

Сходства и особенности современных подходов к хирургическому лечению при внутрисуставных переломах проксимального и дистального метаэпифизов большеберцовой кости

Б.А. Майоров^{1,2,3}, И.Г. Беленький^{1,2}, А.Ю. Кочиш^{4,5}, Г.Д. Сергеев^{1,2}

¹Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе

²Санкт-Петербургский государственный университет

³Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова

⁴Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург

⁵Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Similarities and special features of modern approaches to surgical treatment of intra-articular fractures of tibial proximal and distal metaepiphyses

B. Maiorov^{1,2,3}, I. Belen'kii^{1,2}, A. Kochish^{4,5}, G. Sergeev^{1,2}

¹St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine

²St. Petersburg State University

³Pavlov First St. Petersburg State Medical University

⁴Vreden National Medical Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg

⁵Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg

© Коллектив авторов, 2023 г.

Резюме

Введение. Проанализированы данные специальной научной литературы, касающиеся современных принципов диагностики, предоперационного планирования и хирургического лечения при внутрисуставных переломах двух локализаций: проксимального и дистального метаэпифизов большеберцовой кости.

Целью обзора является оценка посредством анализа профильных научных публикаций сходных моментов и различий в классификационных подходах, диаг-

ностических методиках, принципах планирования и выполнения операций остеосинтеза у пациентов с внутрисуставными переломами проксимального и дистального метаэпифизов большеберцовой кости. Отмечено, что современные классификации переломов плато большеберцовой кости и пилона построены на теории колонн. Для точного определения характера перелома необходим тщательный анализ данных компьютерной томографии. На этой основе производится планирование операций остеосинтеза

с обеспечением фиксации всех поврежденных колонн. Авторами обсуждаются необходимые для этого комбинации хирургических доступов. Рассматриваются также варианты остеосинтеза, при этом особое внимание обращено на фиксацию задних отделов плато большеберцовой кости и пилона. Различия в подходах к хирургическому лечению пациентов с переломами плато и пилон большеберцовой кости обусловлены прежде всего существенной разницей в общих размерах голени в области коленного и голеностопного суставов и, в частности, со значительно меньшим объемом мягких тканей на уровне дистального метаэпифиза большеберцовой кости. Эти отличительные черты строения должны учитываться хирургами при выборе хирургических доступов для производства остеосинтеза при рассматриваемых переломах. **Заключение.** Соблюдение классических принципов хирургического лечения внутрисуставных переломов с реализацией современных подходов к выбору доступов и техники остеосинтеза являются верным путем совершенствования специализированной травматологической помощи сложной категории пациентов с внутрисуставными переломами проксимального и дистального метаэпифизов большеберцовой кости, который должен способствовать снижению доли послеоперационных осложнений и улучшению исходов лечения.

Ключевые слова: перелом плато большеберцовой кости, перелом пилон, внутрисуставной перелом, остеосинтез, малоинвазивный остеосинтез, теория колонн

Summary

Introduction. Analysis of special scientific literature concerning the modern principles of diagnostics, preoperative planning and surgical treatment of intra-articular fractures of two localizations: proximal and distal me-

taepiphyses of the tibia, was carried out. **Aim of the review.** To evaluate, through the analysis of specialized scientific publications, similarities and differences in classification approaches, diagnostic methods, principles of planning and performing osteosynthesis in patients with intra-articular fractures of the proximal and distal metaepiphyses of the tibia. It is noted that the modern classifications of both tibial plateau and pilon fractures are based on the column theory. A thorough analysis of computed tomography data is necessary to precisely determine the fracture pattern. On this basis, osteosynthesis surgeries are planned as to provide fixation of all damaged columns. Authors discuss the combinations of surgical approaches necessary for this purpose. Variants of osteosynthesis are also considered, with special attention paid to fixation of the posterior aspects of the tibial plateau and pilon. The differences in approaches to surgical treatment of patients with fractures of the tibial plateau and pilon are primarily due to a significant difference in the overall size of the tibia in the area of the knee and ankle joints and, in particular, with a significantly smaller volume of soft tissues at the level of the distal metaepiphysis of the tibia. These differences in anatomy should be taken into account by surgeons when choosing surgical approaches for osteosynthesis of the discussed fractures. **Conclusion.** Adherence to the classical principles of surgical treatment of intra-articular fractures with the use of modern surgical approaches and osteosynthesis techniques is a sure way to improve specialized trauma care for a complex category of patients with intra-articular fractures of the proximal and distal tibial metaepiphyses, which should help to reduce the incidence of postoperative complications and improve treatment outcomes.

Keywords: tibial plateau fracture, pilon fracture, intraarticular fracture, osteosynthesis, minimally invasive osteosynthesis, column theory

Введение

В нашей работе проанализированы данные специальной научной литературы, касающиеся современных принципов диагностики, предоперационного планирования и хирургического лечения при внутрисуставных переломах двух локализаций: проксимального и дистального метаэпифизов большеберцовой кости (ББК). Авторы объединили переломы этих локализаций в рамках одного аналитического обзора, исходя из ряда соображений. В частности, указанные травмы повреждают два крупных сустава нижней конечности, несущих большую осевую опорную нагрузку

и имеющих относительно слабое покрытие мягкими тканями, что является критичным в случаях высокоэнергетических повреждений, а также имеет большое значение при выборе хирургических доступов для остеосинтеза. Кроме того, внутрисуставной характер обоих рассматриваемых переломов предполагает по современным представлениям необходимость хирургического лечения для достижения максимально полной (анатомичной) репозиции суставных поверхностей и стабильной фиксации костных отломков с целью обеспечения возможностей ранней активной реабилитации [1, 2]. Однако стремление точно восстановить конфигурацию суставных поверхностей, как

правило, значительно увеличивает травматичность операций остеосинтеза и существенно повышает риски развития осложнений [3–6].

По лечению пациентов с внутрисуставными переломами проксимального метаэпифиза (или плато) ББК и дистального метаэпифиза (пилона) имеется обширная научная и учебная литература. При этом в последние годы произошел ряд изменений во взглядах травматологов на обсуждаемые травмы, заставившие их более тщательно и осознанно подходить к диагностике, предоперационному планированию и собственно хирургическому лечению пациентов соответствующего профиля [5–8]. В частности, при высокоэнергетических травмах обоих локализаций большинство хирургов склоняются в настоящее время к двухэтапному протоколу лечения с первичным остеосинтезом аппаратами внешней фиксации при умеренной тракции в зонах переломов [9, 10]. Общепринятым стало выполнение компьютерной томографии (КТ) перед операцией последующего окончательного остеосинтеза [2, 11, 12]. Кроме того, в последнее время часто применяются предызогнутые низкопрофильные пластины, позволяющие выполнять малоинвазивный накостный остеосинтез при внутрисуставных переломах [1, 13, 14].

В последнее время активно происходит развитие современных методов диагностики, а в большинстве травматологических стационаров стала применяться КТ с возможностью 2D- и 3D-визуализации характера переломов. Помимо этого, были пересмотрены классификации с уточнением архитектоники обсуждаемых повреждений, усовершенствованы старые и предложены новые лечебные подходы. Разработан ряд новых открытых расширенных и, наоборот, ограниченных малоинвазивных хирургических доступов, а также усовершенствованы приемы открытой и закрытой репозиции костных отломков. В клиническую практику были внедрены новые имплантаты для остеосинтеза и модернизированы методы реабилитации. Однако, несмотря на все вышеперечисленное, сохраняются большие доли значимых осложнений и неудовлетворительных исходов лечения как при переломах пилонна, так и плато ББК [15, 16]. И поэтому, по мнению многих современных специалистов, переломы обсуждаемых локализаций остаются одними из самых сложных и проблематичных как для оперирующих хирургов, так и для пациентов [1, 2]. Об этом свидетельствуют довольно частые случаи инвалидизации по данным специальной научной литературы, хотя доли переломов плато ББК и пилонна не превышают 1–2% от всех переломов костей скелета у взрослых [2, 5, 6]. Социальная значимость относительно высокого риска инвалидизации после обсуждаемых переломов усиливается тем, что соответствующие травмы неред-

ко случаются у пациентов трудоспособного возраста, а их высокоэнергетический характер закономерно определяет обширные разрушения суставных поверхностей ББК в ее проксимальном или дистальном отделах, приводя к нарушениям функции коленного и голеностопного суставов и значимому снижению качества жизни пациентов [15–17].

Современные данные научной литературы по результатам лечения при переломах плато ББК довольно противоречивы. Известно, что в последние годы достигнуты определенные успехи, и некоторые авторы приводят до 82,7% отличных функциональных исходов оперативного лечения при таких травмах [18]. Однако следует отметить, что подобные работы обычно включают пациентов с переломами плато ББК всех типов, а доля самых сложных из них (типа С3 по классификации АО/ASIF) не превышает 10%. Если же рассматривать только пациентов со сложными переломами, возникшими в результате высокоэнергетических травм, то результаты хирургического лечения обычно значительно хуже [15]. Так, недавнее исследование В. Meulenkamp и соавт. (2017) показало, что более чем в 30% случаев после оперативного лечения при переломах плато ББК остаются значимые смещения фрагментов суставной поверхности, особенно характерные для его заднелатеральных отделов [19]. И поэтому вопросам точной репозиции и надежной фиксации именно задних отделов плато ББК посвящено в последнее время большое количество исследований. Мы постараемся далее поподробнее остановиться на наиболее рациональных, по нашему мнению, доступах и подходах к остеосинтезу заднемедиального и заднелатерального фрагментов (задней опорной колонны) плато ББК.

Современные результаты оперативного лечения при переломах пилонна ББК также далеки от желаемых. В частности, M.S. Minator и соавт. (2018) изучили группу из 41 пациента со сложными переломами пилонна типа С по классификации АО/ASIF. Несмотря на относительно неплохие функциональные исходы лечения по шкале AOFAS, у большинства пациентов сохранялся болевой синдром средней интенсивности, требующий постоянного приема обезболивающих препаратов, что, безусловно, свидетельствует о развитии посттравматического артроза [20]. При этом, как и при переломах плато ББК, многие современные авторы видят основную причину проблемы неудовлетворительных исходов оперативного лечения при многооскольчатых переломах пилонна в недостаточно качественной реконструкции суставной поверхности, которая чаще всего обусловлена неточной репозицией задних отломков дистального отдела ББК [21].

Для улучшения исходов лечения при сложных внутрисуставных переломах двух обсуждаемых лока-

лизаций необходимо, прежде всего, поставить правильный диагноз с точной пространственной оценкой характера повреждений, отнести перелом к определенному типу по соответствующей современной классификации, ориентирующей хирургов в отношении рационального выбора доступов и техники остеосинтеза, а затем качественно выполнить запланированный объем оперативного вмешательства, не допуская значительных остаточных смещений фрагментов суставных поверхностей и в то же время не превышая порог допустимой травматизации тканей.

Цель исследования

С учетом сказанного целью нашего аналитического обзора является оценка посредством анализа профильных научных публикаций сходных моментов и отличий в классификационных подходах, диагностических методиках, принципах планирования и выполнения операций остеосинтеза у пациентов с внутрисуставными переломами проксимального и дистального метаэпифизов большеберцовой кости.

Современные классификации переломов плато и пилона большеберцовой кости и их значение для правильного выбора лечебной тактики

В последние годы в профильной научной литературе наблюдается пересмотр классических классификаций АО/ASIF и J. Schatzker (1974), применяемых для переломов плато ББК и пилона. Это связано, прежде всего, с внедрением в широкую клиническую практику КТ и возможностей трехмерной визуализации поврежденных метаэпифизов ББК [11, 12, 22]. Исходя из современных представлений, основанных на широком применении данных рентгеновской 3D-визуализации и возможностях построения объемного изображения при проведении предоперационного планирования, большинство специалистов все чаще применяют в своей клинической практике теорию строения проксимального и дистального метаэпифизов ББК в виде нескольких опорных колонн [23–26].

В связи с широким внедрением КТ в диагностический процесс стало понятно, что частота переломов плато ББК с вовлечением задних его отделов достигает 60%, что и явилось основной причиной разработки новых классификаций [27]. В 2010 г. C.F. Luo и соавт. предложили трехколонную концепцию, разделив проксимальный отдел ББК на медиальную, латеральную и заднюю колонны, уточнив локализацию повреждений и изменив подход к предоперационному планированию обсуждаемых переломов [23]. В дальнейшем были предложены другие модификации ко-

лонной концепции [24, 28]. В частности, S.M. Chang и соавт. (2014) разделили плато ББК на четыре квадранта: переднемедиальный, переднелатеральный, заднемедиальный и заднелатеральный. Помимо этого, они обосновали показания к применению комбинации реверсивного L-образного заднемедиального и переднелатерального доступов для репозиции и фиксации переломов переднемедиального, заднемедиального и заднелатерального квадрантов плато ББК [29]. Через два года M. Krause и соавт. (2016) на основании анализа аксиальных срезов КТ у 246 профильных пациентов предложили для еще более точной локализации повреждений суставной поверхности плато ББК выделять 10 сегментов — 5 передних и 5 задних. Эти авторы доказали высокую частоту вовлечения задних сегментов плато ББК как при низкоэнергетических, так и при высокоэнергетических переломах и подтвердили необходимость более широкого и частого применения задних хирургических доступов для реконструкции указанных отделов [28].

Однако в 2017 г. M.S. Dhillon и соавт. [29] высказали мнение, согласно которому классификация M. Krause и соавт. не так удобна в клинической практике, как трехколонная классификация C.F. Luo и соавт. и четырехквадрантная классификация S.M. Chang и соавт., так как последние имеют анатомическое обоснование и помогают в выборе конкретных доступов и опорных пластин для поддержки поврежденных костных колонн. Кроме того, M. Krause и соавт. (2016) не акцентировали внимание на особенностях повреждений — расколе или импрессии плато ББК, что затрудняет рациональный выбор применяемого фиксатора и не дает представлений о том, с какой стороны необходима установка опорной пластины (сторона компрессии), а с какой требуется добавочная поддерживающая пластина (сторона растяжения или раскола).

Особого внимания, по нашему мнению, заслуживает работа M. Kfuri и J. Schatzker (2018), которые дополнили классическую классификацию J. Schatzker (1974) данными КТ. Добавление данных рентгеновской 3D-визуализации позволило этим авторам оценить весь спектр переломов плато ББК как в сагиттальной, так и во фронтальной плоскостях, а также детально классифицировать их с прицелом на возможные технические приемы репозиции и фиксации костных отломков [11]. Добавив к цифровым обозначениям буквенные (А — передний, Р — задний, М — медиальный и L — латеральный), авторы предложили отдельно обозначать поврежденные фрагменты проксимального метаэпифиза ББК. При этом они определили «плоскость экватора», разделяющую плато ББК на два передних и два задних фрагмента с границей, проходящей на латеральной стороне через переднелатеральную часть головки малоберцовой кости (МБК)

в точке прикрепления латеральной коллатеральной связки, а на медиальной стороне — тотчас кзади от места прикрепления поверхностной медиальной коллатеральной связки. В результате они выделили четыре фрагмента, к каждому из которых можно применить определенный доступ для прямой репозиции и фиксации отломков суставной поверхности при условии сохранения неповрежденными связочных структур, отвечающих за стабильность коленного сустава.

Кроме того, в случаях переломов плато ББК по типу «раскола» авторы отмечают точки выхода линии перелома на суставное кольцо («articular rim») соответствующими прописными буквами «a» и «p», а вершину клина в области метаэпифиза — буквой «x». Точная локализация этих ориентиров чрезвычайно важна для анатомичной репозиции отломков и для выбора доступа. Сагиттально ориентированные переломы имеют «перерыв суставного кольца» в передней и задней частях. При этом фронтально ориентированные переломы часто проходят в плоскости, параллельной «экватору» и могут иметь «перерыв» в двух передних или двух задних точках. С точки зрения аксиальной стабильности фиксации важно определить точку верхушки, чтобы опорная пластина была установлена параллельно плоскости перелома, а репозиция с помощью эффекта противоскольжения начиналась от верхушки фрагмента — скола. В случаях оскольчатых одномышечковых и двухмышечковых переломов также важно определить все плоскости переломов и стараться соблюдать приведенную технологию в отношении каждого из них [11].

Теория опорных колонн применяется также и в классификациях переломов дистального метаэпифиза (пилона) ББК. В частности, M. Assal (2008) предложил выделять в этой области медиальную, латеральную и заднюю колонны [30]. При этом медиальная колонна является продолжением медиальной части диафиза и включает медиальную часть суставной поверхности пилон и медиальную лодыжку. Латеральная колонна образована переднелатеральной частью диафиза с переднелатеральной частью суставной поверхности ББК (бугорок Tillaux-Chaput), а также межберцовой вырезкой. Заднюю колонну образует задняя часть суставной поверхности дистального метаэпифиза ББК — так называемая «задняя лодыжка». С точки зрения автора и его последователей, такое разделение переломов помогает определиться с хирургическим доступом с учетом локализации повреждений суставной поверхности и вовлечением разных колонн, а также оценить необходимое позиционирование имплантатов в зависимости от повреждений этих колонн [25, 30]. Сходную по своей философии концепцию предложили X. Tang и соавт. (2012), которые выделяют латеральную колонну (дистальный метаэпифиз

МБК или латеральную лодыжку), медиальную колонну (медиальная треть дистального метаэпифиза ББК), а также переднюю и заднюю колонны, разделенные фронтальной межлодыжечной плоскостью [26].

Развернутую классификацию переломов пилон, основанную на анализе данных КТ у 108 профильных пациентов, предложили С. Topliss и соавт. (2005), которые выделили 10 типов переломов в зависимости от размеров и ориентации основных суставных фрагментов: латерального, медиального, заднего и фрагмента центральной импрессии, так называемого «die punch» фрагмента, сгруппировав их в две группы (сагиттальные и коронарные переломы), ориентируясь на преимущественную линию перелома [22]. Аналогично известной классификации J. Schatzker (1974), авторы отметили зависимость типа перелома пилон от энергии травмы, направления травмирующих сил и возраста пациента.

Оригинальный подход к классификации переломов пилон предложили D. Leonetti и D. Tigani в 2017 г. [16]. Они соотносят свою классификацию с классификацией переломов проксимального отдела плеча по Neer, подразделяя переломы пилон на 4 типа в зависимости от количества суставных фрагментов, а также, как С. Topliss и соавт. (2005), выделяют сагиттальные и фронтальные подтипы. К 1-му типу относятся переломы без смещения отломков и околосуставные; ко 2-му типу — переломы из двух фрагментов: медиального и латерального или переднего и заднего, соответственно сагиттальные и фронтальные. В 3-й тип включены переломы из трех стандартных фрагментов, также сагиттальные и фронтальные, 4-й тип — четырехфрагментарные, включающие центральный фрагмент с импрессией и многооскольчатые переломы [12]. Кроме того, целый ряд авторов [6, 12, 25, 31] отмечают необходимость прицельного анализа архитектоники перелома пилон для рационального выбора имплантатов и хирургических доступов. Так, сагиттальные переломы чаще требуют медиального фиксатора для того, чтобы вводимые винты проходили перпендикулярно основной плоскости перелома. Соответственно при фронтальных переломах необходимо устанавливать винты в переднезаднем направлении и выбирать соответствующий фиксатор [12, 22].

Таким образом, при переломах пилон и плато ББК в клинической практике возможно применение нескольких классификаций, каждая из которых не исключает другие, но дополняет их, предоставляя больше информации о конкретной архитектонике костных повреждений. То есть в ходе предоперационного планирования мы можем пользоваться несколькими классификациями, чтобы улучшить понимание расположения костных отломков и наметить определенные

шаги для реконструкции суставной поверхности и поврежденного сегмента в целом.

Следует также отметить, что за последнее десятилетие понимание особенностей архитектуры переломов плато ББК и пилона существенно улучшилось. Обе эти локализации имеют схожее анатомическое строение: состоят из трех опорных костных колонн, подверженных повреждениям при травматических осевых нагрузках, которые могут повреждать латеральную, медиальную, заднюю, а также центральную часть суставной поверхности, которая подвержена импрессии со сминанием подлежащей губчатой кости и кортикального суставного кольца, от которого зависит стабильность суставов. Переломы плато ББК и пилона схожи по деформирующим силам, приводящим к варусной и вальгусной деформациям, вариантам костных повреждений — раскол или импрессия, общему строению с типичными фрагментами — медиальным, латеральным и задним. При этом применяемые для их оценки традиционные и современные классификации позволяют учесть все аспекты возможных повреждений, детально представить архитектуру переломов и целенаправленно спланировать операции остеосинтеза.

Особенности диагностики и предоперационного планирования

По мнению большинства специалистов, диагностический процесс при рассматриваемых переломах должен начинаться с анализа первичных рентгенограмм в стандартных (прямой и боковой) проекциях с захватом всего сегмента голени и двух смежных суставов [1, 2, 5–7]. Это позволяет определить первичную деформацию — вальгус, варус, нейтральное положение, анте- и ретроверсию, а также оценить наличие нарушений референтных линий и углов на голени, компрессии и дистракции костных колонн [32]. Результатом оценки первичных рентгенограмм может стать предварительная классификация поврежденного сегмента по АО/ASIF и J. Schatzker для переломов плато ББК или по АО/ASIF и Ruedi-Algower для переломов пилона. Кроме того, стандартных рентгенограмм достаточно для планирования метода первичной коррекции осей и углов, устранения грубых смещений, вывихов и подвывихов в суставах, то есть для планирования коррекции оси поврежденного сегмента и его первичной стабилизации аппаратом внешней фиксации (АВФ) при двухэтапном лечении. Из анализа рентгенограмм становится понятно, где необходимо создать дистракцию — по какой колонне (медиальной, латеральной, задней, передней) и как конкретно установить наружный фиксатор [10, 33, 34].

Следующий этап диагностического процесса — КТ-исследование. Многие авторы рекомендуют проводить его именно после наложения первичного АВФ [9, 10]. По мнению B.N. Saad и соавт. (2019), первичное восстановление оси, длины и ротации сегмента перед выполнением КТ-исследования, помогает установить очертания типичных фрагментов и их мобильность, снизить интраоперационную лучевую нагрузку и изменить выбор доступа по сравнению с КТ, выполненным до первичной стабилизации [9]. Хотя КТ и применяется повсеместно, для повышения ее диагностической ценности интерпретация полученных данных требует систематизации.

В отличие от стандартных рентгенограмм, дающих «плоскостную картину», анализ аксиальных срезов КТ и их сопоставление с сагиттальными и фронтальными срезами позволяют точно определить локализацию зон импрессии суставной поверхности, оценить их глубину и идентифицировать смещения фрагментов суставной поверхности для планирования их репозиции [35–37]. В частности, при переломах плато ББК, по мнению многих авторов, очень часто зоны наибольшей импрессии и смещения локализируются в заднелатеральных отделах, а их точная визуализация возможна только с применением описанных подходов к детальному анализу данных КТ-диагностики [27, 28].

При переломах пилона «послойный» анализ сагиттальных срезов КТ помогает уточнить величину «типичного» заднего фрагмента Volkman's, типичных переднелатерального Tillaux-Charput фрагмента, а также и медиального костного фрагмента. Кроме того, величина фрагмента центральной импрессии устанавливается при описанном выше подходе посредством сопоставления аксиальных, сагиттальных и фронтальных срезов. Величина «ступеньки» суставной поверхности, образовавшаяся за счет элевации заднего края ББК, определяется по сагиттальным срезам. Аксиальные срезы, особенно в сравнении с таковыми на неповрежденной конечности, помогают определить степень повреждения дистального межберцового сочленения, конгруэнтность межберцового промежутка и степень его повреждения. Данные по вовлеченности вырезки МБК на дистальном отделе ББК, а также целостности дистального межберцового синдесмоза (ДМБС) крайне важны в плане прогноза латеральной стабильности голеностопного сустава и склонности к посттравматическому артрозу. По мнению J.M. Haller и соавт. (2019), повреждение ДМБС встречается у 14% пациентов с переломами пилона, а еще у 2% пострадавших это повреждение остается недиагностированным. При этом ошибки восстановления ДМБС в 93% случаев приводят к посттравматическому артрозу голеностопного сустава [38].

Таким образом, полученные при анализе рентгенограмм и КТ данные позволяют определить индивидуальную архитектуру переломов обеих рассматриваемых локализаций. Мы называем такой подход «дооперационной визуализацией в 360°». Он в каждом конкретном клиническом случае позволяет нам визуализировать все компоненты повреждений проксимального или дистального метаэпифизов ББК и МБК, определять конкретные хирургические доступы, выбирать необходимые имплантаты, а также планировать их позиционирование, то есть проводить полноценное и корректное дооперационное планирование.

Современные принципы хирургического лечения при обсуждаемых переломах

Классические принципы хирургического лечения при внутрисуставных переломах костей предполагают анатомичную репозицию костных отломков с участками суставного хряща и остеосинтез с достижением абсолютной стабильности фиксации для реализации возможностей ранней реабилитации [1]. Безусловно, эти принципы актуальны и должны соблюдаться при рассматриваемых нами локализациях внутрисуставных переломов. Однако среди специалистов, занимающихся лечением пациентов с такими повреждениями, в последние годы формируются определенные новые тенденции лечебной тактики, которые заслуживают обсуждения.

Одной из таких новых лечебных тенденций следует признать стремление оперирующих хирургов обеспечить при остеосинтезе кратчайший подход к «зоне наибольшего интереса», что, соответственно, предполагает выбор адекватного хирургического доступа, а чаще — даже комбинации доступов, минимально достаточных для ограниченно открытой прямой репозиции внутрисуставных фрагментов переломов. Практической реализации этой тенденции способствуют тщательный анализ архитектуры перелома с позиций колонной теории строения метаэпифизов ББК, а также определение биомеханического типа повреждения костной ткани («раскола» или «импрессии»), покрытой суставным хрящом [1, 2, 25, 34, 39, 40].

Принцип репозиции фрагмента «раскола» медиального мыщелка ББК хорошо описан в уже упомянутой нами выше работе М. Kfuri и J. Schatzker [11]. Однако он вполне применим и для расколов латерального мыщелка плато ББК, и для его заднего края, а также для медиального фрагмента пилона [41, 42]. При репозиции таких фрагментов следует обнажить верхушку скола, сопоставить ее с выколом на основном костном фрагменте, располагать фиксирующую пластину параллельно плоскости перелома и последователь-

но вводить винты перпендикулярно этой плоскости по принципу «противоскольжения», осуществляя межфрагментарную компрессию. Ввиду ограниченных возможностей визуального контроля зоны переломов интраоперационный рентгеновский контроль важен при обеих обсуждаемых локализациях [1, 2].

Репозиция импрессированного суставного фрагмента осуществляется за счет его обратной элевации — в случае плато или низведения — в случае переломов пилона ББК. При этом доступ к области костной импрессии возможен через линию перелома путем отведения фрагментов или посредством вертикальной остеотомии по технике «открытой книги» [1, 11]. Второй способ реимпакции — формирование костного окна в области метафиза ББК с постепенным «выстукиванием» импрессированного суставного фрагмента [1, 11]. Образовавшийся после подъема костный дефект в области эпифиза желательнее замещать ауто-, аллокостью или синтетическим структурным остеокондуктивным материалом, так как именно «плотное» замещение таких дефектов является элементом поддержки достигнутой репозиции суставной поверхности и способствует профилактике вторичного смещения костных отломков [43, 44].

Метод фиксации такого импрессированного фрагмента суставной поверхности зависит от целостности кортикальной стенки, прилегающей к зоне импрессии, но в большинстве случаев требует установки опорной пластины с угловой стабильностью винтов и эффектом «рафтинга» — субхондральной плоскостной поддержки. При этом если прилегающий к зоне импрессии кортикальный слой кости тоже вовлечен в зону импрессионного перелома, желательна установка опорной пластины именно в этой области для обеспечения утраченной кортикальной поддержки. Этот принцип важен, например, при заднелатеральной импрессии плато ББК, когда показана установка опорной пластины по задней поверхности латерального мыщелка [15, 44, 45].

Так как в случаях сложных переломов плато ББК и пилона, включающих в себя повреждение нескольких опорных костных колонн, имеется комбинация описанных повреждений, то для обеспечения возможности прямого подхода к разным колоннам в большинстве случаев необходима комбинация нескольких хирургических доступов. Существовавшая в прошлом концепция расширенных доступов с визуализацией всей области перелома в настоящее время считается неэффективной ввиду высокого риска девитализации мягких тканей и костных отломков, а также из-за отсутствия прямого подхода к какой-либо части перелома, что снижает качество репозиции суставной поверхности и приводит к повышению риска осложнений [1, 2].

Как мы упоминали выше, применяемый хирургический доступ в идеальной ситуации должен обеспечивать наиболее короткий прямой путь к «зонам наибольшего интереса». При этом количество и локализация доступов ограничены состоянием мягких тканей и топографией важных анатомических образований. Между двумя соседними продольными доступами рекомендуется сохранять мягкотканый мостик шириной не менее 7 см [1, 2]. И поэтому при операциях остеосинтеза пилона ББК рекомендуется сочетание переднелатерального с заднемедиальным доступом, а заднелатеральный доступ большинство специалистов комбинируют с передним или более щадящим переднелатеральным доступами [6, 11]. При оперативном лечении переломов проксимального отдела ББК мягкотканые ограничения не так важны в силу анатомических размеров, что делает возможным сочетание передних и задних односторонних доступов, например, переднелатерального и заднелатерального доступов [23, 24].

Длина хирургического доступа также имеет значение для риска послеоперационных мягкотканых осложнений. И поэтому многие специалисты применяют технику ограниченно открытых доступов для минимально достаточного обнажения импактированной или отколотой суставной поверхности — «зоны интереса» [39, 40, 46–48]. Кроме того, возможно добавление отдельных разрезов-проколов кожи для введения винтов или использование малоинвазивной техники установки пластин из мини-доступов. Диафизарная часть пластин также фиксируется из отдельных мини-доступов или проколов, а для правильной ориентации имплантата вдоль оси диафиза применяется интраоперационный рентгеновский (ЭОП) контроль.

Многие специалисты при лечении переломов латерального мыщелка ББК, на долю которых приходится более 60% переломов плато [28], применяют классический переднелатеральный доступ с субмисковидной артротомией и прямым доступом к переднелатеральному отделу латерального мыщелка ББК [1]. Однако при сложных двухмыщелковых переломах традиционной комбинацией является заднемедиальный доступ с обнажением медиального мыщелка, как правило, до его заднемедиального края и дополнительный переднелатеральный доступ [1].

Визуализация задних отделов плато ББК из указанных выше доступов ограничена. И поэтому многие авторы применяют различные варианты заднелатеральных, заднемедиальных и задних доступов к заднелатеральному и заднемедиальному квадрантам (колоннам) ББК. Такие задние доступы выполняют из положения на животе или на боку. Заднемедиальный L-образный реверсивный доступ технически прост, дает хороший обзор медиального мыщелка с задней

и внутренней поверхности и позволяет произвести репозицию и установку опорной пластины в область задней поверхности латерального мыщелка ББК при импрессии его заднецентрального фрагмента. В то же время задние доступы с латеральной стороны ограничены прохождением общего малоберцового нерва и передней большеберцовой артерии [23, 24], требуют особой осторожности и не нашли пока широкого применения в клинической практике. Перспективным для визуализации заднелатерального отдела плато ББК считается доступ с остеотомией головки МБК [46–48], однако он тоже требует специальной подготовки и хорошего знания анатомии.

Хирургические доступы для остеосинтеза при переломах пилона ББК также можно разделить на передние и задние, медиальные и латеральные в соответствии с областью (фрагментом или колонной), визуализацию которой он обеспечивает. Как и при переломах плато ББК, при тяжелых многооскольчатых переломах пилона типа С многие авторы применяют комбинацию доступов. С учетом меньшего объема мягких тканей и анатомических особенностей голени в нижней ее трети это обычно заднелатеральный и переднемедиальный доступы со сменой положения пациента или из положения на боку или заднемедиальный и переднелатеральный доступы из положения на спине [1, 6, 25]. При этом передний доступ, выполняемый более срединно, обеспечивает более широкий обзор переднего отдела пилона и позволяет визуализировать как фрагмент Tillaux-Charput, так и медиальный костный фрагмент, а также ими манипулировать. Однако, по мнению многих авторов, этот доступ более травматичен и дает большую долю осложнений [6, 25]. Медиальный доступ к пилону ББК нельзя назвать полноценным, так как он не обнажает суставную поверхность и поэтому применяется или в сочетании с другими доступами или при переломах, не требующих открытой репозиции суставных фрагментов [7].

Таким образом, можно констатировать, что при сложных переломах плато и пилона ББК следует придерживаться концепции «интраоперационной визуализации в 360°», то есть выполнять несколько небольших, преимущественно прямых доступов, чтобы иметь возможность произвести прямую открытую анатомическую репозицию всех поврежденных костных колонн. Именно такая тактика поддерживается большинством профильных специалистов [23, 49].

Особенности стабильной фиксации переломов плато и пилона ББК

С позиций современных концепций остеосинтеза стабильная фиксация костных отломков после качественной (анатомической) репозиции внутрисуставных

переломов должна обеспечивать возможность ранней активной реабилитации пациентов. При этом стабильность фиксации предполагает, что, несмотря на тяжесть и особенности обсуждаемых переломов, положение костных отломков, достигнутое в ходе репозиции, не должно изменяться при сгибании и разгибании в коленном или голеностопном суставах.

Большинство специалистов при сложных многооскольчатых переломах обсуждаемых локализаций рекомендуют устанавливать основную опорную пластину на стороне компрессированной колонны, а остальные костные колонны фиксировать дополнительными обычными или низкопрофильными пластинами [23, 50]. Это утверждение особенно актуально для переломов пилона, так как дефицит мягких тканей в этой анатомической области не позволяет использовать относительно габаритные анатомические пластины как для остеосинтеза латеральной, так и медиальной колонны дистального метаэпифиза ББК.

С учетом большего объема мягких тканей и больших абсолютных размеров проксимального отдела голени по сравнению с дистальным при переломах плато ББК возможно применение двух специальных анатомических опорных пластин для остеосинтеза латеральной и медиальной опорных колонн. При этом в области перелома по типу раскола достаточно применения обычных пластин даже без угловой стабильности винтов или реконструктивных пластин, так как при выполнении репозиции «зубец в зубец» восстанавливается опора на кортикальный слой кости, который будет противостоять осевой нагрузке. В области импрессионных переломов для предотвращения вторичного смещения восстановленной суставной поверхности под действием деформирующих сил необходима опорная пластина. Именно поэтому некоторые авторы рекомендуют в области импрессионного перелома заднелатерального отдела плато ББК устанавливать малые Т-образные опорные пластины, несмотря на анатомические ограничения, имеющиеся в этой области [24, 47].

Таким образом, сегодня все большую популярность при остеосинтезе сложных переломов плато и пилона ББК набирает концепция циркулярной фиксации или фиксации 360°, исходя из которой каждая поврежденная колонна должна быть фиксирована [23, 24, 51]. По этой причине чаще всего применяются комбинации имплантатов, расположенных по разным колоннам плато или пилона ББК [23, 24, 51, 52]. Проведенные нами ранее биомеханические эксперименты показали, что большая механическая прочность фиксации (стабильность) и устойчивость к циклическим нагрузкам при моделировании переломов дистального отдела бедра типа 33 C2 достигается при его фиксации по двум колоннам (латеральной и медиальной)

в сравнении с традиционной односторонней фиксацией латеральной колонны [53]. Аналогично можно предположить большую механическую стабильность фиксации переломов плато и пилона ББК при позиционировании пластин по разным колоннам и создании циркулярной фиксации отломков.

Ранее S. Samsami и соавт. (2020) представили результаты механических экспериментов, в которых они проверили механическую прочность фиксации анатомической латеральной опорной пластиной с угловой стабильностью винтов двухмышцелкового перелома плато ББК типа С по классификации АО/ASIF [54]. Их эксперименты показали низкую устойчивость к нагрузкам при такой фиксации, особенно на модели с добавочной коронарной (фронтальной) внутрисуставной плоскостью перелома. И поэтому эти авторы сделали вывод о недостаточной стабильности фиксации сложных внутрисуставных переломов плато ББК с использованием только одной латеральной пластины, а также отметили, что добавочная медиальная фиксация увеличивает стабильность фиксации в целом и улучшает клинические результаты лечения [54].

Ph. Penny и соавт. (2016) исследовали 10 наиболее широко применяемых современных анатомических пластин от разных производителей: 5 переднелатеральных и 5 медиальных. Они утверждают, что ни одна из них не обеспечивает стабильную фиксацию всех трех стандартных фрагментов, появляющихся при переломах пилона типа 43С по классификации АО, а при всех случаях таких переломов необходима добавочная пластина для создания адекватной стабильной фиксации [52]. В принципе это же положение косвенно доказано во многих современных работах, в которых авторы получали хорошие клинические результаты и низкий риск вторичных смещений суставных фрагментов при остеосинтезе сложных переломов как плато, так и пилона ББК, используя описанную выше концепцию применения комбинации имплантатов, установленных на разных колоннах поврежденного сегмента [23, 24, 51, 52].

Так, Y.W. Tarng и K.C. Lin (2019) применили комбинированный подход к оперативному лечению 16 пациентов с переломами плато ББК типа С3, начиная операцию с заднего реверсивного L-образного доступа из положения на животе для выполнения репозиции заднего фрагмента с установкой заднемедиальной опорной пластины и продолжая ее из положения на спине, выполняя переднелатеральный доступ и установку латеральной опорной пластины. Авторы отметили, что это положение позволяет установить опорную пластину по задней поверхности плато ББК, что более оправдано с механических позиций [55].

Эти же авторы отмечали, что L-образный реверсивный задний доступ позволяет выполнить прямую

визуализацию, инструментальную реимпакцию и замещение дефекта аллокостью, а также установку заднелатеральной опорной пластины на заднелатеральную область плато ББК. В целом авторы получили неплохие результаты лечения, а из осложнений наблюдали только 3 случая поверхностной инфекции, купированные однократной хирургической обработкой. Несмотря на то что в 5 случаях (18%) на контрольных рентгенограммах был отмечен посттравматический артроз, ни в одном из них не потребовалось эндопротезирование коленного сустава. Также отмечены хорошие функциональные исходы: средний объем движений в коленном суставе составил 115° , средняя оценка по шкале KOOS — 83 балла, а переднезадней или вальгусно-варусной нестабильности не было ни в одном наблюдении [55].

Похожие результаты описаны при лечении сложных переломов пилона с применением комбинированного подхода и фиксацией отломков дистального метаэпифиза ББК несколькими пластинами. Так, J. Guan и соавт. (2019) у 13 пациентов с переломами пилона типа 43 C3 начинали остеосинтез из заднелатерального доступа, выполняя открытую прямую репозицию и фиксацию пластинами заднего края ББК и МБК. Затем в положении пациента на спине продолжали остеосинтез из расширенного переднего доступа с обнажением передней суставной поверхности, реимпакцией фрагмента центральной импрессии ("die punch"), замещением дефекта аутокостью или синтетическими материалами, открытой прямой репозицией фрагмента медиальной лодыжки и переднелатерального фрагмента Tillaux-Charut с фиксацией их опорными пластинами. Подобная тактика позволила этим авторам получить у 12 из 13 пациентов (92,3%) хорошую репозицию отломков с остаточной степенью менее 2 мм по данным послеоперационного КТ-исследования. Все переломы срослись в средний срок 3,6 мес (от 2,6 до 5 мес), а функциональный результат по шкале AOFAS составил 82 балла (от 61 до 92) при среднем объеме тыльного сгибания — 19° , а подошвенного разгибания — 28° [21].

Интересное исследование провели также K.H. Dang и соавт. (2019). С целью снижения отрицательного эффекта большого количества имплантатов на мягкие ткани в зоне перелома и в то же время для надежной фиксации отломков суставной поверхности эти авторы применяли мини-пластины для остеосинтеза 37 сложных переломов пилона типа C. При этом у большинства пациентов использовали две и более пластин, уложенных по разным колоннам пилона. Авторы отметили низкий риск осложнений и несостоятельности фиксации при использовании мини-имплантатов в сравнении с традиционными имплантатами и предложили чаще их применять

даже при сложных многооскольчатых переломах пилона [50].

Еще одна интересная техника, о которой следует упомянуть, — «rim plate» или «hoop plate» — предполагает установку циркулярной пластины субхондрально по окружности задней части плато ББК. Она была предложена в 2008 г. С.А. Bermúdez и соавт. [56]. Позднее V. Giordano и соавт. (2016) применяли 1/3 трубчатые пластины, устанавливаемые из трансмалоберцового доступа и медиального мини-доступа горизонтально по задней поверхности плато ББК для восстановления кортикальной опоры в данной области, а вводимые в пластину винты создавали субхондральную поддержку суставной поверхности. При этом отмечены хорошие исходы фиксации, а сращение переломов и возвращение пациентов к полной осевой нагрузке наблюдались через 3 мес. Однако авторами были представлены лишь единичные клинические случаи, а эффективность методики не была доказана статистически [57].

R.E.S. Pires и соавт. (2016) применили такой же метод фиксации при переломах заднелатерального отдела плато ББК у 9 пациентов через трансмалоберцовый хирургический доступ и получили неплохие исходы лечения. Функциональный результат, оцененный по шкале KSS, был хорошим у 77,8% пациентов со средним значением 80 баллов, а все переломы срослись без случаев заднелатеральной нестабильности коленного сустава [58]. Однако малая численность клинической группы у этих авторов также не позволяет сделать окончательные выводы об эффективности такого метода фиксации и рекомендовать его для широкого применения.

В целом следует отметить, что современная концепция оперативного лечения при переломах пилона и плато ББК, по мнению большинства авторов, заключается в восстановлении длины и оси, а также устранении ротации поврежденного сегмента, создании циркулярной поддержки анатомично восстановленной суставной поверхности со стабильной фиксацией всех поврежденных опорных костных колонн, достаточной для предотвращения вторичных смещений и потери репозиции при ранней активной разработке движений в суставах [23, 24, 51, 52, 55].

Заключение

Проведенный нами анализ профильных научных публикаций позволил выделить и сформулировать общие и отличительные черты в подходах к хирургическому лечению пациентов с внутрисуставными переломами проксимального и дистального метаэпифизов ББК. При этом сходных черт в указанных подходах оказалось значительно больше, что вполне объяснимо с учетом похожих особенностей в строении

двух суставных концов одной и той же кости, ежедневно испытывающей значительные осевые функциональные нагрузки. И поэтому в строении как плато ББК (проксимальный метаэпифиз), так и пилона (дистальный метаэпифиз) обоснованно выделяют несколько опорных костных колонн, разрушение которых при переломах требует восстановления их целостности и продольной прочности, обеспечивающих опорную функцию нижней конечности при высоких аксиальных нагрузках. Без такой реконструкции костных колонн посредством операций остеосинтеза опорными и дополнительными пластинами невозможно добиться надежной фиксации переломов и нежелательных смещений фрагментов суставных поверхностей после их тщательной репозиции, что неизбежно приводит к быстрому прогрессированию посттравматического артроза.

Некоторые выявленные нами различия в подходах к хирургическому лечению пациентов с переломами плато и пилон ББК обусловлены, прежде всего, существенной разницей в общих размерах голени в области коленного и голеностопного суставов и, в частности, со значительно меньшим объемом мягких тканей на уровне дистального метаэпифиза ББК. Эти отличительные черты строения должны учитываться хирургами, в первую очередь, при выборе хирургических доступов для выполнения остеосинтеза при рассматриваемых переломах. Например, при остеосинтезе переломов плато ББК можно сочетать переднелатеральный и заднелатеральный или переднемедиальный и заднемедиальный доступы, так как ширины мягкотканного «мостика» между ними достаточно для сохранения кровоснабжения тканей между операционными разрезами. Подобное сочетание доступов при переломах пилон невозможно из-за

недостаточно большой окружности голени в области выполнения операционных разрезов. Однако, с другой стороны, последствия повреждений крупных сосудов и нервов в области коленного сустава клинически обычно более значимы по сравнению с таковыми на уровне голеностопного сустава.

В целом же основные подходы к лечению пациентов с внутрисуставными переломами как плато ББК, так и пилон, достаточно хорошо согласованы к настоящему времени и поддерживаются подавляющим большинством профильных специалистов. Они предполагают прежде всего полноценную рентгеновскую диагностику с тщательной оценкой срезов КТ и построением трехмерных моделей переломов для всесторонней оценки их архитектоники, использование нескольких классификаций, основанных на колонных теориях строения метаэпифизов ББК, для обоснованного выбора хирургических доступов и позиционирования опорных и вспомогательных пластин, тщательную (анатомичную) репозицию костных отломков с суставными поверхностями и надежную их фиксацию с циркулярной поддержкой для обеспечения возможностей ранней функциональной реабилитации пациентов обсуждаемого профиля.

По нашему мнению, соблюдение классических принципов хирургического лечения внутрисуставных переломов с реализацией современных подходов к выбору доступов и техники остеосинтеза являются верным путем совершенствования специализированной травматологической помощи сложной категории пациентов с внутрисуставными переломами проксимального и дистального метаэпифизов ББК, который должен способствовать снижению доли послеоперационных осложнений и улучшению исходов лечения.

Список литературы

1. Buckley R.E., Moran C.G. *Apivattthakakul Th.* AO principles of fracture management. 3rd ed. Thieme, 2018. P. 1120.
2. Court-Brown Ch., Heckman J.D., McQueen M.M. et al. *M. Rockwood and Green's fractures in adults.* 8th ed. Wolters Kluwer Health, 2015. P. 2769.
3. Kokkalis Z.T., Iliopoulos I.D., Pantazis C., Panagiotopoulos E. What's new in the management of complex tibial plateau fractures? *Injury* 2016; 47 (6): 1162–1169. doi: 10.1016/j.injury.2016.03.001.
4. Jacob N., Amin A., Giotakis N. et al. Management of High-Energy Tibial Pilon Fractures. *Strat Traum Limb Recon* 2015; 10: 137–147. doi: 10.1007/s11751-015-0231-5.
5. Бельский И.Г., Кочиш А.Ю., Кислицын М.А. Переломы мыщелков большеберцовой кости: современные подходы к лечению и хирургические доступы (обзор литературы). *Гений ортопедии* 2016; (4): 114–122. [*Belen'kii I.G., Kochish A.Ju., Kislicyn M.A. Fractures of the Tibial Condyles: Current Treatment Methods and Surgical Approaches (Literature Review).* *Genii ortopedii* 2016; (4): 114–122 (In Russ.)]. doi: 10.18019/1028-4427-2016-4-114-122.
6. Бельский И.Г., Майоров Б.А., Кочиш А.Ю., Усенов М.Б. Современные взгляды на оперативное лечение пациентов с переломами пилон. *Современные проблемы науки и образования* 2018; (4): 243. [*Belen'kii I.G., Maiorov B.A., Kochish A Yu., Usenov M.B. Modern Views on Surgical Treatment of Pilon Fractures.* *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* 2018; (4): 243 (In Russ.)]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27955> (дата обращения: 10.06.2023).
7. Майоров Б.А., Бельский И.Г., Сергеев Г.Д. и др. Малоинвазивный наkostный остеосинтез при переломах дистального отдела голени и пилон. Современное состояние проблемы (обзор литературы). *Современные проблемы науки и образования* 2022; 6-2: 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32112> (дата обращения: 10.06.2023). [*Maiorov B.A., Belen'kii I.G., Sergeev G.D. et al. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis of Distal Tibia and Pilon Fractures.* *Modern State of Art (Literature Review).* *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* 2022; 6-2: 4 (In Russ.)]. doi: 10.17513/spno.32112.
8. Bear J., Rollick N., Helfet D. Evolution in Management of Tibial Pilon Fractures. *Curr. Rev. Musculoskelet Med.* 2018; 11 (4): 537–545. doi: 10.1007/s12178-018-9519-7.

9. Saad B.N., Yingling J.M., Liporace F.A., Yoon R.S. Pilon Fractures: Challenges and Solutions. *Orthop Res Rev.* 2019; (11): 149–157. doi: 10.2147/ORR.S170956.
10. Xingguang T., Nong C., Fugen P., Cheng B. External Fixation Combined with Delayed Internal Fixation in Treatment of Tibial Plateau Fractures with Dislocation. *Medicine (Baltimore)* 2017; 96(41): e8221. doi: 10.1097/MD.00000000000008221.
11. Kfuri M., Schatzker J. Revisiting the Schatzker Classification of Tibial Plateau Fractures. *Injury* 2018; 49(12): 2252–2263. doi: 10.1016/j.injury.2018.11.010.
12. Leonetti D., Tigani D. Pilon Fractures: A New Classification System Based on CT-scan. *Injury* 2017; 48(10): 2311–2317. doi: 10.1016/j.injury.2017.07.026.
13. Raza H., Hashmi P., Abbas K., Hafeez K. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis for Tibial Plateau Fractures. *J. Orthop Surg. (Hong Kong)* 2012; 20 (1): 42–47. doi: 10.1177/230949901202000109.
14. Vidović D., Matejčić A., Ivica M. et al. Minimally-invasive Plate Osteosynthesis in Distal Tibial Fractures: Results and Complications. *Injury* 2015; 46 (6): S96–99. doi: 10.1016/j.injury.2015.10.067.
15. Wirbel R., Weber A., Heinzmann J. et al. Midterm Results for Quality of Life After Surgical Treatment of Moore Type V Fractures of the Tibial Plateau. *Orthop Unfall.* 2016; 154 (5): 513–520. doi: 10.1055/s-0042-106905.
16. Pollak A.N., McCarthy M.L., Bess R.S. et al. Outcomes After Treatment of High-Energy Tibial Plateau Fractures. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2003; 85 (10): 1893–1900. doi: 10.2106/00004623-200310000-00005.
17. Bister V., Lenkkeri T., Parkkinen M., Lindahl J. Intra-articular Distal Tibial Fractures Cause a Major Burden to Individual Patients and Also Stresses the Public Health Care System. *Injury* 2022; 53 (8): 2888–2892. doi: 10.1016/j.injury.2022.05.049.
18. Polat B., Gurpinar T., Polat A.E., Ozturkmen Y. Factors Influencing the Functional Outcomes of Tibia Plateau Fractures After Surgical Fixation. *Niger J. Clin. Pract.* 2019; 22 (12): 1715–1721. doi: 10.4103/njcp.njcp_432_18.
19. Meulenkamp B., Martin R., Desy N.M. et al. Incidence, Risk Factors, and Location of Articular Malreductions of the Tibial Plateau. *J. Orthop Trauma* 2017; 31 (3): 146–150. doi: 10.1097/BOT.0000000000000735.
20. Minator Sajjadi M., Ebrahimpour A., Okhovatpour M.A. et al. The Outcomes of Pilon Fracture Treatment: Primary Open Reduction and Internal Fixation Versus Two-stage Approach. *Arch Bone Jt Surg.* 2018; 6 (5): 412–419.
21. Guan J., Huang M., Wang Q. et al. Treatment of AO/OTA 43-C3 Pilon Fracture: Be Aware of Posterior Column Malreduction. *Biomed Res. Int.* 2019; 2019: 4265782. doi: 10.1155/2019/4265782.
22. Topliss C., Jackson M., Atkins R. Anatomy of Pilon Fractures of the Distal Tibia. *J. Bone Joint Surg. Br.* 2005; 87 (5): 692–697. doi: 10.1302/0301-620X.87B5.15982.
23. Luo C.F., Sun H., Zhang B., Zeng B.F. Three-Column Fixation for Complex Tibial Plateau Fractures. *J. Orthop. Trauma* 2010; 24 (11): 683–692. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181d436f3.
24. Chang S.M., Hu S.J., Zhang Y.Q. et al. A Surgical Protocol for Bicondylar Four-Quadrant Tibial Plateau Fractures. *Int. Orthop.* 2014; 38 (12): 2559–2564. doi: 10.1007/s00264-014-2487-7.
25. Assal M., Ray A., Stern R. Strategies for Surgical Approaches in Open Reduction Internal Fixation of Pilon Fractures. *J. Orthop Trauma* 2015; 29 (2): 69–79. doi: 10.1097/BOT.0000000000000218.
26. Tang X., Tang P.F., Wang M.Y. et al. Pilon Fractures: A New Classification and Therapeutic Strategies. *Chin. Med. J. (Engl.)* 2012; 125 (14): 2487–2492.
27. Sohn H.S., Yoon Y.C., Cho J.W. et al. Incidence and Fracture Morphology of Posterolateral Fragments in Lateral and Bicondylar Tibial Plateau Fractures. *J. Orthop. Trauma* 2015; 29 (2): 91–97. doi: 10.1097/BoT.0000000000000170.
28. Krause M., Preiss A., Müller G. et al. Intra-articular Tibial Plateau Fracture Characteristics According to the «Ten Segment Classification». *Injury* 2016; 47 (11): 2551–2557. doi: 10.1016/j.injury.2016.09.014.
29. Dhillon M.S., Patel S. K P. Simple Four Column Classification Can Dictate Treatment for Intra Articular Tibial Plateau Fractures Much Better Than Ten Segment Classification. *Injury* 2017; 48 (6): 1276–1278. doi: 10.1016/j.injury.2017.03.031.
30. Assal M. Techniques d'ostéosynthèse des fractures du tibia distal chez l'adulte. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur* 2008; 94: S224–S230 (in French). doi: 10.1016/B978-2-84299-908-7.50001-6.
31. Tornetta P.3rd, Ricci W., Nork S. et al. The Posterolateral Approach to the Tibia for Displaced Posterior Malleolar Injuries. *J. Orthop Trauma* 2011; 25 (2): 123–126. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181e47d29.
32. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Кулеш П.Н. и др. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей: пособие для врачей. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: РНИИТО им. П.П. Вредена. 2012; 48 с. [Solomin L.N., Shchepkina E.A., Kulesh P.N. Determination of Reference Lines and Angles of Long Tubular Bones. Manual for Physicians. 2nd ed. rev. and expand. St. Petersburg. Vreden research institute. 2012; 48 p (In Russ.)].
33. Lareau C.R., Daniels A.H., Vopat B.G., Kane P.M. Emergency Department External Fixation for Provisional Treatment of Pilon and Unstable Ankle Fractures. *J. Emerg. Trauma Shock* 2015; 8 (1): 61–64. doi: 10.4103/0974-2700.150400.
34. Hebert-Davies J., Kleweno C.P., Nork S.E. Contemporary Strategies in Pilon Fixation. *J. Orthop Trauma* 2020; 34 (1): S14–S20. doi: 10.1097/BOT.0000000000001698.
35. McGonagle L., Cordier T., Link B.C. et al. Tibia Plateau Fracture Mapping and Its Influence on Fracture Fixation. *J. Orthop Traumatol.* 2019; 20 (1): 12. doi: 10.1186/s10195-019-0519-1.
36. Cole P.A., Mehrle R.K., Bhandari M., Zlowodzki M. The Pilon Map: Fracture Lines and Comminution Zones in OTA/AO Type 43C3 Pilon Fractures. *J. Orthop Trauma* 2013; 27 (7): e152–156. doi: 10.1097/BOT.0b013e318288a7e9.
37. Labronici P.J., Junior A.F.M., da Silva A.A.M. et al. CT Mapping for Complex Tibial Pilon Fractures: Understanding the Injury Pattern and Its Relation to The Approach Choice. *Injury* 2021; 52 (3): S70–S76. doi: 10.1016/j.injury.2021.04.064.
38. Haller J.M., Githens M., Rothberg D. et al. Risk Factors for Tibial Plateau Nonunion: Medial Column Fixation May Reduce Nonunion Rates. *J. Orthop Trauma* 2019; 33 (9): 443–449. doi: 10.1097/BOT.0000000000001500.
39. Frosch K.H., Korthaus A., Thiesen D. et al. The Concept of Direct Approach to Lateral Tibial Plateau Fractures and Stepwise Extension as Needed. *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.* 2020; 46 (6): 1211–1219. doi: 10.1007/s00068-020-01422-0.
40. Wu D., Peng C., Ren G. et al. Novel Anterior Curved Incision Combined with MIPO for Pilon Fracture Treatment. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020; 21 (1): 176. doi: 10.1186/s12891-020-03207-3.
41. Ma Z., Zhan J., Zhu N. et al. A Comparative Study of The Clinical Efficacy of Supination-Adduction Type II Ankle Fracture Surgery Based on the Medial Pilon Fracture Concept Versus the Ankle Fracture Concept. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021; 22 (1): 936. doi: 10.1186/s12891-021-04818-0.
42. Mason L.W., Kaye A., Widnall J. et al. Posterior Malleolar Ankle Fractures: An Effort at Improving Outcomes. *JB JS Open Access.* 2019; 4 (2): e0058. doi: 10.2106/JBJS.OA.18.00058.
43. Bastias C., Lagos L. New Principles in Pilon Fracture Management: Revisiting Rüedi and Allgöwer Concepts. *Foot Ankle Clin.* 2020; 25 (4): 505–521. doi: 10.1016/j.fcl.2020.08.004.
44. Chen H.W., Chen C.Q., Yi X.H. Posterior Tibial Plateau Fracture: A New Treatment-Oriented Classification and Surgical Management. *Int J. Clin. Exp Med.* 2015; 8 (1): 472–479.

45. *Cho J.-W., Kim J., Cho W.-T. et al.* Approaches and Fixation of the Posterolateral Fracture Fragment in Tibial Plateau Fractures: A Review with an Emphasis on Rim Plating Via Modified Anterolateral Approach. *International Orthopaedics* 2017; 41 (9): 1887–1897. doi: 10.1007/s00264-017-3563-6.
46. *Беленький И.Г., Кочиш А.Ю., Кислицын М.А., Майоров Б.А.* Выбор хирургического доступа для остеосинтеза при переломах латерального мыщелка большеберцовой кости. Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях 2020; (2): 10–20 [*Belen'kii I.G., Kochish A.Yu., Kislitsyn M.A., Maiorov B.A.* A choice of surgical approach for osteosynthesis in fractures of the lateral tibial condyle. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* 2020; (2): 10–20 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2020-0-2-10-20.
47. *Кислицын М.А., Беленький И.Г., Майоров Б.А., Кочиш А.Ю.* Результаты остеосинтеза переломов заднего отдела латерального мыщелка большеберцовой кости с использованием переднелатерального хирургического доступа. Кафедра травматологии и ортопедии 2019; (2): 48–56 [*Kislitsyn M.A., Belen'kii I.G., Maiorov B.A., Kochish A.Yu.* The Results of Posterior Fragments of Lateral Tibial Condyle Osteosynthesis Using Anterolateral Surgical Approach. *Kafedra travmatologii i ortopedii* 2019; (2): 48–56 (In Russ.)]. doi: 10.17238/issn2226-2016.2019.2.48-56.
48. *Кочиш А.Ю., Кислицын М.А., Беленький И.Г. и др.* Анатомо-клиническое обоснование заднелатерального трансмаклоберцового доступа для остеосинтеза переломов заднелатеральной колонны плато большеберцовой кости. Травматология и ортопедия России 2019; 25 (3): 112–123 [*Kochish A.Yu., Kislitsyn M.A., Belen'kii I.G. et al.* Anatomical and Clinical Rationale for Posterolateral Transfibular Approach for Internal Fixation of the Posterolateral Column of the Tibial Plateau. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* 2019; 25 (3): 112–123 (In Russ.)]. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-112-123.
49. *Chen Z., Chen D., Yang H. et al.* 360 degrees Internal Fixation by Double Approaches for High-Energy Closed Pilon Fractures. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2015; 29 (10): 1226–1229 (in Chinese).
50. *Dang K.H., Ornell S.S., Huynh R.A. et al.* Early Clinical and Radiographic Outcomes of a Mini-Fragment, Low Profile Plating System in Tibial Plafond Fractures. *Injury* 2019; 50 (10): 1773–1780. doi: 10.1016/j.injury.2019.07.023.
51. *Dai C.H., Sun J., Chen K.Q., Zhang H.B.* Omnidirectional Internal Fixation by Double Approaches for Treating Rüedi-Allgöwer Type III Pilon Fractures. *J. Foot Ankle Surg.* 2017; 56 (4): 756–761. doi: 10.1053/j.jfas.2017.02.012.
52. *Penny P., Swords M., Heisler J. et al.* Ability of Modern Distal Tibia Plates to Stabilize Comminuted Pilon Fracture Fragments: Is Dual Plate Fixation Necessary? *Injury* 2016; 47 (8): 1761–1769. doi: 10.1016/j.injury.2016.05.026.
53. *Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Майоров Б.А. и др.* Экспериментальное и теоретическое обоснование двухколонной теории остеосинтеза при переломах дистального отдела бедренной кости. Травматология и ортопедия России 2017; 23 (3): 86–94 [*Belen'kii I.G., Sergeev G.D., Maiorov B.A. et al.* Experimental and Theoretical Validation of Double Column Internal Fixation Theory for Distal Femoral Fractures. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* 2017; 23 (3): 86–94 (In Russ.)]. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-86-94.
54. *Samsami S., Pätzold R., Winkler M. et al.* The Effect of Coronal Splits on the Structural Stability of Bi-Condylar Tibial Plateau Fractures: A Biomechanical Investigation. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2020; 140 (11): 1719–1730. doi: 10.1007/s00402-020-03412-8.
55. *Tarng Y.W., Lin K.C.* A Combined Prone and Supine Approaches for Complex Three Column Tibial Plateau Fracture with Posterolateral Articular Injury. *Injury* 2019; 50 (10): 1756–1763. doi: 10.1016/j.injury.2019.09.008.
56. *Bermúdez C.A., Ziran B.H., Barrette-Grischow M.K.* Use of Horizontal Rafting Plates for Posterior Elements of Complex Tibial Plateau Fractures: Description and Case Reports. *J. Trauma* 2008; 65 (5): 1162–1167. doi: 10.1097/01.ta.0000222943.45563.b5.
57. *Giordano V., Schatzker J., Kfuri M.* The «Hoop» Plate for Posterior Bicondylar Shear Tibial Plateau Fractures: Description of a New Surgical Technique. *J. Knee Surg.* 2017; 30 (6): 509–513. doi: 10.1055/s-0036-1593366.
58. *Pires R.E.S., Giordano V., Wajnsztein A. et al.* Complications and Outcomes of the Transfibular Approach for Posterolateral Fractures of the Tibial Plateau. *Injury* 2016; 47 (10): 2320–2325. doi: 10.1016/j.injury.2016.07.010.

Поступила в редакцию: 19.07.2023 г.

Сведения об авторах:

Майоров Борис Александрович — кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник отдела травматологии, ортопедии и вертебрологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института скорой помощи им. И.И. Джанелидзе; 192242, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит А; доцент кафедры общей хирургии с курсом травматологии и ортопедии Санкт-Петербургского государственного университета; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; ассистент кафедры травматологии и ортопедии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: bmayorov@mail.ru; ORCID 0000-0003-1559-1571;

Беленький Игорь Григорьевич — доктор медицинских наук, руководитель отдела травматологии, ортопедии и вертебрологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института скорой помощи им. И.И. Джанелидзе; 192242, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит А, профессор кафедры общей хирургии, руководитель курса травматологии и ортопедии Санкт-Петербургского государственного университета; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru; ORCID 0000-0001-9951-5183;

Кочиш Александр Юрьевич — доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена; 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8; профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: auk1959@mail.ru; ORCID 0000-0002-2466-7120;

Сергеев Геннадий Дмитриевич — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела травматологии, ортопедии и вертебрологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института скорой помощи им. И.И. Джанелидзе; 192242, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит А; ассистент кафедры общей хирургии с курсом травматологии и ортопедии Санкт-Петербургского государственного университета; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: gdsergeev@gmail.com; ORCID 0000-0002-8898-503X.