

Научная статья

УДК 616.728.3-007.248:616.718.51-089.85-035

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-1-19-27>

Сравнительный анализ результатов применения вариантов корректирующей остеотомии проксимального отдела большеберцовой кости

М.Ш. Магомедов✉, Д.В. Чугаев, Т.А. Куляба, А.И. Петухов

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

Автор, ответственный за переписку: Магомед Шамилович Магомедов, dr.magomedovmsh@gmail.com

Аннотация

Введение. Остеотомии с открытым и закрытым клином являются двумя наиболее часто используемыми в практике вариантами корректирующей остеотомии проксимального отдела большеберцовой кости при медиальном гонартрозе, сочетающимся с варусной деформацией.

Цель работы — оценить функциональные и рентгенологические исходы лечения пациентов с медиальным гонартрозом, сочетающимся с варусной деформацией проксимального отдела большеберцовой кости, после выполнения корректирующей остеотомии разными методиками.

Материалы и методы. В исследование включены 37 пациентов (26 мужчин и 11 женщин) в возрасте от 20 до 54 лет ($42,84 \pm 9,1$) с медиальным гонартрозом, сочетающимся с варусной деформацией во фронтальной плоскости. В первую группу вошли 23 пациента с 25 прооперированными конечностями, которым выполняли остеотомию типа «открытый клин» (ООК), во вторую — 14 пациентов, которым проведена остеотомия типа «закрытый клин» (ОЗК).

Результаты. Сравнение показателей МРТА, LDТА, аРРТА и MAD после операции не показало статистически достоверной разницы ($p > 0,05$) между группами, но в группе остеотомий с закрытым клином показатели зафиксированы в крайне широком диапазоне значений. Результаты по шкале Лисхольма – Тегнера после операции в сравнении между двумя группами показали статистически достоверную разницу ($p = 0,05$), при оценке данного параметра наиболее эффективной оказалась операция остеотомии с открытым клином.

Обсуждение. Операция корректирующей остеотомии большеберцовой кости с открытым клином является более прогнозируемым хирургическим вмешательством в сравнении с остеотомией с закрытым клином. По результатам нашего исследования, при выполнении остеотомии с открытым клином случаев с избыточной и недостаточной коррекцией значений референтных углов и линий значительно меньше, чем при остеотомии с закрытым клином.

Заключение. Отсутствие специфических хирургических осложнений у исследуемых пациентов показало безопасность обеих оцениваемых хирургических методик. Исследование показало крайне широкий разброс показателей МРТА и LDТА в группе остеотомий с закрытым клином, выходящих за пределы предоперационного планирования. В группе ОЗК зафиксировано наибольшее число пациентов, у которых в ходе операции осуществлена гиперкоррекция механической оси конечности, выходящая за пределы референтных значений. При остеотомии с открытым клином есть возможность использовать аллотрансплантат меньшего размера либо вообще не применять его, что делает ООК более управляемой технологией коррекции деформации кости конечности.

Ключевые слова: корректирующая остеотомия проксимального отдела большеберцовой кости, медиальный гонартроз, остеотомия с открытым клином, остеотомия с закрытым клином

Для цитирования: Магомедов М.Ш., Чугаев Д.В., Куляба Т.А., Петухов А.И. Сравнительный анализ результатов применения вариантов корректирующей остеотомии проксимального отдела большеберцовой кости. *Гений ортопедии*. 2025;31(1):19-27. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-1-19-27.



Comparative analysis of the outcomes of high tibial osteotomy performed with different techniques

M.Sh. Magomedov✉, D.V. Chugaev, T.A. Kulyaba, A.I. Petukhov

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Saint-Petersburg, Russian Federation

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

Abstract

Introduction Opening- and closing wedge osteotomies are the two most commonly used variants of high tibial osteotomy in medial gonarthrosis associated with varus deformity.

Purpose Based on a retrospective analysis of the results of surgical treatment of patients with medial gonarthrosis associated with varus deformity of the proximal tibia, to evaluate functional and radiological outcomes of high tibial osteotomy performed with two different surgical techniques.

Material and methods The study included 37 patients (26 men and 11 women) aged 20 to 54 years (42.84 ± 9.1) with medial gonarthrosis associated with varus deformity in the frontal plane. The first group included 23 patients with 25 operated limbs who underwent open wedge osteotomy (OWO), the second group included 14 patients who underwent closed wedge osteotomy (CWO).

Results Comparison of MPTA, LDTA, aPPTA and MAD in both groups after surgery did not show a statistically significant difference ($p > 0.05$), but in the closing wedge group, the recorded values had an extremely wide range. The results on the Lisholm-Tegner scale after surgery compared between the two groups showed a statistically significant difference ($p = 0.05$), this parameter showed that the opening-wedge osteotomy was more effective.

Discussion Opening wedge osteotomy is a more predictable surgical procedure compared to closing wedge osteotomy. In opening wedge osteotomy, there are significantly fewer cases with excessive or insufficient correction of reference angles and lines than after closing wedge osteotomy.

Conclusion Absence of specific surgical complications in the studied patients demonstrates the safety of both surgical techniques. The study showed an extremely wide range of MPTA and LDTA values in the closed wedge osteotomy group, which were beyond the preoperative planning. The CWO group had the highest number of patients who underwent hypercorrection of the mechanical limb axis, which was beyond the reference values. It is possible to use a small allograft or not to use it at all in OWO, which makes it a more manageable technology for correcting limb bone deformity.

Keywords: high tibial osteotomy, medial gonarthrosis, opening wedge osteotomy, closing wedge osteotomy

For citation: Magomedov MSh, Chugaev DV, Kulyaba TA, Petukhov AI. Comparative analysis of the outcomes of high tibial osteotomy performed with different techniques. *Genij Ortopedii*. 2025;31(1):19-27. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-1-19-27.

ВВЕДЕНИЕ

Остеоартрит (ОА) коленного сустава является распространенным в популяции и многофакторным заболеванием, которое может привести к выраженной дисфункции сустава в результате износа хряща, изменения оси конечности, нарушения нормальной биомеханики сустава [1]. У большинства пациентов с ОА дегенеративно-дистрофические изменения в коленном суставе связаны с варусной деформацией, приводящей к перегрузке медиального отдела коленного сустава и терминальному износу суставного хряща [2]. Для устранения «механических» симптомов ОА коленного сустава и, в первую очередь, болевого синдрома используют различные оперативные методики, в частности корригирующую остеотомию проксимального отдела большеберцовой кости (ПОББК), тотальное эндопротезирование коленного сустава, одномышелковое эндопротезирование коленного сустава и артроскопическую хирургию. Среди них корригирующая остеотомия ПОББК является методом выбора у молодых и активных пациентов с высоким уровнем функциональных требований [3, 4]. Корригирующая остеотомия ПОББК позволяет пациенту избавиться от боли, восстановить нарушенную ось конечности и отсрочить необходимость выполнения тотального эндопротезирования коленного сустава [5].

Наиболее часто используемыми в практике вариантами выполнения данной операции являются остеотомия с закрытым клином (ОЗК) и остеотомия с открытым клином (ООК). Сообщается об отличных результатах использования обоих методов, каждый из которых имеет свои потенциальные преимущества и недостатки [6, 7].

Цель работы — оценить функциональные и рентгенологические исходы лечения пациентов с медиальным гонартрозом, сочетающимся с варусной деформацией ПОББК, после выполнения корригирующей остеотомии разными методиками.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования: ретроспективное сплошное когортное одноцентровое исследование.

В исследование включены пациенты, которым выполняли корригирующую остеотомию ПОББК в период 2021–2023 гг. по поводу медиального гонартроза, сочетающегося с варусной деформацией коленного сустава за счет нарушения референтных углов проксимального отдела большеберцовой кости, подтвержденного клинско-рентгенологическими данными.

Критерии не включения пациентов: посттравматический остеоартроз, перенесенные инфекции коленного сустава и системные заболевания соединительной ткани, наличие асептического некроза кости, отсутствие деформации коленного сустава во фронтальной плоскости, варусная деформация на уровне коленного сустава за счет бедренной кости, возраст старше 60 лет, наличие сгибательной контрактуры $> 10^\circ$.

Из исследования исключены пациенты, которым в послеоперационном периоде выполняли рентгенограммы коленного сустава с некорректными укладками, не позволяющими оценить референтные углы и линии, или не выполняли телерентгенографию нижних конечностей.

Всем пациентам, включенным в исследование, выполнены телерентгенограммы обеих нижних конечностей в прямой проекции, рентгенограммы коленного сустава в двух проекциях. При анализе телерентгенограмм определяли медиальный проксимальный большеберцовый угол (МРТА), латеральный дистальный большеберцовый угол (LDТА), степень смещения механической оси конечности (MAD). По обзорной рентгенограмме коленного сустава в боковой проекции определяли угол наклона суставной поверхности в сагиттальной плоскости (aPPТА).

В исследование включено 37 пациентов (26 (72,2 %) мужчин и 11 (29,8 %) женщин), у которых прооперировано 39 коленных суставов. Средний возраст пациентов с ООК составил $(43,04 \pm 9,9)$ года, с ОЗК — $(42,5 \pm 7,8)$ года.

Пациенты разделены на две группы по методике проведенного оперативного вмешательства. В первую группу включены 23 пациента с 25 прооперированными конечностями, которым выполняли остеотомию типа «открытый клин», во вторую — 14 пациентов, которым была проведена остеотомия типа «закрытый клин».

Предоперационное планирование выполняли с использованием мультимедийного приложения к планшетному компьютеру BoneNinja или в компьютерном приложении Weasys по методике Miniaci.

Техника операции. Пациентам обеих групп оперативное вмешательство выполняли под спинномозговой анестезией с использованием пневматурникета на оперируемой конечности. В группе пациентов с ООК оперативный доступ осуществляли из двух кожных разрезов 5 см и 3 см, располагая больший доступ в косом направлении, совпадающем с ходом сухожилий мышц «гусиной лапки» на уровне

4–5 см от края суставной поверхности большеберцовой кости. Меньший доступ выполняли на уровне нижней трети наkostной пластины для осуществления ее фиксации винтами. По технике, описанной Ph. Lobenhoffer [8], проводили мультипланарную остеотомию проксимального отдела большеберцовой кости и репозицию костных фрагментов с использованием специальных репозиционных клиньев и расширителей. Сформированный промежуток заполняли соразмерным алло костным трансплантатом из головки бедренной кости. Остеосинтез производили с помощью специальной проксимальной тibiальной медиальной наkostной пластины, фиксированной винтами с угловой стабильностью (специализированная Т-образная пластина). В случае выполнения ОЗК производили переднелатеральный оперативный доступ к проксимальному отделу большеберцовой кости, во фронтальной плоскости осуществляли клиновидную остеотомию с удалением костного клина, размер которого был определен на предоперационном этапе при рентгенологическом планировании остеотомии. Для создания возможности репозиции из этого же оперативного доступа выполняли резекцию малоберцовой кости на границе ее верхней и средней трети. Посредством остеоклазии сближали костные фрагменты и производили фиксацию латеральной наkostной тibiальной пластиной, фиксированной винтами с угловой стабильностью. При использовании обеих методик послеоперационные раны ушивали наглухо, без дренирования раны.

Послеоперационное ведение. Реабилитационный режим пациентов обеих групп состоял из разгрузки прооперированной конечности в течение 6 нед. после операции с ранней функцией. Со дня операции пациентов вертикализировали и начинали восстановление нарушенной амплитуды движений в коленном суставе. Гипсовую или иную иммобилизацию оперированной конечности не выполняли. Независимо от результатов выполненной рентгенографии оперированного коленного сустава, пациенты с 6–8 нед. после операции начинали увеличивать осевую нагрузку, доводя ее до полной в течение еще 4–8 нед.

Оценка результатов. В послеоперационном периоде пациенты заполняли опросник со шкалой Лисхольма – Тегнера [9] дистанционно в виде Google forms, начиная с первого года после операции.

Статистический анализ. На основании исходных данных пациентов, включенных в исследование, сформированы электронные таблицы Microsoft Excel. Для статистической обработки полученных данных мы использовали программу Past ver.4.15. Все данные проверяли на соответствие с нормальным (гауссовым) распределением при помощи критериев Шапиро – Уилка и Колмогорова – Смирнова. Данные, не соотносившиеся с нормальным распределением, исследованы с использованием методов непараметрической статистики. Выборки сравнивали при помощи критериев Манна – Уитни и Краскела – Уоллиса.

Ограничения исследования. Самыми важными ограничениями исследования были ретроспективный характер исследования, малый размер выборок, оценка функции сустава по специализированной шкале Лисхольма – Тегнера только в послеоперационном периоде, выполнение оперативных вмешательств разными хирургами, что могло повлиять на такие параметры, как продолжительность операции, ее воспроизводимость и ряд других. Кроме того, важнейшим ограничением всех так называемых «индустриальных», то есть стандартизированных, типов остеотомий является то, что коррекция деформации выполняется вне ее вершины, поэтому нежелательное изменение смежных референтных углов является закономерным следствием нарушения osteotomy rules [10], что также подтверждено и нашим исследованием.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнение МРТА до операции в обеих группах выявило, что показатели практически равны, тогда как после операции, несмотря на отсутствие статистически достоверной разницы ($p > 0,05$), в группе с закрытым клином значения зафиксированы в крайне широком диапазоне (табл. 1). Столь же репрезентативным этот эффект был для LDТА (табл. 2).

Таблица 1

Показатели параметра МРТА (°)

Статистические параметры	МРТА (до операции)		МРТА (после операции)	
	Opening-wedge	Closing-wedge	Opening-wedge	Closing-wedge
Значение P	0,5488		0,4719	
Mean	87,32	86,307	91,72	90,96
Median	87,1	86,25	91,55	90,55
Max	99,7	91,9	98,7	99,2
Min	81,3	80,1	84,6	82
Stand. dev.	3	3.3	3,5	4,5

Таблица 2

Показатели параметра LDТА (°)

Статистические параметры	LDТА (до операции)		LDТА (после операции)	
	Opening-wedge	Closing-wedge	Opening-wedge	Closing-wedge
Значение <i>P</i>	0,0825		0,837	
Mean	88,79	91,035	92,04	91,675
Median	89,4	91,1	92,05	91,05
Max	95,5	96,1	97,4	99,4
Min	81,5	82	85,7	83,9
Stand. dev.	2,7	3,7	2,9	4,4

Как указано выше, изменение LDТА, как смежного референтного угла прооперированной конечности, объясняется особенностью всех вариантов стандартизированных остеотомий бедренной или большеберцовой костей, которые выполняют не на уровне вершины деформации (которая зачастую находится на уровне коленного сустава), а вне ее, адаптируясь к требованиям используемого в ходе операции имплантата. Данный эффект требует дальнейшего исследования, особенно в аспекте оценки функции голеностопного сустава после хирургических вмешательств.

При сравнении угла наклона суставной поверхности в сагиттальной плоскости (аРРТА) после операции обнаружена более высокая вариабельность показателей для остеотомии с открытым клином (табл. 3). Оценка данного параметра крайне важна, так как наклон суставной поверхности в сагиттальной плоскости, часто обозначаемый в зарубежной ортопедической литературе как slope, имеет огромное значение в корректном функционировании передней крестообразной связки и значительно влияет на сагиттальную стабильность коленного сустава.

Таблица 3

Показатели параметра аРРТА (°)

Статистические параметры	аРРТА (до операции)		аРРТА (после операции)	
	Opening-wedge	Closing-wedge	Opening-wedge	Closing-wedge
Значение <i>P</i>	0,3126		0,314	
Mean	79,21	80,44	77,25	78,88
Median	77,4	79,6	76,85	79,5
Max	90,2	88,3	87,7	83,7
Min	74,1	76,2	68,1	73,4
Stand. dev.	4,1	3,8	6,6	3,7

Параметр степени смещения механической оси конечности (MAD) при сравнении двух групп после операции не показал статистически достоверной разницы ($p > 0,05$) в полученных результатах. В обеих исследуемых группах выявлена трансляция оси конечности из варусной в вальгусную позицию. Однако в группе остеотомии с закрытым клином данный параметр изменялся в крайне широком диапазоне с малой степенью повторяемости от операции к операции (табл. 4).

Таблица 4

Показатели параметра MAD

Статистические параметры	MAD (мм)	
	Opening-wedge	Closing-wedge
Значение <i>P</i>	0,1221	
Mean	27,535	38,8
Median	26,45	35,95
Max	56,3	71,4
Min	11,1	16,1
Stand. dev.	10,9	18,9

При этом, несмотря на схожие рентгенологические результаты, не показавшие статистически значимых различий при их анализе, данные опросника Лисхольма – Тегнера после операции в сравнении между двумя группами показали статистически достоверную разницу ($p = 0,05$). Выявлено, что при оценке данного параметра наиболее эффективной оказалась операция остеотомии с открытым клином, после которой пациенты показали наилучшие функциональные послеоперационные результаты (табл. 5).

Таблица 5

Данные опросника Лисхольма – Тегнера

Статистические параметры	Баллы по шкале Лисхольм	
	Opening-wedge	Closing-wedge
Значение <i>P</i>	0,054	
Mean	85,5	55,8
Median	89,5	50,5
Max	100	95
Min	50	39
Stand. dev.	15,4	20,7

Кроме заполнения валидизированного опросника, пациенты в послеоперационном периоде отвечали на три дополнительных вопроса:

- Удовлетворены ли Вы выполненным хирургическим вмешательством?
- Если бы вновь пришлось принять решение о необходимости данной операции, согласились бы Вы на ее выполнение?
- «Забыли» ли Вы о выполненной операции и имеете ли возможность жить полной жизнью без физических ограничений, связанных с прооперированным коленным суставом?

Если для ООК эффект «забытого колена» нами выявлен почти у 70 % больных, то для ОЗК этот эффект выявлен всего у 17 % пациентов (табл. 6). Полученные результаты не дают возможности делать однозначные выводы, так как для оценки такого сложного параметра как «функция прооперированного сустава» требуется валидный и проверенный инструмент, в то время как сформулированные нами три отдельных вопроса таковым не являются. Использование опросников, разработанных для эндопротезирования коленного сустава, таких как FJS 12, или создание новых, адаптированных для реконструктивной хирургии, позволит нам в планируемых научных исследованиях более корректно ответить на вопросы удовлетворенности пациентов после перенесенной корригирующей остеотомии.

Таблица 6

Процентное распределение ответов на три дополнительных вопроса

Вопросы	Opening-wedge, %		Closing-wedge, %	
	да	нет	да	нет
Удовлетворены ли выполненной операцией?	89	11	67	33
Повторили бы при необходимости?	89	11	71	29
«Забыли» ли о выполненной операции?	65	35	17	83

Осложнения. По результатам нашего исследования специфических периоперационных осложнений (повреждения малоберцового нерва, интраоперационные переломы проксимального отдела большеберцовой кости, несращения остеотомии, гнойно-септические осложнения и пр. [11–14, 33]) у пациентов не выявлено, что, возможно, объясняется малой выборкой. Изменение референтных углов и линий вне пределов референтных значений нами оценено, но не рассматривалось как осложнение в ходе настоящего исследования. В дальнейшем планируется изучить корреляцию между прецизионностью интраоперационной коррекции механической оси конечности и иных референтных углов и линий и функциональными результатами лечения пациентов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Корригирующая остеотомия проксимального отдела большеберцовой кости является ценным хирургическим методом коррекции деформации кости, нормализации референтных линий и углов сегмента конечности, и разгрузки поврежденного отдела сустава. Одним из дискуссионных моментов при обсуждении операции остеотомии большеберцовой кости является выбор между наиболее распространенными в практике хирургическими методиками, то есть, фактически в каком месте требуется пересечь кость и затем соединить ее для последующей консолидации. Здесь важно понимать, что выбор варианта остеотомии, с помощью которой будет выполнена коррекция деформации кости, не так важен, как соблюдение общих ортопедических правил. В частности, цель остеотомии можно считать достигнутой не только в случае субъективного улучшения состояния пациента, но также при условии восстановления адекватных значений оси конечности и референтных углов и линий. «Индустриальная» остеотомия проксимального отдела большеберцовой кости, то есть операция, акцентированная в первую очередь на используемый погружной фиксатор, в подавляющем большинстве случаев нарушает так называемые «правила остеотомии» [10]. Упрощенно их можно

сформулировать следующим образом: остеотомию нужно выполнять на вершине деформации, иначе для восстановления референтных углов и линий потребуются трансляция костных фрагментов. Все хирургические варианты остеотомий данного сегмента (открытый, закрытый клин, комбинация открытого и закрытого, шарнирная остеотомия) являются компромиссом между данными правилами и требованиями, предъявляемыми используемым для фиксации кости имплантатам [32].

Выбор той или иной хирургической техники у пациентов, включенных в настоящее исследование, зависел от предпочтений хирургов и определялся преимущественно традициями клинического отделения. Идеальными кандидатами для операции считались физически активные пациенты с артрозом медиального отдела коленного сустава с его варусной деформацией без терминального износа суставного хряща. Физиологический возраст пациентов составлял не более 60–65 лет.

На настоящем этапе развития технологий корригирующих остеотомий в области коленного сустава в научном сообществе идет поиск расширения возможностей данного типа операций и анализ неудовлетворительных результатов лечения, связанных с выбором той или иной хирургической методики. U. Kuwashimo et al. провели исследование 31 пациента и 40 прооперированных коленных суставов. В работе сравнивали влияние типа остеотомии на ротационный профиль большеберцовой кости. После анализа данных компьютерной томографии авторы пришли к выводу, что в группе пациентов, которым проводили ОЗК, наблюдали избыточную наружную ротацию дистального фрагмента большеберцовой кости, а в группе пациентов с ООК существенных ротационных изменений не наблюдали [15]. Аналогичные результаты представлены и в других научных публикациях [16, 17]. Это является очевидным, так как в ходе ООК не нарушается целостность латерального кортикального слоя большеберцовой и малоберцовой костей, обеспечивающих осевую стабилизацию.

Особый интерес вызывает сравнение методик в отношении изменения длины конечностей [18]. Так, выводом мета-анализа L. O-Sung et al. является то, что среднее изменение длины голени до и после операции при ООК составило 6,96 мм, среднее изменение между предоперационной и послеоперационной длиной голени при ОЗК — 1,95 мм. Таким образом, изменение длины нижних конечностей после ООК больше, чем после ОЗК. При этом субъективное ощущение из-за несоответствия длины нижних конечностей было у 70 % пациентов после ООК, тогда как после ОЗК только 20 % заметили несоответствие длины. Ощущение дискомфорта было у 37 % после ООК, а при ОЗК — у 7 % пациентов [19].

Одним из наблюдений, полученных в ходе нашего исследования, является то, что изменение показателей МРТА, LDТА и MAD после операции происходит в крайне широком диапазоне с малой степенью повторяемости при остеотомии с закрытым клином. Похожие данные получили и S. Nao et al. в мета-анализе исследований, сравнивающих две методики выполнения корригирующей остеотомии ПОББК. Проанализировав рентгенологические результаты, авторы пришли к выводу, что при остеотомии с открытым клином случаев с избыточной и недостаточной коррекцией было значительно меньше, чем при ОЗК [20].

Интерес вызывает влияние типа хирургической методики на угол наклона проксимального отдела большеберцовой кости в сагиттальной плоскости (aPPTA). L. Schubert et al. проанализировали результаты оперативного лечения 279 коленных суставов, из которых 179 суставов прооперировано с использованием остеотомии с открытым клином, 89 — с закрытым клином. При сравнении показателей до и после операции в группе с ООК практически не было изменений показателей с минимальной тенденцией к увеличению наклона, однако в группе с ОЗК оперативное вмешательство привело к статистически значимому снижению проксимального большеберцового наклона. Уменьшение наклона при ОЗК авторы связывают с тем, что после остеотомии в дорсальном направлении резецируется меньше кости, чем в переднелатеральном, в результате чего остеотомическая щель сужается в дорсальном направлении [21]. S. Ji et al. сообщили о результатах исследования, включавшего 440 коленных суставов, из которых 50 с ОЗК, а 390 — с ООК. При сравнении показателей наклона большеберцовой кости до и после операции в группе с ООК не было изменений, а в группе с ОЗК наблюдалось статистически значимое снижение наклона проксимального отдела большеберцовой кости после операции [22].

В проведенном нами исследовании при анализе функциональных результатов установлено, что пациенты, которым проведена ООК, получили статистически значимое улучшение функции прооперированного сустава по шкале Лисхольма – Тегнера по сравнению с пациентами, которым проведена операция остеотомии с закрытым клином ($p < 0,05$). Результаты научных публикаций показали отсутствие статистически достоверной разницы в функциональных результатах между методиками остеотомии проксимального отдела большеберцовой кости [23–30]. Выявленную в ходе настоящего исследования разницу в функциональных результатах оперативного лечения пациентов, выполненного в клинике НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, авторы связывают с небольшой группой больных, часть пациентов исключена из оценки согласно соответствующим критериям. Для более объективной оценки результатов требуется проведение проспективного исследования на больших по размеру выборках.

В группе ОЗК зафиксировано наибольшее число пациентов, у которых в ходе оперативного лечения была осуществлена гиперкоррекция механической оси конечности, выходящая за пределы референтных значений. По мнению авторов, это может быть связано с тем, что при ОЗК важно сопоставить проксимальный и дистальный фрагменты после удаления клина. Кроме того, нужно учитывать такой параметр как недостаточная прецизионность при выполнении опилов, связанная с осцилляторной пилой (толщина полотна лезвия, избыточная, неравномерная осцилляция, «биение» лезвия). Это приводит к тому, что после удаления клина большего размера происходит гиперкоррекция механической оси конечности.

Высокая вариабельность параметров, выявленная в ходе настоящего исследования, показывает необходимость более тщательного анализа применяемой в клинике нашего Центра хирургической техники с тем, чтобы сделать обе методики максимально эффективными и безопасными. Кроме того, требует дальнейшего изучения вопрос, что послужило причиной достоверно более высокого уровня функциональных результатов лечения, выявленных в ходе исследования в группе ООК, и как этот параметр сделать максимально устойчивым для пациентов исследуемого профиля.

Каждый из вариантов изучаемых остеотомий ПОББК имеет свои преимущества и недостатки. Дальнейшие высококачественные научные исследования с использованием больших выборок пациентов и включением в сравнительный анализ метода управляемого чрескостного остеосинтеза позволят сформулировать консенсус о том, что считать методикой выбора и какие подходы к хирургическому лечению пациентов изучаемого профиля следует считать наиболее рациональными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Операция корригирующей остеотомии ПОББК является современным и эффективным методом хирургического лечения монокомпарментального ОА коленного сустава, сочетающегося с фронтальной деформацией. Отсутствие специфических хирургических осложнений у исследуемых пациентов показало безопасность обеих оцениваемых в ходе настоящего исследования хирургических методик.

Наше исследование показало крайне широкий разброс показателей МРТА и LDТА в группе ОЗК, выходящих за пределы предоперационного планирования. В этой же группе зафиксировано наибольшее число пациентов, у которых в ходе оперативного лечения была осуществлена гиперкоррекция механической оси конечности, выходящая за пределы референтных значений. Таким образом, при ОЗК у хирурга нет права на ошибку.

Напротив, при ООК всегда есть возможность взять аллотрансплантат меньшего размера либо не использовать его вовсе. Это обстоятельство делает ООК более управляемой технологией при коррекции деформации кости конечности. В группе с ООК зафиксирована низкая повторяемость сагиттального наклона суставной поверхности большеберцовой кости от операции к операции.

Конфликт интересов. Не заявлен.

Источник финансирования. Не заявлен.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Fibel KH, Hillstrom HJ, Halpern BC. State-of-the-Art management of knee osteoarthritis. *World J Clin Cases*. 2015;3(2):89-101. doi: 10.12998/wjcc.v3.i2.89.
2. Stoddart JC, Dandridge O, Garner A, et al. The compartmental distribution of knee osteoarthritis - a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2021;29(4):445-455. doi: 10.1016/j.joca.2020.10.011.
3. Wang Z, Zeng Y, She W, et al. Is opening-wedge high tibial osteotomy superior to closing-wedge high tibial osteotomy in treatment of unicompartmental osteoarthritis? A meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Surg*. 2018;60:153-163. doi: 10.1016/j.ijsu.2018.10.045.
4. Wu L, Lin J, Jin Z, et al. Comparison of clinical and radiological outcomes between opening-wedge and closing-wedge high tibial osteotomy: A comprehensive meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12(2):e0171700. doi: 10.1371/journal.pone.0171700.
5. Nerhus TK, Ekeland A, Solberg G, et al. Radiological outcomes in a randomized trial comparing opening wedge and closing wedge techniques of high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(3):910-917. doi: 10.1007/s00167-015-3817-z.
6. Ogino T, Kumagai K, Yamada S, et al. Relationship between the bony correction angle and mechanical axis change and their differences between closed and open wedge high tibial osteotomy. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):675. doi: 10.1186/s12891-020-03703-6.
7. 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.
8. Lobenhoffer P, van Heerwaarden RJ, Staubli AE, Jacob RP. *Osteotomies around the knee: indications-planning-surgical techniques using plate fixators*. Davos: AO Publ.; 2009:300.
9. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res*. 1985;(198):43-49.
10. Paley D, Herzenberg JE. *Principles of Deformity Correction*. Springer; 2014:831.
11. Duivenvoorden T, van Diggele P, Reijman M, et al. Adverse events and survival after closing- and opening-wedge high tibial osteotomy: a comparative study of 412 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(3):895-901. doi: 10.1007/s00167-015-3644-2.
12. Franulic N, Muñoz JT, Figueroa F, et al. Lateral hinge fracture in medial opening wedge high tibial osteotomy: a narrative review. *EFORT Open Rev*. 2023;8(7):572-580. doi: 10.1530/EOR-22-0103.
13. 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. *Bone Joint J*. 2017;99-B(7):887-893. doi: 10.1302/0301-620X.99B7.2016-0927.R1.
14. Dexel J, Fritzsche H, Beyer F, et al. 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.

15. Kuwashima U, Takeuchi R, Ishikawa H, et al. Comparison of torsional changes in the tibia following a lateral closed or medial open wedge high tibial osteotomy. *Knee*. 2019;26(2):374-381. doi: 10.1016/j.knee.2019.01.009.
16. Kim JJ, Kim BH, Han HS, Lee MC. Rotational Changes in the Tibia After High Tibial Valgus Osteotomy: A Comparative Study of Lateral Closing Versus Medial Opening Wedge Osteotomy. *Am J Sports Med*. 2020;48(14):3549-3556. doi: 10.1177/0363546520960114.
17. Kawai R, Tsukahara T, Kawashima I, Yamada H. Tibial rotational alignment after opening-wedge and closing-wedge high tibial osteotomy. *Nagoya J Med Sci*. 2019;81(4):621-628. doi: 10.18999/nagjms.81.4.621.
18. Kim JH, Kim HJ, Lee DH. Leg length change after opening wedge and closing wedge high tibial osteotomy: A meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12(7):e0181328. doi: 10.1371/journal.pone.0181328.
19. Lee OS, Ahn S, Lee YS. Comparison of the Leg-Length Change between Opening- and Closing-Wedge High Tibial Osteotomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Knee Surg*. 2019;32(4):372-379. doi: 10.1055/s-0038-1641176.
20. Sun H, Zhou L, Li F, Duan J. Comparison between Closing-Wedge and Opening-Wedge High Tibial Osteotomy in Patients with Medial Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Knee Surg*. 2017;30(2):158-165. doi: 10.1055/s-0036-1584189.
21. Schubert I, Ferner F, Dickschas J. The effect of open-wedge and closed-wedge high tibial osteotomies on the tibial posterior slope—a study of two hundred seventy-nine cases. *Int Orthop*. 2020;44(6):1077-1082. doi: 10.1007/s00264-020-04499-9.
22. Ji S, Gao Y, Zhang J, et al. High tibial lateral closing wedge and opening wedge valgus osteotomy produce different effects on posterior tibial slope and patellar height. *Front Surg*. 2023;10:1219614. doi: 10.3389/fsurg.2023.1219614.
23. Lu J, Tang S, Wang Y, et al. Clinical Outcomes of Closing- and Opening-Wedge High Tibial Osteotomy for Treatment of Anteromedial Unicompartamental Knee Osteoarthritis. *J Knee Surg*. 2019;32(8):758-763. doi: 10.1055/s-0038-1668124.
24. Ogino T, Kumagai K, Yamada S, et al. Relationship between the bony correction angle and mechanical axis change and their differences between closed and open wedge high tibial osteotomy. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):675. doi: 10.1186/s12891-020-03703-6.
25. Cheng X, Liu F, Xiong F, et al. Radiographic changes and clinical outcomes after open and closed wedge high tibial osteotomy: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2019;14(1):179. doi: 10.1186/s13018-019-1222-x.
26. Safdari M, Dastjerdi A, Makhmalbaf N, et al. Closing-Wedge and Opening-Wedge High Tibial Osteotomy as Successful Treatments of Symptomatic Medial Osteoarthritis of the Knee: A Randomized Controlled Trial. *Arch Bone Jt Surg*. 2023;11(6):421-428. doi: 10.22038/ABJS.2023.68944.3253.
27. Wu L, Lin J, Jin Z, et al. Comparison of clinical and radiological outcomes between opening-wedge and closing-wedge high tibial osteotomy: A comprehensive meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12(2):e0171700. doi: 10.1371/journal.pone.0171700.
28. Wang Z, Zeng Y, She W, et al. Is opening-wedge high tibial osteotomy superior to closing-wedge high tibial osteotomy in treatment of unicompartamental osteoarthritis? A meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Surg*. 2018;60:153-163. doi: 10.1016/j.ijsu.2018.10.045.
29. Seil R. In High Tibial Osteotomy, Closing and Opening Wedges Did Not Differ for Clinical Outcomes at Up to Two Years. *J Bone Joint Surg Am*. 2018;100(10):882. doi: 10.2106/JBJS.18.00168.
30. Nerhus TK, Ekeland A, Solberg G, et al. No difference in time-dependent improvement in functional outcome following closing wedge versus opening wedge high tibial osteotomy: a randomised controlled trial with two-year follow-up. *Bone Joint J*. 2017;99-B(9):1157-1166. doi: 10.1302/0301-620X.99B9.BJJ-2017-0062.R1.
31. Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S. The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. *Orthop Clin North Am*. 1979;10(3):585-608.
32. Solomin LN, Chugaev DV, Filippova AV, Kulesh PN. High Tibial Osteotomy for Genu Varum in Adults: Do Proprietary Implants Limit the Quality of Correction? *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2020;15(1):13-22. doi: 10.5005/jp-journals-10080-1449.
33. Gao L, Madry H, Chugaev DV, et al. Advances in modern osteotomies around the knee : Report on the Association of Sports Traumatology, Arthroscopy, Orthopaedic surgery, Rehabilitation (ASTAOR) Moscow International Osteotomy Congress 2017. *J Exp Orthop*. 2019;6(1):9. doi: 10.1186/s40634-019-0177-5.

Статья поступила 29.07.2024; одобрена после рецензирования 01.10.2024; принята к публикации 10.12.2024.

The article was submitted 29.07.2024; approved after reviewing 01.10.2024; accepted for publication 10.12.2024.

Информация об авторах:

Магомед Шамилович Магомедов — клинический ординатор, dr.magomedovmsh@gmail.com;
 Дмитрий Валерьевич Чугаев — кандидат медицинских наук, врач — травматолог-ортопед, dr.chugaev@gmail.com;
 Тарас Андреевич Куляба — доктор медицинских наук, врач — травматолог-ортопед, taraskuliaba@mail.ru;
 Алексей Иванович Петухов — кандидат медицинских наук, врач — травматолог-ортопед, aipetuhov@rniito.ru.

Information about the authors:

Magomed Sh. Magomedov — clinical resident, dr.magomedovmsh@gmail.com;
 Dmitriy V. Chugaev — Candidate of Medical Sciences, orthopaedic surgeon, dr.chugaev@gmail.com;
 Taras A. Kulyaba — Doctor of Medical Sciences, orthopaedic surgeon, taraskuliaba@mail.ru;
 Alexey I. Petukhov — Candidate of Medical Sciences, orthopaedic surgeon, aipetuhov@rniito.ru.

Вклад авторов:

Магомедов М.Ш. — применение статистических, математических, вычислительных или других формальных методов для анализа данных исследования, проведение процесса исследования, подготовка работы к публикации.
 Чугаев Д.В. — формулировка целей и задач исследования, разработка и проектирование методологии, внесение корректировки в первоначальный вариант, подготовка работы к публикации.
 Куляба Т.А. — редактирование статьи.
 Петухов А.И. — редактирование статьи.