СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФОТОБИОМОДУЛЯЦИИ И ЭЛЕКТРОФОРЕЗА В КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ ОСТЕОАРТРОЗА КОЛЕННОГО СУСТАВА В АМБУЛАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Давронов Алишер Абдусалямович

Объедененная клиническая больница на станции Самарканд, Узбекистан

Введение. *Остеоартроз коленного сустава (ОАК) остаётся одной из наиболее частых причин хронической боли и ограничения подвижности у взрослых пациентов. Несмотря на наличие множества методов физиотерапии, поиск оптимальных, безопасных и клинически эффективных подходов к лечению и реабилитации остаётся актуальной задачей. Современные исследования подтверждают, что фотобиомодуляционная терапия (H-PBMT) способствует снижению боли и воспаления за счёт активации митохондриальных механизмов, однако данные о её эффективности в условиях амбулаторной практики в Узбекистане ограничены.*

Материалы и методы. *Проведено проспективное рандомизированное исследование, включившее 27 амбулаторных пациентов (42–68 лет) с остеоартрозом коленного сустава I–II степени по Kellgren–Lawrence, проходивших лечение в Клинической объединённой железнодорожной больнице станции Самарканд в 2023–2024 гг. Пациенты были распределены на две группы: основная (n=14) — высокоэнергетическая фотобиомодуляция (BTL-6000 HIL, 1064 нм, 5 Вт, 3190 Дж за сеанс) в сочетании с реабилитационными упражнениями; и группа сравнения (n=13) — лекарственный электрофорез (новокаин + карипаин) с аналогичной программой упражнений. Курс включал 8 сеансов, проводимых 1 раз в неделю. Эффективность оценивали по шкале KOOS, NPRS, тесту Timed Up-and-Go (TUG) и рентгенологическим данным до лечения, через 8 недель и через 3 месяца.*

Результаты. *Оба метода привели к снижению боли и улучшению функции, однако эффект был значительно выраженнее в группе H-PBMT. Средний показатель NPRS снизился с 6,7 ± 1,1 до 2,8 ± 1,0 баллов (в группе электрофореза — с 6,5 ± 1,2 до 4,5 ± 1,2; p<0,01). Балл KOOS увеличился на 38 % против 22 % в контроле. По тесту TUG время выполнения уменьшилось до 9,4 ± 1,2 с против 11,2 ± 1,4 с соответственно (p<0,05). Рентгенологически отмечена тенденция к стабилизации суставной щели без признаков прогрессирования дегенеративных изменений в основной группе. Побочных реакций и осложнений не зарегистрировано.*

Обсуждение. *Полученные результаты подтверждают синергетическое действие фотобиомодуляции и реабилитационной терапии, основанное на сочетании биостимулирующего эффекта инфракрасного излучения и функциональной нагрузки. По сравнению с электрофорезом, H-PBMT обеспечивает более быстрое и стойкое уменьшение боли и улучшение подвижности, что делает метод патогенетически оправданным для включения в комплекс амбулаторной реабилитации.*

Заключение. *Высокоэнергетическая фотобиомодуляционная терапия в сочетании с реабилитационными упражнениями является эффективным, безопасным и клинически целесообразным методом лечения остеоартроза коленного сустава. Применение данной технологии в амбулаторных условиях Самарканда позволяет достичь значительного клинического улучшения и может быть рекомендовано для расширенного внедрения в физиотерапевтическую практику Узбекистана.*

Ключевые слова: *остеоартроз коленного сустава, фотобиомодуляция, лазерная терапия, электрофорез, реабилитация, амбулаторное лечение*

Введение: Остеоартроз коленного сустава (ОАК) является одним из наиболее распространённых хронических дегенеративно-дистрофических заболеваний опорно-двигательного аппарата, которое представляет серьёзную медико-социальную и экономическую проблему для современной клинической практики. По данным ВОЗ и международных эпидемиологических обзоров, частота симптоматического остеоартроза коленных суставов у лиц старше 40 лет достигает 25–30 %, а среди женщин после 60 лет — превышает 40 % (Cui et al., 2020; Peat & Thomas, 2021). Заболевание сопровождается стойким болевым синдромом, ограничением подвижности и снижением качества жизни, приводя к временной или стойкой утрате трудоспособности.

В Республике Узбекистан, по данным национальных отчётов Министерства здравоохранения и кафедр травматологии-ортопедии, количество пациентов с дегенеративными заболеваниями суставов за последнее десятилетие неуклонно возрастает, что связано с постарением населения, гиподинамией и увеличением доли лиц с избыточной массой тела. В амбулаторной практике города Самарканда, в том числе в клинической объединённой железнодорожной больнице, на долю пациентов с различными формами гонартроза приходится до 35 % всех обращений к врачу-травматологу. Это обуславливает необходимость внедрения эффективных и безопасных методов физиотерапевтического лечения, направленных не только на купирование боли, но и на улучшение функциональной активности, замедление структурной дегенерации и повышение комплаентности пациентов.

Современные клинические рекомендации (OARSI 2023; Bannuru et al., 2019; Gibbs et al., 2023) подчёркивают, что базисная терапия ОАК должна включать индивидуально подобранные упражнения, контроль массы тела, а также физические методы лечения с доказанным противоболевым и противовоспалительным эффектом. Среди таких методов особое место занимает фотобиомодуляционная терапия (photobiomodulation therapy,

PBMT), ранее известная как низкоинтенсивная или высокоинтенсивная лазерная терапия. Принцип её действия основан на способности инфракрасного излучения (обычно длиной волны 808–1064 нм) проникать в глубоколежащие ткани и активировать митохондриальные ферменты, главным образом цитохром-с-оксидазу, что приводит к увеличению внутриклеточного уровня АТФ, нормализации метаболизма и снижению уровня медиаторов воспаления (White et al., 2019; Primorac et al., 2020).

Клинические исследования последних лет показывают, что фотобиомодуляция способствует уменьшению боли, улучшению функции и повышению подвижности суставов у пациентов с остеоартрозом (Ahmad et al., 2022; Song et al., 2020). Однако большинство из них оценивает лишь краткосрочные эффекты, не затрагивая структурные изменения в суставе. Кроме того, результаты таких работ неоднородны вследствие различий в параметрах излучения, дозировках, частоте сеансов и длительности наблюдения. В этой связи остаётся актуальным проведение контролируемых клинических исследований, адаптированных под региональные особенности и оснащённость лечебных учреждений.

В условиях Самарканда использование высокоэнергетической фотобиомодуляции (H-PBMT) является относительно новым направлением. Применение аппаратов типа BTL-6000 HIL позволяет сочетать анальгетический импульсный режим и биостимулирующий непрерывный, обеспечивая глубокое (до 6–8 см) проникновение излучения в ткани. Это особенно важно для пациентов с избыточным весом и выраженными дегенеративными изменениями суставного аппарата.

Вместе с тем в реальной практике нередко возникают организационные и этические ограничения, препятствующие проведению плацебо-контролируемых исследований. Поэтому для условий Самаркандской клинической объединённой железнодорожной больницы в качестве активного контроля выбран лекарственный электрофорез, являющийся традиционным и хорошо освоенным методом физиотерапии. Его применение с использованием

новокаина и протеолитических ферментов (карипаин, лидаза) позволяет реализовать обезболивающий и противовоспалительный потенциал за счёт электрофоретического переноса лекарственного вещества в зону поражённого сустава (Литвиненко и др., 2019).

Таким образом, исследование сочетанного применения фотобиомодуляции и лечебных упражнений у амбулаторных пациентов с остеоартрозом коленного сустава в сравнении с традиционной электрофорезной терапией имеет высокую клиническую и практическую значимость. Оно направлено на поиск оптимального, экономически оправданного и безопасного метода реабилитации, который может быть внедрён в широкую амбулаторную сеть лечебных учреждений Самаркандской области.

Ожидается, что результаты работы позволят не только подтвердить эффективность фотобиомодуляционной терапии в сочетании с физической реабилитацией, но и дать объективные данные о её влиянии на динамику болевого синдрома, функциональные показатели и рентгенологическую структуру сустава в условиях реальной клинической практики Узбекистана.

Цель: оценить клиническую эффективность и безопасность высокоэнергетической фотобиомодуляционной терапии (H-PBMT) в сочетании с программой реабилитационных упражнений у амбулаторных пациентов с лёгкой и умеренной степенью остеоартроза коленного сустава, в сравнении с традиционным методом лекарственного электрофореза, проводимым в аналогичных условиях.

Материалы и методы. Проведено проспективное, рандомизированное контролируемое исследование, направленное на оценку эффективности высокоэнергетической фотобиомодуляционной терапии (H-PBMT) в сочетании с реабилитационными упражнениями у пациентов с остеоартрозом коленного сустава. Работа выполнена в физиотерапевтическом отделении Клинической объединённой железнодорожной больницы станции Самарканд,

являющейся клинической базой Самаркандского государственного медицинского университета, в период с января 2023 по июнь 2024 года.

В исследование включено 27 амбулаторных пациентов (18 женщин и 9 мужчин) в возрасте от 42 до 68 лет (средний возраст — 56,4 ± 7,2 года) с клинически и рентгенологически подтверждённым остеоартрозом коленного сустава I–II степени по классификации Kellgren–Lawrence. Критериями включения служили: наличие боли в колене продолжительностью не менее трёх месяцев с интенсивностью ≥ 3 баллов по числовой рейтинговой шкале (NPRS), возможность выполнения лечебных упражнений, отсутствие физиотерапевтических курсов или внутрисуставных инъекций за последние шесть месяцев и письменное информированное согласие. Исключались пациенты с воспалительными артритами, ревматоидным процессом, подагрой, онкологическими или фоточувствительными заболеваниями, установленным кардиостимулятором, а также лица, перенёсшие операции на коленном суставе.

Рандомизация проводилась методом таблицы случайных чисел. Пациенты были распределены на две группы, сопоставимые по возрасту, полу и тяжести заболевания. Первая группа (n = 14) получала курс высокоэнергетической фотобиомодуляционной терапии с использованием аппарата BTL-6000 HIL (Чехия) в комбинации с реабилитационными упражнениями. Вторая группа (n = 13) получала курс лекарственного электрофореза (новокаин + карипаин) с той же программой упражнений.

Фотобиомодуляция выполнялась на область коленного сустава в импульсном режиме (25 Гц, 5 Вт, 190 Дж, 5 минут — обезболивающий эффект) и в непрерывном режиме (5 Вт, 3000 Дж, 10 минут — биостимуляция), суммарная энергия — 3190 Дж за сеанс. Обрабатывались переднемедиальная и переднелатеральная поверхности сустава. Курс включал восемь процедур, проводимых один раз в неделю.

В группе сравнения электрофорез проводился по классической методике: анод располагался в переднемедиальной, катод — в

заднелатеральной зоне коленного сустава; сила тока составляла 5–10 мА, длительность процедуры — 15 минут, курс — восемь сеансов.

Реабилитационная программа для обеих групп включала упражнения на активное сгибание и разгибание коленного сустава, изометрические упражнения для квадрицепса, подъёмы на ступеньку, частичные приседания, элементы баланс-тренинга и растяжку мышц голени и бедра. Пациенты получали также инструктаж по домашней программе упражнений под контролем врача-реабилитолога.

Оценку эффективности проводили в три этапа: до начала лечения, через восемь недель и через три месяца. Основным показателем служил индекс KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score). Дополнительно оценивали интенсивность боли по NPRS, функциональную подвижность по тесту Timed Up-and-Go (TUG), амплитуду движений в коленном суставе при гониометрии, а также рентгенологические параметры — ширину суставной щели, наличие остеофитов и субхондральных изменений.

Статистическая обработка данных выполнялась с использованием программы SPSS v.27.0. Проверяли нормальность распределения по критерию Шапиро–Уилка, различия между группами определяли с помощью t-теста для независимых выборок и дисперсионного анализа ANOVA с повторными измерениями. Уровень статистической значимости принимался равным $p < 0,05$.

Результаты. Результаты проведённого исследования показали выраженное улучшение клинических и функциональных показателей у пациентов обеих групп, однако динамика была более значимой у пациентов, получавших курс высокоэнергетической фотобиомодуляционной терапии (H-PBMT) в сочетании с реабилитационными упражнениями. Все 27 пациентов завершили лечение в полном объёме, случаев досрочного прекращения участия или нежелательных явлений не зарегистрировано, что свидетельствует о хорошей переносимости и безопасности обоих методов.

Уже после четвёртого сеанса пациенты основной группы отмечали уменьшение боли в коленном суставе, снижение чувства скованности при ходьбе и в покое, улучшение подвижности при подъёме по лестнице. В то же время в группе сравнения (электрофорез) улучшение наблюдалось преимущественно после пятого-шестого сеанса и носило менее выраженный характер.

По данным числовой рейтинговой шкалы боли (NPRS), средний показатель в основной группе снизился с 6,7 ± 1,1 до 3,1 ± 0,9 баллов после восьминедельного курса и до 2,8 ± 1,0 баллов через три месяца после завершения лечения. В группе электрофореза аналогичные значения составили 6,5 ± 1,2 до 4,8 ± 1,0 и 4,5 ± 1,2 баллов соответственно. Таким образом, снижение болевого синдрома в основной группе составило 53,7 %, в контрольной — 30,8 %. Различия между группами были статистически значимыми ($p < 0,01$).

Индекс KOOS, отражающий субъективную оценку симптомов, боли, повседневной активности и качества жизни, также продемонстрировал положительную динамику в обеих группах, но преимущественно у пациентов, получавших H-PBMT. Суммарный балл KOOS в основной группе увеличился с 58,2 ± 7,4 до 77,5 ± 8,2 после лечения и до 80,3 ± 7,1 через три месяца (прирост — 38 %), в то время как в группе электрофореза улучшение составило с 57,4 ± 8,1 до 68,9 ± 7,6 и 70,1 ± 7,2 (прирост — 22 %). Особенно выраженные различия наблюдались в подразделах «боль» и «функция в повседневной активности» ($p < 0,05$).

По тесту Timed Up-and-Go (TUG), который оценивает функциональную подвижность, среднее время выполнения задания уменьшилось с 13,2 ± 1,5 с до 9,4 ± 1,2 с в основной группе и с 13,1 ± 1,6 с до 11,2 ± 1,4 с в группе сравнения ($p < 0,05$). Это указывает на более быстрое восстановление способности к самостоятельному передвижению и устойчивость равновесия у пациентов, проходивших курс фотобиомодуляции.

Амплитуда активного сгибания коленного сустава, измеренная гониометрически, возросла в основной группе с 104 ± 8° до 122 ± 7°, тогда как в контрольной группе — с 106 ± 9° до 115 ± 8°. Пациенты основной группы чаще сообщали об улучшении уверенности при движении, уменьшении чувства «разбалтанности» и дискомфорта при опоре на ногу.

Рентгенологическое обследование, выполненное до лечения и через три месяца, не выявило существенных изменений структурных параметров сустава в обеих группах, однако у пациентов основной группы отмечалась тенденция к стабилизации суставной щели и снижению выраженности субхондрального остеосклероза, тогда как у трёх пациентов группы электрофореза наблюдались признаки прогрессирования остеофитоза. Эти данные, хотя и не достигли статистической значимости, указывают на возможный структурно-сохраняющий эффект фотобиомодуляции.

Дополнительно проводилась оценка общего самочувствия пациентов и удовлетворённости результатами лечения. По шкале субъективной оценки (0–10 баллов) средний показатель удовлетворённости составил 8,7 ± 0,9 в основной группе и 7,2 ± 1,1 в группе сравнения ($p = 0,03$). Большинство пациентов основной группы (12 из 14) отметили готовность рекомендовать данный метод лечения знакомым с аналогичными проблемами.

Нежелательных реакций, включая ожоги, гиперемию кожи, гипотензию или обострение боли, не отмечено. В единичных случаях пациенты сообщали о лёгком чувстве тепла и покалывании в области воздействия лазера, что исчезало в течение нескольких минут. Это подтверждает высокий уровень безопасности H-PBMT при соблюдении рекомендованных параметров дозирования.

Проведённый статистический анализ методом ANOVA с повторными измерениями продемонстрировал достоверное влияние фактора «время» ($p < 0,001$) и «группа» ($p < 0,01$) на динамику боли, KOOS и TUG, а также наличие значимого взаимодействия «время × группа» ($p < 0,05$), что указывает на более выраженное и устойчивое улучшение при применении фотобиомодуляции.

Размер эффекта по критерию Коэна (Cohen’s d) для показателя KOOS составил 0,86, что соответствует большому клиническому эффекту.

Результаты исследования подтвердили, что добавление курса высокоэнергетической фотобиомодуляционной терапии к стандартной программе реабилитации способствует более значительному снижению боли, улучшению функциональных возможностей и повышению качества жизни пациентов с лёгким и умеренным остеоартрозом коленного сустава. Электрофорез, хотя и обеспечивает умеренное облегчение симптомов, уступает по выраженности и скорости клинического эффекта. В совокупности полученные данные позволяют рассматривать H-PBMT как безопасную и перспективную физиотерапевтическую технологию, оптимальную для амбулаторного применения в условиях Самарканда и других лечебных учреждений Узбекистана.

Обсуждение. Результаты проведённого исследования демонстрируют высокую клиническую эффективность применения высокоэнергетической фотобиомодуляционной терапии (H-PBMT) в комплексной реабилитации пациентов с остеоартрозом коленного сустава лёгкой и умеренной степени. Полученные данные согласуются с результатами зарубежных работ, в которых отмечается преимущество фототерапии перед традиционными физическими методами в отношении обезболивающего и функционального эффекта (Tay et al., 2025; Ahmad et al., 2022; Song et al., 2020).

Выраженное снижение боли и улучшение функциональных показателей в основной группе можно объяснить комплексным действием H-PBMT: лазерное излучение длиной волны 1064 нм проникает в глубокие ткани, активируя цитохром-с-оксидазу митохондрий, что приводит к повышению синтеза АТФ, стабилизации клеточных мембран и подавлению воспалительных медиаторов (IL-1β, TNF-α). Кроме того, фотобиомодуляция способствует улучшению микроциркуляции и лимфооттока, что особенно важно для пациентов с хроническим отёком и скованностью.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что сочетание H-PBMT с дозированной лечебной гимнастикой имеет синергетический эффект. Упражнения активируют механические и нейромышечные механизмы восстановления, а фотобиомодуляция усиливает клеточные процессы регенерации. Таким образом, речь идёт не только об уменьшении боли, но и о потенциальном замедлении дегенеративных изменений, что подтверждается отсутствием прогрессирования остеофитов на контрольных рентгенограммах.

Использование электрофореза в качестве контрольного метода позволило соблюсти этические стандарты без применения плацебо. При этом различия между группами подтверждают, что H-PBMT обеспечивает более быстрое и стойкое улучшение клинического состояния.

Ограничениями исследования следует считать небольшую выборку и короткий срок наблюдения. Тем не менее, даже при этих условиях наблюдался значимый терапевтический эффект, что указывает на перспективность метода. Внедрение фотобиомодуляции в амбулаторную практику Самарканда представляется целесообразным и экономически оправданным шагом для повышения эффективности физиотерапевтической помощи при остеоартрозе.

Выводы. Применение высокоэнергетической фотобиомодуляционной терапии (H-PBMT) в сочетании с реабилитационными упражнениями у амбулаторных пациентов с лёгким и умеренным остеоартрозом коленного сустава обеспечивает достоверно более выраженное снижение болевого синдрома, улучшение функциональной подвижности и качества жизни по сравнению с традиционным электрофорезом.

Метод фотобиомодуляции характеризуется хорошей переносимостью и безопасностью: в ходе лечения не зафиксировано нежелательных явлений, что позволяет рекомендовать его для широкого применения в физиотерапевтической практике амбулаторных отделений.

Полученные результаты свидетельствуют о патогенетической целесообразности включения H-PBMT в комплексную программу реабилитации пациентов с остеоартрозом коленного сустава как

эффективного, неинвазивного и доступного метода, способствующего стабилизации клинического состояния и предотвращению прогрессирования дегенеративных изменений.

Литература

1. Geng R., Li J., Yu C., et al. Knee osteoarthritis: Current status and research progress in treatment (Review) // Experimental and Therapeutic Medicine. 2023. Vol. 26, No. 4. P. 481. DOI: 10.3892/etm.2023.12180.

2. Kamsan S. S., Singh D. K. A., Tan M. P., Kumar S. Healthcare utilization and knee osteoarthritis symptoms among urban older Malaysians // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. Vol. 18, No. 7. P. 3777. DOI: 10.3390/ijerph18073777.

3. Altuwairqi A. A., Qronfla H. M., Aljehani L. S., et al. The association between gonarthrosis pain severity and radiographic findings on X-ray // Cureus. 2023. Vol. 15, No. 2. P. e35258. DOI: 10.7759/cureus.35258.

4. Lopes C., Vilaca A., Rocha C., Mendes J. Knee positioning systems for X-ray environment: A literature review // Physica Engineering and Science in Medicine. 2023. Vol. 46, No. 1. P. 45–55. DOI: 10.1007/s13246-023-01221-y.

5. Cui A., Li H., Wang D., et al. Global, regional prevalence, incidence and risk factors of knee osteoarthritis // EClinicalMedicine. 2020. Vol. 29–30. P. 100587. DOI: 10.1016/j.eclinm.2020.100587.

6. Yeap S. S., Abu Amin S. R., Baharuddin H., et al. A Malaysian Delphi consensus on managing knee osteoarthritis // BMC Musculoskeletal Disorders. 2021. Vol. 22, No. 1. P. 514. DOI: 10.1186/s12891-021-04381-8.

7. Bannuru R. R., Osani M. C., Vaysbrot E. E., et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis // Osteoarthritis and Cartilage. 2019. Vol. 27, No. 11. P. 1578–1589. DOI: 10.1016/j.joca.2019.06.011.

8. Guo X., Zhao P., Zhou X., et al. A recommended exercise program appropriate for patients with knee osteoarthritis // Frontiers in Physiology. 2022. Vol. 13. P. 934511. DOI: 10.3389/fphys.2022.934511.

9. Samaan S. S. R., Sedhom M. G., Grace M. O. High-intensity laser vs low-intensity ultrasound combined with exercises in knee osteoarthritis // International Journal of Rheumatic Diseases. 2022. Vol. 25, No. 8. P. 877–886. DOI: 10.1111/1756-185X.14361.

10. Wu M., Luan L., Pranata A., et al. Is high-intensity laser therapy more effective than other physical therapy modalities for treating knee osteoarthritis? // Frontiers in Medicine (Lausanne). 2022. Vol. 9. P. 956188. DOI: 10.3389/fmed.2022.956188.

11. Fernández R. A., Aceituno-Gómez J., Serrano-Muñoz D., Avendaño-Coy J. High-intensity laser therapy for musculoskeletal disorders: systematic review and meta-analysis // Journal of Clinical Medicine. 2023. Vol. 12, No. 4. P. 1479. DOI: 10.3390/jcm12041479.

12. Ahmad M. A., A Hamid M., Yusof A. Effects of low-level and high-intensity laser therapy as adjunctive to rehabilitation exercise on pain and function in knee osteoarthritis // Physiotherapy. 2022. Vol. 114. P. 85–95. DOI: 10.1016/j.physio.2021.03.011.

13. Song H. J., Seo H.-J., Kim D. Effectiveness of high-intensity laser therapy in the management of patients with knee osteoarthritis // Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. 2020. Vol. 33. P. 875–884. DOI: 10.3233/BMR-191738.

14. Primorac D., Molnar V., Rod E., et al. Knee osteoarthritis: pathogenesis and non-operative therapeutic considerations // Genes (Basel). 2020. Vol. 11, No. 8. P. 854. DOI: 10.3390/genes11080854.

15. Balbinot G., Schuch C. P., Nascimento P. S. D., et al. Photobiomodulation therapy partially restores cartilage integrity and reduces pain behavior in a rat model of osteoarthritis // Cartilage. 2021. Vol. 13(S1). P. 1309–1321.

16. Dantas L. O., Salvini T. F., McAlindon T. E. Knee osteoarthritis: key treatments and implications for physical therapy // Brazilian Journal of Physical Therapy. 2021. Vol. 25, No. 2. P. 135–146. DOI: 10.1016/j.bjpt.2020.08.004.

17. Gibbs A. J., Gray B., Wallis J. A., et al. Recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis: systematic review of clinical practice guidelines // Osteoarthritis and Cartilage. 2023. Vol. 31, No. 10. P. 1280–1292. DOI: 10.1016/j.joca.2023.05.015.

18. Modarresi S., Pearson N., Madden K., et al. Feasibility of pain-informed movement program for people with knee osteoarthritis // Osteoarthritis and Cartilage Open. 2023. Vol. 5, No. 4. P. 100401. DOI: 10.1016/j.ocarto.2023.100401.

19. Eckhard L., Munir S., Wood D., et al. Minimal important change and MCID values of the KOOS-12 after total knee arthroplasty // Knee. 2021. Vol. 29. P. 541–546. DOI: 10.1016/j.knee.2021.03.005.

20. Rayegani S. M., Raeissadat S. A., Heidari S., Moradi-Joo M. Safety and effectiveness of low-level laser therapy in patients with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis // Journal of Lasers in Medical Sciences. 2017. Vol. 8(S1). P. S12–S19. DOI: 10.15171/jlms.2017.s3.