

Клиническое наблюдение

УДК 616.728.3-007.248-089.843-77-06:617.58-007.56:616-035

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-4-510-519>



## Гиперкоррекция оси нижней конечности как исход одномышцелкового эндопротезирования коленного сустава

Н.Н. Корнилов, Д.В. Чугаев, П.П. Иванов, М.Ш. Магомедов✉, Т.А. Куляба, А.С. Филь

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Магомед Шамилович Магомедов, [dr.magomedovmsh@gmail.com](mailto:dr.magomedovmsh@gmail.com)

### Аннотация

**Введение.** Одномышцелковое эндопротезирование коленного сустава (ОЭКС) является эффективным хирургическим вмешательством, применяемым у пациентов с гонартрозом, когда преимущественно поражён один из отделов коленного сустава. Одним из факторов неблагоприятного исхода частичной артропластики может быть недостаточная или избыточная коррекция оси нижней конечности.

**Цель работы** — оценить возможные пути профилактики недостаточной или избыточной коррекции оси нижней конечности в ходе ОЭКС и продемонстрировать на клиническом примере варианты предотвращения и решения данной хирургической проблемы.

**Материалы и методы.** В клинику НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена поступила пациентка с жалобами на вальгусную деформацию на уровне коленного сустава, болезненность в области коленного сустава, невозможность ходьбы без опоры. Три года назад больной выполнено одномышцелковое эндопротезирование коленного сустава. На рентгенограммах обращали на себя внимание экономные резекции бедренной и большеберцовой костей, рабочая поверхность модуля полиэтиленового вкладыша / большеберцового компонента эндопротеза находилась на 5 мм проксимальнее суставной поверхности латерального мыщелка большеберцовой кости.

**Результаты и обсуждение.** В ходе ревизионной артропластики ось конечности скорректирована на 6°. Через год после ревизионного вмешательства пациентка ходит без хромоты, результат проведенной операции оценен как отличный (45 баллов по шкале OKS). Авторами проанализированы возможные предпосылки для развития рассматриваемого осложнения и пути по его профилактике. Рассматриваются преимущественно ятрогенные причины, связанные непосредственно с хирургической техникой.

**Заключение.** Некорректное механическое выравнивание в ходе ОЭКС имеет гетерогенную природу и может быть обусловлено как недостаточным планированием операции, так и анатомическими особенностями пациента, а также техническими ошибками непосредственно в ходе вмешательства.

**Ключевые слова:** коленный сустав, одномышцелковое эндопротезирование, частичная артропластика, гиперкоррекция оси конечности, осложнения эндопротезирования

**Для цитирования:** Корнилов Н.Н., Чугаев Д.В., Иванов П.П., Магомедов М.Ш., Куляба Т.А., Филь А.С. Гиперкоррекция оси нижней конечности как исход одномышцелкового эндопротезирования коленного сустава. *Гений ортопедии*. 2025;31(4):510-519. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-4-510-519.

## Clinical case

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-4-510-519>



## Overcorrected lower limb axis as an outcome of unicompartmental knee arthroplasty

N.N. Kornilov, D.V. Chugaev, P.P. Ivanov, M.Sh. Magomedov✉, T.A. Kulyaba, A.S. Phil

Vreden National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

**Corresponding author:** Magomed Sh. Magomedov, dr.magomedovmsh@gmail.com

### Abstract

**Introduction** Unicompartmental knee arthroplasty (UKA) is an effective surgical procedure used in patients with gonarthrosis with a part of the knee being severely affected. Insufficient or excessive correction of the lower limb axis can cause a poor outcome of partial arthroplasty.

The **objective** was to evaluate ways that would help prevent insufficient or excessive correction of the lower limb axis with UKA and demonstrate techniques preventing and solving the surgical problem using a clinical example.

**Material and methods** A patient presented with valgus deformity at the knee level, knee pain and inability to walk without support was seen at the Vreden National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics. The patient underwent UKA three years ago. The radiographs showed sparing resections of the femur and tibia, the working surface of the polyethylene liner/tibial implant component being 5 mm proximally to the articular surface of the lateral condyle of the tibia.

**Results and discussion** The limb axis was corrected by 6° during revision arthroplasty. The patient had no limping at one year and the result of the operation was rated as excellent measuring 45 OKS scores. The authors reviewed prerequisites of the complication in question and ways to prevent it. Iatrogenic causes primarily associated with surgical technique are reviewed.

**Conclusion** Inadequate mechanical alignment is characterized by a heterogeneous identity in UKA and can be caused by ineffective preoperative planning and specific anatomy of the patient, intraoperative technical failures.

**Keywords:** knee joint, unicompartmental knee arthroplasty, UKA, partial arthroplasty, overcorrected limb axis, complications of total joint replacement.

**For citation:** Kornilov NN, Chugaev DV, Ivanov PP, Magomedov MSh, Kulyaba TA, Phil AS. Overcorrected lower limb axis as an outcome of unicompartmental knee arthroplasty. *Genij Ortopedii*. 2025;31(4):510-519. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-4-510-519.

## ВВЕДЕНИЕ

Как правило, научные работы, посвященные одному мышечковому эндопротезированию коленного сустава (ОЭКС), начинаются с признания множества достоинств данной операции, таких как малоинвазивность, органосохраняющий подход, возможность быстрого восстановления и легкой реабилитации с получением эффекта «забытого коленного сустава» [1]. И это достаточно органично смотрится в тенденции к расширению показаний к данному типу хирургического вмешательства у больных гонартрозом и общему увеличению количества частичных артропластик в структуре мирового эндопротезирования [2].

Современные показания к одному мышечковому эндопротезированию, сформулированные J. Goodfellow [3] и далее подтвержденные работами других авторов, включают простые клинико-рентгенологические критерии отбора пациентов, которые одинаковы для любой модели имплантата.

Однако текущий тренд к персонифицированному подходу при артропластике коленного сустава заставляет хирурга задумываться об учёте большего количества переменных, в частности, оси конечности пациента, геометрии костей, формирующих коленный сустав, степени и характере износа суставных поверхностей мышечков, эластичности мягкотканых стабилизаторов, степени повреждения мениска и величине его экструзии, наличии, величине и локализации остеофитов [4]. Различия в этих характеристиках могут оказывать влияние на успех или неудачу ОЭКС.

Одним из важнейших факторов, влияющих на долгосрочные исходы ОЭКС, является послеоперационная ось конечности. Так, перегрузка латерального отдела сустава после частичной медиальной артропластики с гиперкоррекцией оси приводит к стойкому болевому синдрому, ассоциированному со связочным дисбалансом и иными механическими факторами. Это служит причиной быстрого износа хряща в латеральном отделе сустава и прогрессирования гонартроза, что ведёт к необходимости ревэндопротезирования [5, 6]. Множество исследований наглядно показало, что оптимальный результат хирургического лечения достигается только тогда, когда при ОЭКС ось конечности при медиальном гонартрозе восстанавливается до преартрозного состояния, что нередко выражается в сохранении остаточной варусной деформации [7, 8]. В противоположность этому, недостаточная коррекция деформации является общепризнанным фактором риска неудовлетворительного исхода в среднесрочной перспективе как околосуставных остеотомий, так и тотального эндопротезирования у больных медиальным гонартрозом. Для частичной артропластики ситуация — противоположна: чем в большей степени ось конечности корректируется до «средних по популяции» значений, тем быстрее прогрессирует артроз в контралатеральном отделе сустава [9, 10]. По сути, коррекция деформации при частичной артропластике должна быть суммой замещения остатков хрящевого покрова пораженной субхондральной кости, удаленного мениска и краевых остеофитов, минимально необходимой для позиционирования компонентов эндопротеза. Превышение этого лимита, равно как релиз интактных мягко-тканых стабилизаторов, неизбежно ведет к гиперкоррекции оси конечности после ОЭКС. Анализ причин подобных ошибок посвящено данное исследование.

**Цель работы** — оценить возможные пути профилактики недостаточной или избыточной коррекции оси нижней конечности в ходе ОЭКС и продемонстрировать на клиническом примере варианты предотвращения и решения данной хирургической проблемы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пациентка Г. 52 лет поступила в клинику НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с жалобами на вальгусную деформацию правой нижней конечности, болезненность в области коленного сустава, усиливающуюся при движениях, невозможность ходьбы без дополнительной опоры. Из анамнеза известно, что в течение предыдущих трех лет пациентку беспокоил умеренный болевой синдром в правом коленном суставе, возникавший при интенсивной физической нагрузке и ходьбе. Комплексное консервативное лечение, проводимое амбулаторно, не дало значимого стойкого эффекта. В одном из региональных специализированных медицинских учреждений после обследования было установлено наличие правостороннего медиального гонартроза и большой выполнено одномышечковое эндопротезирование медиального отдела правого коленного сустава эндопротезом с фиксированным полиэтиленовым вкладышем. После операции пациентка отметила появление выраженной боли в прооперированном коленном суставе с изменением ее характеристик по сравнению с предоперационным состоянием, видимое глазом изменение оси конечности, значительные затруднения при ходьбе, сгибании коленного сустава. Вначале данные жалобы трактовались как нормальное течение раннего послеоперационного периода, и пациентка проходила комплексное реабилитационное лечение.

В течение всего послеоперационного периода интенсивность вышеуказанных симптомов не уменьшалась, качество жизни оставалось неудовлетворительным, ходьба была возможна лишь с дополнительной опорой, в связи с чем возникла необходимость в проведении ревизионного хирургического вмешательства.

При поступлении в стационар пациентка могла передвигаться только с дополнительной опорой на костыли и значительной шадящей правосторонней хромотой. Вальгусная деформация правой нижней конечности на уровне коленного сустава составляла  $8^\circ$ . Обращала на себя внимание ригидность деформации с невозможностью коррекции оси конечности до нейтральной при выполнении теста приведения голени при лёгком сгибании коленного сустава для расслабления задней капсулы. Отмечалась разлитая болезненность в области правого коленного сустава с преимущественной локализацией в латеральном отделе и разгибательная контрактура: амплитуда движений  $0^\circ/0^\circ/85^\circ$ . Оценка функции по модифицированной шкале функции Oxford Knee Score (OKS) составила 11 баллов, что свидетельствует о выраженном нарушении функции.

Рентгенологически: имплантирован одномыщелковый эндопротез, замещающий медиальный отдел правого коленного сустава (рис. 1). На выполненных рентгенограммах обращают на себя внимание эконозные резекции бедренной и большеберцовой костей, а на панорамных снимках (телерентгенография) — вальгусная деформация оси конечности  $8^\circ$  ( $MAD = 29$  мм), наклон большеберцового компонента кзади в пределах референтных значений (рис. 2). Отмечается, что рабочая поверхность модуля полиэтиленового вкладыша / большеберцового компонента эндопротеза находится на 5 мм проксимальнее суставной поверхности латерального мыщелка большеберцовой кости. Рентгенологические признаки нестабильности компонентов эндопротеза или износа вкладыша отсутствовали.

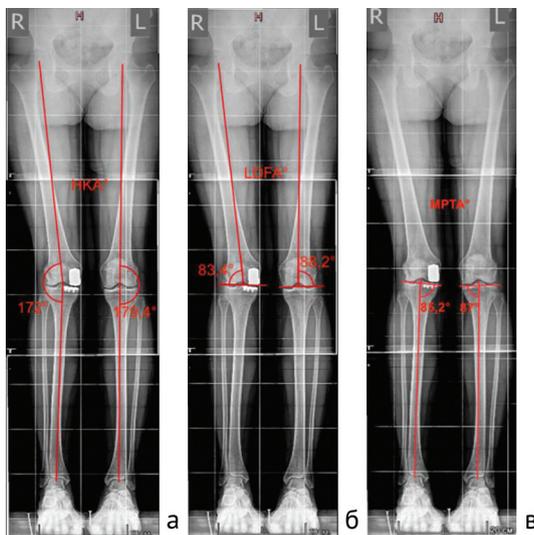


Рис. 1. Показатели референтных углов и линий на телерентгенограммах после ОМЭП: а — вальгусная деформация правой нижней конечности; б, в — снижение показателя угла LDFA и MPTA за счет неправильного позиционирования компонентов во фронтальной плоскости



Рис. 2. Показатель угла наклона суставной поверхности большеберцового компонента в сагиттальной плоскости после ОМЭП

После клинико-рентгенологической оценки состояния пациентки установлено, что болевой синдром обусловлен гиперкоррекцией оси конечности в ходе предшествовавшего ОМЭП, «перетянутостью» медиальных связочных структур и гиперпрессией латерального отдела коленного сустава, а также несбалансированностью разгибательного и сгибательного промежутков, приводящих к ограничению амплитуды движений в правом коленном суставе. Ревизионное эндопротезирование правого коленного сустава осуществлено с использованием стандартной первичной инструментальной системы (рис. 3).

В ходе ревизионной артропластики ось конечности скорректирована на  $6^\circ$ . Наклон большеберцового компонента кзади в пределах референтных значений (рис. 4). Опилы костей выполнены в дно дефектов, сформировавшихся после удаления компонентов одномыщелкового эндопротеза, что позволило использовать стандартный первичный эндопротез коленного сустава с сохранением задней крестообразной связки с полностью полиэтиленовым (all poly) большеберцовым компонентом, толщиной 1 мм, цементной фиксации.

В ходе операции достигнута полная амплитуда пассивных движений в правом коленном суставе. Течение послеоперационного периода было неосложненным, послеоперационная рана зажила первичным натяжением.

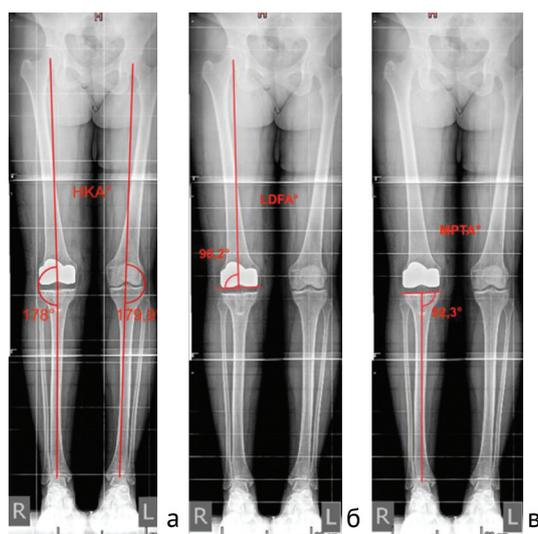


Рис. 3. Показатели референтных углов и линий после тотального эндопротезирования: а — коррекция оси на 6°; б, в — восстановление референтных значений углов LDFA и МРТА



Рис. 4. Показатель угла наклона суставной поверхности большеберцового компонента после тотальной артропластики

После прохождения стандартного реабилитационного лечения в амбулаторных условиях через 4 нед. после операции пациентка обрела способность к самостоятельному передвижению без дополнительной опоры, восстановила амплитуду движений в коленном суставе до острого угла сгибания (амплитуда движений: 0°/0°/110°). В настоящее время, через год после проведения ревизионного вмешательства, ходит без хромоты, оценивая результат проведенной операции как отличный (45 баллов по модифицированной шкале OKS).

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности маркетинга имплантов усложняют задачу ортопедического хирурга, начинающего внедрять парциальную артропластику в своей практике. Имплантаты с подвижным вкладышем различных производителей практически не отличаются, используя концепцию Oxford, в то время как эндопротезы с фиксированным вкладышем весьма гетерогенны по дизайну. Разработанный в 1982 г. одномыщелковый эндопротез Oxford на настоящий момент является одним из наиболее часто используемых в мире имплантов такого типа [11, 12, 13]. Оригинальная и, что важно, повторяемая технология, множество научных исследований о различных аспектах использования данного имплантата [14, 15, 16], значительное количество обучающих технических видео на профессиональных видео-ресурсах, а также возможности обучения на теоретических курсах, биоманекенах и в операционной дают достаточное понимание хирургу о том, как правильно имплантировать данный тип искусственного сустава. В противоположность этому, эндопротезы с фиксированной платформой не являются одной унифицированной моделью, отличающейся лишь названием. В практике это очень гетерогенная группа имплантов, значительно отличающихся по хирургической технике, а зачастую и по философии имплантации, трибологии и биомеханике. Это обстоятельство создает пространство для наличия большого количества хирургических нюансов, пренебрежение которыми делает оперативное вмешательство крайне трудоемким, с малой степенью повторяемости [17]. При кажущейся простоте кривая обучения использования хирургом даже самых современных инструментальных систем частичной артропластики с фиксированным вкладышем может достигать сотни вмешательств, в отличие от подвижного, где достаточно пары десятков [18].

Очевиден и такой фактор, как следование индивидуальным хирургическим традициям, сформированным в ходе профессионального обучения и повседневной практики как рутинная хирургическая техника, в частности, протяжённость доступа, травматичность манипуляций с мягкими тканями, особенно, теми из них, что влияют на баланс коленного сустава, например, глубокой порцией большеберцовой коллатеральной связки, прикрепление которой к плато желательнее сохранять во время ОЭКС, а также полноценность удаления всех остеофитов с мыщелков бедренной и большеберцовой костей.

Если хирург использует в своей повседневной хирургической практике преимущественно тотальное эндопротезирование, то гиперрелиз медиальных стабилизаторов, популяризированный в руководствах по эндопротезированию прошлого века, порою усугубляемый чрезмерным удалением вместе с остеофитами и интактной костью, автоматически приведет к клинически значимому увеличению

сгибательного и/или разгибательного промежутков. В результате данных манипуляций для создания оптимального натяжения капсульно-связочного аппарата во время ОЭКС хирург будет вынужден использовать полиэтиленовый вкладыш избыточной толщины по сравнению с выполненными резекциями, что и послужит механическим субстратом для гиперкоррекции механической оси конечности [19]. Учитывая это, диссекция мягких тканей при ОЭКС не должна доходить до середины мыщелка большеберцовой кости на уровне её резекции.

Важно помнить, что идеальный кандидат для одномышечкового эндопротезирования медиального отдела коленного сустава — это пациент с морфологической стадией гонартроза, при которой сформировался износ сочленяющихся поверхностей типа «кость на кости» и варусной деформацией конечности до  $15^\circ$  [20, 21, 22]. Но в то же время, как быть со значительной группой пациентов, имеющих терминальное дегенеративно-дистрофическое поражение медиального отдела коленного сустава, но при этом, за счет специфической геометрии диафизов и/или метафизов бедренной и/или большеберцовой костей сохраняющих нейтральную ось конечности? Ответ кажется очевидным: принципиально важным для нас является наличие ситуации «кость на кости» того отдела бедренно-большеберцового сочленения, который мы планируем заместить. Но именно данная группа пациентов подвергается риску гиперкоррекции оси конечности [23]. Это обусловлено тем, что медиальный проксимальный большеберцовый угол, равный  $90^\circ$  или более, требует асимметричной резекции большеберцового плато, что может быть осуществлено интраоперационно с недостаточной степенью точности. Кроме того, глубокий хрящевой дефект нагружаемой части медиального мыщелка бедренной кости в сочетании с экстррузией мениска приведут к трансляции механической оси конечности в вальгусную позицию за счет избыточной мобильности медиального отдела сустава, попытки создать оптимальное натяжение мягких тканей интраоперационно и конституциональной вальгусной деформации конечности и станут непреодолимым препятствием для успешной частичной артропластики. Пути борьбы с данным обстоятельством пока не представляются достаточно очевидными: выполнять ли опил большеберцового плато с учетом так называемого «угла Картье» [24], то есть в положении  $3^\circ$  варуса относительно механической оси большеберцовой кости, осуществлять одномышечковое эндопротезирование у данной группы пациентов только с использованием роботических систем или компьютерной навигации [25, 26] либо отдать предпочтение тотальному эндопротезированию? Все варианты представляются в значительной степени дискуссионными. В данном клиническом сценарии опил плато большеберцовой кости в положении  $3^\circ$  варуса еще более усугубит ситуацию, поскольку поверхность между бедренным компонентом и вкладышем эндопротеза с фиксированным вкладышем является плоской. Такой опил приведет к тому, что бедренный компонент начнет «скатываться» по неровному плато в медиальном направлении, что влечет за собой возрастание «перетянутости» медиального отдела.

Более того, существует достаточно большое количество современных исследований, изучающих результаты роботизированной хирургии либо эндопротезирования с использованием современных навигационных систем, но даже эти факторы позволяют иметь погрешности позиционирования компонентов эндопротеза в 10–11 % случаев [27]. А если говорить об использовании стандартных инструментальных систем, то данное отклонение от планируемой идеальной позиции будет еще более выраженным.

Говоря о результатах после одномышечкового эндопротезирования, нельзя недооценивать фактор хирурга [28]. T. Hamilton et al. [29] провели мета-анализ, посвященный результатам одномышечкового эндопротезирования в зависимости от опыта хирурга. По их данным, наилучшие результаты и снижение частоты ревизий наблюдаются у хирургов, выполняющих более 24 ОЭКС в год. Для достижения оптимальных результатов более 20 % операций хирурга по эндопротезированию коленного сустава должно приходиться на ОЭКС.

Первоначально, при выполнении частичной артропластики ортопеды придерживались критериев S.C. Kozinn, R. Scott [18], согласно которым идеальными кандидатами для одномышечкового эндопротезирования считались пациенты с массой тела менее 82 кг. Это казалось очевидным, поскольку у пациентов с ожирением технически сложнее разместить экстремедулярный направитель и резекционные блоки из-за технических ограничений, связанных с определением костных ориентиров. Большая нагрузка в зоне интерфейса кость-имплантат у больных с ожирением также рассматривалась как одна из причин возможного снижения выживаемости имплантов. Затем, со временем, концепция изменилась, появилось большое количество исследований, в которых оспаривалось мнение о том, что ожирение следует рассматривать как противопоказание [30, 31, 32]. Так, в работах, посвященных выявлению предикторов риска гиперкоррекции механической оси конечности при одномышечковом эндопротезировании, имеются указания на отсутствие негативного влияния высокого ИМТ на данный параметр [17, 33].

Одним из важных инструментов прогнозирования точности позиционирования компонентов при одномышечковом эндопротезировании и коррекции оси конечности во фронтальной плоскости является такой параметр как НКА (hip-knee ankle angle) [34, 35, 36, 37]. Хотя дискуссия по уровню целевого значения угла НКА после операции частичного эндопротезирования продолжается, все большее число

исследований рекомендуют небольшую гипокоррекцию механической оси. Так, пациенты, у которых перед операцией была варусная деформация и остаточная сохраняется в пределах  $3^\circ$  после ОЭКС, демонстрируют наилучшие функциональные результаты [38, 39, 40, 41]. N. Nakano et al. [42] описали новый метод морфологической оценки: аНКА (arithmetic hip-knee-ankle angle). Для измерения аНКА используется следующая формула:  $180^\circ - \text{LDFA}^\circ$  (lateral distal femoral angle) +  $\text{MPTA}^\circ$  (medial proximal tibial angle). Результаты авторов показывают, что аНКА более точно коррелирует с послеоперационным углом  $\text{LDFA}^\circ$ . Для достижения целевых значений опилов выполняли с использованием портативной навигационной системы на основе акселерометра. Y. Kokubu et al. [43] провели ретроспективное исследование, по результатам которого они сообщили об улучшении функциональных результатов в раннем послеоперационном периоде у пациентов с изменением послеоперационного угла аНКА в пределах  $\pm 3^\circ$ .

H. Shih et al. [44] и S. Asada et al. [34] предлагают оценивать точность позиционирования бедренного и большеберцового компонентов при одномышцелковом эндопротезировании путем оценки следующих углов: FCCA (femoral coronal component angle) и TCCA (tibial coronal component angle). FCCA — это угол между осью, проведенной посередине бедренного компонента, и механической осью бедренной кости. TCCA — угол между линией, параллельной большеберцовому компоненту, и линией, перпендикулярной механической оси большеберцовой кости. Y. Khaw et al. [45] в исследовании, посвященном анализу выживаемости имплантатов в зависимости от точности позиционирования бедренного и большеберцового компонентов, пришли к выводу, что у пациентов с FCCA от  $0^\circ$  до  $2^\circ$  и TCCA от  $2^\circ$  до  $4^\circ$  наблюдались наилучшие функциональные результаты через 10 лет. Обнаружено, что пациенты, входившие в группу с оптимальными показателями (FCCA от  $0^\circ$  до  $2^\circ$  и TCCA от  $2^\circ$  до  $4^\circ$ ), имели значительное преимущество в 15-летней выживаемости имплантов. Значимым ограничением этих исследований является отсутствие оценки точности позиционирования компонентов в сагиттальной плоскости.

Немаловажным фактором, сигнализирующим хирургу интраоперационно о степени послеоперационной коррекции механической оси конечности, является толщина устанавливаемого вкладыша и глубина резекции медиального отдела большеберцовой кости при ОЭКС. Y. Kuroda et al. [46] выявлена корреляция между величиной изменения угла НКА до и после операции, толщиной вкладыша и глубиной резекции медиального отдела большеберцовой кости. Выбор размера вкладыша основан на оценке хирургом «натяжения» медиальной коллатеральной связки во время операции. Однако эта оценка может быть субъективной. Хирург может выбрать более толстый вкладыш, чтобы избежать кажущейся интраоперационно нестабильности, например, у пациентов с гиперэластичностью мягкотканых стабилизаторов, что приводит к гиперкоррекции механической оси конечности и вальгусной деформации после операции [47].

В контексте обсуждения причин вальгусной гиперкоррекции оси конечности после ОЭКС, у пациентов с предоперационной варусной деформацией нельзя также не упомянуть о таком важном факторе, как экструзия медиального мениска. Резекция выдавленного мениска приводит к потере «натяжения» медиальной коллатеральной связки, что влечет за собой увеличение мобильности медиального отдела коленного сустава, для устранения которой хирург вынужден установить более толстый вкладыш, об эффекте увеличения толщины которого говорилось выше. K. Ishibashi et al. [48] провели ретроспективное исследование, в котором оценивали влияние экструзии медиального мениска на магнитнорезонансных томограммах перед операцией на механическую ось конечности после ОЭКС. Измерение степени экструзии производили в соответствии с методом, описанным S.R. Costa et al. [49], с использованием системы PACS. По результатам исследования выявлена прямая корреляция между изменением угла НКА после операции и степенью экструзии мениска до операции. Среднее расстояние экструзии мениска составило  $(8 \pm 2)$  мм. C. Liu et al. [47] сообщают о получении аналогичных результатов.

Кроме того, геометрия переднего отдела большеберцовой кости может влиять на ошибки при определении глубины резекции во время одномышцелкового эндопротезирования. Форма плато большеберцовой кости достаточно сложна и асимметрична. Так, по данным J. Hashemi et al. [50], существует большая вариабельность у пациентов с гонартрозом с точки зрения глубины вогнутости медиального плато и наклона большеберцовой кости во фронтальной и сагиттальной плоскостях. По их данным, наклон большеберцовой кости в медиальную сторону во фронтальной плоскости варьирует от  $-1^\circ$  до  $+6^\circ$ , а глубина вогнутости медиального отдела может варьировать от 1,2 до 5,2 мм. При определении уровня резекции одной из частых ошибок является осуществление опилов выше дна дефекта плато большеберцовой кости. Это может привести к неправильной ориентации большеберцового компонента и к изменению упоминавшегося уже угла TCCA за пределами нормальных значений.

В последнее время появляется всё больше публикаций, посвященных этапному одномышцелковому эндопротезированию смежного отдела коленного сустава, вместо конверсии в ТЭКС. S. Fuchs et al. [51, 52] значимыми преимуществами бикомпартментального эндопротезирования (БКЭ) перед тотальным считают сохранение проприоцепции сустава, сопоставимое со здоровыми людьми того же возраста,

которое достигается благодаря сохранению крестообразных связок. Вопрос лучшей кинематики после БКЭ в сравнении с ТЭКС остается спорным. Одни авторы поддерживают эту гипотезу [53], в то время как другие считают, что нет существенных различий в кинематике между пациентами, перенесшими БКЭ и ТЭКС, в отличие от ОЭКС [54]. Н. Pandit et al. [55], анализируя результаты лечения 27 коленных суставов, продемонстрировали значительное улучшение функциональных результатов и отсутствие ревизий после поэтапного БКЭ. В описываемом клиническом наблюдении переход на артропластику смежного отдела был неприменим, поскольку наличие контрактуры более 10° и деформации во фронтальной плоскости более 5° является противопоказанием для поэтапного БКЭ [56, 57].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Некорректное механическое выравнивание в ходе одномыщелкового эндопротезирования коленного сустава может быть обусловлено недостатками планирования, индивидуальными особенностями эластичности мягко-тканых стабилизаторов, а также техническими ошибками непосредственно в ходе хирургического вмешательства.

Для профилактики данного осложнения необходимы адекватная селекция пациентов, тщательное предоперационное планирование, основанное на изучении рентгенограмм, в том числе панорамных (телерентгенография), морфологического типа деформации конечности, магниторезонансная томография сустава, учитывающая характер износа кости, сохранность и позиция мениска в зоне контакта бедренной и большеберцовой костей и параметры краевых остеофитов, гипермобильность пораженного отдела коленного сустава, а также прецизионность хирургической техники.

**Конфликт интересов.** Не заявлен.

**Источник финансирования.** Не заявлен.

**Этические нормы.** Исследование проведено в соответствии с этическими стандартами Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

**Информированное согласие.** Пациентка дала информированное согласие на публикацию результатов исследования.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Lim JW, Cousins GR, Clift BA, et al. Oxford unicompartmental knee arthroplasty versus age and gender matched total knee arthroplasty - functional outcome and survivorship analysis. *J Arthroplasty*. 2014;29(9):1779-1783. doi: 10.1016/j.arth.2014.03.043.
2. SAR. Annual report 2022. The Swedish Arthroplasty Register. Swedish Arthroplasty Register; 2022. Available at: [https://registercentrum.blob.core.windows.net/sar/r/SAR-Annual-Report-2022\\_EN-HkgQE89Nus.pdf](https://registercentrum.blob.core.windows.net/sar/r/SAR-Annual-Report-2022_EN-HkgQE89Nus.pdf). Accessed Oct 17, 2024.
3. Goodfellow JW, Tibrewal SB, Sherman KP, O'Connor JJ. Unicompartmental Oxford Meniscal knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1987;2(1):1-9. doi: 10.1016/s0883-5403(87)80025-6.
4. Liu C, Ge J, Jiang Y, et al. Preoperative valgus-corrected hip-knee-ankle angle and medial meniscal extrusion are useful for evaluating postoperative alignment in mobile-bearing UKA. *Heliyon*. 2023;9(11):e22234. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e22234.
5. NJR. 13<sup>th</sup> Annual Report 2016. National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and the Isle of Man. National Joint Registry; 2016. Available at: <https://reports.njrcentre.org.uk/Portals/0/PDFdownloads/NJR%2013th%20Annual%20Report%202016.pdf>. Accessed Oct 17, 2024.
6. Liddle AD, Pandit H, Judge A, Murray DW. Patient-reported outcomes after total and unicompartmental knee arthroplasty: a study of 14,076 matched patients from the National Joint Registry for England and Wales. *Bone Joint J*. 2015;97-B(6):793-801. doi: 10.1302/0301-620X.97B6.35155.
7. Plancher KD, Brite JE, Briggs KK, Petterson SC. Pre-Arthritic/Kinematic Alignment in Fixed-Bearing Medial Unicompartmental Knee Arthroplasty Results in Return to Activity at Mean 10-Year Follow-up. *J Bone Joint Surg Am*. 2022;104(12):1081-1089. doi: 10.2106/JBJS.21.00801.
8. Micicoi L, Machado A, Ernat J, et al. Restoration of preoperative tibial alignment improves functional results after medial unicompartmental knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2023;31(11):5171-5179. doi: 10.1007/s00167-023-07588-5.
9. Felson DT, Niu J, Gross KD, et al. Valgus malalignment is a risk factor for lateral knee osteoarthritis incidence and progression: findings from the Multicenter Osteoarthritis Study and the Osteoarthritis Initiative. *Arthritis Rheum*. 2013;65(2):355-362. doi: 10.1002/art.37726.
10. Kamenaga T, Hiranaka T, Hida Y, et al. Lateral osteoarthritis progression is associated with a postoperative residual tibiofemoral subluxation in Oxford UKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2022;30(9):3236-3243. doi: 10.1007/s00167-021-06729-y.
11. NJR. 19<sup>th</sup> Annual Report 2022. National Joint Registry; 2022. Available at: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK587525/pdf/Bookshelf\\_NBK587525.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK587525/pdf/Bookshelf_NBK587525.pdf). Accessed Oct 17, 2024.
12. AOANJRR. Hip, knee and shoulder arthroplasty: 2022 annual report. Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry; 2022. Available at: <https://aoanjrr.sahmri.com/annual-reports-2022>. Accessed Oct 17, 2024.
13. NAR. 2022 Annual Report. Norwegian Arthroplasty Register; 2022. Available at: [https://helse-bergen.no/seksjon/Nasjonal\\_kompetansetjeneste\\_leddproteser\\_hoftebrudd/Share%20point%20Documents/Rapport/Report%202022%20english.pdf](https://helse-bergen.no/seksjon/Nasjonal_kompetansetjeneste_leddproteser_hoftebrudd/Share%20point%20Documents/Rapport/Report%202022%20english.pdf). Accessed Oct 17, 2024.
14. Sun XW, Lu FF, Zou K, et al. Does new instrument for Oxford unicompartmental knee arthroplasty improve short-term clinical outcome and component alignment? A meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2020;15(1):386. doi: 10.1186/s13018-020-01926-w.
15. Ma J, Yan Y, Wang W, et al. Lower early revision rates after uncemented Oxford Unicompartmental Knee Arthroplasty (UKA) than cemented Oxford UKA: A meta-analysis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021;107(5):102802. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102802.
16. Zhang P, Bai J, Wang J, et al. How to perform better on Oxford UKA? A technical note from over 500 surgical experiences. *Orthop Surg*. 2023;15(9):2445-2453. doi: 10.1111/os.13811.
17. Ahn JH, Kang HW, Yang TY, Lee JY. Risk factors of post-operative malalignment in fixed-bearing medial unicompartmental knee arthroplasty. *Int Orthop*. 2016;40(7):1455-63. doi: 10.1007/s00264-015-3014-1.

18. Kozinn SC, Scott R. Unicndylar knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71(1):145-150.
19. Kuroda Y, Takayama K, Ishida K, et al. Medial joint line elevation of the tibia measured during surgery has a significant correlation with the limb alignment changes following medial unicompartmental knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(11):3468-3473. doi: 10.1007/s00167-018-4935-1.
20. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Федоров П.Э. Современные представления об одномышечковом эндопротезировании в структуре хирургических методов лечения больших гонартрозов (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России.* 2012;18(1):113-120. doi: 10.21823/2311-2905-2012-0-1-138-144.
21. Murray DW, Parkinson RW. Usage of unicompartmental knee arthroplasty. *Bone Joint J.* 2018;100-B(4):432-435. doi: 10.1302/0301-620X.100B4.BJJ-2017-0716.R1.
22. Marullo M, Tandogan RN, Kort N, et al. Trends in unicompartmental knee arthroplasty among 138 international experienced arthroplasty knee surgeons. *Heliyon.* 2024;10(2):e24307. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e24307.
23. Liu C, Chen H, Ge J, et al. Predicting valgus malalignment after mobile-bearing UKA using a new method: the arithmetic HKA of the arthritic knee. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2023;143(10):6381-6391. doi: 10.1007/s00402-023-04921-y.
24. Rivière C, Sivaloganathan S, Villet L, et al. Kinematic alignment of medial UKA is safe: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022;30(3):1082-1094. doi: 10.1007/s00167-021-06462-6.
25. Ghazal AH, Fozo ZA, Matar SG, et al. Robotic versus conventional unicompartmental knee surgery: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *Cureus.* 2023;15(10):e46681. doi: 10.7759/cureus.46681.
26. Xu K, Chen Q, Yan Q, et al. Comparison of computer-assisted navigated technology and conventional technology in unicompartmental knee arthroplasty: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2022;17(1):123. doi: 10.1186/s13018-022-03013-8.
27. Park KK, Han CD, Yang IH, et al. Robot-assisted unicompartmental knee arthroplasty can reduce radiologic outliers compared to conventional techniques. *PLoS One.* 2019;14(12):e0225941. doi: 10.1371/journal.pone.0225941.
28. Филь А.С., Антипов А.П., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Целесообразна ли частичная артропластика коленного сустава: мнения ортопедов крупного центра эндопротезирования. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(3):43-55. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-43-55.
29. Hamilton TW, Rizkalla JM, Kontochristos L, et al. The interaction of caseload and usage in determining outcomes of unicompartmental knee arthroplasty: a meta-analysis. *J Arthroplasty.* 2017;32(10):3228-3237.e2. doi: 10.1016/j.arth.2017.04.063.
30. Hamilton TW, Pandit HG, Jenkins C, et al. Evidence-based indications for mobile-bearing unicompartmental knee arthroplasty in a consecutive cohort of thousand knees. *J Arthroplasty.* 2017;32(6):1779-1785. doi: 10.1016/j.arth.2016.12.036.
31. Rodríguez-Merchán EC, Gómez-Cardero P. Unicompartmental knee arthroplasty: Current indications, technical issues and results. *EFORT Open Rev.* 2018;3(6):363-373. doi: 10.1302/2058-5241.3.170048.
32. Musbahi O, Hamilton TW, Crellin AJ, et al. The effect of obesity on revision rate in unicompartmental knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021;29(10):3467-3477. doi: 10.1007/s00167-020-06297-7.
33. Zhang Q, Zhang Q, Guo W, et al. Risk factors of postoperative valgus malalignment in mobile-bearing medial unicompartmental knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019;139(2):241-248. doi: 10.1007/s00402-018-3070-2.
34. Asada S, Inoue S, Tsukamoto I, et al. Obliquity of tibial component after unicompartmental knee arthroplasty. *Knee.* 2019;26(2):410-415. doi: 10.1016/j.knee.2018.12.013.
35. Mullaji AB, Shetty GM, Kanna R. Postoperative limb alignment and its determinants after minimally invasive Oxford medial unicompartmental knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2011;26(6):919-925. doi: 10.1016/j.arth.2011.03.008.
36. Kim SJ, Bae JH, Lim HC. Factors affecting the postoperative limb alignment and clinical outcome after Oxford unicompartmental knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2012;27(6):1210-1215. doi: 10.1016/j.arth.2011.12.011.
37. Tashiro Y, Matsuda S, Okazaki K, et al. The coronal alignment after medial unicompartmental knee arthroplasty can be predicted: usefulness of full-length valgus stress radiography for evaluating correctability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(12):3142-3149. doi: 10.1007/s00167-014-3248-2.
38. Hopgood P, Martin CP, Rae PJ. The effect of tibial implant size on post-operative alignment following medial unicompartmental knee replacement. *Knee.* 2004;11(5):385-388. doi: 10.1016/j.knee.2003.12.008.9.
39. Wen PF, Guo WS, Gao FQ, et al. Effects of lower limb alignment and tibial component inclination on the biomechanics of lateral compartment in unicompartmental knee arthroplasty. *Chin Med J (Engl).* 2017;130(21):2563-2568. doi: 10.4103/0366-6999.217076.
40. Zuiderbaan HA, van der List JP, Chawla H, et al. Predictors of subjective outcome after medial unicompartmental knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2016;31(7):1453-1458. doi: 10.1016/j.arth.2015.12.038.
41. Vasso M, Del Regno C, D'Amelio A, et al. Minor varus alignment provides better results than neutral alignment in medial UKA. *Knee.* 2015;22(2):117-121. doi: 10.1016/j.knee.2014.12.004.
42. Nakano N, Tsubosaka M, Kamenaga T, et al. Predicting postoperative coronal alignment after fixed-bearing unicompartmental knee arthroplasty using a new morphological assessment method: the arithmetic hip-knee-ankle angle. *Int Orthop.* 2024;48(4):889-897. doi: 10.1007/s00264-023-06072-6.
43. Kokubu Y, Kawahara S, Hamai S, et al. Small change in the arithmetic hip-knee-ankle angle during unicompartmental knee arthroplasty improves early postoperative functional outcomes. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2024;144(5):2297-2304. doi: 10.1007/s00402-024-05309-2.
44. Shih HT, Chen KH, Lee CH, et al. Factors predicting lower limb alignment after Oxford medial unicompartmental knee arthroplasty. *Sci Rep.* 2024;14(1):5597. doi: 10.1038/s41598-024-56285-x.
45. Khaw YZ, Liow MHL, Lee M, et al. The effect of tibial and femoral component coronal alignment on clinical outcomes and survivorship in unicompartmental knee arthroplasty. *Bone Joint J.* 2021;103-B(2):338-346. doi: 10.1302/0301-620X.103B2.BJJ-2020-0959.R1.
46. Kuroda Y, Takayama K, Ishida K, et al. Medial joint line elevation of the tibia measured during surgery has a significant correlation with the limb alignment changes following medial unicompartmental knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(11):3468-3473. doi: 10.1007/s00167-018-4935-1.
47. Liu C, Ge J, Jiang Y, et al. Preoperative valgus-corrected hip-knee-ankle angle and medial meniscal extrusion are useful for evaluating postoperative alignment in mobile-bearing UKA. *Heliyon.* 2023;9(11):e22234. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e22234.
48. Ishibashi K, Sasaki E, Otsuka H, et al. Valgus correctability and meniscal extrusion were associated with alignment after unicompartmental knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2020;478(7):1636-1644. doi: 10.1097/CORR.0000000000001260.
49. Costa CR, Morrison WB, Carrino JA. Medial meniscus extrusion on knee MRI: is extent associated with severity of degeneration or type of tear? *AJR Am J Roentgenol.* 2004;183(1):17-23. doi: 10.2214/ajr.183.1.1830017.
50. Hashemi J, Chandrashekar N, Gill B, et al. The geometry of the tibial plateau and its influence on the biomechanics of the tibiofemoral joint. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(12):2724-2734. doi: 10.2106/JBJS.G.01358.
51. Fuchs S, Tibesku CO, Genkinger M, et al. Proprioception with bicondylar sledge prostheses retaining cruciate ligaments. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;406:148-154. doi: 10.1097/01.blo.0000038053.29678.a5.
52. Fuchs S, Tibesku CO, Genkinger M, et al. Clinical and functional comparison of bicondylar sledge prostheses retaining all ligaments and constrained total knee replacement. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2004;19(3):263-269. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2003.11.004.
53. Zhang Q, Zhang Q, Guo W, et al. The learning curve for minimally invasive Oxford phase 3 unicompartmental knee arthroplasty: cumulative summation test for learning curve (LC-CUSUM). *J Orthop Surg Res.* 2014;9:81. doi: 10.1186/s13018-014-0081-8.

54. Banks SA, Fregly BJ, Boniforti F, et al. Comparing in vivo kinematics of unicondylar and bi-unicondylar knee replacements. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005;13(7):551-556. doi: 10.1007/s00167-004-0565-x.
55. Pandit H, Mancuso F, Jenkins C, et al. Lateral unicompartmental knee replacement for the treatment of arthritis progression after medial unicompartmental replacement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(3):669-674. doi: 10.1007/s00167-016-4075-4.
56. Wada K, Price A, Gromov K, et al. Clinical outcome of bi-unicompartmental knee arthroplasty for both medial and lateral femorotibial arthritis: a systematic review-is there proof of concept? *Arch Orthop Trauma Surg.* 2020;140(10):1503-1513. doi: 10.1007/s00402-020-03492-6.
57. Parratte S, Pauly V, Aubaniac JM, Argenson JN. Survival of bicompartamental knee arthroplasty at 5 to 23 years. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(1):64-72. doi: 10.1007/s11999-009-1018-0.

Статья поступила 27.09.2024; одобрена после рецензирования 14.10.2024; принята к публикации 05.06.2025.

The article was submitted 27.09.2024; approved after reviewing 14.10.2024; accepted for publication 05.06.2025.

#### Информация об авторах:

Николай Николаевич Корнилов — доктор медицинских наук, профессор, врач — травматолог-ортопед, drkornilov@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6398-2377>;

Дмитрий Валерьевич Чугаев — кандидат медицинских наук, врач — травматолог-ортопед, dr.chugaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5127-5088>;

Павел Петрович Иванов — врач — травматолог-ортопед, ppivanov@rniito.ru;

Магомед Шамилович Магомедов — клинический ординатор, dr.magomedovmsh@gmail.com;

Тарас Андреевич Куляба — доктор медицинских наук, врач — травматолог-ортопед, taraskuliaba@mail.ru;

Алексей Сергеевич Филь — кандидат медицинских наук, врач — травматолог-ортопед, asfil@rniito.ru.

#### Information about the authors:

Nikolay N. Kornilov — Doctor of Medical Sciences, Professor, orthopaedic surgeon, drkornilov@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6398-2377>;

Dmitriy V. Chugaev — Candidate of Medical Sciences, orthopaedic surgeon, dr.chugaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5127-5088>;

Pavel P. Ivanov — orthopaedic surgeon, ppivanov@rniito.ru;

Magomed Sh. Magomedov — clinical resident, dr.magomedovmsh@gmail.com;

Taras A. Kulyaba — Doctor of Medical Sciences, orthopaedic surgeon, taraskuliaba@mail.ru;

Alexey S. Phil — Candidate of Medical Sciences, orthopaedic surgeon, asfil@rniito.ru.

#### Вклад авторов:

Корнилов Н.Н. — концепция и дизайн представления клинического случая, ответственность за целостность всех частей статьи, внесение коррективки в первоначальный вариант.

Чугаев Д.В. — формулировка целей и задач исследования, разработка и проектирование методологии, внесение коррективки в первоначальный вариант, подготовка работы к публикации.

Иванов П.П. — предоперационное планирование и хирургическое лечение пациента.

Магомедов М.Ш. — обзор литературы, подготовка работы к публикации.

Куляба Т.А. — редактирование статьи.

Филь А.С. — редактирование статьи.