

Что может повлиять на результат медиальной открывающей угол высокой тибиальной остеотомии?

В.Е. Бялик¹, С.А. Макаров¹, М.А. Макаров¹, Е.И. Бялик¹, В.А. Нестеренко¹, М.Р. Нурмухаметов¹, Д.В. Капитонов¹, А.А. Черникова²

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт ревматологии им. В.А. Насоновой» 115522, Российская Федерация, Москва, Каширское шоссе, 34а
²ООО Клиника «Креде Эксперто», 109004, Российская Федерация, Москва, Товарищеский пер., 10, стр. 2

¹V.A. Nasonova Research Institute of Rheumatology 115522, Russian Federation, Moscow, Kashirskoye Highway, 34A
²LLC Crede Experto Clinic 109004, Russian Federation, Moscow, Tovarishcheskiy lane, 10, building 2

Контакты: Бялик Валерий Евгеньевич,
DoctorBjalik@yandex.ru
Contacts: Valerii Bialik,
DoctorBjalik@yandex.ru

Поступила 11.09.2021
Принята 04.03.2022

Цель исследования – изучить влияние пациент-специфических показателей (возраст, индекс массы тела (ИМТ), стадия остеоартрита (ОА) коленного сустава (КС)), высоты остеотомического клина, сопутствующих медиальной открывающей угол высокой тибиальной остеотомии (МОУВТО) вариантов артроскопической пластики (АП) и открытой хондропластики (ОХП) на развитие осложнений и результат операции.
Материалы и методы. В исследование включены 76 пациентов, которым была выполнена МОУВТО. Для изучения влияния каждого из параметров были созданы группы сравнения: 1) по возрасту: моложе ($n=45$) и старше ($n=31$) 60 лет; 2) по ИМТ: <30 кг/м² и ≥ 30 кг/м²; 3) по высоте раскрытия остеотомического клина: ниже ($n=29$) и выше ($n=47$) 10 мм; 4) по стадиям ОА: с I и II стадиями ($n=43$) и с III стадией ($n=33$); 5) по характеру оперативного вмешательства: МОУВТО + АП КС или ОХП ($n=34$) и изолированная МОУВТО ($n=42$). Для оценки результата изучали изменение интенсивности боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), а также состояние КС по шкале Knee Society Score (KSS) до операции и через 1 год после МОУВТО.

Результаты. Развитие осложнений имело слабую прямую связь с III стадией ОА КС ($r=-0,24$) и умеренной силы прямую связь с высотой раскрытия остеотомического клина >10 мм ($r=-0,42$). Возраст, ИМТ, наличие сопутствующих АП КС и ОХП не оказывало влияния на развитие осложнений. Однако число осложнений было статистически значимо выше среди пациентов с III стадией и высотой остеотомического клина >10 мм, чем при II стадии ОА КС ($p=0,03$) и высоте клина ≤ 10 мм ($p=0,0002$). Возраст старше 60 лет и ИМТ <30 кг/м² имели прямую слабую связь ($r=0,27$ и $r=0,23$ соответственно) с достижением удовлетворительного результата. Напротив, отличный результат ассоциировался с ИМТ <30 кг/м² и I–II стадиями ОА КС ($r=0,34$ и $r=0,31$ соответственно), а также имел прямую умеренной силы связь с высотой остеотомического клина ≤ 10 мм ($r=0,46$). У пациентов старше 60 лет удовлетворительный результат МОУВТО встречался статистически значимо чаще, чем у больных молодого и среднего возраста ($p=0,016$). 71,1% отличных результатов были получены у пациентов с ИМТ <30 кг/м² ($p=0,002$), а хороших и удовлетворительных результатов было статистически значимо больше в группе больных с ИМТ ≥ 30 кг/м² ($p=0,08$ и $p=0,04$ соответственно). При III стадии ОА отличный результат отмечался в 3 раза реже, чем у больных с I и II стадиями ($p=0,004$). У пациентов с раскрытием клина ≤ 10 мм отличных результатов было в 1,5 раза больше, чем у больных с высотой клина >10 мм ($p=0,00006$). Результаты изолированной МОУВТО и МОУВТО, выполненной в сочетании с АП КС или ОХП, существенно не различались.

Выводы. Развитие осложнений МОУВТО ассоциировано с III стадией ОА КС и высотой раскрытия остеотомического клина >10 мм. Лучший результат МОУВТО может быть получен у пациентов в возрасте до 60 лет, с ИМТ <30 кг/м², I–II стадиями ОА КС и при коррекции деформации в пределах 10 мм. Выполнение сопутствующей АП КС или ОХП не оказывает влияния на развитие осложнений и результат операции.

Ключевые слова: высота остеотомического клина, индекс массы тела, высокая тибиальная остеотомия, III стадия, остеоартрит коленного сустава

Для цитирования: Бялик ВЕ, Макаров СА, Макаров МА, Бялик ЕИ, Нестеренко ВА, Нурмухаметов МР, Капитонов ДВ. Что может повлиять на результат медиальной открывающей угол высокой тибиальной остеотомии? *Научно-практическая ревматология*. 2022;60(2):233–241.

WHAT CAN INFLUENCE THE OUTCOME OF OPEN WEDGE HIGH TIBIAL OSTEOTOMY?

Valerii E. Bialik¹, Sergey A. Makarov¹, Maxim A. Makarov¹, Evgeny I. Bialik¹, Vadim A. Nesterenko¹, Maxim R. Nurmukhametov¹, Daniil V. Kapitonov¹, Anastasia A. Chernikova²

Objective – to assess the effect of patient-specific parameters (age, body mass index (BMI), stage of the knee osteoarthritis (KOA), the osteotomy gap size, concomitant medial opening angle high tibial osteotomy (MOWHTO) arthroscopic plastic (AP) and open chondroplasty (OCHP) on the development of complications and the outcome of the operation.

Materials and methods. The study included 76 patients who underwent MOWHTO. To study the influence of each of the parameters, comparison groups were created: 1) by age: patients younger and older than 60 years (45 versus 31); 2) by BMI: patients with BMI <30 kg/m² versus patients with a BMI from 30 to 40 kg/m² (35 versus 41); 3) by the osteotomy gap size: ≤ 10 mm and >10 mm (29 versus 47); 4) by stages of KOA: patients with stage I and II versus patients with stage III (43 versus 33); 5) patients with MOWHTO + AP of the knee or OCHP versus patients who underwent only MOWHTO (34 versus 42). To assess the result, we studied the change in pain intensity according to the visual analogue scale (VAS), as well as the state of the knee joint according to the Knee Society Score (KSS) scale before surgery and 1 year after MOWHTO.

Results. The development of complications had a weak direct relationship with stage III of the KOA ($r=-0.24$) and moderate strength a direct relationship with the osteotomy gap size >10 mm ($r=-0.42$). Age, BMI, the presence of concomitant AP of the knee or OCHP did not affect the development of complications. However, the number of complications was statistically significantly higher among patients with stage III and osteotomy gap size >10 mm relative to patients with stage II of the KOA ($p=0.03$) and patients with deformity correction ≤ 10 mm ($p=0.0002$). Age over 60 years and BMI <30 kg/m² had a direct weak relationship ($r=0.27$ and $r=0.23$) with the achievement

of a satisfactory result. An excellent result had a direct weak relationship with a BMI < 30 kg/m² and stages I–II of the KOA ($r=0.34$ and $r=0.31$), as well as a direct moderate strength relationship with an osteotomy gap size ≤ 10 mm ($r=0.46$). At the age of patients over 60 years, a satisfactory result was significantly more frequent compared with patients of young and middle age ($p=0.016$). 71.1% of excellent results were obtained in patients with a BMI < 30 kg/m² ($p=0.002$), and there were significantly more good and satisfactory results in the group of patients with a BMI > 30 kg/m² ($p=0.08$ and $p=0.04$). At stage III, an excellent result was obtained 3 times less frequently than in patients with stages I and II of the KOA ($p=0.004$). In patients with gap size ≤ 10 mm, excellent results were 1.5 times greater than in patients with a gap size > 10 mm ($p=0.00006$). There were no differences in the results in patients who underwent MOWHTO in isolation and in patients in whom MOWHTO was supplemented with AP of the knee or OCHP.

Conclusions. The development of complications is associated with stage III of the KOA and the need for correction (the osteotomy gap size) > 10 mm. The best result of MOWHTO can be obtained in patients under the age of 60 years, with a BMI < 30 kg/m² at stages I–II of the KOA and deformity correction within 10 mm. Concomitant AP of the knee or OCHP don't affect the development of complications and the outcome of the operation.

Key words: gap size, body mass index, high tibial osteotomy, stage III, knee osteoarthritis

For citation: Bialik VE, Makarov SA, Makarov MA, Bialik EI, Nesterenko VA, Nurmukhametov MR, Kapitonov DV, Chernikova AA. What can influence the outcome of open wedge high tibial osteotomy?. *Nauchno-Prakticheskaya Revmatologiya = Rheumatology Science and Practice.* 2022;60(2):233–241 (In Russ.).

doi: 10.47360/1995-4484-2022-233-241

Введение

Медиальная открывающая угол высокая тибальная остеотомия (МОУВТО) – сустав-сберегающая операция, выполняемая при остеоартрите (ОА) коленного сустава (КС) I–III стадии с преимущественным поражением медиального отдела, сопровождающимся варусной деформацией и медиальным отклонением механической оси нижней конечности во фронтальной плоскости. Суть операции заключается в создании клина в проксимальном метаэпифизе большеберцовой кости с углом, открытым медиально, что позволяет поднять суставную поверхность медиального мыщелка большеберцовой кости и осуществить перенос механической оси нижней конечности с пораженного медиального отдела КС на интактный латеральный. По мнению авторского коллектива, такое перераспределение нагрузки приводит к снижению компрессионного давления и трения суставных поверхностей в медиальном отделе КС и как следствие – к уменьшению или полному купированию боли, замедлению прогрессирования ОА и улучшению функции КС.

В настоящее время хорошо известны отдаленные результаты МОУВТО. Так, по данным разных ученых, через 7–10 лет после операции у 81,7–91,0% пациентов отсутствует необходимость в эндопротезировании КС [1–4]. С другой стороны, эти данные демонстрируют, что за вышеуказанный промежуток времени у 9,0–18,3% пациентов происходит рецидив симптомов ОА, которые не удается купировать консервативными методами лечения, и эти пациенты подвергаются эндопротезированию КС.

Также, по данным абсолютного большинства исследователей, чьи труды посвящены результатам МОУВТО, можно сделать вывод о том, что у части больных развиваются осложнения (переломы латерального тибального плато, несращения, потери коррекции), которые приводят к необходимости повторных вмешательств на КС в течение нескольких лет после МОУВТО [5–14]. Зарубежными авторами ранее изучалось влияние возраста, массы тела пациентов, стадии ОА КС, высоты остеотомического клина, а также способов восстановления локальных дефектов хряща на результат операции, однако единого мнения достигнуто не было [7, 15–37].

Поскольку в предыдущих публикациях мы дали подробное описание влияния особенностей хирургической техники на результат операции [38, 39], целью данного исследования стала оценка влияния возраста, индекса массы тела,

стадии остеоартрита коленного сустава, высоты остеотомического клина, а также сопутствующих медиальной открывающей угол высокой тибальной остеотомии артротомической пластики коленного сустава и открытой хондропластики на развитие осложнений и результат операции.

Материалы и методы

В лаборатории ревмоортопедии и реабилитации ФГБНУ НИИР им. В.А. Насоновой с 2005 по 2020 г. было выполнено 76 МОУВТО. Операцию выполняли в случае соответствия пациента следующим критериям: интенсивность боли в КС 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 пателлофemorальном сочленении; интактный латеральный тибioфemorальный отдел КС; амплитуда движений $\geq 100^\circ$; высокая степень исходной функциональной активности пациента. МОУВТО не проводилась при наличии у больных тяжелых сопутствующих соматических заболеваний; предшествующей инфекции; пателлофemorального ОА III–IV стадии; ОА латерального тибioфemorального отдела любой стадии; ОА тазобедренного или голеностопного сустава II–IV стадии на стороне предполагаемой операции; индекса массы тела (ИМТ) ≥ 40 кг/м²; ограничении сгибания в КС $> 25^\circ$; ограничении разгибания в КС $\geq 10^\circ$; при отсутствии латерального мениска.

В 46 случаях МОУВТО была выполнена по методу, описанному P.J. Fowler в 2000 г. [40]. У этих больных фиксацию достигнутой коррекции осуществляли при помощи коротких пластин с фиксированным спейсером (Puddu I поколения – 5 операций; Puddu II поколения – 24 операции; Osteomed – 17 операций); костную пластику остеотомического клина выполняли при высоте последнего > 10 мм. Для этой цели были использованы: аутотрансплантат из крыла подвздошной кости (25 случаев) либо биодеградируемый остеозамещающий материал β -трикальцийфосфат (ChronOs Inject – 8 случаев, ChronOs в виде блоков – 6 случаев). У 7 пациентов костную пластику не выполняли (высота остеотомического клина ≤ 10 мм).

В 30 случаях МОУВТО была выполнена по разработанной нами хирургической технике с применением оригинального фиксатора [39]. Фиксацию достигнутой

коррекции во всех случаях осуществляли при помощи модульного спейсера, соединяющегося винтом с блокируемой пластиной с угловой стабильностью. Операция у этих больных выполнялась без костной пластики.

Для изучения влияния возраста, ИМТ, стадии ОА КС, а также высоты остеомиического клина, сопутствующих МОУВТО артроскопической пластики (АП) КС и открытой хондропластики (ОХП) на развитие осложнений и результат операции пациенты, оперированные по известной и предложенной нами методике, были объединены в одну группу (поскольку ни один из изучаемых факторов не влиял на выбор хирургической техники и способ фиксации достигнутой коррекции, но мог оказывать влияние на развитие осложнений и результат операции). В соответствии с изучаемым фактором все больные были разделены на группы сравнения по возрасту, ИМТ и высоте остеомиического клина (рис. 1).

Для изучения влияния возраста была использована возрастная классификация Всемирной организации здравоохранения. В соответствии с ней выделены группы пациентов молодого (25–44 года), среднего (45–59 лет), пожилого (60–74 года) и старческого (75–90 лет) возраста. Людей старше 90 лет в нашем исследовании не было. При формировании групп сравнения молодые были объединены с пациентами среднего возраста, а пожилые – с пациентами старческого возраста. Таким образом, разделение произошло по границе в 60 лет с преобладанием больных младшей возрастной категории. Для исследования влияния массы тела была использована классификация ИМТ, в соответствии с которой выделяют: выраженный дефицит массы тела (ИМТ $\leq 15,9$ кг/м²), недостаточную (ИМТ = 16–18,4 кг/м²), нормальную (ИМТ = 18,5–24,9 кг/м²), избыточную (ИМТ = 25–29,9 кг/м²) массу тела, ожирение 1-й (ИМТ = 30–34,9 кг/м²), 2-й (ИМТ = 35–39,9 кг/м²), 3-й (ИМТ ≥ 40 кг/м²) степени. Пациентов с выраженным дефицитом и недостаточной массой тела, а также с ожирением 3-й степени в нашем исследовании не было. Соответственно, для сравнения были выделены две группы: пациенты с нормальными значениями ИМТ и предожирением и пациенты с ИМТ, соответствующим I–II степеням ожирения (от 30 до 39,9 кг/м²). Для изучения влияния высоты остеомиического клина больных разделили на две группы – с высотой ≤ 10 мм (малая высота клина) и > 10 мм (большая высота клина).

Для изучения влияния стадии ОА КС на развитие осложнений и результат операции была использована классификация Келлгрена – Лоуренса (Kellgren – Lawrence),

в соответствии с которой в нашем исследовании было 4 пациента с I стадией ОА КС, 39 пациентов со II стадией, 33 пациента – с III. Были созданы две группы сравнения: пациенты с I или II стадией ОА (43 КС) и с III стадией ОА (33 КС).

АП КС была выполнена в 31 случае при наличии положительных менисковых тестов. Во время выполнения артроскопии оценивали выявленные дефекты хряща в соответствии с классификацией Outerbridge. I стадия разволокнения хрящевой ткани выявлена у 3 пациентов, II стадия – у 8, III стадия – у 14, IV стадия – у 6 пациентов. В 11 случаях были обнаружены смежные дефекты медиальных мыщелков большеберцовой и бедренной костей. Несмотря на наличие положительных менисковых тестов у всех пациентов, которым выполнялась артроскопия, разрывы медиального мениска интраоперационно были обнаружены лишь в 13 (42%) случаях. Использовали следующие методы сопутствующей АП КС: абразивная хондропластика ($n=1$), парциальная резекция медиального мениска в пределах здоровых тканей ($n=7$), шов медиального мениска ($n=6$), нанесение микропереломов ($n=11$), парциальная резекция медиального мениска в пределах здоровых тканей + нанесение микропереломов ($n=6$).

В 3 случаях, когда размер дефекта хряща на медиальном мыщелке бедренной кости был равен 3–5 см², была выполнена артротомия с последующей ОХП. Для этого рассверливали область дефекта хряща спицами до выделения в полость сустава капель крови и костного мозга и далее закрывали область дефекта коллагеновой матрицей Chondro Guide.

Для изучения возможности получения лучших результатов операции нами был проведен анализ результатов изолированной МОУВТО (42 КС) и МОУВТО в сочетании с АП КС либо ОХП (34 КС).

Осложнения были выявлены у 20 (26,3%) пациентов, и разделены на интра- и послеоперационные. При этом у 5 пациентов, помимо первичного осложнения, возникали и дополнительные, являвшиеся следствием первичного (подробная информация об осложнениях, причинах их развития и способах их ликвидации представлена в наших предыдущих публикациях [38, 39]). Поскольку целью настоящей работы является оценка факторов, которые могут оказывать влияние на развитие осложнений, в данной статье будут рассмотрены только первично возникшие осложнения, включая 5 переломов латерального тибиаляного плато, 3 из которых были интраоперационными

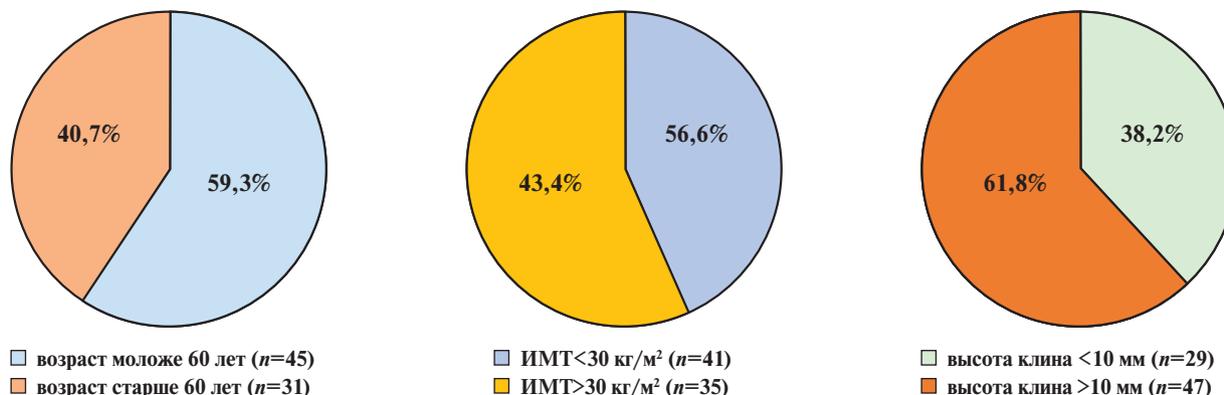


Рис. 1. Группы сравнения по возрасту, ИМТ, высоте остеомиического клина

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

Примечание: ВАШ – визуальная аналоговая шкала; KSS – Knee Society Score; ФС – функциональный счет; ОС – объективный счет

и 2 возникли в послеоперационном периоде, 2 случая потери коррекции в отсутствие переломов и 13 случаев боли в области имплантированной пластины.

Оценка результатов была осуществлена на основании изменения интенсивности боли по ВАШ, а также функционального и объективного счета Knee Society Score (KSS). Критерии оценки результата представлены в таблице 1.

Статистическую обработку полученных 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 частоту в процентах. Анализ исследуемых факторов был проведен при помощи коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Сравнение результатов у пациентов с осложнениями и без, а также попарное сравнение результатов в зависимости от исследуемых факторов выполнено при помощи критерия Пирсона χ^2 . Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Развитие осложнений было изучено в соответствии с распределением по изучаемым факторам. Полученные данные представлены в таблице 2.

Из представленных результатов следует, что развитие осложнений не зависит от возраста пациента, его массы тела, проведения сопутствующих АП КС или ОХП. Однако выполнение МОУВТО у пациентов с III стадией ОА КС и расклинивание большеберцовой кости более чем на 10 мм имеют статистически значимую связь с развитием осложнений. Более того, выполнение МОУВТО у пациентов с III стадией ОА КС сопряжено с повышением в 2,4 раза риска развития осложнений по сравнению

с МОУВТО, выполнявшейся при I–II стадиях заболевания (относительный риск (ОР) – 2,4; 95%-й доверительный интервал (95% ДИ): 1,1–5,4; $p=0,03$). Необходимость коррекции деформации более 10 мм повышает риск развития осложнений в 11,7 раза по сравнению с пациентами, у которых коррекция деформации выполняется в пределах 10 мм (ОР=11,7; 95% ДИ: 1,7–83; $p=0,0003$).

Через 1 год после МОУВТО неудовлетворительных результатов не было. Всего было получено 38 (50,0%) отличных, 29 (38,2%) хороших и 9 (11,8%) удовлетворительных результатов.

Несмотря на то, что большинство пациентов с отличным и хорошим результатом были моложе 60 лет, это различие не достигало статистической значимости. В то же время среди пациентов с удовлетворительным результатом количество лиц старше 60 лет было статистически значимо больше, чем больных более молодого возраста (табл. 3). Это позволяет считать, что возраст старше 60 лет является одним из возможных факторов, негативно влияющих на результат МОУВТО.

Масса тела пациентов оказывает серьезное влияние на результат операции. 27 из 38 (71,1%) больных с отличным результатом имели нормальную массу тела ($p=0,002$). При этом следует отметить, что у пациентов с нормальными значениями ИМТ вероятность получения отличного результата МОУВТО в 2,1 раза выше, чем у пациентов с ожирением (ОР=2,1; 95% ДИ: 1,2–3,6; $p=0,005$). Большинство больных с хорошим результатом имели I–II степень ожирения, но это различие не достигало статистической значимости ($p=0,08$). Это показывает, что МОУВТО обеспечивает снижение интенсивности боли и улучшение функции КС независимо от массы тела, однако добиться лучших результатов лечения у больных с ожирением сложнее. У большинства пациентов

Таблица 2. Развитие осложнений в зависимости от исследуемых факторов

Осложнения	Исследуемые факторы										
	Возраст <60 лет (n=45)	Возраст ≥60 лет (n=31)	ИМТ ≤30 кг/м ² (n=41)	ИМТ >30 кг/м ² (n=35)	I–II стадии ОА КС (n=43)	III стадия ОА КС (n=33)	Высота клина ≤10 мм (n=29)	Высота клина >10 мм (n=47)	С АП КС или ОХП (n=34)	Без АП КС или ОХП (n=42)	
Есть (n=20)	n	9	11	8	12	7	13	1	19	9	11
	%	20,0%	35,5%	19,5%	34,2%	16,3%	39,4%	3,4%	40,5%	26,5%	26,2%
Нет (n=56)	n	36	20	33	23	36	20	28	28	25	31
	%	80,0%	64,5%	80,5%	65,8%	83,7%	60,6%	96,6%	59,5%	73,5%	73,8%
p	0,07		0,23		0,03		0,0002		0,83		

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ОА – остеоартрит; КС – коленный сустав; АП – артроскопическая пластика; ОХП – открытая хондропластика

Таблица 3. Влияние различных факторов на результат МОУВТО

Результат	Исследуемые факторы										
	Возраст <60 лет (n=45)	Возраст ≥60 лет (n=31)	ИМТ ≤30 кг/м ² (n=41)	ИМТ >30 кг/м ² (n=35)	I-II стадии ОА КС (n=43)	III стадия ОА КС (n=33)	Высота клина ≤10 мм (n=29)	Высота клина >10 мм (n=47)	С АП КС или ОХП (n=34)	Без АП КС или ОХП (n=42)	
Отличная	n	25	13	27	11	28	10	23	15	20	18
	%	55,26%	41,94%	65,85%	31,43%	65,2%	30,3%	79,31%	31,91%	58,82%	42,86%
	p	0,24		0,002		0,004		0,00006		0,16	
Хороший	n	18	11	12	17	11	18	5	24	10	19
	%	40,0%	35,48%	29,27%	48,57%	25,5%	54,5%	17,24%	51,06%	29,41%	45,24%
	p	0,69		0,08		0,02		0,003		0,15	
Удовлетворительный	n	2	7	2	7	4	5	1	8	4	5
	%	4,44%	22,58%	4,88%	20,0%	9,3%	15,2%	3,45%	17,03%	11,77%	11,9%
	p	0,016		0,04		0,38		0,07		0,98	

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ОА – остеоартрит; КС – коленный сустав; АП – артроскопическая пластика; ОХП – открытая хондропластика

с удовлетворительным результатом также отмечалось ожирение ($p=0,04$).

При III стадии ОА отличный результат был получен у 30,3%, при I–II степени – у 65,2% пациентов ($p=0,004$). Кроме того, при I–II рентгенологических стадиях более чем в 2 раза увеличивается вероятность получения отличного результата (ОР=2,15; 95% ДИ: 1,23–3,77; $p=0,005$). Большинство больных с хорошим результатом имели III стадию ОА КС ($p=0,02$), однако частота удовлетворительных результатов в сравниваемых группах была сопоставима.

У пациентов с высотой остеомихического клина в пределах 10 мм вероятность получить отличный результат лечения в 2,5 раза выше, чем у больных, которым для устранения деформации необходимо расклинить большеберцовую кость более чем на 10 мм (ОР=2,5; 95% ДИ: 1,6–3,9; $p=0,0001$). В 24 из 29 случаев (82,8%) хороший результат был получен при высоте клина >10 мм ($p=0,003$). Статистически значимых различий по частоте удовлетворительного результата при высоте клина больше и меньше 10 мм выявлено не было, что может быть связано с недостаточной численностью групп больных.

АП КС и ОХП на результат МОУВТО существенно не повлияли.

При проведении корреляционного анализа по Спирмену были выявлены умеренной силы прямая связь между развитием осложнений и высотой раскрытия остеомихического клина более 10 мм ($r=0,42$) и слабая прямая связь осложнений с наличием III стадии ОА КС ($r=0,24$). Возраст, ИМТ, а также выполнение сопутствующих АП КС и ОХП не коррелируют с развитием осложнений при МОУВТО.

Аналогичным образом была исследована корреляционная связь между достижением отличного, хорошего и удовлетворительного результатов и исследуемыми факторами. Показано, что возраст старше 60 лет и ИМТ >30 кг/м² имеют слабую прямую связь с удовлетворительным результатом ($r=0,27$ и $r=0,23$ соответственно). Хороший результат имеет слабую обратную корреляцию с I–II стадиями ОА КС ($r=-0,26$) и высотой раскрытия остеомихического клина менее 10 мм ($r=-0,33$). Отличный результат имеет слабую

прямую связь с ИМТ <30 кг/м² ($r=0,34$) и I–II стадиями ОА КС ($r=0,31$), а также умеренной силы прямую связь – с высотой раскрытия остеомихического клина менее 10 мм ($r=0,46$). Остальные изучаемые факторы не имеют связи с достижением какого-либо результата операции.

Обсуждение

Увеличение числа пациентов с ОА КС и выявление данного заболевания на ранней стадии обусловило необходимость увеличения числа операций, направленных на сохранение КС. Для того чтобы улучшить результаты лечения, необходимы грамотный отбор пациентов и четкое представление о том, в каких условиях МОУВТО приведет к улучшению состояния КС, а в каких, напротив, будет повышен риск осложнений, не позволяющих достигнуть ожидаемого результата.

В работах зарубежных исследователей было продемонстрировано, что у пациентов старше 56 лет результаты МОУВТО хуже, чем у пациентов более молодого возраста [16], а по данным А.Е. Staubli и соавт. [35], все осложнения, потребовавшие повторного хирургического вмешательства, возникли у пациентов старше 64 лет. В то же время другие авторы показали, что результат МОУВТО не зависит от возраста пациента [18, 36]. У наших больных возраст не влиял на развитие осложнений, однако у пациентов старше 60 лет удовлетворительные результаты встречались чаще, чем в молодом и среднем возрасте, что позволяет расценивать возраст старше 60 лет как один из факторов, ухудшающих результат операции.

По данным ряда авторов, вес пациентов влиял и на развитие осложнений, и на результат операции. Так, проведение МОУВТО у больных с ИМТ >30 кг/м² было связано с более частым развитием осложнений [28, 31] и худшими результатами, чем у пациентов с нормальными значениями индекса [30]. Другие исследователи пришли к выводу, что никакие пациент-специфические факторы не влияют на развитие осложнений и результат МОУВТО [7]. У наших больных с ИМТ ≥30 кг/м² осложнения встречались несколько чаще, но эти различия не достигали статистической

значимости. В то же время отличных результатов среди пациентов с ИМТ < 30 кг/м² было в 2 раза больше ($p=0,002$), тогда как удовлетворительные результаты в 4 раза чаще отмечались в группе пациентов с ожирением 1-й и 2-й степени ($p=0,04$). Добиться лучших результатов операции у таких больных было гораздо сложнее.

Как известно, абсолютное большинство случаев ОА КС сопровождается варусной деформацией КС. При этом по мере прогрессирования ОА происходит более быстрое уменьшение толщины хряща в медиальном отделе в сравнении с другими отделами КС. Это приводит к появлению и/или увеличению выраженности деформации и контрактуры структур внутреннего отдела КС с увеличением контактного давления в нем (причем последнее в большей степени зависит от величины деформации, нежели от толщины хряща) [41], а также к перерастяжению латерально расположенных мягких тканей (преимущественно, задне-латеральный угол), стабилизирующих КС. Таким образом, формируется порочный круг дальнейшего прогрессирования ОА КС. Поэтому устранение варусной деформации играет ключевую роль в замедлении прогрессирования ОА КС. Вероятно, именно с этим фактом связано получение хороших, в том числе отдаленных, результатов МОУВТО у пациентов с III стадией ОА КС [3, 37]. Однако при сравнении результатов МОУВТО у больных, оперированных на III–IV стадиях ОА КС, были достигнуты худшие результаты по сравнению с пациентами, имеющими начальные стадии процесса [1–4, 30, 37]. В нашем исследовании у пациентов с III стадией результаты также были хуже, чем у больных с I и II стадиями ОА КС. При этом отличные результаты были получены у 65,2% пациентов с I и II стадиями ОА КС и у 30,3% больных с III стадией ($p=0,004$). Такая разница по частоте отличных результатов МОУВТО на разных стадиях ОА КС может быть обусловлена необходимостью, в большинстве случаев, создания у большинства больных с III стадией ОА КС остеотомического клина большей высоты, нежели при I или II стадиях. По данным зарубежных исследователей и представленных нами результатов, высота остеотомического клина > 10 мм сопряжена с большим количеством осложнений (интра- и послеоперационные переломы латерального тибиаляного плато, потеря коррекции, замедленные сращения и несращения, боль в области имплантированной пластины) [8, 10, 13, 28–31, 34, 38, 39]. 19 из 20 случаев осложнений у наших пациентов возникли при высоте остеотомического клина > 10 мм ($p=0,0002$), а 13 из 20 осложнений наблюдались при выполнении МОУВТО у пациентов с III стадией ОА КС ($p=0,03$). Эти данные свидетельствуют о наличии прямой взаимосвязи между III стадией ОА КС, высотой раскрытия остеотомического клина > 10 мм и развитием осложнений. Разумеется, не все случаи ОА КС III стадии сопровождаются варусной деформацией, требующей коррекции > 10 мм. В то же время у некоторых пациентов со II стадией ОА КС для устранения варусной деформации требуется расклинивание большеберцовой кости > 10 мм. Поэтому в нашем исследовании отмечалась разница в числе осложнений при III стадии ОА КС и высоте остеотомического клина > 10 мм. Решающее значение в данном случае имеет не III стадия ОА КС как таковая, а именно необходимость коррекции варусной деформации > 10 мм. Большее количество осложнений у таких пациентов повлияло и на полученные результаты.

Так, отличные результаты были получены у 79,31% пациентов с высотой остеотомического клина ≤ 10 мм и лишь у 31,91% – с высотой остеотомического клина > 10 мм ($p=0,00006$).

Как итог можно сделать вывод о том, что *лучший результат МОУВТО может быть получен у пациентов моложе 60 лет, с ИМТ < 30 кг/м², при I–II стадиях ОА КС и величине коррекции ≤ 10 мм*. Соответственно, для достижения лучших результатов МОУВТО мы рекомендуем выполнять данную операцию у пациентов с ранними стадиями ОА КС и необходимостью коррекции варусной деформации в пределах 10 мм. В случае необходимости коррекции варусной деформации > 10 мм имеет смысл выполнять шаровидную (dome-) остеотомию [42–44] либо постепенную коррекцию деформации при помощи аппарата Илизарова [45, 46].

Выполнение сопутствующих АП КС и ОХП не оказывало существенного влияния на число осложнений и результат МОУВТО, который оценивался через 1 год после операции.

В XXI веке сочетание МОУВТО с АП КС или ОХП было изучено многими ортопедами [15, 19–27, 32, 33]. Исследователи применяли различные методы АП КС: абразию, дебридмент, туннелизацию, нанесение микропереломов на поверхности дефектов хряща. Другие выполняли открытым способом аутологичную матрикс-индуцированную трансплантацию хондроцитов и единократно пришли к следующим выводам:

1. Корреляция между степенью регенерации хрящевой ткани и клиническим результатом отсутствует [15, 19, 25, 32, 33].

2. Через 1–2 года после адекватно выполненной МОУВТО может быть достигнута частичная или полная регенерация хрящевой ткани, даже без стратегии регенерации хряща (применения хондропластики) [19, 20, 22, 24, 25, 32].

3. Главный эффект МОУВТО заключается в смещении механической оси нижней конечности на относительно сохранный латеральный отдел КС [21, 24, 33].

Первый вывод косвенно подтверждается результатами нашего исследования (повторную АС КС мы не выполняли, однако можно предположить, что степень регенерации хрящевой ткани у пациентов, которым была выполнена хондропластика, и в тех случаях, когда она не выполнялась, может различаться, в то время как результаты через 1 год были сопоставимы). Второй вывод объективно подтвердить мы не можем, поскольку повторную артроскопию КС не выполняли никому. Третий вывод фактически подчеркивает важность устранения деформации для купирования боли в КС при ОА, и полученные нами результаты его полностью подтверждают.

Y.G. Koh и соавт. [23] в проспективном исследовании сравнили введение обогащенной тромбоцитарной плазмы отдельно и в сочетании с мезенхимальными стволовыми клетками в КС в день операции, перед началом выполнения МОУВТО. Авторы описывают более выраженное уменьшение боли и лучшую регенерацию хрящевой ткани у пациентов второй группы. Однако по результатам мета-анализа, в котором сравнивали изолированно выполненную МОУВТО и МОУВТО в сочетании со стимуляцией костного мозга с помощью трансплантации стволовых клеток и инъекций гиалуроновой кислоты, O.S. Lee и соавт. [26] пришли к выводу, что эти процедуры практически

не оказывают влияния на клинический результат операции и динамику рентгенологических изменений.

Таким образом, данные литературы и собственные результаты показывают, что хондропластика, которая проводится с помощью АП, а также различные методы стимуляции хондрогенеза (аутологичная матрикс-индуцированная трансплантация хондроцитов, введение обогащенной тромбоцитами плазмы крови и/или мезенхимальных стволовых клеток) не вносят существенного вклада в достижение результата при МОУВТО. Купирование боли и улучшение функционального состояния КС происходит за счет снижения нагрузки на медиальный отдел КС при адекватно выполненной операции. При этом лучшие результаты МОУВТО могут быть получены на ранних стадиях ОА КС при расклинивании большеберцовой кости (коррекции деформации) в пределах 10 мм.

Выводы

1. Развитие осложнений МОУВТО ассоциировано с III стадией ОА КС и необходимостью коррекции (высотой раскрытия остеотомического клина) > 10 мм.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Sterett WI, Steadman JR, Huang MJ, Matheny LM, Briggs KK. Chondral resurfacing and high tibial osteotomy in the varus knee: Survivorship analysis. *Am J Sports Med.* 2010;38(7):1420-1424. doi: 10.1177/0363546509360403
- van Egmond N, van Grinsven S, van Loon CJ, Gaasbeek RD, van Kampen A. Better clinical results after closed- compared to open-wedge high tibial osteotomy in patients with medial knee osteoarthritis and varus leg alignment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(1):34-41. doi: 10.1007/s00167-014-3303-z
- 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
- Brouwer RW, Huizinga MR, Duijvenvoorden T, van Raaij TM, Verhagen AP, Bierma-Zeinstra SM, et al. Osteotomy for treating knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;2014(12):CD004019. doi: 10.1002/14651858.CD004019.pub4
- 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
- Dexel J, Fritzsche H, Beyer F, Harman MK, Lütznier 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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/kssr.16.028
- 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(9):1245-1252. doi: 10.1302/0301-620X.92B9.23660
- Bauer S, Khan RJ, Ebert JR, Robertson WB, Bredahl W, Ackland TR, et al. Knee joint preservation with combined neutralising high tibial osteotomy (HTO) and Matrix-induced Autologous Chondrocyte Implantation (MACI) in younger patients with medial knee osteoarthritis: A case series with prospective clinical and MRI follow-up over 5 years. *Knee.* 2012;19(4):431-439. doi: 10.1016/j.knee.2011.06.005
- 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
- Floerkemeier S, Staubli AE, Schroeter S, Goldhahn S, Lobenhoffer P. Outcome after high tibial open-wedge osteotomy:

2. Лучший результат МОУВТО может быть получен у пациентов в возрасте до 60 лет, с ИМТ < 30 кг/м², I–II стадией ОА КС и при коррекции деформации в пределах 10 мм.

3. Выполнение сопутствующей АП КС или ОХП не оказывает влияния на развитие осложнений и результат операции.

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.

Данная работа выполнена в рамках поисковой темы № АААА-А20-120040190010-0 «Разработка клеточных технологий и высокотехнологичных хирургических методов лечения больных ревматическими заболеваниями».

- A retrospective evaluation of 533 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(1):170-180. doi: 10.1007/s00167-012-2087-2
18. Goshima K, Sawaguchi T, Sakagoshi D, Shigemoto K, Hatsuchi Y, Akahane M. Age does not affect the clinical and radiological outcomes after open-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(3):918-923. doi: 10.1007/s00167-015-3847-6
 19. Jung WH, Takeuchi R, Chun CW, Lee JS, Jeong JH. Comparison of results of medial opening-wedge high tibial osteotomy with and without subchondral drilling. *Arthroscopy.* 2015;31(4):673-679. doi: 10.1016/j.arthro.2014.11.035
 20. Jung WH, Takeuchi R, Chun CW, Lee JS, Ha JH, Kim JH, et al. Second-look arthroscopic assessment of cartilage regeneration after medial opening-wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy.* 2014;30(1):72-79. doi: 10.1016/j.arthro.2013.10.008
 21. Kanamiya T, Naito M, Hara M, Yoshimura I. The influences of biomechanical factors on cartilage regeneration after high tibial osteotomy for knees with medial compartment osteoarthritis: Clinical and arthroscopic observations. *Arthroscopy.* 2002;18(7):725-729. doi: 10.1053/jars.2002.35258
 22. Kim CW, Seo SS, Lee CR, Gwak HC, Kim JH, Jung SG. Factors affecting articular cartilage repair after open-wedge high tibial osteotomy. *Knee.* 2017;24(5):1099-1107. doi: 10.1016/j.knee.2017.06.001
 23. Koh YG, Kwon OR, Kim YS, Choi YJ. Comparative outcomes of open-wedge high tibial osteotomy with platelet-rich plasma alone or in combination with mesenchymal stem cell treatment: A prospective study. *Arthroscopy.* 2014;30(11):1453-1460. doi: 10.1016/j.arthro.2014.05.036
 24. Koshino T, Wada S, Ara Y, Saito T. Regeneration of degenerated articular cartilage after high tibial valgus osteotomy for medial compartmental osteoarthritis of the knee. *Knee.* 2003;10(3):229-236. doi: 10.1016/s0968-0160(03)00005-x
 25. Kumagai K, Akamatsu Y, Kobayashi H, Kusayama Y, Koshino T, Saito T. Factors affecting cartilage repair after medial opening-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(3):779-784. doi: 10.1007/s00167-016-4096-z
 26. Lee OS, Lee SH, Mok SJ, Lee YS. Comparison of the regeneration of cartilage and the clinical outcomes after the open wedge high tibial osteotomy with or without microfracture: A retrospective case control study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):267. doi: 10.1186/s12891-019-2607-z
 27. Lee OS, Ahn S, Ahn JH, Teo SH, Lee YS. Effectiveness of concurrent procedures during high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138(2):227-236. doi: 10.1007/s00402-017-2826-4
 28. Miller BS, Downie B, McDonough EB, Wojtyls EM. Complications after medial opening wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy.* 2009;25(6):639-646. doi: 10.1016/j.arthro.2008.12.020
 29. 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
 30. Niemeyer P, Stöhr A, Köhne M, Hochrein A. Valgisierende Tibiakopfoesteotomie in öffnender Technik. *Operative Orthopädie Und Traumatologie.* 2017;29(4):294-305. doi: 10.1007/s00064-017-0509-5
 31. Meidinger G, Imhoff AB, Paul J, Kirshhoff 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
 32. Schuster P, Schulz M, Mayer P, Schlumberger M, Immendoerfer M, Richter J. Open-wedge high tibial osteotomy and combined abrasion/microfracture in severe medial osteoarthritis and varus malalignment: 5-year results and arthroscopic findings after 2 years. *Arthroscopy.* 2015;31(7):1279-1288. doi: 10.1016/j.arthro.2015.02.010
 33. Spahn G, Klinger HM, Harth P, Hofmann GO. Cartilage regeneration after high tibial osteotomy. Results of an arthroscopic study. *Z Orthop Unfall.* 2012;150(3):272-279. doi: 10.1055/s-0031-1298388
 34. 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.song
 35. Staubli AE, De Simoni C, Babst R, Lobenhoffer P. TomoFix: A new LCP-concept for open wedge osteotomy of the medial proximal tibia – early results in 92 cases. *Injury.* 2003;34:55-62. doi: 10.1016/j.injury.2003.09.025
 36. Kohn L, Sauerschnig M, Iskansar S, Lorenz S, Meidinger G, Imhoff AB, et al. Age does not influence the clinical outcome after high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(1):146-151. doi: 10.1007/s00167-012-2016-4
 37. Hantes ME, Natsaridis P, Koutalos AA, Ono Y, Doxariotis N, Malizos KN. Satisfactory functional and radiological outcomes can be expected in young patients under 45 years old after open wedge high tibial osteotomy in a long-term follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(11):3199-3205. doi: 10.1007/s00167-017-4816-z
 38. 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
 39. Бялик ВЕ, Макаров СА, Алексеева ЛИ, Бялик ЕИ, Нестеренко ВА, Нурмухаметов МР. Сравнительный анализ результатов и осложнений двух методов выполнения открывающей угол высокой тибальной остеотомии. *Научно-практическая ревматология.* 2021;59(5):615-624. [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 Revmatologia = Rheumatology Science and Practice.* 2021;59(5):615-624 (In Russ.)]. doi: 10.47360/1995-4484-2021-615-624
 40. 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
 41. Мителева ЗМ, Снисаренко ПИ, Зеленецкий ИБ, Карпинский МЮ, Ярьско АВ. Исследование напряженно-деформированного состояния моделей коленного сустава в зависимости от величины варусной деформации и толщины суставного хряща. *Травма.* 2015;16(3):33-38. [Miteleva ZM, Snisarenko PI, Zelenetsky IB, Karpinsky MYu, Yaresko AV. Study of the stress-strain state of the knee joint models depending on the magnitude of the varus deformity and the thickness of the articular cartilage. *Trauma.* 2015;16(3):33-38 (In Russ.)].
 42. Krempey JF, Silver RA. Experience with the Maquet barrel-vault osteotomy. *Clin Orthop.* 1982;168:86-96.
 43. Кочергин ПГ, Корнилов НН, Куляба ТА, Воронкевич ИА, Землянская ЕА. Применение корригирующих остеотомий с компьютерной навигацией в лечении пациентов с деформирующим артрозом коленного сустава. Современные проблемы науки и образования. 2019;5. [Kochergin PG, Kornilov NN, Kulyaba TA, Voronkevich IA, Zemlyanskaya EA. The use of corrective osteotomies with computer navigation in the treatment of patients with deforming arthrosis of the knee joint. *Modern problems of science and education.* 2019;5 (In Russ.)]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29191> (Дата доступа: 15.12.2021).
 44. Karaismailoglu B, Kuyubasi SN, Karaismailoglu TN. Dome-shaped high tibial osteotomy with semi-circular Ilizarov pin fixator: Mid- to long-term results of a novel technique. *Knee.* 2020;27(5):1618-1626. doi: 10.1016/j.knee.2020.08.019
 45. Perusi M, Baietta D, Pizzoli A. Surgical correction of osteoarthritic genu varum by the hemicallotasis technique. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1994;80:739-743.

46. Артемьев АА, Ахпашев АА, Абакиров МД, Решетников АН, Шипулин АА, Гулулян ГГ, и др. Особенности применения внешнего остеосинтеза при коррекции варусной деформации нижних конечностей у пациентов с гонартрозом. *Клиническая практика*. 2020;11(4):31-40. [Artemiev AA, Akhpashev AA,

Abakirov MD, Reshetnikov AN, Shipulin AA, Gululyan GG, et al. Application of external osteosynthesis in correction of varus deformation of lower extremities in patients with gonarthrosis. *Journal of Clinical Practice*. 2020;11(4):31-40 (In Russ.)]. doi: 10.17816/clinpract34246

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

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

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

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>

Капитонов Д.В. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0454-0974>

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