

Сравнительный анализ результатов и осложнений двух методов выполнения открывающей угол высокой тибиальной остеотомии

В.Е. Бялик, С.А. Макаров, Л.И. Алексеева, 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

Contacts: Valerii Bialik, DoctorBjalik@yandex.ru

Поступила 01.09.2020
Принята 31.08.2021

Цель исследования — сравнить результаты и осложнения открывающей угол высокой тибиальной остеотомии (ОУВТО), проводившейся с использованием стандартной методики и при помощи разработанного метода выполнения операции с применением оригинального фиксатора.

Материалы и методы. В исследование включены 73 пациента с первичным и вторичным остеоартритом (ОА) коленного сустава (КС) I–III стадии, которые были разделены на две группы. В первую группу вошли 43 больных, которым с 2005 по 2019 гг. было выполнено 46 ОУВТО 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. Во вторую группу включены 30 пациентов, которым в 2018–2020 гг. осуществили ОУВТО с использованием разработанной хирургической техники и оригинального фиксатора. Для оценки результата изучали изменение интенсивности боли по визуальной аналоговой шкале, а также состояние КС по шкале Knee Society Score до операции, по прошествии 3 месяцев и 1 года после ОУВТО.

Результаты. В 1-й группе через 1 год после ОУВТО был получен отличный результат в 43,5% случаев, хороший — в 41,3%, удовлетворительный — в 15,2% случаев. Во 2-й группе отличный, хороший и удовлетворительный результат получен в 59,3%, 33,4% и 7,3% случаев соответственно. В 1-й группе у 15 (32,7%) пациентов было диагностировано 26 осложнений, во 2-й группе — 5 осложнений у 5 (16,6%) пациентов.

Выводы. Применение разработанной хирургической техники и оригинального фиксатора позволило увеличить число отличных и хороших результатов лечения с 84,8 до 92,7% и уменьшить количество осложнений, связанных с ОУВТО, с 32,7 до 16,6%.

Ключевые слова: остеоартрит, коленный сустав, открывающая угол высокая тибиальная остеотомия, осложнения, хирургическая техника, модульный спейсер, оригинальный фиксатор

Для цитирования: Бялик ВЕ, Макаров СА, Алексеева ЛИ, Бялик ЕИ, Нестеренко ВА, Нурмухаметов МР. Сравнительный анализ результатов и осложнений двух методов выполнения открывающей угол высокой тибиальной остеотомии. *Научно-практическая ревматология*. 2021;59(5):615–624.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS AND COMPLICATIONS OF TWO METHODS OF THE OPEN WEDGE HIGH TIBIAL OSTEOTOMY

Valerii E. Bialik, Sergey A. Makarov, Liudmila I. Alekseeva, Evgeny I. Bialik, Vadim A. Nesterenko, Maksim R. Nurmukhametov

Objective — to compare the results and complications of open wedge high tibial osteotomy (OWHTO) in patients operated on according to the standard technique and using the developed method of performing the operation using the original fixator.

Materials and methods. 73 patients with primary and secondary OA of the knee I–III stages were recruited into the study, which were divided into 2 groups. Group 1 consisted of 43 patients, who underwent 46 OWHTO from 2005 to 2019 using the standard technique using short plates with a fixed spacer (Puddu I (5 times) and II generation (24 times), Osteomed (17 times)) and bone grafting. Group 2 consisted of 30 patients who were operated on in 2018–2020 using the developed surgical technique and the original fixator. To assess the result, we studied the change in pain according to the Visual Analog Scale (VAS), as well as the functional (FS) and objective scores (OS) of the knee according to the Knee Society Score (KSS) before surgery, after 3 months and 1 year after OWHTO.

Results. In group 1, one year after OWHTO, the results were obtained: excellent in 43.5% of cases, good — in 41.0% and satisfactory — in 15.2% of patients. In group 2, an excellent result was obtained in 59.3% of patients, good — in 33.4% and satisfactory — in 7.3% of cases. In group 1, 15 (32.7%) patients were diagnosed with 26 complications, and in group 2 — 5 (16.6%) patients with 5 complications.

Conclusions. The use of the developed surgical technique and the original fixator made it possible to increase the percentage of excellent and good treatment results from 84.5% to 92.7% and to reduce the number of complications associated with OWHTO from 32.7% to 16.6%.

Key words: osteoarthritis, knee joint, open wedge high tibial osteotomy, complications, surgery technique, modular spacer, original fixator

For citation: Bialik VE, Makarov SA, Alekseeva LI, Bialik EI, Nesterenko VA, Nurmukhametov MR. Comparative analysis of the results and complications of two methods of the open wedge high tibial osteotomy. *Nauchno-Prakticheskaya Revmatologiya = Rheumatology Science and Practice*. 2021;59(5):615–624 (In Russ.).

doi: 10.47360/1995-4484-2021-615-624

Открывающая угол высокая тибиальная остеотомия (ОУВТО) — суставсберегающий 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, замедлению прогрессирования ОА, улучшению функции КС и отдалению тотального эндопротезирования. В настоящее время известны отдаленные результаты ОУВТО, демонстрирующие высокую эффективность этой операции. Так, Р. Schuster и соавт. [1] выполнили ОУВТО у 79 пациентов с ОА медиального отдела КС III–IV стадии и через 10 лет наблюдения получили 81,7% хороших результатов, а М. Dagees и соавт. [2] за тот же период наблюдения — 88%-е сохранение результата ОУВТО в течение 10 лет.

Однако ОУВТО связана с развитием общих, местных и специфических для данной операции осложнений. Среди последних выделяют переломы латерального тибияльного плато и разрывы латеральной кортикальной петли с и без распространения линии перелома на суставную поверхность (встречаются с частотой до 35% случаев и описаны как во время операции, так и в послеоперационном периоде [3–20]), замедленные сращения и несращения (после переломов латерального тибияльного плато и без них, с частотой до 22,4% [4, 5, 7–12, 14–25]), боль в области имплантированной пластины (до 60,0% случаев [8, 15, 16, 21, 24, 26]), переломы металлофиксаторов (описаны единичные случаи после переломов латерального тибияльного плато при замедленных сращениях и несращениях [4, 5, 8–12, 14, 19, 21–25]) и потерю коррекции (с частотой до 15,2% [5, 10, 11, 17, 20, 23, 24, 26]).

По результатам нашего исследования, 81,0% всех осложнений при ОУВТО связаны с фиксацией высоты остеотомического клина (переломы латерального тибияльного плато в послеоперационном периоде, потеря коррекции, перелом фиксатора, боль в области имплантированной пластины); 7,7% — с этапом расклинивания (интраоперационные переломы латерального тибияльного плато), 7,7% — с костной пластикой остеотомического клина (нарушение полимеризации β -трикальцийфосфата и несращение), 3,6% — это местные осложнения [27].

За последние два десятилетия было опубликовано большое количество научных работ, посвященных сравнению результатов ОУВТО с применением различных типов фиксаторов, которые должны были способствовать уменьшению числа вышеперечисленных осложнений [4, 7–9, 13, 15, 17, 20–22, 24]. Однако вопрос о необходимости совершенствования хирургической техники выполнения операции и, в частности, фиксации высоты остеотомического клина остается открытым. Нами разработаны оригинальный фиксатор и техника его имплантации, которые теоретически должны значительно уменьшить количество осложнений.

Цель нашей работы — сравнение результатов и осложнений ОУВТО, выполнявшейся по стандартной методике, с применением коротких пластин с фиксированным спейсером и костной пластикой, и ОУВТО, выполнявшейся при помощи разработанного нами метода выполнения операции и с использованием оригинального фиксатора.

Материалы и методы

В лаборатории ревмоортопедии и реабилитации ФГБНУ НИИР им. В.А. Насоновой за период с 2005 по 2020 гг. было выполнено 76 ОУВТО у 73 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° ; неэффективность предшествовавших консервативных методов лечения; отсутствие изменений или I–II стадия ОА в пателло-фemorальном сочленении; интактный латеральный тибioфemorальный отдел КС; амплитуда движений $\geq 100^\circ$, высокая степень исходной функциональной активности пациента. Критерии исключения: тяжелые сопутствующие соматические заболевания; предшествующая инфекция; пателло-фemorальный ОА III–IV стадии; ОА латерального тибioфemorального отдела любой стадии; ОА тазобедренного или голеностопного сустава II–IV стадии на стороне предполагаемой операции; индекс массы тела (ИМТ) ≥ 40 кг/м²; ограничение сгибания в КС $> 25^\circ$; ограничение разгибания в КС $\geq 10^\circ$; отсутствие латерального мениска.

Больные были разделены на две группы в зависимости от использованной хирургической техники выполнения ОУВТО и способа фиксации. В группу 1 (контрольная) были включены 43 пациента, которым с 2005 по 2019 гг. была выполнена ОУВТО 46 КС по стандартной методике. Группу 2 (основная) составили 30 пациентов, которым в 2018–2020 гг. осуществили ОУВТО с использованием разработанной авторами хирургической техники и оригинального фиксатора.

На момент операции возраст пациентов в группе 1 составил $56,2 \pm 12,1$ года (от 26 до 77 лет), в группе 2 — $52,7 \pm 10,4$ года (от 32 до 76 лет). При этом соотношение мужчин к женщинам в группе 1 было равно 1,7:1, в группе 2 — 1,3:1. Среднее значение ИМТ в группе 1 составило $28,8 \pm 3,8$ кг/м² (от 22,8 до 37,6 кг/м²), в группе 2 — $30,2 \pm 4,3$ кг/м² (от 22,8 до 38,5 кг/м²).

В обе группы были включены пациенты с первичным и вторичным ОА КС. В 30 случаях в группе 1 и в 20 случаях в группе 2 пациенты страдали первичным ОА КС. Кроме того, в группе 1 было 10 пациентов с посттравматическим ОА, 4 — с вторичным гонартрозом на фоне ревматоидного артрита и по 1 — с вторичным гонартрозом на фоне псориатического артрита и болезни Кенига. В основной группе 7 пациентов страдали посттравматическим ОА, 2 — вторичным гонартрозом на фоне ревматоидного артрита и 1 — вторичным гонартрозом на фоне псориатического артрита.

Стадию ОА оценивали в соответствии с классификацией Келлгрена — Лоуренса по рентгенограммам КС в прямой и боковой проекциях. I стадия была диагностирована у 4 пациентов (по 2 пациента в каждой группе), II — у 39 пациентов (у 22 пациентов в группе 1, у 17 — в группе 2), III — у 33 пациентов (у 22 пациентов в группе 1, у 11 — в группе 2).

Предоперационное планирование осуществляли при помощи телерентгенограмм нижней конечности по методу Миниаши.

ОУВТО выполняли под спинально-эпидуральной анестезией на рентгенпрозрачном ортопедическом столе в положении пациента лежа на спине.

ОУВТО в группе 1 выполняли по стандартной методике, которая была описана нами в предыдущем сообщении [27].

ОУВТО в группе 2 осуществляли по разработанной нами хирургической технике операции с применением специального набора инструментов (на данный метод получен патент РФ № 269643 от 31.07.2019 «Комплект

для проведения высокой тиббиальной остеотомии и способ исправления варусной деформации коленного сустава при помощи миниинвазивной операции»).

На первом этапе операции устанавливали направляющую спицу, используя те же анатомические ориентиры, что и в контрольной группе. Спицу устанавливали параллельно суставной поверхности КС в боковой проекции. По направляющей спице вводили **канюлированное сверло** диаметром 7,0 мм (рис. 1).

Далее создавали доступ к медиальной поверхности большеберцовой кости (ББК), устанавливали костный ретрактор Гомана за задний край ББК для защиты подколенного сосудисто-нервного пучка от повреждений, а также защищали собственную связку надколенника. Затем на канюлированное сверло монтировали направляющий блок для остеотомии (рис. 2), выбирали угол атаки и фиксировали к кости двумя пинами для стабильной фиксации во избежание неточностей во время остеотомии.

Остеотомию осуществляли под контролем электронно-оптического преобразователя (ЭОП) через направляющий блок при помощи осцилляторной пилы, пропиливая медиальный, передний и задний края ББК. Остеотомию завершали, когда полотно пилы достигало канюлированного сверла. Затем удаляли направляющий блок, выполняли остеотомию заднего кортикального слоя ББК при помощи остеотома шириной 1/2 дюйма и под контролем ЭОП расклинивали проксимальный и дистальный фрагменты ББК

до необходимого угла коррекции при помощи двойного расклинивающего остеотома Джека (рис. 3).

Далее фиксировали высоту остеотомического клина. С этой целью использовали разработанный **оригинальный фиксатор, состоящий из трех компонентов**: модульного спейсера, соединительного винта и блокируемой пластины с угловой стабильностью (рис. 4). На данный фиксатор получен патент РФ № 2698872 от 30.08.2019 «Устройство для фиксации фрагментов кости при высокой тиббиальной регистрирующей остеотомии».

Модульный спейсер создан с использованием технологии 3D-печати и сделан из трабекулярного титана, который полностью интегрируется с костной тканью. Благодаря своей форме спейсер заполняет нагрузочную зону заднемедиального угла и свободное пространство медиальной стороны остеотомического клина (рис. 5).

Для фиксации высоты остеотомического клина позиционировали соответствующего размера спейсер вдоль медиального кортикального слоя ББК и неплотно прикрепляли к спейсеру блокируемую пластину с угловой стабильностью при помощи соединительного винта для сохранения возможности адекватного анатомического позиционирования пластины.

Блокируемая пластина с угловой стабильностью (рис. 4) сделана для правой и левой стороны, имеет анатомическую форму, позволяющую имплантировать ее без сдавления мест прикрепления сухожилий

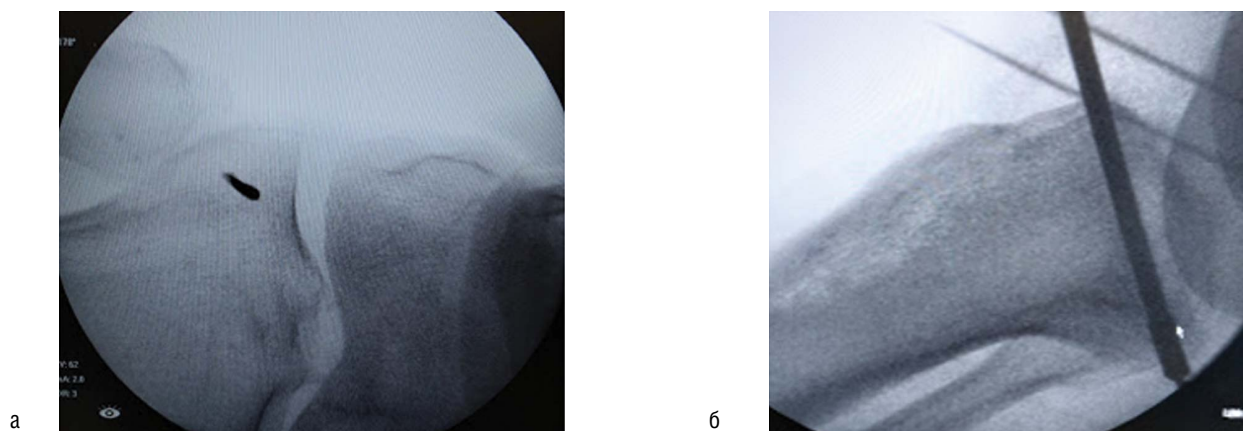


Рис. 1. Положение направляющей спицы в прямой проекции (а) и введение по ней канюлированного сверла (б), вид сбоку

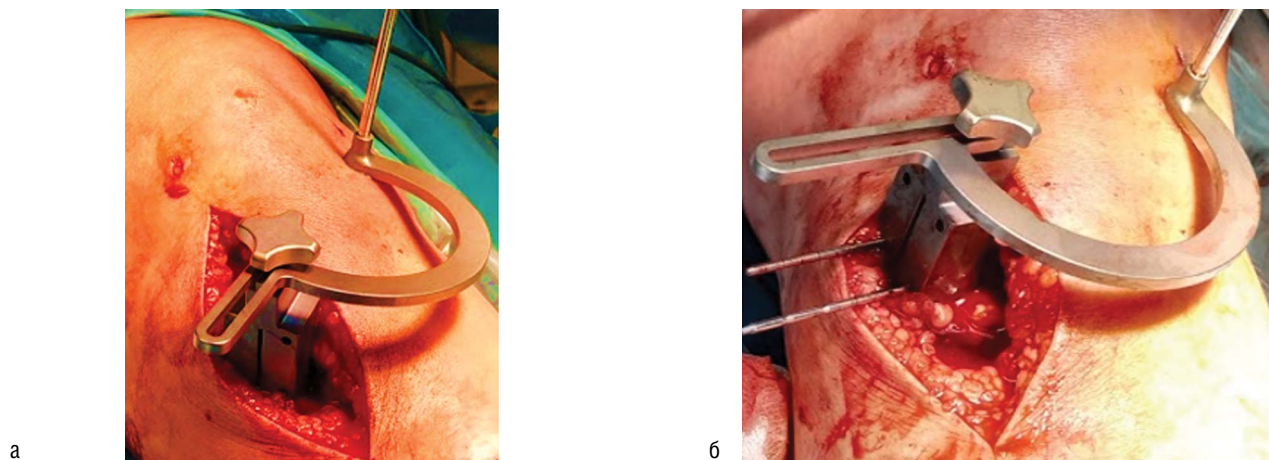


Рис. 2. Направляющий остеотомический блок монтирован на сверло (а) и фиксирован пинами к большеберцовой кости (б)

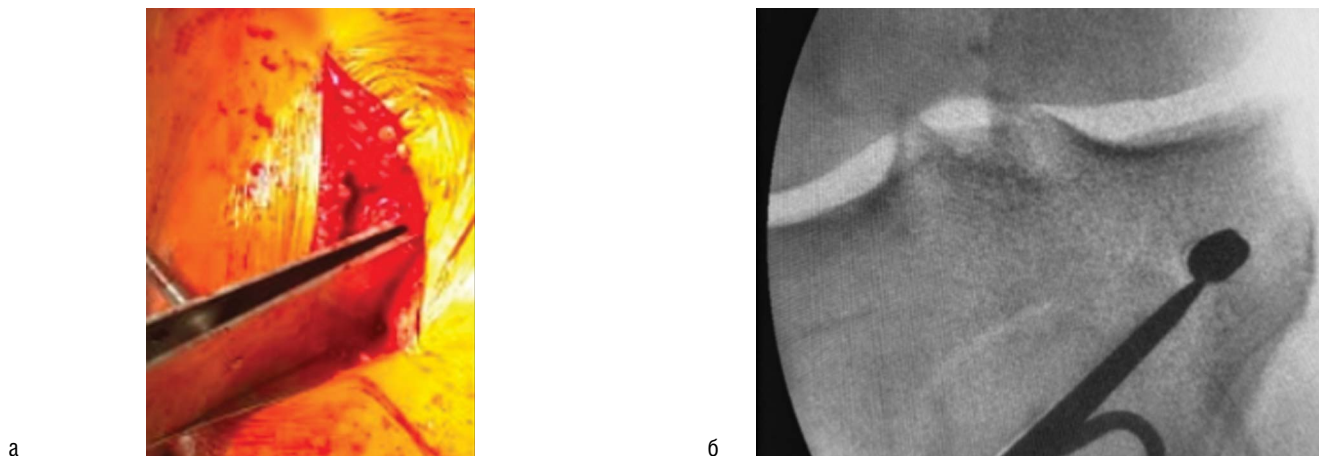


Рис. 3. Этап расклинивания. Вид операционной раны (а) и контроль с помощью электронно-оптического преобразователя (б)



Рис. 4. Оригинальный фиксатор: а – модульный спейсер (а – отверстие для соединительного винта; б – передний край спейсера; с – задний край спейсера; от центральной зоны до заднего края спейсер покрыт пористым титаном); б – соединительный винт; в – блокирующая пластина с угловой стабильностью

поверхностной «гусиной лапки» и дистального места прикрепления поверхностной порции медиальной боковой связки. Пластина имеет по 3 отверстия для блокируемых

винтов в проксимальном и дистальном фрагментах ББК и 1 отверстие для винта, соединяющего ее с модульным спейсером.

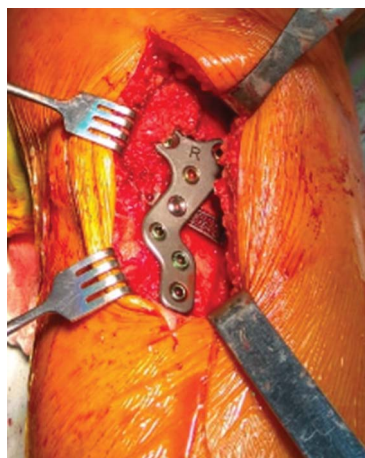
После установки пластины осуществляли поочередно ее блокирование в проксимальном и дистальном фрагментах, докручивали соединительный винт (рис. 6), обильно промывали рану физиологическим раствором хлорида натрия и ушивали ее.

Послеоперационная программа реабилитации в обеих группах включала анальгетическую, антибактериальную и антикоагулянтную терапию, ношение ортеза при ходьбе в положении полного разгибания в КС в течение 8 недель со дня операции. Больные выполняли упражнения, направленные на пассивную разработку движений в КС (на аппарате пассивной роботизированной механотерапии суставов Artromot), мобилизацию надколенника, а также упражнения на укрепление мышц бедра и голени. Для передвижения больные использовали дополнительную опору на костыли в течение 2 месяцев, затем – опору на трость в течение 2 недель, после чего им разрешили ходьбу с полной опорой на оперированную ногу.

Для оценки изменения интенсивности боли использовали визуальную аналоговую шкалу, для оценки состояния КС – шкалу Knee Society Score (KSS), которая включает функциональный (ФС) и объективный счет (ОС), максимальное суммарное значение которых равно



Рис. 5. Модульный спейсер, вид из операционной раны



а



б

Рис. 6. Вид операционной раны перед ушиванием (а) и на контрольной рентгенограмме после операции (б)

200 баллам (100 баллов на каждый счет). Эти показатели регистрировали в предоперационном периоде, по прошествии 3 месяцев и 1 года со дня операции. Через 1 год после операции в контрольной группе результат был оценен в 46 случаях, в основной — в 27 (в 3 случаях к моменту написания статьи прошло несколько месяцев после операции). Результат считали отличным при снижении интенсивности боли до 0–19 мм по ВАШ и значениях по шкале KSS от 86 до 100 баллов; хорошим — при боли по ВАШ от 20 до 39 мм и значениях по шкале KSS 71–85 баллов; удовлетворительным — при боли по ВАШ от 40 до 59 мм и значениях по шкале KSS 51–70 баллов; неудовлетворительным — при боли по ВАШ ≥ 60 мм и значениях по шкале KSS ≤ 50 баллов. При несоответствии счета KSS интенсивности боли решающее значение имела последняя.

Выявленные характерные для ОУВТО осложнения разделили на связанные с этапом расклинивания, фиксации и костной пластикой.

Статистическую обработку данных проводили на персональном компьютере с использованием приложения Microsoft Excel (Microsoft Corp., США) и пакета статистического анализа данных Statistica 10 for Windows (StatSoft Inc., США). Для описательной части определяли среднее арифметическое, стандартное отклонение, медиану, 25-й и 75-й перцентили, частоту в процентах. Сравнение результатов и осложнений осуществляли с помощью критерия Манна — Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Изменение интенсивности боли по ВАШ в исследуемых группах представлено на рисунке 7.

Интенсивность боли по ВАШ в группах 1 и 2 до операции статистически значимо не различалась и составляла соответственно 70 [60; 80] и 65 [50; 70] мм. Через 3 месяца после ОУВТО в группе 1 она уменьшилась до 22,5 [20; 30] мм, в группе 2 — до 20,0 [10; 30] мм. Через 1 год после ОУВТО интенсивность боли в контрольной группе была статистически значимо больше, чем в основной, и её медиана составляла соответственно 20,0 [0; 20] и 0,0 [0; 20] мм ($p = 0,044$).

Изменения ФС и ОС шкалы KSS происходили синхронно с изменением интенсивности боли по ВАШ (рис. 8).

ФС улучшился в обеих группах. Через 3 месяца в группе 1 его медиана увеличилась с 60,0 [50; 65] до 80 [75; 90] баллов,

в группе 2 — с 67,5 [50; 70] до 87,0 [75; 95] баллов. По прошествии 1 года после ОУВТО ФС увеличился до 90,0 [80; 100] и 90 [80; 100] баллов соответственно. Сравнительный анализ изменения ФС в исследуемых группах не выявил статистически значимых различий.

Улучшение ОС KSS происходило синхронно с изменениями ФС. К 3-му месяцу после ОУВТО в группе 1 медиана ОС KSS увеличилась с 55,0 [41; 66] до 80,5 [72; 85] балла, в группе 2 — с 63,0 [48; 70] до 85,0 [75; 95] баллов. Через 1 год после ОУВТО медиана ОС KSS увеличилась до 84,0 [75; 90] и 90,0 [80; 95] баллов соответственно. Сравнительный анализ изменений ОС KSS демонстрирует наличие статистически значимых различий в исходных данных ($p = 0,048$), которые к 3-му месяцу после ОУВТО исчезают. Однако по прошествии 1 года после операции ОС KSS был значительно лучше в основной группе ($p = 0,03$).

Результаты ОУВТО представлены на рисунке 9.

Неудовлетворительных результатов через 1 год после ОУВТО не было выявлено. В основной группе было получено 59,3% отличных результатов, в контрольной — 43,5%. Хороший результат в контрольной группе выявлен в 41,3% случаев, в основной — в 33,4%. Удовлетворительный результат отмечен у 7,3% пациентов в группе 2 и у 15,2% — в группе 1. Таким образом, ближайшие результаты ОУВТО с применением разработанной методики и оригинального фиксатора были лучше, чем в контрольной группе, однако

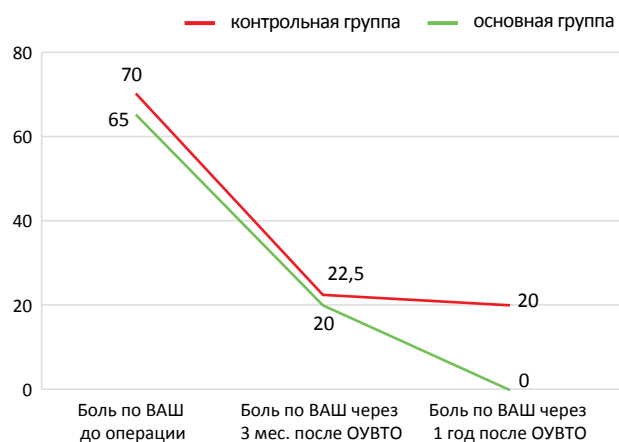


Рис. 7. Изменение интенсивности боли по ВАШ в течение года после ОУВТО (медианы)

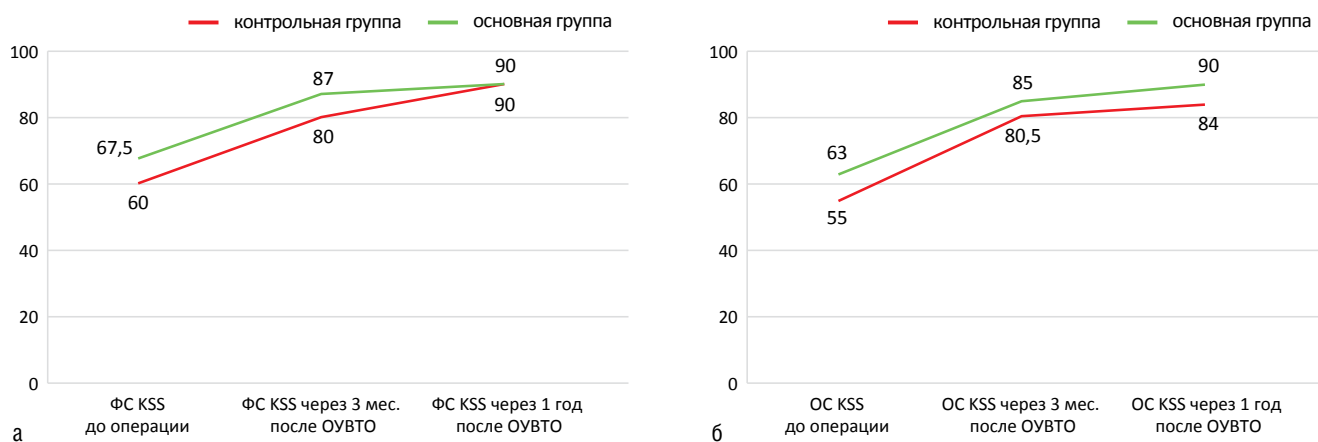


Рис. 8. Изменение ФС и ОС KSS в течение года после ОУВТО (медианы)

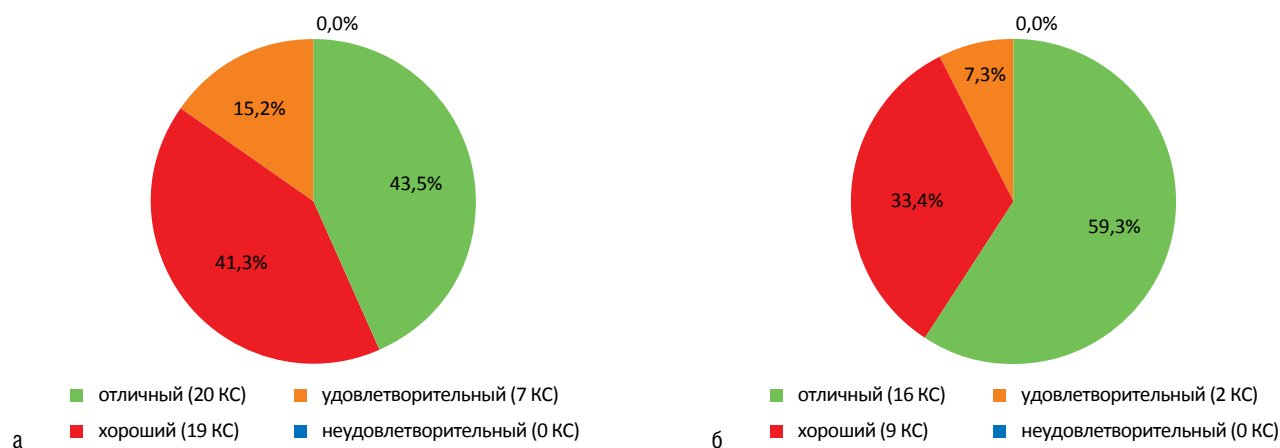


Рис. 9. Результаты ОУВТО в контрольной (а) и основной (б) группах

эти различия не достигали статистической значимости. Доля отличных и хороших результатов составила 92,7% (в группе 2) против 84,8% (в группе 1).

В группе 1 у 15 (32,7%) пациентов было диагностировано 26 осложнений, при этом 5 из 15 пациентов имели более одного осложнения. В группе 2 у 5 (16,6%) пациентов было выявлено 5 осложнений.

Общих осложнений (инсульт, инфаркт миокарда, тромбоз глубоких вен, тромбоз легочной артерии) не было. В 1 случае в контрольной группе было диагностировано местное осложнение — по прошествии 6 недель со

дня операции развилась глубокая инфекция (2,2% от общего числа операций). Структура осложнений, характерных для ОУВТО, представлена в таблице 1.

К осложнениям, связанным с этапом расклинивания, отнесли интраоперационные переломы латерального тибиаляного плато. В группе 1, несмотря на то что были перепилены передний, заднемедиальный и задний кортикальный слои ББК, при расклинивании проксимального и дистального фрагментов ББК произошли 2 перелома латерального тибиаляного плато с распространением линии перелома на суставную поверхность (4,4% от общего

Таблица 1. Сравнение осложнений, характерных для ОУВТО

| Осложнения | Контрольная группа (n=46) | | Основная группа (n=30) | |
|---|---------------------------|------|------------------------|------|
| | n | % | n | % |
| I. Связанные с этапом расклинивания (интраоперационные переломы латерального тибиаляного плато) | 2 | 4,4 | 1 | 3,3 |
| II. Связанные с фиксацией (все) | 21 | 45,7 | 4 | 13,3 |
| Переломы латерального тибиаляного плато в послеоперационном периоде | 2 | 4,4 | 0 | 0 |
| Потеря коррекции | 5 | 10,9 | 0 | 0 |
| Перелом фиксатора | 3 | 6,5 | 0 | 0 |
| Боль в области имплантированной пластины | 11 | 24,0 | 4 | 13,3 |
| III. Связанные с костной пластикой | 2 | 4,4 | 0 | 0 |
| Нарушение полимеризации β-трикальцийфосфата | 1 | 2,2 | 0 | 0 |
| Несращение | 1 | 2,2 | 0 | 0 |

числа операций). У 1 больного перелом консолидировался в течение 2 месяцев без потери коррекции и не повлиял на результат операции. У другого больного помимо перелома латерального тибияльного плато произошло нарушение полимеризации β -трикальцийфосфата, которое в дальнейшем привело к развитию глубокой инфекции, потребовавшей антибактериальной терапии, и потере коррекции. Перелом консолидировался к 3-му месяцу. Через 1 год у данного пациента был достигнут удовлетворительный результат лечения.

В группе 2 интраоперационно был диагностирован 1 перелом латерального тибияльного плато (3,3%), произошедший при расклинивании, вследствие неполного перепиливания заднемедиального кортикального слоя ББК. Перелом у данной больной консолидировался к 3-му месяцу, и через 1 год был получен хороший функциональный результат.

Осложнения, связанные с фиксацией, в группе 1 включали 2 перелома латерального тибияльного плато с распространением линии перелома на суставную поверхность (4,4%), случившиеся в послеоперационном периоде (в промежутке между выпиской пациентов из отделения и 2-месячным рентген-контролем); 5 потерь коррекции (10,9%); 3 перелома фиксатора (6,5%); 11 случаев боли в области имплантированной пластины (24,0%). В группе 2 было выявлено 4 случая боли в области имплантированной пластины (13,3%). Таким образом, осложнения, связанные с фиксацией, в контрольной группе были диагностированы статистически значимо чаще, чем в основной (в 45,7 и 13,3% случаев соответственно; $p=0,003$).

У обоих пациентов с переломом латерального тибияльного плато в послеоперационном периоде произошли усталостный перелом фиксатора и потеря коррекции. У первого больного перелом консолидировался к 6-му месяцу со дня операции, и дополнительное хирургическое вмешательство не понадобилось; был получен удовлетворительный функциональный результат лечения. У второго пациента к 6-му месяцу со дня операции признаков сращения не было, ввиду чего была выполнена операция по удалению пластины и винтов, костная пластика остеотомического клина аутотрансплантатом из крыла подвздошной кости и на костный остеосинтез опорной мышечковой пластиной. После второй операции перелом консолидировался в течение следующих 6 месяцев, был получен удовлетворительный результат лечения.

У 2 больных в группе 1 потеря коррекции произошла при отсутствии перелома латерального тибияльного плато в течение года со дня операции. В одном случае потерю коррекции сопровождал перелом винта в дистальном фрагменте ББК. У данных пациентов через 1 год после ОУВТО были получены хороший и удовлетворительный функциональные результаты лечения.

Боль в области имплантированной пластины в контрольной группе была выявлена у 2 пациентов при высоте остеотомического клина ≤ 10 мм и у 9 — при высоте клина > 10 мм. При этом у 2 пациентов с болью в области имплантированной пластины произошла потеря коррекции (при отсутствии перелома) и у одного из них — перелом фиксатора (винта в дистальном фрагменте ББК). В основной группе боль в области имплантированной пластины была диагностирована только при высоте клина > 10 мм, и ни у одного из пациентов не было потери коррекции. Все случаи боли в области имплантированной

пластины требовали периодического приема анальгетических препаратов.

Осложнения, связанные с костной пластикой остеотомического клина, были выявлены только в контрольной группе и включали 1 случай нарушения полимеризации жидкой формы β -трикальцийфосфата (2,2% от общего числа операций) и 1 несращение после перелома латерального тибияльного плато (2,2% от общего числа операций), возникшего в послеоперационном периоде.

Обсуждение

Снижение интенсивности боли, а также улучшение ФС и ОС KSS в течение первого года после ОУВТО было отмечено в обеих группах. Исходно интенсивность боли была незначительно выше, а ФС и ОС KSS — хуже у пациентов группы 1, что объясняется большим числом пациентов с III стадией ОА КС в данной группе. Разница в исходной интенсивности боли по ВАШ и в ФС KSS не достигала статистической значимости, в то время как стартовые значения ОС KSS статистически значимо различались. Это связано с тем, что в ОС KSS до 50 баллов зависят от интенсивности испытываемой пациентом боли и еще до -20 баллов — от выраженности деформации. Поскольку пациентов с III стадией ОА КС в группе 1 было больше (большая выраженность деформации и, как правило, более интенсивная боль), то исходные значения ОС KSS статистически значимо различались. Через 3 месяца после ОУВТО интенсивность боли по ВАШ, ФС и ОС KSS не имели статистически значимых различий. Через 1 год в основной группе интенсивность боли по ВАШ была ниже, а ОС KSS — выше, чем в контрольной, а суммарная частота отличных и хороших результатов составляла соответственно 92,7 и 84,5%. Эти различия, вероятно, связаны с большей частотой осложнений в контрольной группе. По нашему мнению, развитие большей части осложнений в группе 1 объясняется особенностями хирургической техники и использованных фиксаторов.

Так, развитие переломов латерального тибияльного плато всегда начинается из верхушки остеотомического клина либо непосредственно около нее [27]. При выполнении ОУВТО по стандартному методу создаваемая верхушка остеотомического клина имеет форму острого угла, за счет чего концентрирует в себе большие напряжения [27, 28]. В момент расклинивания происходит увеличение высоты остеотомического клина с ростом напряжения в его верхушке, что может привести к появлению перелома, исходящего из нее [27, 29]. В нашем исследовании в контрольной группе данное осложнение произошло в 2 случаях при высоте остеотомического клина > 10 мм. Аналогичные данные представлены некоторыми иностранными учеными, исследовавшими результаты и осложнения ОУВТО [11, 13, 14, 26, 30, 31].

Применение разработанной нами хирургической техники ОУВТО и специального набора инструментов позволяет создать верхушку остеотомического клина овальной формы. Необходимость создания овальной верхушки клина обоснована теорией сопротивления материалов, постулирующей, что для снижения концентрации напряжений в местах резкого изменения площади поперечного сечения элемента конструкции следует увеличить кривизну радиуса конца трещины или отверстия (закруглить верхушку концентратора напряжений) [29] (рис. 10).

При этом необходимо отметить две детали. Во-первых, **коэффициент концентрации напряжений**

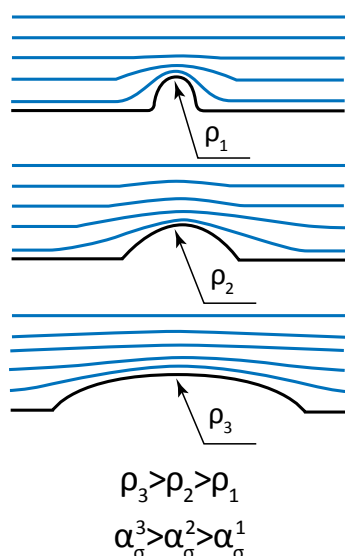


Рис. 10. Локальная концентрация напряжений в зависимости от кривизны радиуса отверстия: ρ – площадь поперечного сечения элемента конструкции; α_σ – локальная концентрация напряжений

определяется геометрией надреза: чем больше глубина и острота последнего, тем он жестче и тем легче получить хрупкое разрушение (перелом). Во-вторых, **чем больше радиус в вершине концентратора напряжений, тем меньшая концентрация напряжений в нем возникает.** Разработанная нами хирургическая техника выполнения ОУВТО позволяет снизить концентрацию напряжений в остеотомическом клине, но не обеспечивает 100%-й защиты от перелома латерального тибialного плато или разрыва латеральной кортикальной петли ввиду возможных ошибок хирургической бригады. Так, в основной группе был выявлен 1 интраоперационный перелом латерального тибialного плато, который стал следствием нарушения разработанной хирургической техники операции.

Для фиксации высоты остеотомического клина большой популярностью во всем мире пользуются моноблочные короткие пластины (Puddu I и II поколения, и др.) с фиксированными спейсерами. Так, по данным метаанализа, в 2148 из 2877 (75 %) операций высота клина была зафиксирована неблокируемыми пластинами, в 681 (24%) случае – блокируемыми, и еще в 48 случаях применена наружная фиксация [23]. Длинные блокируемые пластины имеют объемный дизайн, поэтому их применение часто приводит к развитию болевого синдрома в области имплантации [9]. Неблокируемые короткие пластины со спейсером имеют меньшую длину и толщину, что должно способствовать снижению травматичности операции и частоты болевого синдрома в области имплантированной пластины [8, 10].

По результатам проведенного исследования применение коротких пластин со спейсером в группе 1 было ассоциировано с большим числом осложнений, связанных с фиксатором. Аналогичные данные о результатах применения коротких пластин со спейсером для стабилизации костных фрагментов после ОУВТО, представлены в работах иностранных авторов [11, 13, 14, 16, 18–20].

На наш взгляд, причина развития осложнений, связанных с фиксацией, заключается в сочетании увеличения напряжений в верхушке остеотомического клина при частичной опоре на ногу с недостаточной первичной стабильностью остеосинтеза короткими пластинами со

спейсером. Последняя обусловлена тем, что при типичном расположении короткой пластины со спейсером в переднемедиальном положении в остеотомическом клине начинает действовать рычаг с двумя неравными плечами силы. При этом более длинное и высокое плечо располагается в заднемедиальном отделе, и достаточно приложить относительно небольшую силу, для того чтобы возникла микроподвижность фиксирующей конструкции. Этими факторами обусловлены развитие переломов латерального тибialного плато в послеоперационном периоде, боль в области имплантированной пластины, переломы фиксаторов, замедленные сращения и несращения, потери коррекции, диагностированные в контрольной группе. Применение в основной группе оригинального фиксатора позволило избежать большинства осложнений, связанных с фиксацией, за счет расположения модульного спейсера в заднемедиальном отделе (устранение длинного плеча рычага и эффекта раскачивания в остеотомическом клине) и фиксации высоты остеотомического клина блокируемой пластиной с угловой стабильностью.

Единственным осложнением, связанным с фиксацией и выявленным в обеих группах, была боль в области имплантированной пластины, которая объясняется следующими фактами. В процессе прогрессирования ОА и увеличения варусной деформации КС происходит уменьшение длины мягких тканей, прикрепляющихся к медиальной поверхности ББК. В процессе выполнения ОУВТО происходят расклинивание ББК и имплантация спейсера либо костная пластика остеотомического клина аутотрансплантатом или другими остеозамещающими материалами; вальгизирование проксимальной трети ББК; имплантация фиксатора. Все три фактора способствуют увеличению расстояния между проксимальным и дистальными местами прикрепления мягких тканей (происходит их натяжение), что приводит к боли в области имплантированной пластины. При использовании коротких пластин со спейсером боль связана также с недостаточной первичной стабильностью остеосинтеза, приводящей к микроподвижности фиксатора.

Два осложнения, связанные с костной пластикой, были диагностированы в контрольной группе. Применение в основной группе модульного спейсера позволило выполнить ОУВТО без этапа костной пластики, что априори исключает данную группу осложнений и является безусловным преимуществом разработанного оригинального фиксатора.

Выводы:

1. Выполнение открывающей ОУВТО по стандартной методике с фиксацией высоты остеотомического клина короткими пластинами со спейсером и костной пластикой в 32,7% случаев сопряжено с развитием осложнений.
2. Применение модульного спейсера позволяет отказаться от костной пластики остеотомического клина, а блокируемая пластина с угловой стабильностью в сочетании с заднемедиальным расположением спейсера обеспечивает надежную первичную стабильность остеосинтеза при ОУВТО.
3. Разработанная хирургическая техника и оригинальный фиксатор позволили увеличить долю отличных и хороших результатов лечения с 84,8 до 92,7% и снизить в 2 раза число осложнений, связанных с ОУВТО.

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. 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. 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
- 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
- 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
- Schröter 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. doi: 10.1016/j.arthro.2011.01.008
- van Raaij TM, 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(4):508-514. doi: 10.1080/17453670710015508
- 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). doi: 10.1302/0301-620X.99B7.BJJ-2016-0927.R1
- 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.* 2015;23(7):2032-2040. doi: 10.1007/s00167-014-2914-8
- 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.* 2015;23(12):3707-3716. doi: 10.1007/s00167-014-3287-8
- 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. doi: 10.1302/0301-620X.92B9.23660
- Miller BS, Downie B, McDonough B, Wojtys EM. Complications after medial opening wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy.* 2009;25(6):639-646. doi: 10.1016/j.arthro.2008.12.020
- 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
- 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
- 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.
- 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. doi: 10.1016/j.arthro.2010.05.006
- 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. doi: 10.1302/0301-620X.88B11.17743
- Jung WH, Chun CW, Lee JH, Ha JH, Kim JH, Jeong JH. Comparative study of medial opening-wedge high tibial osteotomy using 2 different implants. *Arthroscopy.* 2013;29(6):1063-1071. doi: 10.1016/j.arthro.2013.02.020
- Bonasia DE, Dettoni F, Sito G, Blonna D, Marmotti A, Bruzzone M, et al. Medial opening wedge high tibial osteotomy for medial compartment overload/arthritis in the varus knee: Prognostic factors. *Am J Sports Med.* 2014;42(3):690-698. doi: 10.1177/0363546513516577
- 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(3):333-339. doi: 10.1007/s00167-010-1335-6
- 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
- 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):2325967117749584. doi: 10.1177/2325967117749584
- 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.* 2016;23(2):276-282. doi: 10.1016/j.knee.2015.09.018
- Lash NJ, Feller JA, Batty LM, Wasiak J, Richmond AK. Bone grafts and bone substitutes for opening-wedge osteotomies of the knee: A systematic review. *Arthroscopy.* 2015;31(4):720-730. doi: 10.1016/j.arthro.2014.09.011
- 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
- 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.
- 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
- Бялик ВЕ, Макаров СА, Бялик ЕИ, Нестеренко ВА, Нурмухаметов МР. Осложнения открывающей угол высокой тибальной остеотомии. Анализ причин и пути их устранения. *Научно-практическая ревматология.* 2021;59(2):215-224. [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-Prakticheskaya Revmatologia = Rheumatology Science and Practice*. 2021;59(2):215-224 (In Russ.)). doi: 10.47360/1995-4484-2021-215-224
28. Барашков ВН, Смолина ИЮ, Путеева ЛЕ, Песцов ДН. *Основы теории упругости: учебное пособие*. Томск:Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та;2012: 184. [Barashkov VN, Smolina IYu, Puteeva LE, Pestsov DN. *Fundamentals of the theory of elasticity: Tutorial*. Tomsk;2012:184 (In Russ.)].
 29. Феодосьев ВИ. Соппротивление материалов: учебник для вузов; 16-е изд., испр. М.:Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана;2016: 543. [Feodosiev VI. Resistance of materials: textbook for universities; 16th ed. Moscow; 2016:543 (In Russ.)].
 30. 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
 31. 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

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

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

Алексеева Л.И. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7017-0898>

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>