

Оценка эффективности консервативного лечения больших остеоартритом коленного сустава III стадии с применением функциональных разгружающих ортезов с возможностью варус-вальгусной коррекции

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт ревматологии им. В.А. Насоновой»
115522, Российская Федерация, Москва, Каширское шоссе, 34а

V.A. Nasonova Research Institute of Rheumatology
115522, Russian Federation, Moscow, Kashirskoye Highway, 34A

Контакты: Нестеренко Вадим Андреевич,
swimguy91@mail.ru
Contacts:
Vadim Nesterenko,
swimguy91@mail.ru

Поступила 27.04.2024
Принята 27.04.2024

М.А. Макаров, В.А. Нестеренко, В.Е. Бялик, Е.Г. Зоткин, Е.И. Бялик, С.А. Макаров, А.Е. Каратеев, А.А. Бялик

Цель исследования – оценить эффективность и безопасность применения функционального разгружающего ортеза с возможностью варус-вальгусной коррекции (ФРОВВК) у пациентов с остеоартритом коленного сустава III стадии.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 10 пациентов с остеоартритом коленного сустава III стадии, которые проходили амбулаторное лечение в ФГБНУ НИИР им. В.А. Насоновой. Все больные в течение 3 месяцев использовали ФРОВВК. Для оценки результатов определяли интенсивность боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) и функцию коленного сустава по опроснику травм коленного сустава и исходам остеоартрита KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score) до начала использования ортеза, через 1 и 3 месяца. Дополнительно оценка по ВАШ проводилась сразу после фиксации ортеза на коленном суставе.

Результаты. Медиана возраста пациентов составила 63,5 [55,0; 74,0] года, индекса массы тела – 29,9 [27,9; 34,0] кг/м², боли по ВАШ исходно – 40,0 [40,0; 60,0] мм, боли по ВАШ через 1 ч после начала использования ФРОВВК – 25,0 [10,0; 30,0] мм, боли по ВАШ через 1 мес. – 10,0 [0,0; 20,0] мм, боли по ВАШ через 3 мес. – 10,0 [0,0; 20,0] мм. Медиана счета по опроснику KOOS исходно составила 41,5 [38,0; 50,0], через 1 мес. – 61,0 [53,0; 63,0], через 3 мес. – 63,5 [58,0; 64,0]. Ни у кого из больных не отмечались нежелательные явления при ношении ФРОВВК.

Ключевые слова: остеоартрит, ортезирование, лечебная физкультура, хроническая боль
Для цитирования: Макаров МА, Нестеренко ВА, Бялик ВЕ, Зоткин ЕГ, Бялик ЕИ, Макаров СА, Каратеев АЕ, Черникова АА. Оценка эффективности консервативного лечения больных остеоартритом коленного сустава III стадии с применением функциональных разгружающих ортезов с возможностью варус-вальгусной коррекции. *Научно-практическая ревматология*. 2024;62(3):319–324.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF CONSERVATIVE TREATMENT OF PATIENTS WITH STAGE III OSTEOARTHRITIS OF THE KNEE JOINT USING FUNCTIONAL UNLOADING ORTHOSES WITH THE POSSIBILITY OF VARUS-VALGUS CORRECTION

Maxim A. Makarov, Vadim A. Nesterenko, Valerii E. Bialik, Evgeniy G. Zotkin, Evgeny I. Bialik, Sergey A. Makarov, Andrey E. Karateev, Anastasia A. Bialik

The aim of the study – Is to evaluate the effectiveness and safety of the use of a functional unloading orthosis with the possibility of varus–valgus correction (FUOVVC) in patients with stage III osteoarthritis of the knee joint.

Materials and methods. The study involved 10 patients with stage III osteoarthritis of the knee joint who underwent outpatient treatment at the V.A. Nasonova Federal State Medical University of the Russian Academy of Medical Sciences. All patients used the FUOVVC for 3 months. To evaluate the results, pain intensity was determined using a visual analog scale (VAS) and knee joint function according to the knee injury and osteoarthritis KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score) questionnaire before using the orthosis, after 1 and 3 months. Additionally, the assessment of VAS was carried out immediately after fixation of the orthosis on the knee joint.

Results. The median age of the patients was 63.5 [55.0; 74.0] years, body mass index – 29.9 [27.9; 34.0] kg/m², pain according to VAS baseline – 40.0 [40.0; 60.0] mm, pain according to VAS 1 hour after the start of the use of The median age of the patients was 63.5 [55.0; 74.0] years, body mass index – 29.9 [27.9; 34.0] kg/m², pain according to VAS baseline – 40.0 [40.0; 60.0] mm, pain according to VAS 1 hour after the start of the use of FUOVVC – 25.0 [10.0; 30.0] mm, pain according to VAS after 1 month – 10.0 [0.0; 20.0] mm, VAS after 3 months – 10.0 [0.0; 20.0] mm. The median score according to the KOOS questionnaire was initially 41.5 [38.0; 50.0], after 1 month – 61.0 [53.0; 63.0], after 3 months – 63.5 [58.0; 64.0]. None of the patients had any adverse events when wearing the FUOVVC. – 25.0 [10.0; 30.0] mm, pain according to VAS after 1 month – 10.0 [0.0; 20.0] mm, VAS after 3 months – 10.0 [0.0; 20.0] mm. The median score according to the KOOS questionnaire was initially 41.5 [38.0; 50.0], after 1 month – 61.0 [53.0; 63.0], after 3 months – 63.5 [58.0; 64.0]. None of the patients had any adverse events when wearing the FUOVVC.

Key words: osteoarthritis, orthosis, physical therapy, chronic pain

For citation: Makarov MA, Nesterenko VA, Bialik VE, Zotkin EG, Bialik EI, Makarov SA, Karateev AE, Bialik AA. Evaluation of the effectiveness of conservative treatment of patients with stage III osteoarthritis of the knee joint using functional unloading orthoses with the possibility of varus–valgus correction. *Nauchno-Prakticheskaya Revmatologia = Rheumatology Science and Practice*. 2024;62(3):319–324 (In Russ.).

doi: 10.47360/1995-4484-2024-319-324

Остеоартрит (ОА) является одним из наиболее распространенных хронических заболеваний суставов во всем мире [1]. Он может возникнуть в любом синовиальном суставе. Крупные суставы, такие как коленные и тазобедренные, более восприимчивы к возникновению и прогрессированию ОА из-за приходящейся на них повышенной нагрузки; при этом коленный сустав (КС) подвержен еще и различным деформациям. Так, распространенность ОА КС у людей в возрасте до 40 лет составляет 4–14%, в то время как после 40 лет этот показатель достигает 19–43% [2]. Прогрессирование ОА сопровождается выраженной болью, снижением способности выполнять необходимые действия в повседневной жизни, например ходьба, спуск и подъем по лестнице. Безусловно, эти нарушения приводят к снижению качества жизни больного [3]. ОА затрагивает все отделы КС, однако, как показывает клиническая практика, боли в основном локализуются с медиальной или латеральной стороны. Это обусловлено формированием вальгусной или варусной деформации КС, что приводит к перегрузке и более выраженным деструктивными изменениям с одной стороны сустава [4]. Далеко не всегда деформацию сустава можно выявить при осмотре больного. Рентгенологическая диагностика имеет первостепенное значение в оценке не только стадии ОА, но и при определении преобладающей области поражения и, соответственно, вальгусной или варусной деформации КС. При этом снимки в обязательном порядке должны быть выполнены в положении стоя [5]. Консервативное лечение имеет первоочередное значение. Комбинация различных методов помощи позволяет пациентам продлить безболевого периода и повысить качество жизни. Современная фармакологическая помощь включает назначение нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП), симптоматических препаратов замедленного действия (SYSADOA, symptomatic slow acting drugs for osteoarthritis), внутрисуставное введение препаратов гиалуроновой кислоты, глюкокортикоидов. В свою очередь нефармакологический подход использует физиотерапию, лечебную физическую культуру (ЛФК) и ортезирование [6]. Последнее имеет не меньшее значение, чем все вышеперечисленные методы фармакологической помощи. Мягкие динамические ортезы снимают напряжение с КС, воздействуют на проприоцепцию, стабилизируют и разгружают сустав [7, 8]. Однако такая конструкция не обеспечивает коррекцию деформации КС и может быть эффективна на начальных стадиях ОА. В этой связи целесообразным представляется использование функциональных ортезов, которые обеспечивают угловую коррекцию. Их задачей является разгрузка пораженного отдела КС с перераспределением нагрузки между медиальным и латеральным компартментами [9]. Роль подобных конструкций очень важна в комплексной терапии ОА КС. Однако их использование ограничено в широком кругу врачей из-за недостаточной информационной базы. Мы провели собственное исследование по изучению эффективности и безопасности использования функциональных разгружающих ортезов с возможностью варус-вальгусной коррекции (ФРОВВК) у пациентов с ОА КС.

Материалы и методы

В исследование включены 10 пациентов с ОА КС, имевших III стадию заболевания и варусную деформацию КС. Все больные получили в пользование ФРОВВК ORLETT

RKN-367 или ORLETT OA-303 (Rehard Technologies GmbH, Германия). При этом первый ортез применялся у пациентов с поражением одного, чаще всего медиального, компартмента, а второй – при дегенеративных изменениях в обоих отделах КС. Проводилось обучение всех обследуемых по использованию и фиксации ортеза. Динамика боли оценивалась по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) от 0 до 100 мм (где 0 – отсутствие боли, 100 – максимально выраженная боль) исходно, через 1 час после начала использования ортеза и далее через 1 и 3 месяца. Функциональные показатели КС определялись с помощью опросника травм КС и исходов ОА (KOOS, Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score) исходно, через 1 и 3 месяца.

Критериями включения были:

- диагноз ОА КС III стадии по Kellgren – Lawrence, установленный по данным клинического и рентгенологического обследований;
- варусная деформация КС;
- возраст от 45 до 85 лет;
- боль более 40 мм по ВАШ;
- возможность непрерывного наблюдения и лечения пациентов в течение 3 месяцев;
- добровольное информированное согласие пациента на участие в исследовании, собственноручно подписанная форма информированного согласия.

Критерии исключения:

- наличие гиперчувствительности, аллергические реакции на материалы изделия;
- участие пациента в других исследованиях в течение последних 30 дней;
- наличие у пациента психических заболеваний, алкоголизма, наркомании;
- наличие трофических изменений нижних конечностей – заболеваний кожи, хронической венозной и/или артериальной недостаточности сосудов нижних конечностей;
- наличие тромбоза вен нижних конечностей;
- наличие нарушений чувствительности, неврологического дефицита;
- наличие перелома или металлоостеосинтеза костей нижних конечностей в сроки менее 5 лет;
- системный остеопороз;
- наличие новообразований в костях голени или бедра;
- эндопротезирование тазобедренных, коленных суставов или суставов стоп;
- оперативные вмешательства на КС в предыдущие 6 месяцев;
- заболевания в области тазобедренного (коксартроз), голеностопного суставов (крузартроз, нестабильность и т. п.), стопы (артроз 1-го плюснефалангового сустава, подтаранного сустава, суставов стопы);
- морбидное ожирение (индекс массы тела (ИМТ) более 35 кг/м²).

Использованные в работе ФРОВВК представляли собой рамную конструкцию из двух подвижных частей для бедра и голени, которые соединены шарнирами с точкой вращения по линии суставной щели коленного сустава и фиксированы к конечности ремнями. При помощи шестигранного ключа можно регулировать варусное или вальгусное положение тибиальной части до 30° по каждому направлению. Наличие стопоров в шарнире позволяет выставлять угловое ограничение: разгибание – 0°, 10°, 20°, 30°, 40°; сгибание – 0°, 10°, 20°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°; иммобилизация – 0°, 10°, 20°, 30°.

Данные о результатах лечения были получены с помощью осмотра пациентов и заполнения опросников в клинике ФГБНУ НИИР им. В.А. Насоновой. Всем пациентам проводилась коррекция варусного угла на протяжении 3–4 недель в зависимости от исходно выставленного угла. Каждую неделю больные посещали исследователей, и им проводилось увеличение угла вальгуса на 25–30%, что соответствует 7–9° вальгуса. Все больные были ин- структурированы, как фиксировать ортез на КС, и его по- ложение контролировалось каждую неделю по мере наблюдения. Прием SYSADOA и НПВП не отменялся, проводилась оценка необходимости приема НПВП на всем периоде наблюдения на фоне использования ортеза. Статистический анализ выполнен на персональ- ном компьютере с использованием приложения MS Excel (Microsoft Corp., США) и пакета статистического анализа данных Statistica 10 for Windows (StatSoft Inc., США).

Результаты

Медиана возраста пациентов составила 63,5 [55; 74] года, ИМТ – 28,9 [27,9; 34,0] кг/м², боли по ВАШ исходно – 40,0 [40,0; 60,0] мм (табл. 1). Через час после начала исполь- зования ортеза боль у всех пациентов уменьшалась в среднем на 37,5%, через месяц – на 75% от исходного уровня ($p < 0,005$), и достигнутое улучшение сохранялось до конца третьего месяца (рис. 1). Изменение функциональных показателей не было столь выраженным, однако отмечалась положительная дина- мика по KOOS. Так, через 1 месяц функция КС по опроснику KOOS улучшилась на 20% (рис. 2); аналогичные данные были получены и к концу периода наблюдения. На фоне исполь- зования ФРОВВК пациенты отмечали повышение уверен- ности при ходьбе и более высокий уровень стабильности КС. Нами также проведена оценка потребности в НПВП. На мо- мент первичного осмотра 100% пациентов принимали НПВП для облегчения боли, через месяц после начала использова- ния ортеза только 20% пациентов продолжали периодически принимать НПВП (рис. 3); аналогичные результаты были получены после 3-го месяца наблюдения. Следует отметить, что ни у одного из пациентов не отмечалось возникновения нежелательных явлений (НЯ), связанных с использованием ФРОВВК.

Таблица 1. Динамика интенсивности боли по визуальной аналоговой шкале и счета по KOOS на фоне использова- ния функциональных разгружающих варус-вальгусных ортезов ($n=10$)

Значение	Медиана	Первый квартиль	Третий квартиль	p
Боль по ВАШ исходно, мм	40,0	40,0	60,0	–
Боль по ВАШ после фиксации, мм	25,0	10,0	30,0	<0,005
Боль по ВАШ через 1 мес., мм	10,0	0,0	20,0	<0,005
Боль по ВАШ через 3 мес., мм	10,0	0,0	20,0	<0,005
KOOS исходно	41,5	38,0	50,0	–
KOOS через 1 мес.	61,0	53,0	63,0	<0,005
KOOS через 3 мес.	63,5	58,0	64,0	<0,005

Примечание: ВАШ – визуальная аналоговая шкала; KOOS – Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score

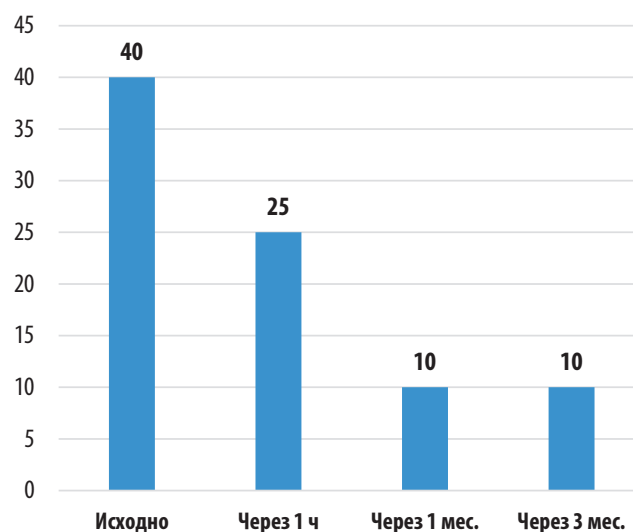


Рис. 1. Динамика медианы боли по визуальной аналоговой шкале, мм

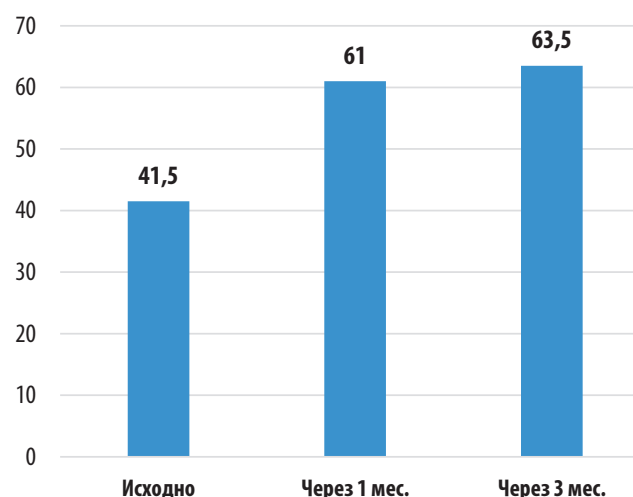


Рис. 2. Динамика счета по Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score

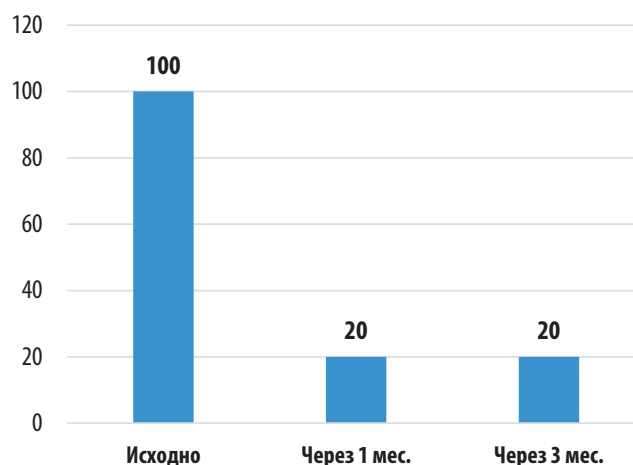


Рис. 3. Потребность в приеме нестероидных противовоспалительных препаратов

Обсуждение

Полученные нами результаты демонстрируют достаточно эффективное снижение боли у пациентов с ОА и варусной деформацией КС на 75% от исходного уровня уже к концу первого месяца использования ФРОВВК. В то же время добиться существенного уменьшения функциональной недостаточности при использовании разгружающего ортеза достаточно сложно. Это объясняется стадией ОА КС и наличием изначально более низкого уровня физической нагрузки, чем у пациентов молодого возраста. Однако все больные ощущали хорошую подвижность и стабильность в КС при фиксации ортезом, что позволяло им преодолевать необходимые расстояния с низким уровнем боли или вообще без нее. Положительные результаты использования функциональных разгрузочных ортезов были продемонстрированы в работе К. Varati и соавт. [10]. Они провели клиническую оценку 14 больных ОА с преимущественным поражением медиального отдела КС. 7 из них носили коленные ортезы с вибрационной разгрузкой, 7 — обычные разгружающие коленные ортезы. После 6 недель наблюдения при использовании вибрационного и обычного ортезов отмечалось существенное уменьшение боли ($p < 0,005$), улучшение функции КС и повышение качества жизни по сравнению с исходной оценкой. Уровень активности латеральной широкой мышцы бедра статистически значимо увеличился ($p = 0,043$). Ортезы с вибрационной разгрузкой показали несколько лучший результат по сравнению с обычными. Тем не менее, работа продемонстрировала высокий потенциал использования разгружающих ортезов обоих типов при варусной деформации КС у больных ОА. S.J. Pfeiffer и соавт. [11] оценили выраженность деформации хряща бедренной кости у людей начальными признаками ОА, варусной деформацией и поражением медиального отдела КС. В исследовании приняли участие 24 пациента. Все занимались ходьбой по беговой дорожке на 5000 шагов в соответствии с двумя протоколами. Первый включал стереотипную повседневную нагрузку, второй предполагал использование разгружающего (варус-вальгусного) ортеза. После каждого теста всем обследуемым измерили степень деформации хряща медиального мыщелка бедренной кости по данным ультразвукового обследования. При использовании ортеза степень деформации медиального хряща составляла $-2,94\%$, а без него она достигала $-6,34\%$ ($p = 0,028$), что демонстрирует положительные свойства разгружающих (варус-вальгусных) ортезов. В сравнении с нашим исследованием А. Grand и соавт. [12] получили несколько иные результаты по анальгетическому эффекту. У 22 больных ОА с преимущественным поражением медиального отдела КС при двухнедельном использовании ФРОВВК боль уменьшилась всего на 16% от исходного уровня, тогда как у наших пациентов к четвертой неделе боль уменьшилась на 75%. J. Копорка и соавт. [13] оценивали влияние разгружающего (варус-вальгусного) ортеза у 21 пациента, перенесшего артроскопическую микроперфорацию бедренной кости в зоне дефекта хряща. Через 24 месяца по результатам магнитно-резонансной томографии толщина хряща в области микроперфорации была выше у больных, использовавших разгрузочные ортезы с угловой коррекцией, что составляло $0,4 \pm 0,4$ мм в сравнении с контрольной группой ($0,1 \pm 0,3$ мм; $p = 0,029$). Также отмечена положительная корреляция между более длительным ношением ортеза

и улучшением показателей KOOS через 6 месяцев ($r = 0,82$; $p = 0,013$). Многие работы демонстрируют положительный эффект от использования ФРОВВК в отношении снижения интенсивности боли и улучшения функции КС [14–17]. Однако количество пациентов сравнительно невелико. Учитывая большой интерес к данной проблеме, требуются дополнительные исследования с участием большего числа больных ОА с варусной деформацией КС для уточнения эффективности использования ФРОВВК.

Клинический пример

Пациентка Н., 74 года, экскурсовод, длительное время наблюдалась в ФГБНУ НИИР им. В.А. Насоновой с жалобами на боли в коленных суставах, преимущественно слева. Последние 5 лет пациентка получала консервативную терапию (НПВП, SYSADOA), проводились внутрисуставные инъекции препаратов гиалуроновой кислоты с высокой молекулярной массой, ЛФК, физиотерапия, мягкое ортезирование с временным положительным эффектом. За весь период наблюдения за пациенткой интенсивность боли сохранялась на уровне 40 мм по ВАШ с периодическими повышениями до 60 мм. Больной предлагалось выполнить тотальное эндопротезирование КС, но по личным причинам она отказывалась от операции. На очередном визите проведен осмотр коленных суставов. Визуально кожные покровы не изменены, без воспалительных нарушений. Движения в КС ограничены из-за боли и сформировавшейся сгибательно-разгибательной контрактуры. Пальпаторно отмечалась боль в медиальном отделе правого (30 мм по ВАШ) и левого (50 мм по ВАШ) коленных суставов, стабильность суставов сохранена, надколенник ригидный, болезненный справа и слева. В покое боль в КС отмечалась на уровне 10 и 20 мм по ВАШ справа и слева соответственно. При ходьбе по ровной поверхности, подъеме и спуске по лестнице уровень боли в левом КС составлял 30 мм, в правом КС — 50 мм по ВАШ. На рентгенограмме признаки двустороннего гонартроза III стадии, варусная деформация КС (рис. 4). На фоне проводимой консервативной терапии пациентке было предложено использование ФРОВВК. После подписания

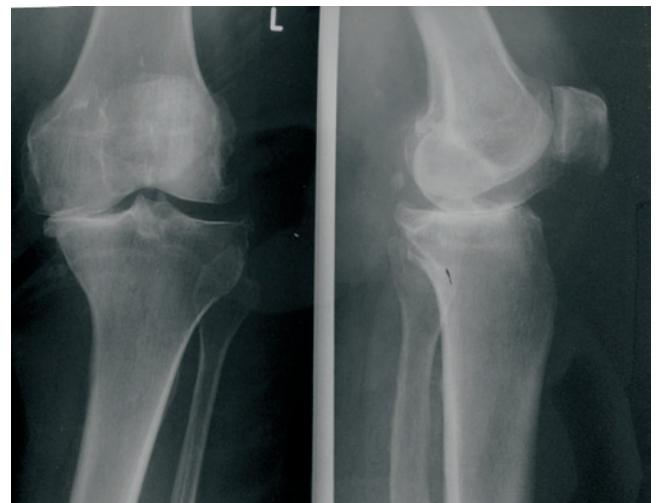


Рис. 4. Рентгенограмма левого коленного сустава пациентки, включенной в проспективное исследование



Рис. 5. Фиксация ортеза ORLETT RKN-367 (Rehard Technologies GmbH, Германия) на левом коленном суставе

информированного согласия и заполнения анкет проведена фиксация ФРОВВК (рис. 5) на левом КС. Установлено вальгусное отклонение ортеза на 50% (15°) от нулевого положения, учитывая субъективные ощущения.

В течение часа после фиксации ортеза на КС пациентка отметила уменьшение боли при ходьбе, спуске и подъеме по лестнице с 50 мм до 10 мм по ВАШ. Через неделю, на очередном визите, проведено увеличение вальгусного

угла еще на 50%. Дискомфорта, более при увеличении угла не отмечалось, интенсивность боли сохранялась на уровне 10 мм по ВАШ в покое и при движениях. Динамическое наблюдение в течение 3 мес. показало сохранение низкого уровня боли при использовании ФРОВВК. Учитывая низкий уровень нагрузок на бытовом уровне, функциональные показатели имели незначительную динамику по шкале KOOS. В течение всего периода наблюдения не отмечалось появления дискомфорта или возникновения НЯ.

Выводы

ФРОВВК ORLETT RKN-367 или ORLETT OA-303 (Rehard Technologies GmbH, Германия) у пациентов с ОА КС III стадии позволяет существенно снизить интенсивность боли уже в первые часы его использования и сохранять стабильно низкий уровень боли на всем протяжении ношения ортеза. На фоне снижения боли пациенты имеют возможность существенно сократить прием или отменить НПВП. Отсутствие НЯ обеспечивает безопасность и уверенный выбор таких конструкций. Подобные ортезы могут быть с успехом использованы в комплексном лечении больных с ОА и варусной деформацией КС. Мы продолжаем набор пациентов для предоставления более информативных результатов.

Прозрачность исследования

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Декларация о финансовых и иных взаимоотношениях

Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получили гонорар за статью.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Minnig MCC, Golightly YM, Nelson AE. Epidemiology of osteoarthritis: Literature update 2022–2023. *Curr Opin Rheum.* 2024;36(2):108–112. doi: 10.1097/BOR.0000000000000985
- Fazli F, Farsi A, Ebrahimi Takamjani I, Mansour Sohani S, Yousefi N, Azadinia F. Effect of knee orthosis and kinesio taping on clinical and neuromuscular outcomes in patients with knee osteoarthritis: A randomized clinical trial. *Arch Bone Jt Surg.* 2023;11(10):625–634. doi: 10.22038/ABJS.2023.72208.3362
- El Zahraa Wehbi F, Huo W, Amirat Y, Rafei ME, Khalil M, Mohammed S. Active impedance control of a knee-joint orthosis during swing phase. *IEEE Int Conf Rehabil Robot.* 2017;2017:435–440. doi: 10.1109/ICORR.2017.8009286
- Zhang B, Qian H, Wu H, Yang X. Unicompartmental knee arthroplasty versus high tibial osteotomy for medial knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2023;31(1):10225536231162829. doi: 10.1177/10225536231162829
- Sukerkar PA, Doyle Z. Imaging of osteoarthritis of the knee. *Radiol Clin North Am.* 2022;60(4):605–616. doi: 10.1016/j.rcl.2022.03.004
- Brophy RH, Fillingham YA. AAOS clinical practice guideline summary: Management of osteoarthritis of the knee (Nonarthroplasty), third edition. *J Am Acad Orthop Surg.* 2022;30(9):721–729. doi: 10.5435/JAAOS-D-21-01233
- Fesharaki SA, Farahmand F, Saeedi H, Raeissadat SA, Abdollahy E, Ahmadi A, et al. The effects of knee orthosis with two degrees of freedom joint design on gait and sit-to-stand task in patients with medial knee osteoarthritis. *Sultan Qaboos Univ Med J.* 2020;20(4):e324–e331. doi: 10.18295/squmj.2020.20.04.008
- Cudejko T, van der Esch M, van den Noort JC, Rijnhart JJM, van der Leeden M, Roorda LD, et al. Decreased pain and improved dynamic knee instability mediate the beneficial effect of wearing a soft knee brace on activity limitations in patients with knee osteoarthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2019;71(8):1036–1043. doi: 10.1002/acr.23722
- Hall M, Starkey S, Hinman RS, Diamond LE, Lenton GK, Knox G, et al. Effect of a valgus brace on medial tibiofemoral joint contact force in knee osteoarthritis with varus malalignment: A within-participant cross-over randomised study with an uncontrolled observational longitudinal follow-up. *PLoS One.* 2022;17(6):e0257171. doi: 10.1371/journal.pone.0257171
- Barati K, Kamyab M, Ebrahimi Takamjani I, Parnianpour M, Hosseini N, Bidari S. Evaluating the effect of equipping an unloading knee orthosis with local muscle vibrators on clinical parameters, muscular activation level, and medial contact force in patients with medial knee osteoarthritis: A randomized trial. *Prosthet Orthot Int.* 2024;48(1):46–54. doi: 10.1097/PXR.0000000000000243
- Pfeiffer SJ, Valentine JA, Goodwin JS, Nissman DB, Blackburn T, Pietrosimone B. Effects of a knee valgus unloader brace on medial femoral articular cartilage deformation following walking in varus-aligned individuals. *Knee.* 2019;26(5):1067–1072. doi: 10.1016/j.knee.2019.06.014
- Brand A, Klöpfer-Krämer I, Morgenstern M, Kröger I, Michel B, Thannheimer A, et al. Effects of knee orthosis adjustment on biomechanical performance and clinical outcome in patients

- with medial knee osteoarthritis. *Prosthet Orthot Int.* 2017;41(6): 587-594. doi: 10.1177/0309364617691623
13. Konopka J, Finlay A, Eckstein F, Dragoo J. Effects of unloader bracing on clinical outcomes and articular cartilage regeneration following microfracture of isolated chondral defects: A randomized trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021;29(9):2889-2898. doi: 10.1007/s00167-020-06228-6
 14. Robert-Lachaine X, Dessery Y, Belzile É, Turmel S, Corbeil P. Three-month efficacy of three knee braces in the treatment of medial knee osteoarthritis in a randomized crossover trial. *J Orthop Res.* 2020;38(10):2262-2271. doi: 10.1002/jor.24634
 15. Hart H, Crossley K, Ackland D, Cowan S, Collins N. Effects of an unloader knee brace on knee-related symptoms and function in people with post-traumatic knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee.* 2016;23(1):85-90. doi: 10.1016/j.knee.2015.05.006
 16. Petersen W, Ellermann A, Henning J, Nehrer S, Rembitzki IV, Fritz J, et al. Non-operative treatment of unicompartmental osteoarthritis of the knee: A prospective randomized trial with two different braces-ankle-foot orthosis versus knee unloader brace. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019;139(2):155-166. doi: 10.1007/s00402-018-3040-8
 17. Beaudreuil J, Bendaya S, Faucher M, Coudeyre E, Ribinik P, Revel M, et al. Clinical practice guidelines for rest orthosis, knee sleeves, and unloading knee braces in knee osteoarthritis. *Joint Bone Spine.* 2009;76(6):629-636. doi: 10.1016/j.jbspin.2009.02.002

Макаров М.А. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5626-7404>

Нестеренко В.А. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7179-8174>

Бялик В.Е. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3745-0924>

Зоткин Е.Г. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4579-2836>

Бялик Е.И. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7938-1536>

Макаров С.А. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8563-0631>

Каратеев А.Е. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1391-0711>

Бялик А.А. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5256-7346>