольной группе были на 21,4% выше, требовалось больше приёма анальгетиков, а также наблюдался более высокий уровень предоперационной боли, чем в группе вмешательства [27].

В клинических исследованиях Blasco J.M. и соавт., José Casaña и соавт. изучалось влияние программ тренировок баланса и равновесия в предоперационном периоде на эффективность восстановления данных параметров после проведения ТЭКС. По итогам проведения программ тренировок для группы вмешательства в течение 4-8 недель была произведена оценка данных параметров на основании показателей теста Ромберга с открытыми и закрытыми глазами, шкалы баланса Берга и подшкалы KOOS-ADL. Группы вмешательства продемонстрировали умеренный эффект по сравнению с контрольной группой, однако обе группы были одинаково эффективны в улучшении общего состояния равновесия через 6 недель после операции. Анализ полученных результатов показал, что предоперационная программа тренировок, ориентированная на баланс и равновесие, является эффективной методикой для улучшения данных параметров в раннем послеоперационном периоде [28, 29].

Однако Fernando Domínguez-Navarro и соавт. в своём исследовании пришли к выводу, что независимо от того, дополняется или нет программа укрепляющих тренировок упражнениями на баланс, она улучшает только силовые показатели, но не баланс через 6 недель после операции, при этом ожидается, что пациенты смогут продемонстрировать улучшение параметров баланса через год после эндопротезирования [30].

Одним из методов дооперационной реабилитации, способствующим укреплению мышц перед эндопротезированием, является использование электростимуляции (ЭНС). По данным

литературы утверждается, что ЭНМС улучшает силу и функцию четырехглавой мышцы бедра у пациентов с ОА КС. В пилотном рандомизированном клиническом исследовании Walls R.J. и соавт. изучили эффективность применения ЭНМС на дому у пациентов, которым было запланировано проведение ТЭКС. В исследовании приняли участие 17 пациентов, случайным образом распределённые в контрольную группу и группу вмешательства. Оценивалось влияние ЭНМС на предоперационную и послеоперационную изометрическую силу четырехглавой мышцы бедра, площадь поперечного сечения четырехглавой мышцы бедра (CSA) и клиническую функцию квадрицепса (субъективную и объективную). Полученные результаты показали, что предоперационная сила увеличилась на 28% с соответствующим увеличением времени ходьбы, подъёма по лестнице и подъёма на стул. Ранняя послеоперационная потеря силы (около 50%) была одинаковой в обеих группах. Однако группа вмешательства продемонстрировала значительную силу (53,3%,  $p = 0,011$ ) и функциональное восстановление ( $p < 0,05$ ) через 6 и 12 недель после ТЭКС. CSA уменьшилась на 4% в группе ЭНМС по сравнению с контрольной группой, в которой уменьшение CSA произошло на 12% ( $p > 0,05$ ) через 12 недель после операции. Это пилотное исследование показало, что предоперационная ЭНМС может улучшить восстановление силы четырехглавой мышцы и ускорить возвращение к нормальной деятельности у пациентов с ОА КС, перенёсших ТЭКС [31].

Редкой методикой дооперационной реабилитации является акватерапия, и только одно исследование посвящено изучению и влиянию данной методики на послеоперационные результаты пациентов после ТЭКС. В рандомизированном клиническом исследовании Sunghye K. и соавт. оценивали влияние предоперационных упражнений в воде в течение 4-8 недель на послеоперационные результаты после ТЭКС. Все участники исследования оценивались по следующим шкалам: WOMAC, SPPB, MAT-sf, GDS-fs, MoCA. В рамках данного исследования пациенты были распределены на две группы, в которых одна занималась упражнениями в воде, другая – проходила стандартную подготовку к ТЭКС. В результате сравнения данных подходов было выявлено, что 4-8-недельное применение акватерапии привело к улучшению функциональных результатов, а также к снижению депрессии и улучшению когнитивных функций у участников исследования, перенёсших ТЭКС [32].

Важным аспектом в период подготовки к ТЭКС является снижение веса до оптимальных значений, при которых нивелируется риск развития послеоперационных осложнений. Помимо того, что ожирение является известным фактором риска для об-

щего состояния здоровья, оно, безусловно, является наиболее серьёзным и хорошо описанным фактором риска развития ОА КС [33]. Риск развития симптоматического ОА КС, а также ОА других суставов увеличивается с повышением индекса массы тела (ИМТ). Целью исследования A. Liljensøe и соавт. было выяснить, улучшит ли снижение веса перед первичным ТЭКС качество жизни, функцию и подвижность коленного сустава через год после операции. Пациенты с ожирением, которым было назначено первичное ТЭКС из-за ОА КС, были рандомизированы в контрольную группу, получавшую стандартную помощь, или в группу вмешательства, получавшую 8-недельную низкоэнергетическую диету перед полной заменой коленного сустава. В анализ были включены результаты лечения 76 пациентов, по 38 в каждой группе. Это исследование показало значительное улучшение качества жизни и функции коленного сустава в обеих группах, хотя статистически значимых различий между группами через год после полной замены коленного сустава не наблюдалось. Средняя потеря веса после 8-недельной предоперационной низкоэнергетической диеты составила 10,7 кг, а жировой массы – 6,7 кг. Через год после ТЭКС участникам группы, придерживавшихся диеты, удалось сохранить снижение веса, тогда как в контрольной группе изменений не произошло. Результаты исследования показали, что возможно безопасно реализовать интенсивную программу снижения веса незадолго до проведения ТЭКС, что приводит к снижению массы тела на 10%, снижению процентной доли жировой ткани и уменьшению факторов сердечно-сосудистого риска [34].

Единственным исследованием, посвящённым изучению и сравнению комбинации методик со стандартным протоколом подготовки, стало двухцентровое открытое рандомизированное контролируемое исследование Simpson A.H. и соавт. В этом исследовании авторы сравнили комбинированную программу дооперационной реабилитации, включающую диетотерапию, лечебную физкультуру, использование стелек и скорректированную анальгетическую терапию со стандартным протоколом подготовки к ТЭКС. Участие в исследовании приняли 60 пациентов, которые случайным образом были распределены в контрольную группу (20 пациентов) и в группу вмешательства (40 пациентов). Использование конкретных методов комбинированной программы варьировалось и продолжалось в течение 12 недель: 31 (78%) пациент из 40 получали лечебную физкультуру, 28 (70%) – снижение веса, 22 (55%) – коррекцию обезболивания, 18 (45%) – ортопедические стельки. Участники группы вмешательства регулярно проверялись на предмет оценки приверженности к лечению, а также оценивались пока-

затели изменения уровня качества жизни, связанные со здоровьем, функции суставов и приверженности к изменению веса. Общая медиана приверженности к прохождению данной программы составила 94% (IQR 79,5–100). При окончательном анализе результатов у пациентов из группы вмешательства вес снизился в среднем на 11,2 кг по сравнению с 1,3 кг в контрольной группе. Также сообщалось о клинически значимом улучшении качества жизни, связанного со здоровьем, а оценка функции суставов показала значимое улучшение в группе вмешательства по сравнению с контрольной группой [35].

### Обсуждение

В последнее время дооперационная реабилитация по-прежнему привлекает огромное внимание, были проведены крупные клинические исследования, посвящённые влиянию дооперационной реабилитации на восстановление функциональных показателей после ТЭКС [23, 26, 30, 36, 37]. Однако эффективность дооперационной реабилитации в отношении раннего восстановления функциональных показателей у пациентов, получивших ТЭКС, остаётся спорной [38, 39]. В этом обзоре литературы мы обобщили данные рандомизированных контролируемых клинических исследований, которые показали более глубокое понимание эффективности дооперационной реабилитации при подготовке к ТЭКС у пациентов с ОА КС. По результатам данного обзора мы обнаружили, что эффективность дооперационной реабилитации отразилась в том числе на сокращении сроков пребывания пациентов в стационаре. Мы также выявили, что дооперационная реабилитация может быть эффективна для улучшения диапазона сгибания колена и показателей по шкалам TUG и KOOS (показатель качества жизни и функций колена в спорте и отдыхе). Тем не менее, при использовании дооперационной реабилитации после ТЭКС практически не менялись показатели визуальной шкалы боли, теста 6-минутной ходьбе, диапазона движений коленного сустава (ROM), показатели подшкал KOOS (симптомы, боль, функция повседневной жизни) и шкалы WOMAC (боль, скованность, функция). Среди включённых исследований наблюдалась определённая неоднородность, что может быть связано с применением учёными разных оценочных шкал. Все включённые в обзор статьи показали, что обе группы пациентов имели значительное улучшение функциональных результатов и показателей после ТЭКС, однако не всегда это было связано с тем, прошли они дооперационную реабилитацию или нет. Стоит отметить, что в 90% исследований основной методикой являются различные программы физических упражнений, в то время как комплексная дооперационная

реабилитация была описана только в одном исследовании. Помимо этого, все приведённые исследования были направлены на изучение влияния дооперационной реабилитации на изменение клинических симптомов и соответствующих показателей шкал и тестов, при этом отсутствуют данные о влиянии дооперационной реабилитации на патогенетические аспекты при развитии остеоартроза коленного сустава.

Стоит отметить, что боль является основным симптомом ОА КС и ключевым фактором, определяющим разгибание и сгибание коленного сустава [37]. Более того, важным показателем в послеоперационном периоде является диапазон движений коленного сустава. Как было показано в исследовании Skoffler B. и соавт., 4-недельная предоперационная тренировка с прогрессивным сопротивлением не смогла значительно смягчить сгибание и разгибание колена на 6-й и 12-й неделе после операции [23]. К такому же выводу пришли в своем исследовании Mat Eil-Ismael M.S. и соавт., которые сообщили, что в двух группах не было выявлено существенных различий в диапазоне движений коленного сустава [22]. Кроме того, An J. и соавт. указали, что дооперационная телемедицинская программа реабилитации привела к улучшению сгибания колена на 6-й неделе после операции [38]. Однако только использование физических упражнений в рамках подготовки к ТЭКС мало влияет на послеоперационный диапазон движений коленного сустава [22].

Также одним из основных показателей стали результаты теста Timed Up and Go (TUG), которые были лучше у групп вмешательства после ТЭКС по сравнению с контрольной группой. Это подтверждает исследование Skoffler B. и соавт., которые показали, что показатели теста TUG были лучше в группе дооперационной реабилитации, чем в контрольной группе, на 6-й и 12-й неделе после операции [23]. Calatayud J. и соавт. также продемонстрировали, что 8-недельная предоперационная высокоинтенсивная силовая тренировка улучшила TUG после проведения ТЭКС [37].

Тест с 6-минутной ходьбой измерял максимальное расстояние ходьбы, пройденное за 6 минут. Как видно из результатов обзора, группа дооперационной реабилитации имела стабильные результаты при 6-минутной ходьбе по сравнению с контролем. Однако Skoffler B. и соавт. и Torp R. и соавт. сообщили, что существенной разницы в 6-минутной ходьбе между группой вмешательства и контролем у пациентов после ТЭКС не наблюдалось [23, 39]. Этот результат можно объяснить силой квадрицепсов: чем сильнее квадрицепсы, тем протяжённее будет 6-минутная прогулка [39].

Что касается результатов самооценки физической функции у группы вмешательства, по сравне-

нию с пациентами, включёнными в контрольную группу, то не наблюдалось значительного улучшения, за исключением одного показателя шкалы KOOS (подшкала качества жизни, связанного со спортом и коленным суставом). Skoffer B. и соавт. сообщили, что между группами в рамках показателей шкалы KOOS не было выявлено различий, за исключением подшкалы качества жизни, связанного со спортом и коленным суставом KOOS, показатели которой были лучше в группе дооперационной реабилитации [23]. По данным Mat Eil Ismail MS. и соавт. сообщалось о заметных различиях в рамках подшкалы KOOS «повседневная деятельность» (ADL), но по другим подшкалам KOOS существенных различий обнаружено не было [22]. Aytekin E. и соавт. также заявили об отсутствии существенных различий внутри обеих групп в рамках шкалы KOOS [26]. Calatayud J и соавт. сообщили, что в группе дооперационной реабилитации не было обнаружено улучшения функционального показателя шкалы WOMAC [37]. An J. И соавт. заявили, что дооперационная телемедицинская программа реабилитации может улучшить функциональные результаты по шкале WOMAC после проведения ТЭКС [38]. Кроме того, проведённый нами обзор научной литературы продемонстрировал, что применение дооперационной реабилитации может значительно сократить продолжительность пребывания в больнице, о чём также говорится в мета-анализе, проведённом Chen H. [40]. При этом мы понимаем, что на длительность пребывания в стационаре влияют много-

численные факторы (например, время снятия послеоперационных швов), поэтому данный показатель не может выступать в качестве одного из ключевых при оценке послеоперационного эффекта.

### Заключение

Проведённый нами анализ научной литературы показал, что дооперационная реабилитация по большинству показателей имела аналогичное влияние на послеоперационное функциональное восстановление после ТЭКС, что и применение стандартного протокола подготовки к ТЭКС. При этом дооперационная реабилитация может эффективно сократить продолжительность пребывания в больнице. Однако в целом эффективность преадресации и её корреляция с функциональными показателями пациентов, перенесших ТЭКС, остаются неопределёнными. Для объективной оценки эффективности дооперационной реабилитации при ТЭКС необходимо проведение дополнительных клинических исследований, направленных на изучение влияния дооперационной реабилитации, включающей в себя одновременное применение различных методов, на клинично-функциональное восстановление пациентов. При этом в рамках новых исследований необходимо также уделить особое внимание анализу взаимосвязи дооперационной реабилитации и патогенетических изменений в поражённом суставе, а также продолжительности пребывания в стационаре пациентов с остеоартрозом коленного сустава, перенесших тотальное эндопротезирование.

### Литература [References]

- Hunter DJ, Bierma-Zeinstra S. Osteoarthritis. *Lancet*. 2019 Apr 27;393(10182):1745-1759. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30417-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30417-9)
- Ортопедия: национальное руководство / под ред. С. П. Миронова, Г. П. Котельникова. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2013:944. Orthopedics: national guidelines / edited by S. P. Mironov, G. P. Kotelnikov. 2nd ed., reprint. and add. Moscow: GEOTAR-Media; 2013:944. (In Russ).
- Yunus MHM, Nordin A, Kamal H. Pathophysiological Perspective of Osteoarthritis. *Medicina (Kaunas)*. 2020 Nov 16;56(11):614. <https://doi.org/10.3390/medicina56110614> PMID: 33207632
- Травматология и ортопедия: учебник / под ред. Н. В. Корнилова, А. К. Дулаева. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2023:656. Traumatology and orthopedics: textbook / Ed. N. V. Kornilova, A. K. Dulaeva. 4th ed. perab. and DOP. Moscow: G ASBOTAR-media; 2023: 656. (In Russ).
- Du X, Liu ZY, Tao XX, Mei YL, Zhou DQ, Cheng K, et al. Research Progress on the Pathogenesis of Knee Osteoarthritis. *Orthop Surg*. 2023 Sep;15(9):2213-2224. <https://doi.org/10.1111/os.13809>
- Галушко Е.А., Большакова Т.Ю., Виноградова И.Б., Иванова О.Н., Лесняк О.М., Меньшикова Л.В. и др. Структура ревматических заболеваний среди взрослого населения России по данным эпидемиологического исследования (предварительные результаты). *Научно-практическая ревматология*. 2009;47(1):11-17. Galushko E.A., Bolshakova T.Yu., Vinogradova I.B., Ivanova O.N., Lesnyak O.M., Menshikova L.V., etc. The structure of rheumatic diseases among the adult population of Russia according to epidemiological research (preliminary results). *Scientific and practical rheumatology*. 2009;47(1):11-17. (In Russ).
- Сертакова А.В., Зверева К.П., Зоткин В.В., Рубашкин С.А., Анисимов Д.И. Проблема остеоартроза (ОА) коленного сустава у пациентов с избыточной массой тела и ожирением: вопросы этиологии и патогенеза (обзор литературы). *Гений Ортопедии*. 2020;26(1). Sertakova A.V., Zvereva K.P., Zotkin V.V., Rubashkin S.A., Anisimov D.I. The problem of osteoarthritis (OA) of the knee joint in overweight and obese patients: issues of etiology and pathogenesis (literature review). *The genius of Orthopedics*. 2020;26(1). (In Russ).
- Kurtz S. M., Lau, E., Ong K., Zhao K., Kelly M., & Bozic K.J. Future young patient demand for primary and revision joint replacement: national projections from 2010 to 2030. *Clinical orthopaedics and related research*. 2009;467(10):2606-2612. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-0834-6>
- Long H., Liu Q., Yin H., Wang K., Diao N., Zhang Y., et al. Prevalence Trends of Site-Specific Osteoarthritis From 1990 to 2019: Findings From the Global Burden of Disease Study 2019. *Arthritis & rheumatology (Hoboken, N.J.)*. 2022;74(7):1172-1183. <https://doi.org/10.1002/art.42089>
- Bruyère O., Honvo G., Veronese N., Arden N. K., Branco J., Curtis E. M. et al. An updated algorithm recommendation for the management of knee osteoarthritis from the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO). *Seminars in arthritis and rheumatism*. 2019;49(3):337-350. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2019.04.008>

- 11 Shichman I., Roof M., Askew N., Nherera L., Rozell J. C., Seyler T. M., et al. Projections and Epidemiology of Primary Hip and Knee Arthroplasty in Medicare Patients to 2040-2060. *JB & JS open access*. 2023;8(1):e22.00112. <https://doi.org/10.2106/JBJS.OA.22.00112>
- 12 Villadsen A., Overgaard S., Holsgaard-Larsen A., Christensen R., & Roos, E. M. Postoperative effects of neuromuscular exercise prior to hip or knee arthroplasty: a randomised controlled trial. *Annals of the rheumatic diseases*. 2014; 73(6):1130-1137. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2012-203135>
- 13 McKay, C., Prapavessis, H., & Doherty, T. The effect of a prehabilitation exercise program on quadriceps strength for patients undergoing total knee arthroplasty: a randomized controlled pilot study. *PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation*. 2012;4(9):647-656. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2012.04.012>
- 14 Abdel-Aziem A. A., Soliman E. S., Mosaad D. M., & Draz A. H. Effect of a physiotherapy rehabilitation program on knee osteoarthritis in patients with different pain intensities. *Journal of physical therapy science*. 2018;30(2):307-312. <https://doi.org/10.1589/jpts.30.307>
- 15 Almeida G. J., Khoja S.S., Zelle B. A. Effect of prehabilitation in older adults undergoing total joint replacement: An Overview of Systematic Reviews. *Current geriatrics reports*. 2020;9(4):280-287. <https://doi.org/10.1007/s13670-020-00342-6>
- 16 Gränicher P., Mulder L., Lensen T., Scherr J., Swanenburg J., de Bie, R. Prehabilitation Improves Knee Functioning Before and Within the First Year After Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review With Meta-analysis. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2022;52(11):709-725. <https://doi.org/10.2519/jospt.2022.11160>
- 17 Pillay-Jayaraman P., Chetty V., Maddocks S. A scoping review of prehabilitation interventions for arthroplasty patients. *The South African journal of physiotherapy*. 2023;79(1):1939. <https://doi.org/10.4102/sajp.v79i1.1939>
- 18 Физическая терапия больных остеоартрозом: клинические рекомендации. Научн. об-во. физ. реаб. мед. М.; 2019:45. Physical therapy of patients with osteoarthritis: clinical recommendations. Scientific about. phys. reab. med. М.; 2019:45. (In Russ).
- 19 Пономаренко Г.Н. Физиотерапия Национальное руководство. 2009:171-172. Ponomarenko G.N. Physiotherapy National Guide. 2009:171-172. (In Russ).
- 20 Ушаков А.А. Практическая физиотерапия. М.: Медицинское информационное агентство; 2009:364. 20 Ushakov A.A. Practical physiotherapy. Moscow: Medical Information Agency; 2009:364. (In Russ).
- Rahmatika, Rahmatika & Novriansyah, R. & Indriastuti, Lanny. The Effects Of Prehabilitation Exercise Using Resistance Bands On Functional Performance In Total Knee Replacement. *The Hip and Knee Journal*. 2020;1:8-18. <https://doi.org/10.46355/hipknee.v1i1.5>
- 21 Mat Eil Ismail M. S., Sharifudin M.A., Shokri A.A., Ab Rahman S. Preoperative physiotherapy and short-term functional outcomes of primary total knee arthroplasty. *Singapore medical journal*. 2016;57(3):138-143. <https://doi.org/10.11622/smedj.2016055>
- 22 Skoffer B., Maribo T., Mechlenburg I., Korsgaard C.G., Søballe K., Dalgas U. Efficacy of preoperative progressive resistance training in patients undergoing total knee arthroplasty: 12-month follow-up data from a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*. 2020;34(1):82-90. <https://doi.org/10.1177/0269215519883420>
- 23 Курникова А.А., Потехина Ю.П., Филатов А.А., Калинина Е.А., Первушкин Э.С. Роль опорно-двигательного аппарата в поддержании постурального баланса: обзор литературы. *Российский остеопатический журнал*. 2019;(3-4):135-149. Kournikova A.A., Potekhina Yu.P., Filatov A.A., Kalinina E.A., Pervushkin E.S. The role of the musculoskeletal system in maintaining postural balance: a literature review. *Russian Osteopathic Journal*. 2019;(3-4):135-149. (In Russ).
- 24 Gstöttner M., Raschner C., Dirnberger E., Leimser H., Krismer M. Preoperative proprioceptive training in patients with total knee arthroplasty. *The Knee*. 2011;18(4):265-270. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2010.05.012>
- 25 Aytekin E., Sukur E., Oz N., Telatar A., Eroglu Demir S., Sayiner Caglar N. et al. The effect of a 12 week prehabilitation program on pain and function for patients undergoing total knee arthroplasty: A prospective controlled study. *Journal of clinical orthopaedics and trauma*. 2019;10(2):345-349. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2018.04.006>
- 26 Gränicher P., Stöggli T., Fucntese S.F., Adelsberger R., Swanenburg J. Preoperative exercise in patients undergoing total knee arthroplasty: a pilot randomized controlled trial. *Archives of physiotherapy*. 2020;10:13. <https://doi.org/10.1186/s40945-020-00085-9>.
- 27 Blasco J. M., Acosta-Ballester Y., Martínez-Garrido I., García-Molina P., Igual-Camacho C., Roig-Casasús S. The effects of preoperative balance training on balance and functional outcome after total knee replacement: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*. 2020;34(2):182-193. <https://doi.org/10.1177/0269215519880936>
- 28 Casaña J., Calatayud J., Ezzatvar Y., Vinstrup J., Benítez J., Andersen L.L. Preoperative high-intensity strength training improves postural control after TKA: randomized-controlled trial. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2019;27(4):1057-1066. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5246-2>
- 29 Domínguez-Navarro F., Silvestre-Muñoz A., Igual-Camacho C., Díaz-Díaz B., Torrella J. V., Rodrigo J., et al. A randomized controlled trial assessing the effects of preoperative strengthening plus balance training on balance and functional outcome up to 1 year following total knee replacement. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*. 2021;29(3): 838-848. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06029-x>
- 30 Walls R.J., McHugh G., O'Gorman D. J., Moyna N. M., O'Byrne J. M. Effects of preoperative neuromuscular electrical stimulation on quadriceps strength and functional recovery in total knee arthroplasty. A pilot study. *BMC musculoskeletal disorders*. 2010;11:119. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-119>
- 31 Kim S., Hsu F. C., Groban L., Williamson J., Messier S. A pilot study of aquatic prehabilitation in adults with knee osteoarthritis undergoing total knee arthroplasty - short term outcome. *BMC musculoskeletal disorders*. 2021;22(1):388. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04253-1>
- 32 Silverwood V., Blagojevic-Bucknall M., Jinks C., Jordan J. L., Protheroe J., Jordan K. P. Current evidence on risk factors for knee osteoarthritis in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis and cartilage*. 2015;23(4):507-515. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2014.11.019>
- 33 Liljensøe A., Laursen J. O., Bliddal H., Søballe K., Mechlenburg I. Weight Loss Intervention Before Total Knee Replacement: A 12-Month Randomized Controlled Trial. *Scandinavian journal of surgery: SJS: official organ for the Finnish Surgical Society and the Scandinavian Surgical Society*. 2021;110(1):3-12. <https://doi.org/10.1177/1457496919883812>
- 34 Simpson A. H. R. W., Clement N. D., Simpson S. A., Pandit H., Smillie S., Leeds A. R., et al. A preoperative package of care for osteoarthritis, consisting of weight loss, orthotics, rehabilitation, and topical and oral analgesia (OPPORTUNITY): a two-centre, open-label, randomised controlled feasibility trial. *The Lancet. Rheumatology*. 2024;6(4):e237-e246. [https://doi.org/10.1016/S2665-9913\(23\)00337-5](https://doi.org/10.1016/S2665-9913(23)00337-5)
- 35 Ma J. X., Zhang L. K., Kuang M. J., Zhao J., Wang Y., Lu B., Sun L., Ma X. L. The effect of preoperative training on functional recovery in patients undergoing total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. *International journal of surgery (London, England)*. 2018;51:205-212. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2018.01.015>

- 36 Calatayud J., Casaña J., Ezzatvar Y., Jakobsen M. D., Sundstrup E., Andersen L. L. High-intensity preoperative training improves physical and functional recovery in the early post-operative periods after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*. 2017;25(9):2864-2872. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-3985-5>
- 37 An J., Ryu H. K., Lyu S. J., Yi H. J., Lee B. H. Effects of Preoperative Telerehabilitation on Muscle Strength, Range of Motion, and Functional Outcomes in Candidates for Total Knee Arthroplasty: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(11):6071. <https://doi.org/10.3390/ijerph18116071>
- 38 Topp R., Swank A. M., Quesada P. M., Nyland J., Malkani A. The effect of prehabilitation exercise on strength and functioning after total knee arthroplasty. *PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation*. 2009;1(8):729-735. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2009.06.003>
- 39 Chen H., Li S., Ruan T., Liu L., Fang L. Is it necessary to perform prehabilitation exercise for patients undergoing total knee arthroplasty: meta-analysis of randomized controlled trials. *The Physician and sportsmedicine*. 2018;46(1):36-43. <https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1403274>

#### Авторская справка

##### Котельников Геннадий Петрович

Д-р мед. наук, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии им. академика РАН А.Ф. Краснова, академик РАН, профессор, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0001-7456-6160

Вклад автора: разработка концепции и дизайна, анализ и интерпретация данных; обоснование рукописи, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение для публикации рукописи.

##### Колсанов Александр Владимирович

Д-р мед. наук, заведующий кафедрой оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом медицинских информационных технологий, профессор РАН, профессор, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0002-4144-7090

Вклад автора: разработка концепции и дизайна, анализ и интерпретация данных; обоснование рукописи, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение для публикации рукописи.

##### Мосеев Олег Игоревич

Клинический ординатор 2-го года обучения кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии им. академика РАН А.Ф. Краснова, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0009-0004-6821-7035; o.i.moseev@samsmu.ru

Вклад автора: анализ и интерпретация данных; обоснование рукописи, окончательное утверждение для публикации рукописи.

##### Кудашев Дмитрий Сергеевич

Канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии им. академика РАН А.Ф. Краснова, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0001-8002-7294

Вклад автора: обоснование рукописи, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение для публикации рукописи.

##### Зуев-Ратников Сергей Дмитриевич

Канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии им. академика РАН А.Ф. Краснова, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0001-6471-123X

Вклад автора: обоснование рукописи, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение для публикации рукописи.

#### Author's reference

##### Gennadiy P. Kotel'nikov

Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the Russian Academy of Sciences A.F. Krasnova, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0001-7456-6160

Author's contribution: development of the concept and design, analysis and interpretation of data; justification of the manuscript, verification of critical intellectual content, final approval for the publication of the manuscript.

##### Aleksandr V. Kolsanov

Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Operative Surgery and Clinical Anatomy with a course in Medical Information Technology, Professor of the Russian Academy of Sciences, Professor, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0002-4144-7090

Author's contribution: development of the concept and design, analysis and interpretation of data; justification of the manuscript, verification of critical intellectual content, final approval for the publication of the manuscript.

##### Oleg I. Moiseev

Clinical resident for 2 years of study at the Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the Russian Academy of Sciences A.F. Krasnov, Samara State Medical University.

ORCID 0009-0004-6821-7035; o.i.moseev@samsmu.ru

Author's contribution: analysis and interpretation of data; justification of the manuscript, final approval for the publication of the manuscript.

##### Dmitriy S. Kudashev

Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the Russian Academy of Sciences A.F. Krasnov, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0001-8002-7294

Author's contribution: substantiation of the manuscript, verification of critical intellectual content, final approval for publication of the manuscript.

##### Sergey D. Zuev-Ratnikov

Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the Russian Academy of Sciences A.F. Krasnov, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0001-6471-123X

Author's contribution: substantiation of the manuscript, verification of critical intellectual content, final approval for publication of the manuscript.