

# Осложнения открывающей угол высокой тибиальной остеотомии. Анализ причин и пути их устранения

В.Е. Бялик, С.А. Макаров, Е.И. Бялик, В.А. Нестеренко, М.Р. Нурмухаметов

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:** Бялик Валерий Евгеньевич,  
[DoctorBjalik@yandex.ru](mailto:DoctorBjalik@yandex.ru)

**Contacts:** Valerii Bialik,  
[DoctorBjalik@yandex.ru](mailto:DoctorBjalik@yandex.ru)

**Поступила** 21.09.2020  
**Принята** 13.11.2020

**Цель исследования** — изучить осложнения открывающей угол высокой тибиальной остеотомии (ОУВТО) у пациентов, перенесших данную операцию в ФГБНУ НИИР им. В.А. Насоновой.

**Материалы и методы.** В исследование были включены 43 пациента с первичным и вторичным остеоартритом (ОА) коленного сустава (КС) I–III стадии, которым была выполнена ОУВТО в период с 2005 по 2019 г. Операцию выполняли по стандартной методике с применением коротких пластин с фиксированным спейсером (в 5 случаях — Puddu I поколения, в 24 — Puddu II поколения, в 17 — Osteomed) и костной пластикой. Выявленные характерные для ОУВТО осложнения разделили на связанные с этапом остеотомии, с фиксацией и с костной пластикой. Для оценки результата изучали изменение интенсивности боли по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), а также состояние КС по шкале Knee Society Score (KSS) до операции, по прошествии 3 месяцев и 1 года после ОУВТО.

**Результаты.** В 15 (32,7%) случаях были диагностированы 26 осложнений. Из них 21 (81,0%) осложнение связано с фиксацией, 2 (7,7%) — с этапом остеотомии, 2 (7,7%) — с костной пластикой остеотомического клина, 1 (3,6%) осложнение — местное. Через 3 месяца после операции у пациентов без осложнений статистически значимо больше снижалась интенсивность боли по ВАШ ( $p=0,0005$ ) и улучшался общий счет KSS ( $p=0,0023$ ). Через 1 год после ОУВТО отличные и хорошие результаты были получены у 96,7% пациентов без осложнений и у 60% пациентов, перенесших осложнения. Всего через 1 год после операции были выявлены 43,5% отличных, 41,3% хороших и 15,2% удовлетворительных результатов.

**Выводы.** ОУВТО — высокоэффективный метод хирургического лечения ОА КС, позволяющий в 84,8% случаев получить отличный и хороший результаты лечения через 1 год после операции. Выполнение ОУВТО с фиксацией высоты остеотомического клина при помощи коротких пластин с фиксированным спейсером и костной пластикой в 32,7% случаев сопряжено с развитием осложнений. Для улучшения результатов ОУВТО необходимо совершенствовать хирургическую технику операции и фиксатор.

**Ключевые слова:** открывающая угол высокая тибиальная остеотомия, остеоартрит, коленный сустав, осложнения, фиксатор, костная пластика, остеотомический клин

**Для цитирования:** Бялик ВЕ, Макаров СА, Бялик ЕИ, Нестеренко ВА, Нурмухаметов МР. Осложнения открывающей угол высокой тибиальной остеотомии. Анализ причин и пути их устранения. *Научно-практическая ревматология*. 2021;59 (2): 215–224.

## COMPLICATIONS OF OPEN WEDGE HIGH TIBIAL OSTEOTOMY. ANALYSIS OF THE CAUSES OF COMPLICATIONS AND WAYS TO ELIMINATE THEM

Valerii E. Bialik, Sergey A. Makarov, Evgeniy I. Bialik, Vadim A. Nesterenko, Maksim R. Nurmukhametov

**Objective** — to study the complications of open wedge high tibial osteotomy (OWHTO) in patients who underwent this surgery in the V.A. Nasonova Research Institute of Rheumatology.

**Materials and methods.** The study included 43 patients (46 knee joints) with primary and secondary OA of the knee of I–III stages, who underwent OWHTO in the period from 2005 to 2019. The operation was performed according to the standard technique using short spacer plates (Puddu I (5 times) and II generation (24 times), Osteomed (17 times)) and bone grafting. The identified OWHTO specific complications were divided into those related to the osteotomy, fixation, and bone grafting. To assess the result, we studied the change in pain according to the Visual Analog Scale (VAS), as well as the functional and objective state of the knee according to the Knee Society Score (KSS) before surgery, after 3 months and 1 year after surgery.

**Results.** In 15 (32.7%) cases have been diagnosed 26 complications. Of these, 21 (81.0%) were associated with fixation, 2 (7.7%) with the osteotomy 2 (7.7%) with bone grafting of the osteotomy gap, and 1 (3.6%) a local complication. Patients without complications had a statistically significantly better decrease in pain intensity according to VAS ( $p=0.0005$ ), and an improvement in the total score of KSS ( $p=0.0023$ ) one year after surgery. Outcomes were also better in patients without complications: 96.7% excellent and good results versus 60.0% in patients with complications one year after OWHTO. In total, we had 43.5% excellent, 41.3% good and 15.2% satisfactory results one year after surgery.

**Conclusions.** OWHTO is a highly effective method of surgical treatment of the osteoarthritis of the knee, which allows to obtain an excellent and good treatment result in 84.8% of cases one year after surgery. Performing OWHTO with fixing the height of the osteotomy gap using short spacer plates and bone grafting in 32.7% of cases is associated with the development of complications. To improve the results of OWHTO, it is necessary to improve the surgical technique and fixator.

**Key words:** open wedge high tibial osteotomy, osteoarthritis, knee joint, complications, fixator, bone grafting, osteotomy gap

**For citation:** Bialik VE, Makarov SA, Bialik EI, Nesterenko VA, Nurmukhametov MR. Complications of open wedge high tibial osteotomy. Analysis of the causes of complications and ways to eliminate them. *Nauchno-Practicheskaya Revmatologia = Rheumatology Science and Practice*. 2021;59(2):215–224 (In Russ.).

doi: 10.47360/1995-4484-2021-215-224

Открывающая угол высокая тибиальная остеотомия (ОУВТО) — сустав-сберегающий хирургический метод лечения остеоартрита (ОА) коленного сустава (КС), суть которого заключается в восстановлении механической оси нижней конечности с перенесением нагрузки с пораженного медиального отдела КС на интактный латеральный. Корректно выполненная операция приводит к уменьшению или полному купированию боли, улучшению функции КС, замедлению прогрессирования ОА и отдалению тотального эндопротезирования. В настоящее время известны отдаленные результаты ОУВТО, демонстрирующие высокую эффективность этой операции. Так, P. Schuster и соавт. [1] выполнили ОУВТО у 79 пациентов с ОА медиального отдела КС III–IV стадии и через 10 лет получили хорошие результаты в 81,7% случаев. По данным M. Daees и соавт. [2], за тот же период наблюдения выживаемость результата ОУВТО составила 88%.

Однако как любое хирургическое вмешательство ОУВТО связана с развитием общих, таких как тромбоз глубоких вен (ТГВ) нижних конечностей, тромбоэмболия ветвей легочной артерии (ТЭЛА), инфаркт миокарда, инсульт [3–9], местных (глубокая и/или поверхностная инфекция, гематома [3–12]) и специфических для данной операции осложнений [3–29]. Среди последних выделяют переломы латерального тибиального плато и разрывы латеральной кортикальной петли с распространением линии перелома на суставную поверхность и без такового, которые встречаются с частотой до 35% случаев как в интраоперационном, так и в послеоперационном периоде [3, 4, 5, 7, 8, 11, 13–27]; замедленные сращения и несращения после переломов латерального тибиального плато и в их отсутствие — до 22,4% случаев [4, 12, 15, 16, 23, 24, 25, 29]; боль в области имплантированной пластины — до 60,0% случаев [6, 7, 14, 15, 21, 22]; переломы металлофиксаторов при замедленных сращениях и несращениях [4, 5, 6, 9–12, 15, 16, 21, 24, 28, 29] и потерю коррекции — до 15,2% [4, 7, 10, 11, 18, 21, 24, 27].

**Целью** данного исследования было изучение осложнений ОУВТО у пациентов, перенесших данную операцию в ФГБНУ НИИР им. В.А. Насоновой.

### Материалы и методы

В лаборатории ревмоортопедии и реабилитации ФГБНУ НИИР им. В.А. Насоновой за период



**Рис. 1.** Направитель для остеотомии фиксирован передней и задней направляющими спицами, задан угол атаки

с 2005 по 2019 г. было выполнено 46 ОУВТО у 43 пациентов. **Критериями включения** были: интенсивность боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ)  $>40$  мм; изолированный ОА медиального отдела КС любой стадии без костных дефектов; варусная деформация КС в пределах  $15^\circ$ ; неэффективность предшествовавших консервативных методов лечения; отсутствие изменений или I–II стадия ОА в пателло-фemorальном сочленении; интактный латеральный тibiофemorальный отдел КС; амплитуда движений  $>100^\circ$ ; высокая степень исходной функциональной активности пациента. **Критерии исключения:** тяжелые сопутствующие соматические заболевания; предшествующая инфекция; пателло-фemorальный ОА III–IV стадии; ОА латерального тibiофemorального отдела любой стадии; ОА тазобедренного или голеностопного сустава II–IV стадии на стороне предполагаемой операции; индекс массы тела (ИМТ)  $>40$  кг/м<sup>2</sup>; ограничение сгибания в КС  $>25^\circ$ ; ограничение разгибания в КС  $>10^\circ$ ; отсутствие латерального мениска.

На момент выполнения ОУВТО средний возраст пациентов составил  $56,2 \pm 12,1$  года (от 26 до 77 лет), ИМТ —  $28,8 \pm 3,8$  кг/м<sup>2</sup> (от 22,8 до 37,6 кг/м<sup>2</sup>). Соотношение мужчин и женщин было 1,7:1.

ОУВТО была выполнена у 27 пациентов (30 КС) с первичным ОА КС, у 10 — с посттравматическим ОА, у 4 — с вторичным гонартрозом на фоне ревматоидного артрита, и по 1 случаю — при псориатическом артрите и болезни Кенига.

Стадию ОА оценивали в соответствии с классификацией Kellgren — Lawtence по рентгенограммам КС в прямой и боковой проекциях. I стадия была диагностирована в 2 коленных суставах, II стадия — в 22, III стадия — в 22 КС.

Для предоперационного планирования использовали телерентгенограмму нижней конечности, по которой рассчитывали необходимый угол коррекции при помощи метода Миниаци.

ОУВТО выполняли по стандартной методике [30]. Для этого после осуществления спинально-эпидуральной анестезии пациента укладывали в положении на спине с разогнутыми ногами на рентген-прозрачном ортопедическом столе. После 3-кратной обработки нижней конечности раствором антисептика, отделяли операционное поле стерильным одноразовым бельем. Далее создавали доступ к медиальной поверхности большеберцовой кости (ББК) длиной 5–7 см, начиная на 1 см ниже медиальной суставной щели КС посередине между бугристостью и заднемедиальным краем ББК. Сухожилия поверхностной «гусяной лапки» частично отделяли в месте их прикрепления к надкостнице и отводили кзади, обнажая дистальное место прикрепления поверхностной порции медиальной боковой связки и задний край ББК. Субпериостально выделяли передний и задний края ББК. Далее под контролем электронно-оптического преобразователя (ЭОП) вводили направляющую спицу косо снизу вверх от центра медиальной поверхности ББК к латеральной, ориентируя ее на вершущку головки малоберцовой кости. Введение спицы завершали, когда она достигала точки, расположенной на 1,5 см ниже суставной щели латерального тibiо-фemorального отдела КС, на 0,5 см кнутри от латерального кортикального слоя ББК на уровне верхней трети проксимального тibiо-фибулярного сочленения. Затем на спицу устанавливали направлятель для остеотомии, который под контролем ЭОП в прямой и боковой проекциях, фиксировали передней и задней направляющими спицами в ББК с отклонением около  $15^\circ$  (рис. 1).



А



Б



В

Рис. 2. Короткие пластины с фиксированным спейсером: А – Puddu I поколения; Б – Puddu II поколения; В – Osteomed

По выбранному углу атаки осуществляли остеотомию по нижней поверхности установленного направителя при помощи осцилляторной пилы. Остеотомию заднего кортикального слоя проводили при помощи остеотома шириной в 0,5 дюйма. Выполняли остеотомию под контролем ЭОП в пределах 7–10 мм задне-наружного кортикального слоя ББК.

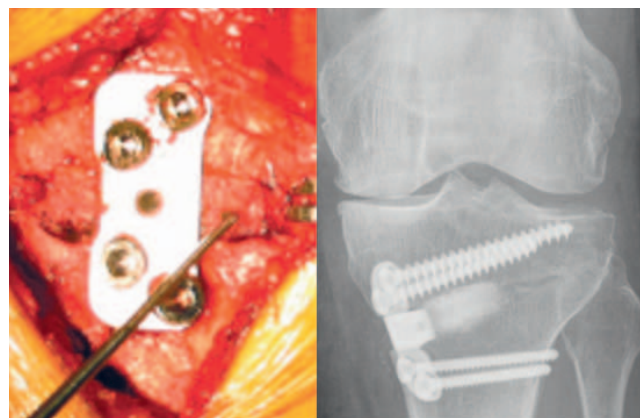
После завершения остеотомии приступали к этапу расклинивания проксимального и дистального фрагментов ББК при помощи двойного расклинивающего остеотома Джека, медленно закручивая винт шестигранной 3,5 мм отверткой. После достижения необходимого угла коррекции остеотом Джека удаляли из клина и устанавливали в него измеритель высоты остеотомического клина (osteotomy wedge trials), контролируя механическую ось нижней конечности при помощи ЭОП.

Когда искомый угол коррекции был достигнут, удаляли рукоятку с измерителя высоты, оставляя его внутри клина для сохранения достигнутой коррекции. Далее осуществляли фиксацию высоты остеотомического клина одной из следующих коротких пластин с фиксированным спейсером: Puddu I поколения (5 операций), Puddu II поколения (24 операции), Osteomed (17 операций), – которые продемонстрированы на рисунке 2.

Выбранную пластину (размер спейсера должен соответствовать высоте созданного остеотомического клина) устанавливали в переднемедиальном положении, выполняли рассверливание и фиксировали винтами, после чего удаляли измеритель высоты остеотомического клина.

Костную пластику осуществляли при высоте остеотомического клина более 10 мм. Использовали ауто-трансплантат из крыла подвздошной кости (25 случаев) либо биодеградируемый остеозамещающий материал β-трикальцийфосфат (ChronOs Inject – в 8 случаях, ChronOs в виде блоков – в 6 случаях). В оставшихся 7 случаях костную пластику не выполняли. Вид операционной раны перед ушиванием и послеоперационный рентген-контроль представлены на рисунке 3. В завершение операции осуществляли обильное промывание операционной раны физиологическим раствором хлорида натрия, после чего ушивали её послойно наглухо.

Сразу после операции на нижние конечности накладывали компрессионный трикотаж, укладывали ногу в возвышенное положение, осуществляли криотерапию области оперированного КС, одевали иммобилизирующий



А



Б

Рис. 3. Вид операционной раны перед ушиванием (А) и послеоперационный рентген-контроль (Б)

ортез в положении 0° разгибания. На следующий день после операции выполняли перевязку операционной раны, рентген-контроль оперированного КС в прямой и боковой проекциях, после чего проводили активизацию больных в пределах больничной койки (мобилизация надколенника, а также статические упражнения для мышц бедра и голени) и палаты (ходьба с дополнительной опорой на костыли либо ходунки), разрешали пассивную разработку движений в КС на аппарате роботизированной механотерапии Artromot.

Выявленные характерные для ОУВТО осложнения разделили в соответствии с этапами операции на связанные с остеотомией, с фиксацией и с костной пластикой.

Результат лечения оценивали в зависимости от изменения интенсивности боли по ВАШ, функционального (ФС) и объективного (ОС) счета шкалы Knee Society Score (KSS), как это представлено в таблице 1.

В случаях несоответствия интенсивности боли по ВАШ общему счету KSS приоритет при оценке результата отдавали интенсивности боли.

Статистическую обработку полученных данных проводили на персональном компьютере с использованием приложения Microsoft Excel и пакета статистического анализа данных Statistica 10 for Windows (StatSoft Inc., США). Для описательной части определяли среднее

Таблица 1. Оценка результатов лечения в зависимости от изменения интенсивности боли и показателей KSS

| Результат            | Боль по ВАШ (мм) | KSS (баллы) |        |            |
|----------------------|------------------|-------------|--------|------------|
|                      |                  | ФС          | ОС     | Общий счет |
| Отличный             | 0–19             | 86–100      | 86–100 | ≥171       |
| Хороший              | 20–39            | 71–85       | 71–85  | 141–170    |
| Удовлетворительный   | 40–59            | 51–70       | 51–70  | 101–140    |
| Неудовлетворительный | ≥60              | ≤50         | ≤50    | ≤100       |



арифметическое, стандартное отклонение, медиану, 25-й и 75-й перцентили, частоту в процентах. Анализ сравнения интенсивности боли по ВАШ, изменения ФС, ОС и общего счета KSS между группами осуществляли по методу Манна – Уитни. Сравнение результатов у пациентов, имевших и не имевших осложнения, выполнено при помощи критерия Пирсона  $\chi^2$ . Результаты считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты

После 15 из 46 операций (32,7%) были диагностированы 26 осложнений, при этом у 5 больных было выявлено более 1 осложнения. Общих осложнений (инсульт, инфаркт миокарда, ТГВ, ТЭЛА) не было. У 1 пациента через 6 недель после операции развилась глубокая инфекция. Осложнения, характерные для ОУВТО, представлены на рисунке 4.

К осложнениям, связанным с этапом остеотомии, отнесли 2 интраоперационно произошедших перелома латерального тибияльного плато с распространением линии перелома на суставную поверхность (4,4%). Среди осложнений, связанных с фиксацией, были 2 перелома латерального тибияльного плато (4,4%), случившиеся в послеоперационном периоде (между выпиской пациентов из стационара и 2-месячным рентген-контролем), 5 потерь коррекции (10,9%), 3 перелома фиксатора (6,5%) и 11 случаев боли в области имплантированной пластины (24,0%). Осложнения, связанные с костной пластикой остеотомического клина, включали 1 несращение после перелома латерального тибияльного плато (2,2%), случившегося в послеоперационном периоде, и 1 случай нарушения полимеризации жидкой формы  $\beta$ -трикальцийфосфата (2,2%), который привел к развитию глубокой инфекции.

Из представленной структуры следует, что в 21 из 26 случаев (81,0%) осложнения были связаны с фиксацией высоты остеотомического клина, по 2 (7,7%) случая — с этапом остеотомии и костной пластикой, и в 1 (3,6%) случае отмечались местные осложнения.

Переломы латерального тибияльного плато, выявленные интраоперационно, возникали при расклинивании проксимального и дистального фрагментов ББК. Эти переломы были диагностированы в момент ЭОП-контроля и не представляли опасности ввиду возможности остеосинтеза во время фиксации высоты остеотомического клина. В одном случае перелом консолидировался в срок, был получен хороший функциональный результат лечения. Во втором случае у пациента П. помимо перелома латерального тибияльного плато, произошло нарушение полимеризации  $\beta$ -трикальцийфосфата, что через 6 недель после операции привело к формированию свища с отделяемым, состоящим из биодеградируемого остеозамещающего материала; присоединилась глубокая инфекция. Больной прошел курс антибактериальной терапии моксифлоксацином по 400 мг/сут. в течение 6 недель, на фоне которой инфекцию удалось купировать, свищ закрылся. У данного пациента перелом консолидировался в срок, но произошла потеря коррекции (рис. 5).

Через 1 год после ОУВТО у пациента П. был выявлен удовлетворительный результат операции. Однако через 2,5 года после операции у больного случился рецидив симптомов ОА КС ввиду чего было выполнено удаление металлоконструкции и тотальное эндопротезирование КС с удовлетворительным функциональным результатом.

Переломы латерального тибияльного плато, произошедшие в послеоперационном периоде, представляют большую опасность, чем интраоперационные, поскольку происходят, когда пациент уже частично нагружает ногу и находится, как правило, за пределами стационара. Эти



Рис. 4. Структура осложнений, характерных для ОУВТО



А

Б

В

Г

**Рис. 5.** Пациент П., рентгенограммы КС: до операции (А); интраоперационный перелом латерального тибияльного плато (Б); потеря коррекции после череды осложнений (В); через 2,5 года после ОУВТО (Г)



А

Б

В

Г

**Рис. 6.** Послеоперационный перелом латерального тибияльного плато и его последствия. Рентгенограмма КС до (А), сразу после ОУВТО (Б), через 2,5 месяца (В) и 6 месяцев (Г) после операции

переломы могут приводить к каскаду осложнений: боли в области имплантированной пластины, замедленному сращению и/или несращению, перелому фиксатора; потере коррекции. В нашем исследовании у обоих пациентов, имевших послеоперационные переломы латерального тибияльного плато, наблюдали вышеперечисленные осложнения. В одном случае перелом консолидировался к 6-му месяцу, был получен удовлетворительный результат лечения. Второму пациенту (рис. 6), понадобилась повторная операция.

Из представленных рентгенограмм очевидно, что перелом латерального тибияльного плато произошел в послеоперационном периоде, был выявлен на контрольной рентгенограмме через 2,5 месяца после операции и сопровождался потерей коррекции. К 6-му месяцу признаков консолидации не было, произошел усталостный перелом винта, увеличилась варусная деформация (усугубление потери коррекции). В итоге данному больному была выполнена повторная операция, заключающаяся в удалении фиксатора, костной пластике остеотомического клина аутоотрансплантатом из крыла подвздошной кости и на- костном остеосинтезе опорной мышечелковой пластиной.

Перелом консолидировался в течение следующих 6 месяцев, к настоящему времени (4 года) у пациента сохраняется удовлетворительный результат операции.

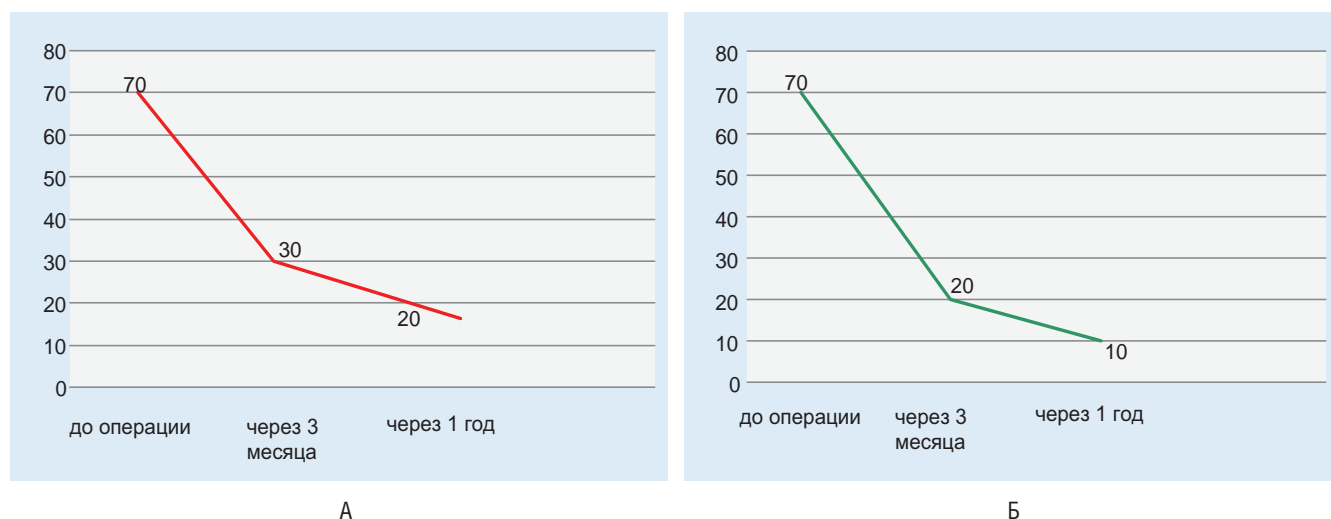
Помимо трех описанных случаев, еще у 2 пациентов была диагностирована потеря коррекции в отсутствие переломов. Рентгенограммы одного из них представлены на рисунке 7.

Из представленных снимков видно, что к 6-му месяцу наблюдали не только потерю коррекции, но и усталостный перелом винтов в проксимальном фрагменте ББК. У данного больного через 1 год после операции был получен хороший функциональный результат лечения. У другой больной с потерей коррекции без перелома получен хороший результат лечения. На наш взгляд, все случаи потери коррекции стали следствием замедленного сращения остеотомического клина.

Боль в области имплантированной пластины — наименее серьезное, но самое частое из диагностированных осложнений, — была выявлена у 11 (24,0%) пациентов и требовала периодического приема анальгетических препаратов (мелоксикам либо эторикоксиб 1–2 раза в неделю и реже. Удаление металлоконструкции выполняли в среднем через



**Рис. 7.** Рентгенограммы пациента с потерей коррекции без переломов: А – до операции; Б – сразу после операции; В – через 3 месяца после ОУВТО; Г – через 6 месяцев после ОУВТО



**Рис. 8.** Изменение медианы интенсивности боли по ВАШ в течение года после ОУВТО у пациентов с осложнениями (А) и без осложнений (Б)

12–18 месяцев после ОУВТО, что в 8 из 11 случаев привело к полному купированию боли. Однако у 3 пациентов боль в области ранее имплантированной пластины сохранилась, как и потребность в периодическом приеме НПВП.

Несмотря на большое число осложнений, у всех пациентов в течение первого года после ОУВТО было отмечено снижение интенсивности боли по ВАШ (рис. 8).

До операции медиана интенсивности боли в КС составляла 70 [60; 80] мм у пациентов, имевших впоследствии осложнения, и 70 [60; 70] мм – у пациентов без осложнений. В дальнейшем у пациентов, перенесших осложнения, интенсивность боли была статистически значимо выше, чем у пациентов без осложнений: соответственно 30 [25; 40] мм и 20 [15; 25] мм через 3 месяца ( $p=0,0024$ ), 20 [20; 40] мм и 10 [0; 20] мм – по прошествии года после ОУВТО ( $p=0,0005$ ).

Изменение общего счета KSS у больных, перенесших осложнения, и больных без осложнений представлено на рисунке 9.

Исходно у пациентов, перенесших впоследствии осложнения, общий счет KSS был незначительно ниже, чем у пациентов без осложнений: соответственно 95 [83; 131] и 109 [93; 136] баллов. После операции этот разрыв

увеличился, и через 3 месяца медиана составляла 145 [129; 161] и 171 [150; 178] балл ( $p=0,0016$ ), а через 1 год – 156 [135; 171] и 180 [164; 190] баллов соответственно ( $p=0,0023$ ).

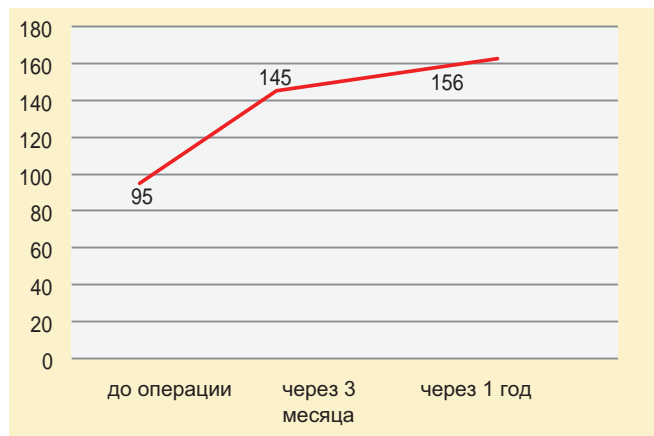
Через 1 год после операции в 20 случаях наблюдали отличные, в 19 – хорошие и в 7 – удовлетворительные результаты (табл. 2).

При этом отличный результат у пациентов, перенесших осложнения, был получен лишь в 6,6% случаев, тогда как в группе без осложнений – в 61,3% ( $p=0,00046$ ).

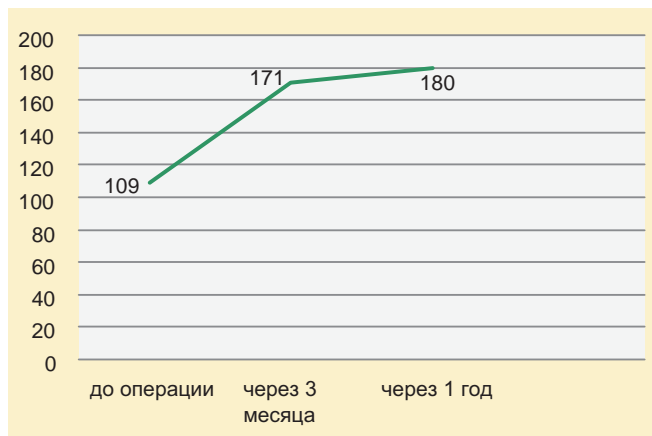
### Обсуждение

За последние два десятилетия в подавляющем большинстве работ, посвященных ОУВТО, описан минимум 1 перелом латерального тибialного плато или разрыв латеральной кортикальной петли [3–5, 7, 8, 11, 13–27]. В нашем исследовании разрывы латеральной кортикальной петли отсутствовали, а переломы латерального тибialного плато были диагностированы в 2 случаях интраоперационно и еще дважды – в послеоперационном периоде. В изученной международной литературе мы не нашли описания причин развития интраоперационных переломов латерального тибialного плато. В нескольких исследованиях





А

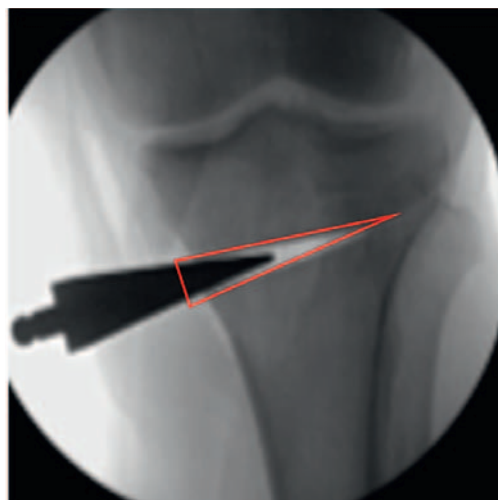


Б

Рис. 9. Изменение медианы общего счета KSS в течение года после ОУВТО у пациентов с осложнениями (А) и без осложнений (Б)

Таблица 2. Результаты ОУВТО через 1 год после операции

| Результаты         | Пациенты с осложнениями |       | Пациенты без осложнений |       | Всего |       |
|--------------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|
|                    | п                       | %     | п                       | %     | п     | %     |
| Отличный           | 1                       | 6,6%  | 19                      | 61,3% | 20    | 43,5% |
| Хороший            | 8                       | 53,4% | 11                      | 35,4% | 19    | 41,3% |
| Удовлетворительный | 6                       | 40,0% | 1                       | 3,3%  | 7     | 15,2% |
| Всего              | 15                      | 100%  | 31                      | 100%  | 46    | 100%  |



А



Б



В

Рис. 10. Создание вершины остеотомического клина треугольной формы (А) и клинические примеры переломов латерального тибияльного плато, случившихся интраоперационно (Б) и в послеоперационном периоде (В)

ученые разделяют интра- и послеоперационные переломы латерального тибияльного плато на три типа в зависимости от направления линии перелома для определения перспектив их сращения [17, 19, 20, 23, 25]. Эти работы помогают понять последствия таких переломов, но не позволяют установить причину их развития.

В процессе анализа переломов латерального тибияльного плато мы обратили внимание на то, что независимо от времени развития перелома (интраоперационно или по прошествии нескольких недель после ОУВТО) он всегда начинается из вершины остеотомического клина либо в непосредственной близости от нее. При выполнении ОУВТО по стандартному методу пропилил формирует прямую линию, из окончания которой в процессе расклинивания проксимального и дистального фрагментов ББК, формируется вершина клина, имеющая треугольную форму

(рис. 10), что и создает предпосылку к перелому на данном уровне.

Причину развития этих переломов объясняет теория упругости, согласно которой остроугольные конструкции (вершина остеотомического клина) концентрируют в себе напряжения, стремящиеся к бесконечности [31]. Наличие пластических свойств у костной ткани препятствует обращению напряжений в бесконечность, но они достигают высоких значений. При этом максимальные напряжения возникают в непосредственной близости от вершины клина и ограничиваются весьма небольшой частью площади поперечного сечения (имеют местный характер). По мере увеличения высоты остеотомического клина растет концентрация напряжений в его вершине, соответственно возрастает и вероятность снижения предела усталости — появления переломов [32]. При ОУВТО это происходит

на этапе расклинивания проксимального и дистального фрагментов ББК, при этом рядом исследователей отмечено, что высота остеотомического клина  $>10$  мм ассоциирована с худшими результатами операции и большим числом осложнений [4, 5, 7, 8, 17, 19]. Не менее опасно увеличение концентрации напряжений в клине при действии нагрузок, периодически меняющихся во времени (например, при ходьбе на костылях с частичной опорой на оперированную ногу). При этом чем больше масса тела пациента, тем сильнее напряжения, возникающие в вершухе клина. Некоторые исследователи отмечали, что  $ИМТ > 30 \text{ кг/м}^2$  является предиктором потенциальной неудачи ОУВТО [4, 28]. Таким образом, развитие при ОУВТО переломов латерального тибияльного плато и разрывов латеральной кортикальной петли является следствием формирования в остроугольной вершухе остеотомического клина больших напряжений. Соответственно, для профилактики данного осложнения необходимо модифицировать хирургическую технику выполнения ОУВТО (изменить форму вершухи остеотомического клина).

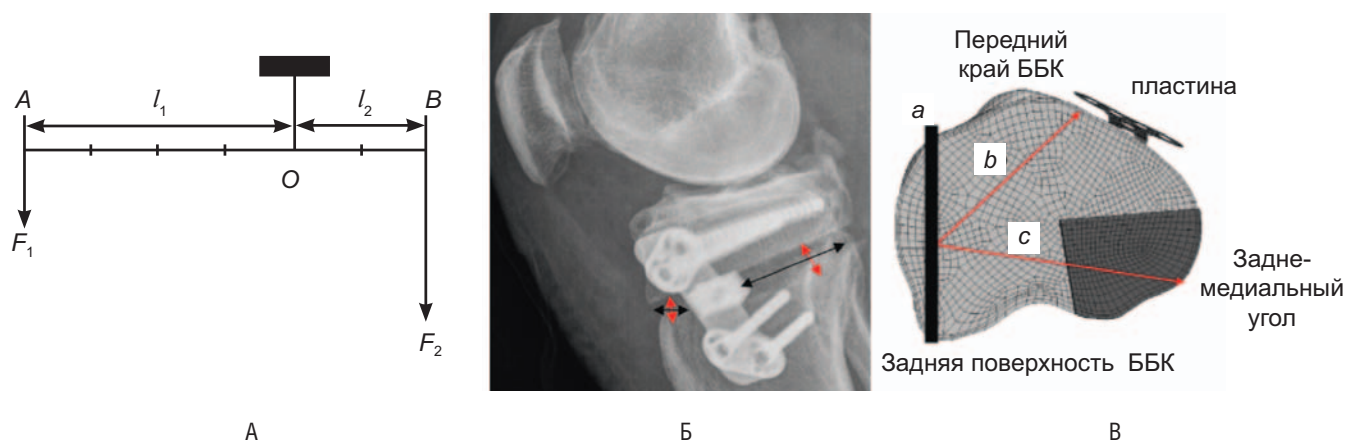
Осложнения, связанные с фиксацией, составили 81,0% от общего числа осложнений в нашем исследовании (переломы латерального тибияльного плато в послеоперационном периоде, перелом металлофиксатора, потеря коррекции, боль в области имплантированной пластины). Несмотря на то, что другие исследователи не выделяют отдельно осложнения, связанные с фиксацией, представленные в их работах данные о результатах применения коротких пластин со спейсером для стабилизации костных фрагментов после ОУВТО, аналогичны нашим [4, 5, 8, 14, 27, 28].

Мы считаем, что причиной развития осложнений, связанных с фиксацией, служит сочетание увеличения напряжений в вершухе остеотомического клина при частичной опоре на ногу с недостаточной первичной стабильностью остеосинтеза короткими пластинами с фиксированным спейсером. Суть заключается в том, что в соответствии с биомеханическим опытом Blecha L. D. и соавт. [33], травматологи-ортопеды стремятся располагать пластину в антеромедиальном положении, поскольку

в нем снижается стрессовая нагрузка на костную ткань около клина и увеличивается стабильность фиксации по сравнению с медиальным положением пластины [33]. Но переднемедиальное положение пластины сопровождается аналогичным расположением спейсера, при этом формируется закон рычага с двумя неравными плечами, и появляются раскачивающие силы в клине (рис. 11).

Расстояние от точки опоры до линии действия силы является плечом этой силы. Рычаг находится в равновесии, если приложенные к нему силы  $F_1$  и  $F_2$  сбалансированы и вращают его в противоположных направлениях. Модули сил обратно пропорциональны плечам этих сил, что может быть отображено в формуле:  $F_1/F_2 = l_2/l_1$ . Точкой опоры при ОУВТО становится латеральная кортикальная петля. В случае фиксации высоты остеотомического клина пластиной с фиксированным спейсером в переднемедиальном положении формируются 2 неравных плеча, и более длинное и высокое располагается в заднемедиальном отделе, поэтому достаточно приложить относительно небольшую силу, для того чтобы возникла микроподвижность фиксирующей конструкции. Следовательно, для стабилизации остеосинтеза после ОУВТО из переднемедиального положения, короткая пластина с фиксированным спейсером должна выдерживать запредельные нагрузки, особенно если пациент имеет избыточную массу тела, или высота остеотомического клина  $>10$  мм, о чем косвенно упоминается в ряде клинических работ [4, 5, 7, 8, 17, 19, 28]. Итак, сочетание вышеперечисленных факторов может приводить к развитию переломов латерального тибияльного плато в послеоперационном периоде, боли в области имплантированной пластины, переломам фиксаторов, замедленным сращениям и несращениям, потере коррекции. Таким образом, для ликвидации этих осложнений необходимо устранить длинное плечо рычага (перенести спейсер из передне-медиального в задне-медиальное положение) и увеличить первичную стабильность фиксации.

Костная пластика остеотомического клина также является этапом операции, который может привести к осложнениям. Большая часть исследователей, описывающих



**Рис. 11.** Формирование рычага в области остеотомического клина при ОУВТО.

А – схематическое изображение закона рычага (О – точка опоры;  $F_1$  – легкий груз;  $F_2$  – тяжелый груз;  $l_1$  – плечо легкого груза;  $l_2$  – плечо тяжелого груза). Для уравнивания большой силы, приложенной к точке В, достаточно приложить небольшое усилие к длинному плечу точки А;

Б – расположение короткой пластины с фиксированным спейсером в антеромедиальном положении. Очевидна разница в высоте и длине передней и задней части клина;

В – аксиальная проекция ББК после ОУВТО (а – граница латеральной кортикальной петли (точка опоры); б – короткое плечо передней части клина; с – длинное плечо задней части клина). Заднемедиальный угол выделен другим цветом, поскольку эта зона имеет наибольшую высоту в клине и является нагрузочной



этот этап, выполняют костную пластику при любой высоте клина [4, 12, 13, 18, 27, 29, 34], другие осуществляют ее в зависимости от высоты остеотомического клина. Так, одни авторы применяли костную пластику при высоте клина более 7,5 мм [14, 26], другие — при высоте более 10 мм [19, 35, 36]. Мы считаем, что единственным преимуществом костной пластики аутоотрансплантатом является оптимизация процесса сращения остеотомического клина. Отрицательные стороны: дополнительная хирургическая травма; увеличивается продолжительность операции; возможен лизис аутоотрансплантата; на первом этапе сращения происходит резорбция костной ткани [38], ввиду чего костная пластика не влияет на первичную стабильность; боль в области взятия трансплантата. Костная пластика за счет биодеградируемых остеозамещающих материалов также не влияет на первичную стабильность [13, 37]. Недостатками последних являются стоимость, и то, что они не всегда превращаются в костную ткань. Частота замедленных сращений и несращений при использовании аутоотрансплантата составляет 2,6%, аллотрансплантата — 4,6%, для биодеградируемых остеозамещающих материалов — от 0% (гидроксиапатит) до 21,6% (Bioglass), для трикальцийфосфата — 5,2%. В случаях, когда ОУВТО была выполнена без костной пластики, частота замедленных сращений и несращений составила 1,3% [10]. Таким образом, этап костной пластики является недостатком выполнения ОУВТО, который следует устранить.

Несмотря на развитие осложнений у 15 пациентов, неудовлетворительных результатов в течение первого года после ОУВТО не было. У всех пациентов было отмечено снижение интенсивности боли и улучшение функции КС, более выраженное при отсутствии осложнений. У пациентов, перенесших осложнения, отличный и хороший результаты лечения были достигнуты в 60%, а у пациентов без осложнений — в 96,7% случаев. Это подчеркивает

принципиальную необходимость в совершенствовании хирургической техники и фиксации высоты остеотомического клина, что позволит значимо улучшить результаты ОУВТО.

### Выводы

1. ОУВТО — высокоэффективный метод хирургического лечения ОА КС, позволяющий добиться снижения интенсивности боли и улучшения функции КС к 3-му месяцу и в 84,8% случаев — получить отличный и хороший результаты лечения через 1 год после операции.

2. Выполнение ОУВТО с фиксацией высоты остеотомического клина при помощи коротких пластин с фиксированным спейсером и костной пластикой в 32,7% случаев сопряжено с развитием осложнений, 88,7% из которых связаны непосредственно с хирургической техникой выполнения операции и фиксацией высоты остеотомического клина.

3. Для улучшения результатов ОУВТО необходимо модифицировать хирургическую технику операции, перенести расположение спейсера из передне-медиального в задне-медиальное положение в остеотомическом клине и улучшить качество первичной стабильности фиксатора.

### Прозрачность исследования

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

### Декларация о финансовых и других взаимоотношениях

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

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Schuster P, Geblein M, Schlumberger M, Mayer P, Mayr R, Oremek D, et al. Ten-year results of medial open-wedge high tibial osteotomy and chondral resurfacing in severe medial osteoarthritis and varus malalignment. *Am J Sports Med.* 2018;46(6):1362-1370. doi: 10.1177/0363546518758016
- Darees M, Putman S, Brosset T, Roumazielle T, Pasquier G, Migaud H. Opening-wedge high tibial osteotomy performed with locking plate fixation (TomoFix) and early weight-bearing but without filling the defect. A concise follow-up note of 48 cases at 10 years' follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018;104(4):477-480. doi: 10.1016/j.otsr.2017.12.021
- Dexel J, Fritzsche H, Beyer F, Harman MK, Lützner J. Open-wedge high tibial osteotomy: incidence of lateral cortex fractures and influence of fixation device on osteotomy healing. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(3):832-837. doi: 10.1007/s00167-015-3730-5
- Miller BS, Downie B, McDonough EB, Wojtys EM. Complications after medial opening wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy.* 2009;25(6):639-646. doi: 10.1016/j.arthro.2008.12.020
- Nelissen EM, van Langelaan EJ, Nelissen RGHH. Stability of medial opening wedge high tibial osteotomy: a failure analysis. *Int Orthop.* 2010;34:217-223. doi: 10.1007/s00264-009-0723-3
- Roberson TA, Momaya AM, Adams K, Long CD, Tokish JM, Wyland DJ. High tibial osteotomy performed with all-peek implants demonstrates similar outcomes but less hardware removal at minimum 2-year follow-up compared with metal plates. *Orthop J Sports Med.* 2018;6(3):1-5. doi: 10.1177/2325967117749584
- 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):289-296. doi: 10.5792/ksrr.16.028
- Spahn G. Complications in high tibial (medial opening wedge) osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003;124:649-653. doi: 10.1007/s00402-003-0588-7
- Woodacre T, Ricketts M, Evans JT, Pavlou G, Schranz P, Hockings M, et al. Complications associated with opening wedge high tibial osteotomy — A review of the literature and of 15 years of experience. *Knee.* 2015;23(2):276-282. doi: 10.1016/j.knee.2015.09.018
- Lash NJ, Feller JA, Batty LM, Wasiak J, Richmond AK, et al. Bone grafts and bone substitutes for opening-wedge osteotomies of the knee: A systematic review. *Arthroscopy.* 2015;31(4):720-730.
- Song EK, Seon JK, Park SJ, Jeong MS. The complications of high tibial osteotomy closing- versus opening-wedge methods. *J Bone Joint Surg Br.* 2010; 92-B(9):1245-1252.
- Valkering KP, van den Bekerom MPJ, Kappelhoff FM, Albers GHR. Complications after TomoFix medial opening wedge high tibial osteotomy. *J Knee Surg.* 2009;22(3):218-225.
- Asik M, Sen C, Kilic B, Goksan SB, Ciftci F, Taser OF. High tibial osteotomy with Puddu plate for the treatment of varus gonarthrosis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(10):948-954. doi: 10.1007/s00167-006-0074-1
- Brouwer RW, Bierma-Zeinstra SM, van Raaij TM, Verhaar JA. Osteotomy for medial compartment arthritis of the knee using a closing wedge or an opening wedge controlled by a Puddu plate.

- A one-year randomised, controlled study. *J Bone Joint Surg (Br)*. 2006;88(11):1454-1459.
15. Cotic M, Vogt S, Hinterwimmer S, Feucht MJ, Slotta-Huspenina J, Schuster T, et al. A matched-pair comparison of two different locking plates for valgus-producing medial open-wedge high tibial osteotomy: peek-carbon composite plate versus titanium plate. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;23(7):2032-2040. doi: 10.1007/s00167-014-2914-8
  16. Cotic M, Vogt S, Feucht MJ, Saier T, Minzlaff P, Hinterwimmer S, et al. Prospective evaluation of a new plate fixator for valgus-producing medial open-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;23(12):3707-3716. doi: 10.1007/s00167-014-3287-8
  17. Goshima K, Sawaguchi T, Shigemoto K, Iwai S, Nakanishi A, Inoue D, et al. Large opening gaps, unstable hinge fractures, and osteotomy line below the safe zone cause delayed bone healing after open-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27(4):1291-1298. doi: 10.1007/s00167-018-5334-3
  18. Jung WH, Chun CW, Lee JH, Ha JH, Kim JH, Jeong JH, et al. Comparative study of medial opening-wedge high tibial osteotomy using 2 different implants. *Arthroscopy*. 2013;29(6):1063-1071.
  19. Kim KI, Kim GB, Kim HJ, Lee SH, Yoon WK. Extra-articular lateral hinge fracture does not affect the outcomes in medial open-wedge high tibial osteotomy using a locked plate system. *Arthroscopy*. 2018;34(12):3246-3255. doi: 10.1016/j.arthro.2018.07.022
  20. Lee OS, Lee YS. Diagnostic value of computed tomography and risk factors for lateral hinge fracture in the open wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy*. 2018;34(4):1032-1043. doi: 10.1016/j.arthro.2017.08.310
  21. Lobenhoffer P, Agneskirchner JD. Improvements in surgical technique of valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg. Sports Traumatol Arthrosc*. 2003;11:132-138. doi: 10.1007/s00167-002-0334-7
  22. Niemeyer P, Schmal H, Hauschild O, von Heyden J, Südkamp NP, Köstler W. Open-wedge osteotomy using an internal plate fixator in patients with medial-compartment gonarthrosis and varus malalignment: 3-year results with regard to preoperative arthroscopic and radiographic findings. *Arthroscopy*. 2010;26(12):1607-1616.
  23. Ogawa H, Matsumoto K, Akiyama H. The prevention of a lateral hinge fracture as a complication of a medial opening wedge high tibial osteotomy. A case control study. *Knee*. 2017;99-B(7):887-893. doi: 10.1302/0301-620X.99B7.BJJ-2016-0927.R1
  24. Schrotter S, Gonser CE, Konstantinidis L, Helwig P, Albrecht D. High complication rate after biplanar open-wedge high tibial osteotomy Stabilized with a new spacer plate (Position HTO Plate) without bone substitute. *Arthroscopy*. 2011;27(5):644-652.
  25. Takeuchi R, Ishikawa H, Kumagai K, Yamaguchi Y, Chiba N, Akamatsu Y, et al. Fractures around the lateral cortical hinge after a medial opening-wedge high tibial osteotomy: a new classification of lateral hinge fracture. *Arthroscopy*. 2012;28(1):85-94. doi: 10.1016/j.arthro.2011.06.034
  26. van Raaij MT, Brouwer RW, de Vlieger R, Reijman M, Verhaar JA. Opposite cortical fracture in high tibial osteotomy: Lateral closing compared to the medial opening-wedge technique. *Acta Orthop*. 2008;79:508-514. doi: 10.1080/17453670710015508
  27. Yacobucci GN, Cocking MR. Union of medial opening-wedge high tibial osteotomy using a corticocancellous proximal tibial wedge allograft. *Am J Sports Med*. 2008;36(4):713-719. doi: 10.1177/0363546507312646
  28. Meidinger G, Imhoff AB, Paul J, Kirchhoff C, Sauerschnig M, Hinterwimmer S. May smokers and overweight patients be treated with a medial open-wedge HTO? Risk factors for non-union. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19:333-339.
  29. Jung J, Fritzsche H, Beyer F, Harman MK, Lützner J. Open-wedge high tibial osteotomy: Incidence of lateral cortex fractures and influence of fixation device on osteotomy healing. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(3):832-837. doi: 10.1007/s00167-015-3730-5
  30. Fowler PJ, Tan JL, Brown GA. Medial opening wedge high tibial osteotomy: How I do it. *Oper Tech Sports Med*. 2000;8(1):32-38. doi: 10.1016/s1060-1872(00)80022-2
  31. Барашков ВН, Смолина ИЮ, Пугеева ЛЕ, Песцов ДН. Основы теории упругости: учебное пособие. 2012:184. [Barashkov VN, Smolina IYu, Puteeva LE, Pestsov DN. Fundamentals of the theory of elasticity: teaching guide. 2012:184 (In Russ.)].
  32. Феодосьев ВИ. Сопротивление материалов: учебник для вузов; 16-е изд., испр. М.; 2016:543. [Feodosyev VI. Resistance of materials: textbook for universities; 16th ed. 2016:543 (In Russ.)].
  33. Blecha LD, Zambelli PY, Ramaniraka NA, Bourban PE, Månson JA, Pioletti DP. How plate positioning impacts the biomechanics of the open wedge tibial osteotomy; a finite element analysis. *Comput Methods Biomech Biomed Eng*. 2005;8:307-313. doi: 10.1080/10255840500322433
  34. van den Bekerom MP, Patt TW, Kleinhout MY, van der Vis HM, Albers GH. Early complications after high tibial osteotomy: A comparison of two techniques. *J Knee Surg*. 2008;21:68-74.
  35. Altay MA, Ertürk C, Altay N, Mercan AŞ, Sipahioğlu S, Kalender AM, et al. Clinical and radiographic outcomes of medial open-wedge high tibial osteotomy with Anthony-K plate: Prospective minimum five year follow-up data. *Int Orthop*. 2015;40(7):1447-1454. doi: 10.1007/s00264-015-2919-z
  36. Pape D, Kohn D, van Giffen N, Hoffmann A, Seil R, Lorbach O. Differences in fixation stability between spacer plate and plate fixator following high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21:82-89. doi: 10.1007/s00167-011-1693-8
  37. Niemeyer P, Koestler W, Kaehny C, Kreuz PC, Brooks CJ, Strohm PC, et al. Two-year results of open-wedge high tibial osteotomy with fixation by medial plate fixator for medial compartment arthritis with varus malalignment of the knee. *Arthroscopy*. 2008;24:796-804.

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

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

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

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

Нурмухаметов М.Р. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6847-6396>