

УДК 616.728.3-002.2-089.85

DOI: 10.34215/1609-1175-2023-2-31-36



Высокая тибиальная остеотомия на 2–3-й стадиях остеоартроза как альтернатива эндопротезированию коленного сустава

Р.Е. Костив^{1,2}, В.Б. Шуматов¹, Е.П. Костив¹, А.П. Продан^{1,2}, С.Л. Ем², Е.Е. Костива¹, Е.С. Кондратьева¹

¹ Тихоокеанский государственный медицинский университет, Владивосток, Россия

² Владивостокская клиническая больница № 2, Владивосток, Россия

Цель: изучение эффективности высокой тибиальной остеотомии (ВТО) при лечении остеоартроза коленного сустава 2–3-й стадии. **Материалы и методы.** За период 2015–2022 гг. на базе КГАУЗ «Владивостокская клиническая больница № 2» выполнено 56 операций с применением ВТО у 49 пациентов с остеоартритом коленного сустава 2–3-й стадий. Выполняли бипланарную остеотомию выше бугристости большеберцовой кости. Фиксацию осуществляли пластинами с угловой стабильностью. Результаты оценивали по шкалам Лисхольма (Lysholm Knee Score) и ВАШ. **Результаты.** Отслежены результаты у 37 пациентов в сроки до 5 лет. Коррекция деформации достигнута в каждом случае. Отмечено стойкое уменьшение средних значений шкалы ВАШ от 1,1 до 2,7 балла. Также отмечено выраженное улучшение клинических и функциональных показателей коленного сустава по шкале LKS. Выживаемость пациентов после процедуры через 5 лет составила 100%. **Заключение.** Высокая тибиальная остеотомия является сложной процедурой, требующей длительного обучения и практики хирурга, правильной оценки показаний, тщательного предоперационного планирования и соблюдения хирургических методик. Результаты ВТО позволяют надеяться на возможность долговременной отсрочки в проведении эндопротезирования коленного сустава.

Ключевые слова: остеоартрит коленного сустава, высокая тибиальная остеотомия, варусная деформация, пластины с угловой стабильностью

Поступила в редакцию: 28.02.23. Получена после доработки: 05.03.23, 12.03.23. Принята к печати: 20.03.23

Для цитирования: Костив Р.Е., Шуматов В.Б., Костив Е.П., Продан А.П., Ем С.Л., Костива Е.Е., Кондратьева Е.С. Высокая тибиальная остеотомия на 2–3-й стадиях остеоартроза как альтернатива эндопротезированию коленного сустава. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2023;2:31–36. doi: 10.34215/1609-1175-2023-2-31-36

Для корреспонденции: Костив Роман Евгеньевич – канд. мед. наук, заведующий 2-м травматологическим отделением КГАУЗ ВКБ № 2, доцент Института хирургии ТГМУ (690105, г. Владивосток, ул. Русская, 57); ORCID: 0000-0001-9946-5841; тел.: 8 (423) 232-63-93; e-mail: kostiv2@rambler.ru

High tibial osteotomy for 2–3 stage osteoarthritis as an alternative to knee arthroplasty

R.E. Kostiv^{1,2}, V.B. Shumatov¹, E.P. Kostiv¹, A.P. Prodan^{1,2}, S.L. Em², E.E. Kostiva¹, E.S. Kondratieva¹

¹ Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia; ² Vladivostok Clinical City Hospital No 2, Vladivostok, Russia

Objective. To study the effectiveness of high tibial osteotomy (HTO) in the treatment for 2–3 stage osteoarthritis of the knee. **Materials and methods.** Over 2015–2022 period, 56 surgeries using HTO were performed in 49 patients with knee osteoarthritis of stages 2–3 at Vladivostok Clinical City Hospital No. 2. Biplanar osteotomy was performed above the tibial tuberosity. Locking compression plates were used for fixation. The results were assessed according to the Lysholm Knee Score and VAS. **Results.** The follow-up results in 37 patients were monitored up to 5 years. Deformity correction was revealed in each case. The study indicated a persistent reduction in the mean values of the VAS scale from 1.1 to 2.7, as well as a significant improvement in the clinical and functional characteristics of the knee joint according to the Lysholm Knee Score. In 5 years after the procedure, the survival rate comprised 100%. **Conclusion.** High tibial osteotomy is a complex procedure requiring long-term training and considerable experience of a surgeon, proper assessment of indications, meticulous preoperative planning, and adherence to surgical techniques. The HTO results demonstrate that a long-term delay in knee arthroplasty is feasible.

Keywords: osteoarthritis of the knee, high tibial osteotomy, varus deformity, locking compression plates

Received 28 February 2023; Revised 5, 12 February 2023; Accepted 20 March 2023

For citation: Kostiv R.E., Shumatov V.B., Kostiv E.P., Prodan A.P., Em S.L., Kostiva E.E., Kondratieva E.S. High tibial osteotomy for 2–3 stage osteoarthritis as an alternative to knee arthroplasty. *Pacific Medical Journal*. 2023;2:31–36. doi: 10.34215/1609-1175-2023-2-31-36

For correspondence: Roman E. Kostiv, MD, PhD, Head of the 2nd Traumatology Department of Vladivostok Clinical Hospital No. 2, associate Professor of the Institute of Surgery of the Pacific State Medical University, (57 Russkaya str., Vladivostok, 690105, Russia); ORCID: 0000-0001-9946-5841; tel.: 8(423)2326393; e-mail: kostiv2@rambler.ru

Остеоартрит коленного сустава (ОКС) в возрастной группе старше 50 лет занимает 2-е место среди хронических заболеваний, существенно ограничивающих

качество жизни. В мире более 350 миллионов людей страдает остеоартритом, из них до 30% приходится на коленный сустав [1]. Хотя этиология остеоартроза

остаётся неустановленной, известны основные факторы риска, способствующие прогрессированию этого процесса. К ним относятся ожирение, врожденные и приобретенные деформации нижних конечностей. Деформации в свою очередь приводят к патологическому перераспределению равномерной осевой нагрузки в коленном суставе на отдельные сегменты суставной поверхности тибияльного плато. Увеличение локальных стрессовых нагрузок сопровождается местным биохимическим воспалительным ответом в тканевых структурах коленного сустава в виде увеличения продукции провоспалительных цитокинов, протеиназ, свободных радикалов, что приводит к дисбалансу гомеостаза суставного хряща, субхондральной кости, синовиальной жидкости и капсулы сустава.

Основные хирургические методы лечения ОКС – тотальное эндопротезирование коленного сустава, одномоментное эндопротезирование и различные виды корригирующих остеотомий вокруг коленного сустава [2]. Одним из самых распространенных методов является высокая тибияльная остеотомия (ВТО) с открытым клином, которая показана пациентам с остеоартритом

на ранней стадии и повреждением суставных поверхностей на одной стороне коленного сустава.

Применение ВТО способствует восстановлению биомеханической оси нижней конечности и заключается в разгрузке медиального отдела коленного сустава. В результате снижается выраженность болевого синдрома и затормаживаются процессы дальнейшей дегенерации суставного хряща.

Цель настоящей работы состояла в изучении эффективности высокой тибияльной остеотомии при лечении остеоартроза коленного сустава 2–3-й стадии.

Материалы и методы

За период 2015–2022 гг. на базе КГАУЗ «Владивостокская клиническая больница № 2» с применением высокой тибияльной остеотомии пролечено 49 пациентов с остеоартритом коленного сустава, выполнено 56 операций (7 пациентов прооперированы на обоих коленных суставах, вторая операция выполнялась после консолидации первой остеотомии). 29 мужчин, 20 женщин. Средний возраст пациентов составил 51,9 года (от 41 до 68 лет).

Дизайн исследования. Критерии включения: пациенты с остеоартритом коленного сустава 2–3-й стадии по Келлгрэну-Лоуренсу с преимущественным поражением медиального компартмента тибияльного плато. Возраст не более 65 лет. Отсутствие функциональных нарушений в коленном суставе: сохранность связочного аппарата и объема движений с разгибанием не менее 180°, сгибанием не более 80°. Индекс массы тела – < 30 кг/м². Критерии исключения: остеоартроз 4-й стадии, контрактуры или нестабильность коленного сустава, вальгусная деформация, поражение преимущественно латерального компартмента плато большеберцовой кости, индекс массы тела – > 30 кг/м², возраст более 65 лет.

Диагностика и предоперационное планирование.

Всем пациентам выполнялась стандартная рентгенография коленных суставов в передне-задней и боковой проекциях. Для определения угла коррекции также выполнялась щелевая рентгенография нижних конечностей с реконструкцией панорамного изображения (слот-рентгенография) стоя в прямой проекции на цифровом рентгеноаппарате Shimadzu SonialVision G4 (Япония). По рентгенограмме вычисляли степень отклонения механической оси нижней конечности от центра коленного сустава. Для определения вершины деформации использовали классические референтные оси нижних конечностей. Измеряли следующие параметры: 1. Отклонение механической оси нижней конечности, в норме она проходит на 4 ± 2 мм медиальнее центра коленного сустава. 2. Механический дистальный бедренный латеральный угол (LDFA), в норме $87 \pm 3^\circ$. 3. Механический проксимальный тибияльный медиальный угол (MPFA), в норме $87 \pm 3^\circ$ (рис. 1а). Величина какого из этих углов была отклонена от нормы, там и вершина деформации. Соответственно, остеотомия должна быть выполнена именно на вершине деформации. В исследование

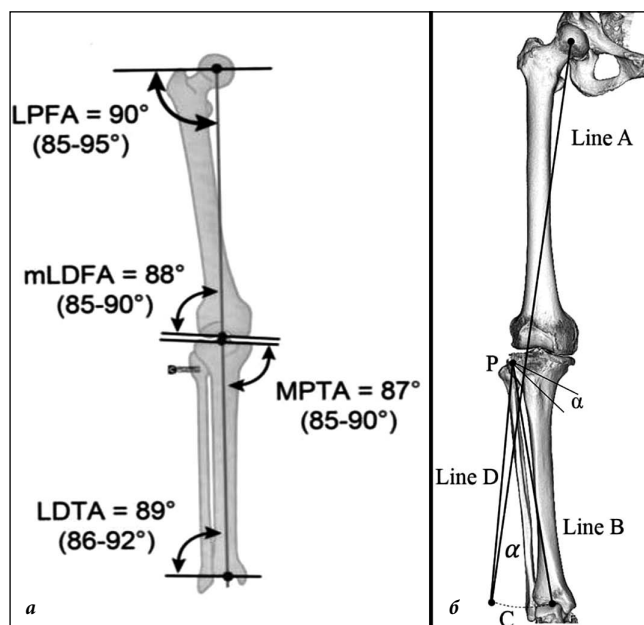


Рис. 1. Ось и углы нижней конечности во фронтальной плоскости и способ определения величины угла планируемой остеотомии. Фрагмент: а – механическая ось нижней конечности. Фрагмент б – отмечены следующие точки и линии: – центр головки бедра.

Примечания: LPFA – латеральный проксимальный бедренный угол, mLDFA – механический латеральный дистальный бедренный угол, MPFA – медиальный проксимальный тибияльный угол, LDFA – латеральный дистальный тибияльный угол. – точка вращения «Р», дальше которой линия остеотомии не распространяется (располагается на 5 мм медиальнее тибioфибулярного сочленения на латеральном мыщелке большеберцовой кости); – центр голеностопного сустава, точка Fujisawa (точка прохождения механической оси нижней конечности после выполнения коррекции, располагается на расстоянии 62,5% от медиального края плато большеберцовой кости); – линия А наносится от центра головки бедра через точку Fujisawa до уровня голеностопного сустава; – линия В – от точки вращения Р до центра голеностопного сустава; – линия D – от точки вращения Р до конечной точки линии А. Угол α и есть угол необходимой коррекции.

включали пациентов только с вершиной деформации на большеберцовой кости.

Измерение угла планируемой коррекции и величину раскрытия клина проводили по методу Yabuuchi [3]. На рентгенограмме в передне-задней проекции всей нижней конечности стоя отмечали следующие точки и линии: центр головки бедра; точку вращения Р, дальше которой линия остеотомии не распространяется (располагается на 5 мм медиальнее тибеофибулярного сочленения на латеральном мыщелке большеберцовой кости); центр голеностопного сустава, точка Fujisawa [4] (точка прохождения механической оси нижней конечности после выполнения коррекции, располагается на расстоянии 62,5% от медиального края плато большеберцовой кости); линия А наносится от центра головки бедра через точку Fujisawa до уровня голеностопного сустава; линия В – от точки вращения Р до центра голеностопного сустава; линия D – от точки вращения Р до конечной точки линии А. Полученный угол α и есть угол необходимой коррекции (рис. 16).

Оперативное вмешательство выполняли под контролем электронно-оптического преобразователя. Выполняли бипланарную остеотомию выше бугристости большеберцовой кости для сохранения интактным места прикрепления сухожилия собственной связки надколенника. Основная линия остеотомии выполнялась осцилляторной пилой либо остеотомом по направляющей спице. Лезвие пилы или остеотома проводили только до точки вращения, в 5 мм от наружного края тибального плато. После этого щель остеотомии раздвигали на запланированную ширину с помощью установочных клиньев, либо с помощью градуированного спредера (рис. 2).

Ширина раскрытия щели остеотомии колебалась от 9 до 11 мм в зависимости от предоперационных расчетов. Окончательную фиксацию во всех случаях осуществляли пластинами с угловой стабильностью. В 25 случаях применили обычные Т-пластины с угловой стабильностью (DePuy/Synthes, США), в 11 случаях использовали Т-пластины, предназначенные для высокой тибальной остеотомии (Tomofix™, DePuy/Synthes, США), и у 13 пациентов фиксация выполнена пластинами типа Puddu с регулируемым спейсером-вставкой (ChM, Польша). Аугментация образованного клиновидного дефекта выполнена у 20 пациентов, в 10 случаях аутокостью, в 8 – остеокондуктивными графтами (Остеоматрикс, Россия; Chronos, Швейцария), в двух случаях использовали синтетический костный заменитель i-FACTOR (Cerapecdics, США). У 29 пациентов замещение клиновидного пространства не проводилось. Послеоперационный режим заключался в ходьбе на костылях с дозированной нагрузкой на оперированную конечность в индивидуальном объеме в течение 2–3 месяцев. Рентгенография выполнялась сразу после операции, затем через 6 и 12 недель.

Полную нагрузку разрешали, если на контрольной рентгенограмме спустя 8–12 недель были четкие признаки заполнения щели остеотомии до 3-й зоны

клиновидного дефекта, на расстоянии 60% от конечной точки остеотомии [5].

Оценка результатов проведенного вмешательства оценивали по шкалам Лисхольма (Lysholm Knee Score, LKS) и визуальной аналоговой шкале (ВАШ).

Статистическая обработка данных была выполнена с использованием пакета прикладных программ Office Excel, 2010 (Microsoft, США), статистический пакет Jamovi. При этом рассчитывали средние значения и стандартные отклонения в каждой группе для 8 количественных показателей. Качественные признаки выражали через частоту встречаемости (%). Статистическую значимость различий между частотными параметрами групп с общим количеством наблюдений более 20 значений оценивали с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (χ^2). При наличии групп с общим количеством наблюдений менее 20 значений использовали точный тест Фишера.

Проверку значений количественных показателей на соответствие нормальному распределению осуществляли с помощью метода Шапиро – Уилка. Для выявления статистически достоверных межгрупповых различий по количественным показателям с нормальным распределением применяли дисперсионный анализ: критерий Стьюдента для несвязанных выборок в случае сравнения независимых групп, и парный t -тест для зависимых выборок. При отсутствии нормального распределения значений признака статистическую значимость различий между независимыми группами оценивали с использованием непараметрического U -критерия Манна – Уитни, а между зависимыми группами с помощью критерия Уилкинсона.

Корреляционный анализ проводили с помощью рангового коэффициента корреляции Спирмена. Для регрессионного анализа применяли модель

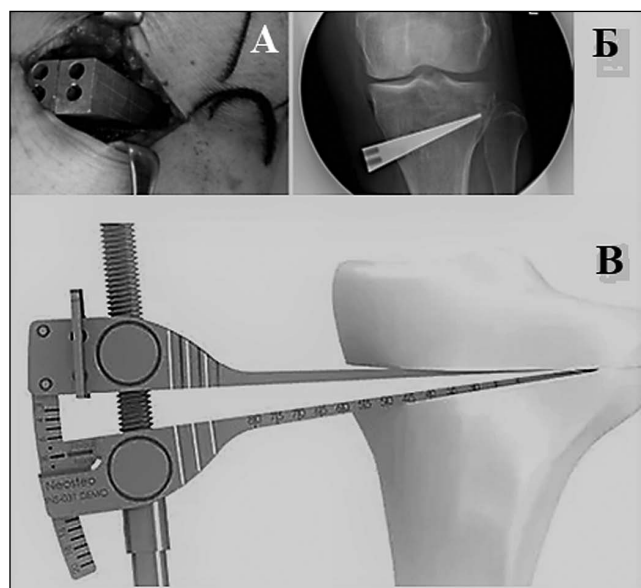


Рис. 2. Инструментарий для расширения щели остеотомии на запланированную величину: А – внешний вид установочного клина в ране, Б – установочный клин на рентгенограмме, В – градуированный спредер.

множественной логистической регрессии. Критическое значение уровня статистической достоверности нулевой гипотезы принимали равным 0,05.

Результаты исследования

Отслежены результаты у 37 пациентов в различные сроки от 1 до 5 лет. Коррекция деформации достигнута в каждом случае. Размеры расширения планируемой щели остеотомии всегда находились в диапазоне 9–12 мм. Достоверной потери коррекции отмечено не было. У всех пациентов было выявлено расширение медиальной суставной щели, которое не уменьшалось после того, как пациент начинал давать полную нагрузку на ногу. Сращение зафиксировано у всех пациентов в сроки 3–4 месяца, вне зависимости от того, выполнялось аугментация щели остеотомии или нет. Но в одном случае без аугментации отмечено замедленное сращение – 8 месяцев.

В предоперационном периоде показатели ВАШ составили в среднем: при ОКС 2-й стадии – 3,7 балла,

при 3-й стадии – 4,9 балла. Средние показатели LKS у пациентов со 2-й стадией ОКС – 77 баллов, с 3-й стадией – 65 баллов. Средние значения боли по ВАШ через 1, 3 и 5 лет соответственно были следующие: при 2-й стадии ОКС – 1,1; 1,5; 2,2 балла. При 3-й стадии ОКС показатели ВАШ в эти сроки составили 1,8; 2,3; 2,7 балла.

Также было отмечено выраженное улучшение клинических и функциональных показателей коленного сустава по шкале LKS. Показатели у пациентов со 2-й стадией ОКС в сроки 1, 3 и 5 лет составили в среднем 94, 88 и 82 балла, с 3-й стадией – 89, 84 и 79 баллов.

Выживаемость процедуры на момент исследования была 100%. Пока на момент наблюдения ни одному пациенту, перенесшему высокую тибиальную остеотомию, не потребовалось эндопротезирование.

Клинические примеры

1. Пациент М., 44 лет. Диагноз: Двусторонний остеоартрит коленных суставов 3-й стадии. Варусная деформация, смещение механической оси обеих нижних конечностей более 2 см кнутри от центра коленного сустава. Выполнена ВТО пластинами Tomofix™ (DePuy/Synthes, США) справа, через год слева (рис. 3, 4). Щель остеотомии не заполнялась аугментами, на рентгенограммах через год отчетливо прослеживается сращение остеотомии на всем протяжении клиновидного пространства.

2. Пациентка 55 лет. Диагноз: Остеоартрит правого коленного сустава 3-й стадии с варусной деформацией. Выполнена ВТО и фиксация пластиной Puddu со спейсером (ChM, Польша). Аугментация не выполнялась (рис. 5).

Обсуждение

В качестве метода лечения медиального остеоартрита коленного сустава ВТО впервые предложена J.P Jackson в 1958 году. Широкое распространение метод получил в 1973 году благодаря работам М.В. Coventry, продемонстрировавшим отличные отдаленные результаты [6]. ВТО имеет строгие, достаточно узкие показания, учитывающие оптимальный возраст пациентов, стадии ОКС, эффективность ее в сравнении

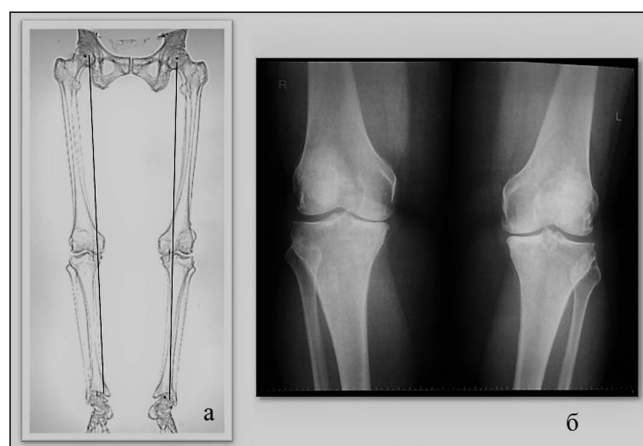


Рис. 3. Пациент М., 44 лет. Диагноз: Двусторонний остеоартрит коленных суставов 3 стадии.

а – слот-рентгенограмма; б – рентгенограмма в передне-задней проекции до оперативного вмешательства. Варусная деформация, смещение механической оси обеих нижних конечностей более 2 см кнутри от центра коленного сустава.



Рис. 4. Пациент М., 44 лет. Послеоперационная рентгенограмма.

Выполнена ВТО пластинами Tomofix™ (DePuy/Synthes, США) справа, через год слева. а – рентгенограмма после первой операции; б – рентгенограмма после второй операции.



Рис. 5. Пациентка 55 лет. Диагноз: Остеоартрит правого коленного сустава 3-й стадии с варусной деформацией.

а – рентгенограмма до оперативного вмешательства; б – рентгенограмма после оперативного вмешательства: выполнена ВТО и фиксация пластиной Puddu со спейсером (ChM, Польша).

с тотальным и одномышелковым эндопротезированием коленного сустава. Хотя тотальное эндопротезирование является самой эффективной процедурой, восстанавливающей утраченный функционал коленного сустава, до 20% таких пациентов остаются неудовлетворенными результатами вмешательства [7]. Именно этим объясняется интерес к альтернативным способам лечения ОКС.

В исследованиях ВТО не всегда однозначно трактуются показания к проведению этой процедуры. М. Не и соавт. [8] в систематическом обзоре 18 исследований, более 3500 операций ВТО определяют средние показания к вмешательству: возраст до 65 лет, симптоматический одномышелковый остеоартрит, варусная деформация до 20°, объем движений в суставе $\geq 100^\circ$. В обзоре отражено, насколько критично выполнять ВТО пациентам после 65 лет, при этом происходит увеличение риска получения неудовлетворительных результатов на 7,6% на каждый год после 65 лет [8].

Существовавший долгое время «золотой стандарт» укрепления зоны остеотомии каким-либо аугментом в настоящее время отошел на второй план. Н.Н. Park и соавт. [6] в ретроспективном исследовании 73 остеотомий без выполнения костной пластики показали заполнение щели остеотомии уже через 3 месяца на 81,6% с углом коррекции до 10° и на 41,7% с углом коррекции более 10°. Других статистически значимых отличий отмечено не было.

Исправление механической оси конечности, находившейся до этого в положении варусной деформации, с использованием остеотомии с открытым клином неизбежно приводит и к автоматическому удлинению всей нижней конечности. Отмечается, что среднее удлинение нижней конечности на стороне проведенной ВТО до 8 мм не вызывает дискомфорта у пациентов [9].

S.S. Seo и соавт. [10] выделили две группы осложнений ВТО. Группа малых осложнений включает перелом латерального кортикала (15,6%), нейропатию малоберцового нерва (3,6%), потерю коррекции, гематому в области послеоперационной раны и замедленное сращение (все по 2,4%). Из больших осложнений по одному случаю зафиксированы срыв фиксации, глубокая

инфекция, несращение – по 0,6%. Все малые осложнения были благополучно купированы и не влияли на окончательные результаты [10].

Удлинение нижней конечности ведет к натяжению связочного аппарата коленного сустава, что играет позитивную роль в стабилизации сустава. При варусной деформации за счет расслабления медиальной коллатеральной связки может возникать фронтальная нестабильность колена. При расширении щели остеотомии точки прикрепления медиальной коллатеральной связки отдаляются друг от друга, в результате происходит натяжение этой связки [11].

D.C. Astur и соавт. [12] отмечают феномен расширения медиальной щели коленного сустава, который проявляется в уменьшении экструзии внутреннего мениска спустя несколько месяцев после ВТО. На основе наблюдения 85 пациентов после ВТО отмечено среднее уменьшение экструзии внутреннего мениска с 3,9 до 0,9 мм через 6 недель после операции.

Отдельные ретроспективные исследования демонстрируют хорошую выживаемость ВТО, которая оценивается как период до выполнения повторных, либо конверсионных оперативных вмешательств, таких как повторные корригирующие операции, тотальное или одномышелковое эндопротезирование коленного сустава. По некоторым данным, через 5 лет выживаемость составляет 86–100%, через 10 лет – 64–97,6%, через 15 лет – 44–93,2% и через 20 лет – 46–85,1% [13]. При сравнительном анализе было показано, что выживаемость одномышелкового эндопротезирования ненамного превышает показатели ВТО, составляя через 10 лет 96,2 и 87,7% соответственно [14]. Другие результаты были получены при многоцентровом сравнительном исследовании, где выживаемость в группе ВТО (488 пациентов) через 10 лет составила 74,3 и 71% в группе одномышелкового эндопротезирования (284 пациентов) [15].

Заключение

ВТО является сложной процедурой, требующей длительного обучения и практики хирурга, правильной оценки показаний, тщательного предоперационного

планирования и соблюдения хирургических методик. Отдаленные результаты ВТО позволяют надеяться на возможность долговременной отсрочки в проведении эндопротезирования коленного сустава.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования: авторы заявляют о финансировании проведенного исследования из собственных средств.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования – КРЕ, КЕП

Сбор и обработка материала – КРЕ, ЕСЛ, ПАП

Написание текста – КРЕ, КЕС

Редактирование – КЕП, КЕЕ

Литература / References

1. Орлянский В., Головаха М.Л. Остеотомии в области коленного сустава. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2020. 328 с. [Orlyansky V, Golovaha ML. Osteotomies around the knee joint. Saint-Petersburg: SpectraLit, 2020. 328 p. (In Russ.)].
2. Peng H, Ou A, Huang X, Wang C, Wang L, Yu T, Zhang Y, Zhang Y. Osteotomy Around the Knee: The Surgical Treatment of Osteoarthritis. *Orthop Surg*. 2021;13(5):1465–73. doi: 10.1111/os.13021
3. Yabuuchi K, Kondo E, Onodera J, Onodera T, Yagi T, Iwasaki N, Yasuda K. Clinical Outcomes and Complications During and After Medial Open-Wedge High Tibial Osteotomy Using a Locking Plate: A 3- to 7-Year Follow-up Study. *Orthop J Sports Med*. 2020;8(6):2325967120922535. doi: 10.1177/2325967120922535
4. Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S. The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. *Orthop Clin North Am*. 1979;10(3):585–608.
5. Park HJ, Kang SB, Chang MJ, Chang CB, Jung WH, Jin H. Association of Gap Healing With Angle of Correction After Opening-Wedge High Tibial Osteotomy Without Bone Grafting. *Orthop J Sports Med*. 2021;9(5):23259671211002289. doi: 10.1177/23259671211002289
6. Sabzevari S, Ebrahimpour A, Roudi MK, Kachooei AR. High Tibial Osteotomy: A Systematic Review and Current Concept. *Arch Bone Jt Surg*. 2016;4(3):204–12.
7. Jacobs CA, Christensen CP, Karthikeyan T. An Intact Anterior Cruciate Ligament at the Time of Posterior Cruciate Ligament-Retaining Total Knee Arthroplasty Was Associated With Reduced Patient Satisfaction and Inferior Pain and Stair Function. *J Arthroplasty*. 2016;31(8):1732–5. doi: 10.1016/j.arth.2016.01.026
8. He M, Zhong X, Li Z, Shen K, Zeng W. Progress in the treatment of knee osteoarthritis with high tibial osteotomy: a systematic review. *Syst Rev*. 2021;10(1):56. doi: 10.1186/s13643-021-01601-z
9. Kim JH, Kim HJ, Lee DH. Leg length change after opening wedge and closing wedge high tibial osteotomy: A meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12(7):e0181328. doi: 10.1371/journal.pone.0181328
10. Seo SS, Kim OG, Seo JH, Kim DH, Kim YG, Lee IS. Complications and Short-Term Outcomes of Medial Opening Wedge High Tibial Osteotomy Using a Locking Plate for Medial Osteoarthritis of the Knee. *Knee Surg Relat Res*. 2016;28(4):289–96. doi: 10.5792/ksrr.16.028
11. Wade R, Shah S, Sujith BS, Shah K, Raj A, Marathe N. High tibial osteotomy in a lax knee: A review of current concepts. *J Orthop*. 2019;19:67–71. doi: 10.1016/j.jor.2019.10.023
12. Astur DC, Novaretti JV, Gomes ML, Rodrigues AG Jr, Kaleka CC, Cavalcante ELB, Debieux P, Amaro JT, Cohen M. Medial Opening Wedge High Tibial Osteotomy Decreases Medial Meniscal Extrusion and Improves Clinical Outcomes and Return to Activity. *Orthop J Sports Med*. 2020;8(4):2325967120913531. doi: 10.1177/2325967120913531
13. Ollivier B, Berger P, Depuydt C, Vandenuecker H. Good long-term survival and patient-reported outcomes after high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2021;29(11):3569–84. doi: 10.1007/s00167-020-06262-4
14. Jin QH, Lee WG, Song EK, Jin C, Seon JK. Comparison of Long-Term Survival Analysis Between Open-Wedge High Tibial Osteotomy and Unicompartmental Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2021;36(5):1562–7. doi: 10.1016/j.arth.2020.11.008
15. Bouguennec N, Mergenthaler G, Gicquel T, Briand C, Nadau E, Pailhé R, Hanouz JL, Fayard JM, Rochcongar G, Francophone Arthroscopy Society. Medium-term survival and clinical and radiological results in high tibial osteotomy: Factors for failure and comparison with unicompartmental arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020;106(8S):S223–30. doi: 10.1016/j.otsr.2020.08.002