

ВНУТРИСУСТАВНЫЕ ПЕРЕЛОМЫ ДИСТАЛЬНОГО ОТДЕЛА БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ: ЭВОЛЮЦИЯ ВЗГЛЯДОВ НА ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

В.В. Сластинин, И.Ю. Ключвин, **О.П. Филиппов**, Ю.А. Боголюбский

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы, Москва, Российская Федерация

INTRA-ARTICULAR FRACTURES OF THE DISTAL TIBIA: EVOLVING OF VIEWS ON SURGICAL TREATMENT

V.V. Slastinin, I.Yu. Klyukvin, **O.P. Filippov**, Yu.A. Bogolyubsky

N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russian Federation

РЕЗЮМЕ

Переломы пилона являются одними из наиболее сложных для лечения повреждений. В последнее время частота внутрисуставных переломов дистального отдела большеберцовой кости стремительно увеличивается, но бурные дискуссии по поводу оптимальных хирургических методов лечения и об оптимальном времени операции продолжаются. Целью статьи является обзор различных методов лечения переломов пилона и эволюции взглядов на лечение подобных переломов.

Ключевые слова:

переломы пилона, переломы дистального отдела большеберцовой кости, этапное лечение переломов пилона, история.

ABSTRACT

The pilon fractures are one of the most technically difficult injuries to treat. Recently, the frequency of distal tibia intra-articular fractures has increased rapidly, but controversial discussion of optimal surgical technique and optimal timing of surgery is ongoing. The goal of this article is to review different options available for treatment of pilon fractures and evolving of views on the treatment of such fractures.

Keywords:

pilon fractures, distal tibial fractures, staged treatment of pilon fractures, history

АНФ — аппарат наружной фиксации

ББК — большеберцовая кость

АО — *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen* — рабочее сообщество по вопросам остеосинтеза (Германия)

Внутрисуставные повреждения дистального метаэпифиза большеберцовой кости (ББК) относятся к категории сложных травм и остаются одной из наиболее актуальных проблем современной травматологии. Это обусловлено высоким количеством неудовлетворительных результатов (от 10 до 54%), связанных с ограничением движений в голеностопном суставе, развитием дегенеративных изменений хряща, несращениями и гнойными осложнениями. Несмотря на значительные достижения в области диагностики и лечения метаэпифизарных переломов ББК, длительная или стойкая инвалидность отмечается у 6–8% данных больных, что также определяет актуальность совершенствования подходов к лечению. Раннее развитие посттравматического деформирующего артроза (60–80%), возникновение стойких контрактур (29–50%) и деформаций суставов (12–20%) у больных с внутри- и околосуставными переломами ББК служат основанием для внедрения новых подходов к диагностике и лечению — репозиции, фиксации отломков костей с применением современных методик внутреннего стабильно-функционального остеосинтеза и костной пластики [1–4].

Термин «пилон» (пестик) введен французским рентгенологом *E. Destot* в 1911 г. [5, 6]. Под ним подразумевается дистальный метаэпифиз ББК, по форме действительно напоминающего пестик, которым пользуются для измельчения чего-либо в ступке [7]. Граница данных переломов распространяется до 8–10 см проксимальнее голеностопного сустава [8, 9]. Условно все переломы ББК с вовлечением дистальной суставной поверхности должны быть классифицированы как переломы пилона, за исключением переломов внутренней или наружной лодыжек и переломов заднего края ББК, если он составляет менее 1/3 суставной поверхности [10–12].

Переломы пилона составляют 5–7% от всей костной травмы ББК и 1% от всех переломов костей нижних конечностей [13, 14]. Переломы данной локализации преобладают у мужчин (57–65%) в наиболее трудоспособном возрасте [15].

Наиболее частыми причинами сложных метаэпифизарных переломов ББК в настоящее время являются падение с высоты и дорожно-транспортные происшествия (до 52%). До 40% от всех переломов пилона

наблюдаются у пострадавших с политравмой. Около 20% этих переломов являются открытыми. Они могут сочетаться с переломами малоберцовой кости или распространяться на диафиз ББК. Оскольчатые переломы являются наиболее сложными для лечения и составляют до 40% переломов данной локализации [16].

Эра успешного оперативного лечения переломов в области голеностопного сустава началась в Швейцарии в конце 1950-х гг. Такие низкоэнергетические переломы встречались в основном на горнолыжных курортах, недалеко от которых хирурги приступали к комплексному лечению. Немедленная фиксация переломов пилон, популяризованная Rüedi et al., показывала хорошие результаты в течение 9 лет [17].

В 1986 г. Olivada et Beals опубликовали результаты лечения 145 переломов пилон. Методы лечения были разделены на две группы: открытая репозиция, внутренняя фиксация по АО (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen*) и другие методы. Лучшие результаты были достигнуты при открытой репозиции и внутренней фиксации [18]. В руководстве Schatzker et Tile, изданном в 1987 г., утверждается, что операция при переломе пилон должна быть выполнена в ближайшее время после получения травмы до образования эпидермальных пузырей [19]. В соответствии с этими рекомендациями внутренняя фиксация таких переломов стала к 1990 г. в США стандартной процедурой.

Многие переломы пилон возникают в результате высокоэнергетических дорожно-транспортных травм, что сопровождается повреждением мягких тканей. Ранее большинство хирургов не учитывали травму мягких тканей, что приводило к высокой частоте осложнений.

В 1992 г. McFerran et al. сообщил о 5-летнем опыте лечения переломов пилон. Было выявлено, что тактика немедленного погружного остеосинтеза приводит к осложнениям в 40% случаях [20].

В одной из работ сообщается о том, что при остеосинтезе переломов пилон частота инфекционных осложнений достигала 37%. Причем эти осложнения не были связаны с открытыми переломами — они возникли в результате расхождения краев и плохого заживления послеоперационных ран. Авторы решили, что если анатомичная репозиция может быть достигнута только путем увеличения частоты осложнений со стороны мягких тканей, то нужно отдать предпочтение альтернативным методам лечения [21].

Стремясь уменьшить травму мягких тканей, хирурги начали более широко использовать аппараты наружной фиксации (АНФ), в том числе и гибридные, а также комбинации наружной и минимальной внутренней фиксации [22]. Но это не привело к ожидаемому снижению частоты осложнений: в 55% случаев при выполнении внеочагового остеосинтеза данной локализации наблюдали прокалывание спицей хотя бы одного сухожилия, в 8–10% — повреждения нейрососудистых структур [23]. Прибавились также осложнения, связанные с введением чрескостных элементов — частота воспаления мягких тканей вокруг спиц достигала 7% [24]. Учитывая наличие таких осложнений, хирурги опять пришли к внутренней фиксации переломов. Schatzker et Tile считают, что в случае массивного отека мягких тканей хирургического вмешательства необходимо избегать. Они рекомендуют использование стержневых АНФ в течение 7–10 сут до погружного остеосинтеза [5]. Концепция двухэтапного лечения

набирала обороты. Sirkin et al. при применении концепции двухэтапного лечения сообщили об отсутствии послеоперационных осложнений со стороны мягких тканей при закрытых переломах пилон. АНФ перед погружным остеосинтезом они накладывали на 10–14 сут [25].

На сегодняшний день применяются как оперативное, так и консервативное лечение переломов пилон. Консервативное лечение заключается либо в длительной тракции за пяточную кость, либо в иммобилизации жесткими повязками. Консервативное лечение применяют только при переломах с минимальным смещением и в том случае, если ось конечности может быть удержана в жесткой повязке. Осовая нагрузка в данном случае исключается на 4–6 нед [26, 27].

Первым этапом лечения при переломах пилон, сочетающихся с переломом малоберцовой кости, необходимо произвести остеосинтез малоберцовой кости для восстановления длины ББК. АО рекомендует использовать временную стабилизацию АНФ, после чего производить погружной остеосинтез [15]. Впервые такое двухступенчатое (двухэтапное) лечение при переломах пилон предложил еще в 1994 г. Helfet [10]. Первый этап — тракция с помощью скелетного вытяжения или АНФ для восстановления длины и оси конечности. Второй этап — внутренний остеосинтез. Особое внимание уделялось тому, чтобы элементы АНФ проходили вдали от зоны предполагаемого оперативного доступа. Концепция этапного лечения была поддержана многими хирургами [28].

На сегодняшний день концепция этапного, или ступенчатого, лечения метаэпифизарных переломов ББК поддерживается многими травматологами. Такая тактика лечения сложных метаэпифизарных переломов может считаться оправданной в связи с высокой травматичностью реконструктивной операции. Наличие умеренного и выраженного отека мягких тканей, эпидермальных пузырей или ран является четким показанием к этапному лечению переломов [29, 30]. В этих случаях многие авторы рекомендуют проводить оперативное лечение в сроки 1–1,5–2 нед после получения травмы, после уменьшения отека и нормализации мягких тканей в зоне предполагаемого оперативного вмешательства. Достоверным признаком нормализации трофики мягких тканей считается восстановление тургора кожи. Рекомендуется соблюдать следующие важные правила: репозиция по длине, стабилизация сустава и возвышенное положение конечности в дооперационном периоде, а оперативное лечение выполнять не позднее 3 нед, так как позже этих сроков активное образование соединительных тканей в области перелома затруднит интраоперационную репозицию отломков и, соответственно, ухудшит результат операции [31].

При сложных закрытых переломах или переломах со значительным повреждением мягких тканей первым этапом ряд травматологов предпочитают наложить АНФ для сохранения физиологического напряжения мышечно-связочных структур и восстановления оси и длины конечности [32, 33]. Специалисты АО также рекомендуют использовать временную стабилизацию АНФ, после чего производить погружной остеосинтез [15].

При этапном лечении с использованием АНФ рекомендуют придерживаться следующих основных принципов [29]:

1. Стержни (спицы) аппарата должны быть проведены вне зоны травмы, вдали от возможной отслойки надкостницы, от эпидермальных пузырей, ран, кровоподтеков и от зоны выраженного отека. Они также должны быть проведены вне зоны возможных операционных доступов.

2. АНФ должен удерживать сустав в физиологическом положении (например, умеренного сгибания и небольшого вальгуса для колена) и обеспечить восстановление длины и оси конечности.

Если длина конечности и ось с помощью АНФ восстановлены, то ожидание в течение 3 нед до возможности выполнения погружного остеосинтеза является вполне допустимым [30, 34].

Как поступать в последующем с наложенным на голень АНФ перед операцией погружного остеосинтеза? Единого мнения в этом вопросе нет. Одни авторы предпочитают снимать АНФ перед операцией, другие — менять только штанги АНФ на стерильные, а кто-то обрабатывает АНФ вместе с операционным полем и снимает его только после остеосинтеза [29, 30, 34, 35].

Первичная фиксация отломков аппаратами при сложных переломах ББК обеспечивает достаточную стабильность, но во всех исследованиях отмечены осложнения, связанные с проведением спиц и стержней [36–38].

Наряду с АНФ лечение пострадавших скелетным вытяжением за пяточную кость также обеспечивает хорошие условия для восстановления мягких тканей и рекомендовано рядом авторов к использованию перед операцией [39]. Так, например, *M. El-Sallab Roshdy et al.* при поступлении всем больным накладывают скелетное вытяжение за пяточную кость, а после нормализации кожных покровов (на 10–15-е сут после травмы) вторым этапом проводят остеосинтез перелома [40].

При открытых переломах пилона также рекомендуется основываться на двухэтапном лечении: первичная хирургическая обработка раны, затем, после заживления раны и нормализации состояния мягких тканей в области перелома, открытая репозиция и фиксация перелома пластиной [41].

В противовес двухэтапной тактике в ряде современных работ и при высокоэнергетических переломах ББК авторы все же рекомендуют выполнение раннего погружного малоинвазивного остеосинтеза в течение 36 ч с момента травмы, аргументируя раннее вмешательство возможностью осуществления малотравматичной репозиции в основном за счет лигаментотаксиса [42]. При хорошем состоянии кожных покровов и умеренном отеке некоторые авторы допускают выполнение погружного остеосинтеза в течение первых 1–2 сут, отмечая при этом, что необходимость в экстренной операции при переломах ББК возникает только в 3 случаях: при открытых переломах, при переломах в сочетании с компартмент-синдромом и при повреждении сосудов [36]. В единичных публикациях авторы предлагают выполнять первично погружной остеосинтез даже при открытых переломах пилона [43].

В настоящее время нет единого мнения и по вопросам технологии остеосинтеза при переломах пилона, однако принципы остеосинтеза внутри- и околосуставных переломов ББК, предложенные *Rüedi et Allogower* еще в 1969 г., остаются актуальными до сих пор. К этим принципам относятся следующие.

1. Анатомичная реконструкция суставной поверхности ББК. Любые переломы, которые приводят к нестабильности, требуют открытой репозиции и внутренней фиксации. Наилучшим образом конгруэнтность суставной поверхности может быть восстановлена только при открытой репозиции.

2. Восстановление длины малоберцовой кости и ББК.

3. Использование губчатых трансплантатов для заполнения полостей, образующихся при многооскольчатых и вдавленных переломах после репозиции.

4. Стабильная внутренняя фиксация фрагментов. Стабильная фиксация и точная репозиция необходимы для восстановления хряща.

5. Раннее начало движений в оперированном суставе.

6. Если перелом требует открытой репозиции, но она по каким-либо причинам не может быть выполнена, то перелом следует лечить скелетным вытяжением с последующим ранним началом движений в суставе [44, 45].

При переломе пилона и малоберцовой кости, как правило, требуются два доступа. Расстояние между передним и наружным разрезами должно быть не меньше 5–7 см. При необходимости доступ к малоберцовой кости можно сместить кзади. Это предотвращает нарушение кровоснабжения лоскута между доступами [19]. Выбор доступа определяется характером и преимущественной локализацией костных разрушений и проводится с учетом состояния мягкотканого покрова.

При переломах пилона могут быть использованы одна или две пластины, гибридные АНФ и технология *LISS*. Все эти методы фиксации имеют свои преимущества и свои недостатки.

Не все переломы пилона требуют применения пластин с блокируемыми винтами. Простые переломы могут быть вполне надежно фиксированы обычными опорными пластинами. Необоснованное применение пластин с блокируемыми винтами увеличивает стоимость лечения в 10 раз. Более того, у данных фиксаторов есть и некоторые отрицательные моменты: винты могут быть введены только в строго определенном направлении; дается лишь поддержка суставной поверхности, без обеспечения компрессии; для компрессирующего винта при необходимости нужно заранее выбрать место вне пластины или ввести его через неблокируемое отверстие [46].

Многими хирургами для сохранения кровоснабжения поврежденной кости и улучшения ее сращения, а также для снижения частоты инфекционных и других осложнений пропагандировались минимально инвазивные методы и техника не прямой репозиции [15, 47–50]. Цель биологического остеосинтеза пластиной — добиться восстановления оси конечности и стабильной фиксации. При этом выполняют не прямую репозицию, а пластину укладывают под мышцей или под кожей через небольшие разрезы.

Первым этапом, например, при переломах пилона, сочетающихся с переломом малоберцовой кости, рекомендуют произвести остеосинтез малоберцовой кости для восстановления длины ББК. В дистальном отделе ББК, в зависимости от характера перелома, пластина может быть уложена по наружной, передней или внутренней поверхностям. Появление технологии *LCP*-пластин позволяет обеспечить угловую и аксиаль-

ную стабильность без необходимости точного моделирования пластины по контуру кости. Благодаря этому сохраняется кровоснабжение кости под пластиной. LCP-пластины полезны в случаях, когда возможно выполнение не прямой репозиции, так как они допускают неидеальную репозицию, например, при переломах метафиза и диафиза, в качестве мостовидной пластины при многооскольчатых переломах. Однако при репозиции внутрисуставного перелома необходимы точное восстановление суставной поверхности и оси метадиафизарного компонента. Ступенька суставной поверхности в 1 мм может привести к небольшой угловой деформации в метафизе, но ступенька в 1 мм в метафизе может привести к смещению суставной поверхности на несколько миллиметров. По этой причине в большинстве случаев прежде всего должна быть восстановлена суставная поверхность [7]. Некоторые авторы для внутренней фиксации переломов пилон типа C используют биодеградируемые имплантаты, получая отличные и хорошие результаты по AOFAS в 81% случаев [51].

В случаях тяжелых многооскольчатых переломов, при которых невозможно восстановить суставную поверхность, на сегодняшний день рекомендуют выполнять артродез [52, 53].

Артроскопическую ассистенцию используют при лечении внутрисуставных переломов, в том числе и переломов пилон. Преимуществами данного метода являются прямая визуализация суставной поверхности, малая инвазивность, возможность восстановления мягких тканей и хряща. Основными недостатками являются значительное увеличение продолжительности операции и сложность данной процедуры. Однако для расширения показаний к артроскопии при внутрисуставных переломах необходимы дополнительные рандомизированные исследования [54]. Показаниями к мини-инвазивному остеосинтезу могут быть: переломы по классификации Rüedi I и II типов или по классификации AO 43-B1, -B2, 43-C1, -C2. Относительные показания — переломы AO 43-B3 и -C3. Противопоказания к мини-инвазивному остеосинтезу: тяжелые оскольчатые переломы пилон с повреждением мягких тканей.

В одном из современных исследований применение мини-инвазивного остеосинтеза высокоэнергетических переломов пилон под артроскопическим контролем в первые 36 ч после получения травмы позволило добиться отличных результатов в 83% случаев (с минимальным сроком наблюдения 2 года). Ключевым моментом в данном случае являлись сроки с момента травмы, что позволяло использовать лигamentотаксис [42].

Сложные внутрисуставные переломы ББК нередко сопровождаются дефектами кости и хряща, что диктует необходимость использования пластических материалов для их замещения. Существуют различные категории костных трансплантатов и костнозамещающих материалов, различающихся способами получения и исходным сырьем [55].

Костные трансплантаты, эндогенные или экзогенные, часто необходимы для обеспечения опоры, заполнения дефектов и усиления биологической регенерации в области дефектов травматического или нетравматического происхождения. Ограничения в использовании эндогенного костного материала связаны с дополнительным оперативным вмешательством, часто приводящим к осложнениям в зоне забора, и с

ограниченным объемом материала [56]. В то же время использование аллотрансплантатов связано с риском переноса заболеваний и иммуногенностью [57].

Аутогенные костные трансплантаты считаются «золотым стандартом» для замещения костных дефектов, главным образом потому, что они вызывают минимальную иммунологическую реакцию, обладают полной гистосовместимостью, лучшими остеокондуктивными, остеогенными и остеоиндуктивными свойствами [58]. Аутогенные трансплантаты обычно содержат жизнеспособные остеогенные клетки, белки костного матрикса и аутогенный костный мозг [59]. Они обеспечивают структурную опору фиксаторам и, в конечном счете, становятся механически прочной структурой, внедряясь в окружающую кость и замещаясь ею [60]. В то же время они подвержены резорбции, имеют ограниченную доступность и жизнеспособность. К недостаткам следует отнести и повреждение донорской области, ограниченность ресурсов, риск раневой инфекции, повышение кровопотери и длительности анестезии [61, 62].

Костный мозг используют для стимуляции образования кости в области дефектов и при несращениях посредством цитокинов и факторов роста, секретиремых пересаженными клетками [63]. Аутологичный костный мозг, смешанный с деминерализованным костным матриксом, успешно используют для заполнения костных дефектов [63, 64], так как деминерализованный костный матрикс является отличным переносчиком клеток из-за своих остеоиндуктивных и остеокондуктивных свойств.

Ограничения, связанные с получением аутогенных трансплантатов, могут быть преодолены при использовании аллотрансплантатов. Костные аллотрансплантаты, получаемые из трупного материала, обладают как остеоиндуктивными (высвобождают костные морфогенетические белки, действующие на костные клетки), так и остеокондуктивными свойствами, но теряют остеогенность из-за отсутствия в них жизнеспособных клеток [65].

Особенностью сложных внутрисуставных переломов является образование дефектов не только кости, но и хряща. Кроме опорной функции, хрящ обеспечивает скольжение суставных поверхностей. Поврежденный суставной хрящ имеет весьма ограниченные возможности восстановления [66]. После значительной травмы дефект хряща замещается грубой соединительной тканью, которая не обладает свойствами, необходимыми для нормальной работы сустава. Дефекты хряща приводят к нарушению скольжения сочленяющихся поверхностей, появлению боли, отеку тканей сустава, блокадам, а со временем — к остеоартрозу [67].

Кровотечение из разрушенной субхондральной кости (как при остром разрушении метаэпифиза, так и при использовании техники микропереломов для лечения дефектов хряща в хроническом периоде) приводит к образованию кровяных сгустков, которые содержат мезенхимальные стволовые клетки и факторы роста из костного мозга. В течение нескольких недель кровяные сгустки васкуляризируются и образуется фиброзно-хрящевой рубец [68]. Однако стволовые клетки в основном попадают в полость сустава, а не задерживаются в области дефекта хряща [69]. Учитывая это, P. Behrens предложил оригинальную методику матрикс-индуцированного аутохондрогенеза для лечения дефектов хряща. Суть методики состоит

в покрытии дефекта коллагеновым матриксом после выполнения техники микропереломов. В результате создается «биореактор», в котором концентрируются стволовые мезенхимальные клетки и факторы роста, вышедшие из костного мозга [70]. Возможно, аналогичная методика в будущем сможет быть применена и при острой костно-суставной травме, в частности, при сложных переломах пилона со значительным повреждением хряща.

Несмотря на достигнутые успехи, проблема оптимизации пластического материала для лечения костных и хрящевых дефектов при метаэпифизарных переломах остается актуальной. Требуется дальнейшие исследования с перспективой разработки трансплантатов, обладающих механической прочностью недеминерализованной кости и стимулирующими остеогенез свойствами.

Согласно одному из крупных многоцентровых исследований SOFCOT (*Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*), проведенному в 1991 г., при лечении переломов пилона с использованием различных методик удовлетворительные объективные результаты лечения получены только в 38%. При этом только 28% больных при ходьбе не испытывали боли. На сегодняшний день нет хирургических методов лечения переломов пилона, которые показывали бы явное преимущество. Одноступенчатое лечение может позволить уменьшить частоту осложнений со стороны мягких тканей [15]. Pollak et al. при ретроспективном исследовании результатов лечения больных с переломами пилона выявили, что через 3 года после операции более чем у 1/3 пациентов имеют место тугоподвижность в суставе и боль, а у 1/4 появляется периодический отек в области голеностопного сустава [71].

ЛИТЕРАТУРА

- Бондарев О.Н., Ситник А.А., Белецкий А.В. Переломы проксимального отдела большеберцовой кости: современные методы диагностики и лечения // Военная медицина. – 2010. – № 2. – С. 46–50.
- Гольдман Б.Л., Литвинова Н.А., Корнилов Б.М. К вопросу об оперативном лечении переломов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1986. – № 9. – С. 69–76.
- Звездина М.В., Ключкин И.Ю., Хватов В.Б. и др. Местное лечение пострадавших с укушенной травмой с применением биологически активных повязок и их влияние на реологический статус // Скорая медицинская помощь. – 2009. – № 2. – С. 74–77.
- Кузнецов И.А. Оперативное лечение компрессионно-оскольчатых переломов мыщелков большеберцовой кости // Внутренний остеосинтез. Проблемы и перспективы развития: тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. – СПб., 1995. – С. 54–56.
- Heim U. Morphological features for evaluation and classification of pilon tibial fractures // Major Fractures of the Pilon, the Talus, and the Calcaneus / eds. H.Tscherne, J. Schatzker. – Berlin: Springer-Verlag, 1993. – P. 29–41.
- Hulscher J.B., te Velde E.A., Schuurman A.H., et al. Arthrodesis after osteosynthesis and infection of the ankle joint // Injury. – 2001. – Vol. 32. – P. 145–152.
- Coughlin M.J., Saltzman C.L. Surgery of the Foot and Ankle. – 8th ed. – Philadelphia: Mosby Elsevier, 2007. – Vol. II, Part X. – Ch. 36. Trauma: Pilon Fractures.
- Souza T.R., Fonseca S.T., Goncalves G.G., et al. Prestress revealed by passive co-tension at the ankle joint // J. Biomech. – 2009. – Vol. 42, N. 14. – P. 2374–2380.
- Zelle B.A., Bhandari M., Espiritu M., et al. Treatment of distal tibia fractures without articular involvement: a systematic review of 1125 fractures // J. Orthop. Trauma. – 2006. – Vol. 20. – P. 76–79.
- Helfet D.L., Koval K., Pappas J., et al. Intraarticular “pilon” fracture of the tibia // Clin. Orthop. Relat. Res. – 1994. – N. 298. – P. 221–228.
- Pugh K.J., Wolinsky P.R., McAndrew M.P., Johnson K.D. Tibial pilon fractures: a comparison of treatment methods // J. Trauma. – 1999. – Vol. 47, N. 5. – P. 937–941.
- Tarkin I.S., Clare M.P., Marcantonio A., Pape H.C. An update on the management of high-energy pilon fractures // Injury. – 2008. – Vol. 39, N. 2. – P. 142–154.
- Bedi A., Le T.T., Karunakar M.A. Surgical treatment of nonarticular distal tibia fractures // J. Am. Acad. Orthop. Surg. – 2006. – Vol. 14, N. 7. – P. 406–416.
- Lee J., Baranowski A. Long-term pain: a guide to practical management. – 1st ed. – Oxford, UK: Oxford University Press, 2007. – 88 p.
- Mauffrey C., Vasario G., Battiston B., et al. Tibial pilon fractures: a review of incidence, diagnosis, treatment, and complications // Acta Orthop. Belg. – 2011. – Vol. 77, N. 4. – P. 432–440.
- Rockwood and Green's fractures in adults / eds. C.A. Rockwood Jr, D.P. Green, R.W. Buchholz. – 3rd ed. – Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1991.
- Rüedi T.P., Allgower M. The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia // Clin. Orthop. Relat. Res. – 1979. – N. 138. – P. 105–110.
- Overland D.N., Beals R.K. Fractures of the tibial plafond // J. Bone Joint Surg. Am. – 1986. – Vol. 68, N. 4. – P. 543–551.
- Schatzker J., Tile M. The Rationale for Operative Fracture Care. – 1st ed. – New York, Springer-Verlag, 1987.
- McFerran M.A., Smith S.W., Boulas H.J., Schwartz H.S. Complications encountered in the treatment of pilon fractures // J. Orthop. Trauma. – 1992. – Vol. 6, N. 2. – P. 195–200.
- Teeny S.M., Wiss D.A. Open reduction and internal fixation of tibial plafond fractures. Variables contributing to poor results and complications // Clin. Orthop. Relat. Res. – N. 292. – P. 108–117.
- Griffiths G.P., Thordarson D.B. Tibial plafond fractures: Limited internal fixation and a hybrid external fixator // Foot. Ankle Int. – 1996. – Vol. 17, N. 8. – P. 444–448.
- Vives M.J., Abidi N.A., Ishikawa S.N., et al. Soft tissue injuries with the use of safe corridors for transfixion wire placement during external fixation of distal tibia fractures: An anatomic study // J. Orthop. Trauma. – 2001. – Vol. 15, N. 8. – P. 555–559.
- Hutson J.J. Jr, Zych G.A. Infections in periarticular fractures of the lower extremity treated with tensioned wire hybrid fixators // J. Orthop. Trauma. – 1998. – Vol. 12, N. 3. – P. 214–218.
- Sirkin M., Sanders R., DiPasquale T., Herscovici D. Jr. A staged protocol for soft tissue management in the treatment of complex pilon fractures // J. Orthop. Trauma. – 1999. – Vol. 13, N. 2. – P. 78–84.
- Calori G.M., Tagliabue L., Mazza E., et al. Tibial pilon fractures: which method of treatment? // Injury. – 2010. – Vol. 41, N. 11. – P. 1183–1190.
- Othman M., Strzelczyk P. Results of conservative treatment of “pilon” fractures // Ortop. Traumatol. Rehabil. – 2003. – Vol. 5, N. 6. – P. 787–794.

28. Höntzsch D, Karnatz N, Jansen T. One-or two-step management (with external fixator) of severe pilon-tibial fractures // *Aktuelle Traumatol.* – 1990. – Vol. 20, N. 4. – P. 199–204.
29. Dirschl D.R., Del Gaizo D. Staged management of tibial plateau fractures // *Am. J. Orthop.* (Belle Mead, NJ). – 2007. – Vol. 36, N. 4. – Suppl. – S12–S17.
30. Egol K.A., Tejwani N.C., Capla E.L., et al. Staged management of high-energy proximal tibia fractures (OTA types 41). The results of a prospective, standardized protocol // *J. Orthop. Trauma.* – 2005. – Vol. 19, N. 7. – P. 448–456.
31. Bartlett G.S., Weiner L.S. Tibia and Pilon. Fractures in the Elderly // *Howson M.P., Kerrigan, C.L. Handy views: radiographic positioning of the hand and wrist. – Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998. – P. 217–232.*
32. Thomas Ch., Athanasiov A., Wullschlegel M., Schuetz M. Current concepts in tibial plateau fractures // *Acta Chir. Orthop. Traumatol. Cech.* – 2009. – Vol. 76, N. 5. – P. 363–373.
33. Ziran B.H., Hooks B., Pesantez R. Complex fractures of the tibial plateau // *J. Knee Surg.* – 2007. – Vol. 20. – P. 67–77.
34. Anglen J.O., Aleto T. Temporary transarticular external fixation of the knee and ankle // *J. Orthop. Trauma.* – 1998. – Vol. 12, N. 6. – P. 431–434.
35. Berkson E.M., Virkus W.W. High-energy tibial plateau fractures // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – 2006. – Vol. 14. – P. 20–31.
36. Kulkarni G.S. Textbook of Orthopedics and Trauma (4 Vols Set). – 2nd ed. – Jaypee Brothers Medical Pub., 2009. – 1090 p.
37. Mankar S.H., Golhar A.V., Shukla M., et al. Outcome of complex tibial plateau fractures treated with external fixator // *Indian J. Orthop.* – 2012. – Vol. 46, N. 5. – P. 570–574.
38. Mikulak S.A., Gold S.M., Zinar D.M. Small wire external fixation of high energy tibial plateau fractures // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1998. – N. 356. – P. 230–238.
39. Song J.S., Wang L. Preoperative traction of calcaneus in the treatment of Rüedi-Allgöwer II and III pilon fracture // *Zhongguo Gu Shang.* – 2013. – Vol. 26, N. 6. – P. 512–514.
40. El-Sallab R.M., Bassiouni Y.E., El-Mwafi H.Z., Hammad A.A. Staged Management of Comminuted Intra-articular Pilon Fracture // *Pan. Arab. J. Orth. Trauma.* – 2003. – Vol. 7, N. 1. – P. 83–94.
41. Nierengarten M.B., Webb L.X., Birkedal J. Open Tibial Pilon Fractures: Complications and Issues of Limb Salvage // *Medscape Orthop. Sports Med.* – 2001. – Vol. 5, N. 3. – Medscape Portals, Inc.
42. Leonard M., Magill P., Khayat G. Minimally-invasive treatment of high velocity intra-articular fractures of the distal tibia // *Int. Orthop.* – 2009. – Vol. 33, N. 4. – P. 1149–1153.
43. Liao Q., Weng X., Li K., et al. One-stage management of open distal tibial Pilon fractures // *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* – 2009. – Vol. 34, N. 10. – P. 1003–1007.
44. Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction: 2 Vol. Set / Browner B.D., Levine A.M., Jupiter J.B., et al. – Elsevier Health Sciences, 2009. – 2784 p.
45. Rüedi T.P., Allgower M. The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1979. – N. 138. – P. 105–110.
46. Furey A., Floyd J.C., O'Toole R.V. Treatment of tibial plateau fractures // *Curr. Opin. Orthop.* – 2007. – Vol. 18, N. 1. – P. 49–53.
47. Borrelli J. Jr, Prickett W., Song E., et al. Extraosseous blood supply of the tibia and the effects of different plating techniques: A human cadaveric study // *J. Orthop. Trauma.* – 2002. – Vol. 16, N. 10. – P. 691–695.
48. Collinge C.A., Sanders R.W. Percutaneous plating in the lower extremity // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – Vol. 8, N. 4. – P. 211–216.
49. François J., Vandeputte G., Verheyden F., Nelen G. Percutaneous plate fixation of fractures of the distal tibia // *Acta Orthop. Belg.* – 2004. – Vol. 70, N. 2. – P. 148–154.
50. Krettek C., Müller M., Mißlau T. Evolution of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the femur // *Injury.* – 2001. – Vol. 32, Suppl. 3. – S14–S23.
51. Zhao L., Li Y., Chen A., et al. Treatment of type C pilon fractures by external fixator combined with limited open reduction and absorbable internal fixation // *Foot Ankle Int.* – 2013. – Vol. 34, N. 4. – P. 534–542.
52. Blauth M., Bastian L., Krettek C., et al. Surgical options for the treatment of severe tibial pilon fractures: a study of three techniques // *J. Orthop. Trauma.* – 2001. – Vol. 15, N. 3. – P. 153–160.
53. Hulscher J.B., te Velde E.A., Schuurman A.H., et al. Arthrodesis after osteosynthesis and infection of the ankle joint // *Injury.* – 2001. – Vol. 32, N. 2. – P. 145–152.
54. Atesok K., Doral M.N., Whipple T., et al. Arthroscopy-assisted fracture fixation // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2011. – Vol. 19, N. 2. – P. 320–329.
55. Laurencin C., Khan Y., El-Amin S.F. Bone graft substitutes // *Expert Rev. Med. Devices.* – 2006. – Vol. 3. – P. 49–57.
56. Pollock R., Alcelik I., Bhatia C., et al. Donor site morbidity following iliac crest bone harvesting for cervical fusion: a comparison between minimally invasive and open techniques // *Eur. Spine J.* – 2008. – Vol. 17, N. 6. – P. 845–852.
57. Friedlaender G.E. Immune responses to osteochondral allografts. Current knowledge and future directions // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1983. – N. 174. – P. 58–68.
58. Samartzis D., Shen F.H., Goldberg E.J., An H.S. Is autograft the gold standard in achieving radiographic fusion in one-level anterior cervical discectomy and fusion with rigid anterior plate fixation? // *Spine (Phila Pa. 1976).* – 2005. – Vol. 30. – P. 1756–1761.
59. Bauer T.W., Muschler G.F. Bone graft materials: an overview of the basic science // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2000. – N. 371. – P. 10–27.
60. Greenwald A.S., Boden S.D., Goldberg V.M., et al. American Academy of Orthopaedic Surgeons. The Committee on Biological Implants. Bone-graft substitutes: facts, fictions, and applications // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2001. – Vol. 83-A, Suppl. 2. – P. 98–103.
61. Finkemeier C.G. Bone-grafting and bone-graft substitutes // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2002. – Vol. 84A, N. 3. – P. 454–464.
62. Putzier M., Strube P., Funk J.F., et al. Allogenic versus autologous cancellous bone in lumbar segmental spondylolysis: a randomized prospective study // *Eur. Spine J.* – 2009. – Vol. 18, N. 5. – P. 687–695.
63. Connolly J.F. Injectable bone marrow preparations to stimulate osteogenic repair // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1995. – N. 313. – P. 8–18.
64. Tiedeman J.J., Garvin K.L., Kile T.A., Connolly J.F. The role of a composite, demineralized bone matrix and bone marrow in the treatment of osseous defects // *Orthopedics.* – 1995. – Vol. 18, N. 12. – P. 1153–1158.
65. Habibovic P., de Groot K. Osteoinductive biomaterials-properties and relevance in bone repair // *J. Tissue Eng. Regen. Med.* – 2007. – Vol. 1. – P. 25–32.
66. Raimondi M.T., Bonacina E., Candiani G., et al. Comparative chondrogenesis of human cells in a 3D integrated experimental-computational mechanobiology model // *Biomech Model Mechanobiol.* – 2011. – Vol. 10, N. 2. – P. 259–268.
67. Heir S., Nerhus T.K., Rotterud J.H., et al. Focal cartilage defects in the knee impair quality of life as much as severe osteoarthritis: a comparison of knee injury and osteoarthritis outcome score in 4 patient categories scheduled for knee surgery // *Am. J. Sports Med.* – 2010. – Vol. 38, N. 2. – P. 231–237.
68. Hunziker E.B. Articular cartilage repair: basic science and clinical progress. A review of the current status and prospects // *Osteoarthr. Cartil.* – 2002. – Vol. 10, N. 6. – P. 432–446.
69. Kusano T., Jakob R.P., Gautier E., et al. Treatment of isolated chondral and osteochondral defects in the knee by autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC) // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2012. – Vol. 20, N. 10. – P. 2109–2115.
70. Behrens P. Matrixgekoppelte Mikrofrakturierung // *Arthroskopie.* – 2005. – Vol. 18, N. 3. – P. 193–197.
71. Pollak A.N., McCarthy M.L., Bess R.S., et al. Outcomes after treatment of high-energy tibial plafond fractures // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2003. – Vol. 85-A, N. 10. – P. 1893–1900.

REFERENCES

1. Bondarev O.N., Sitnik A.A., Beletskiy A.V. Perelomy proksimal'nogo otdela bol'shebertsovoy kosti: sovremennyye metody diagnostiki i lecheniya [Fractures of the proximal tibia: modern methods of diagnosis and treatment]. *Voennoy meditsina.* 2010; 2: 46–50. (In Russian).
2. Gol'dman B.L., Litvinova N.A., Kornilov B.M. K voprosu ob operativnom lechenii perelomov [To the question of operative treatment of fractures]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye.* 1986; 9: 69–76. (In Russian).
3. Zvezdina M.V., Klyukvin I.Yu., Khvatov V.B., et al. Mestnoe lechenie posttraumaticheskikh s ukushennoy travmoy s primeneniem biologicheskikh aktivnykh povyazok i ikh vliyaniye na reologicheskii status [Local treatment of victims bitten with the injury with the use of biologically active dressings and their impact on rheological status]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'.* 2009; 2: 74–77. (In Russian).
4. Kuznetsov I.A. Operativnoe lechenie kompressionno-oskol'chatykh perelomov myshchelkov bol'shebertsovoy kosti [Surgical treatment of compression-comminuted fractures of the tibiacondyles]. *Vnutrenniy osteosintez. Problemy i perspektivy razvitiya: tez. dokl. Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Internal osteosynthesis. Problems and prospects of development: abstracts of all-Russian scientific and practical conf.]. Saint Petersburg, 1995. 34–36. (In Russian).
5. Heim U. Morphological features for evaluation and classification of pilon fractures. In: H. Tscherne, J. Schatzker, eds. *Major Fractures of the Pilon, the Talus, and the Calcaneus.* Berlin: Springer-Verlag, 1993. 29–41.
6. Hulscher J.B., te Velde E.A., Schuurman A.H., et al. Arthrodesis after osteosynthesis and infection of the ankle joint. *Injury.* 2001; 32: 145–152.
7. Coughlin M.J., Saltzman C.L. *Surgery of the Foot and Ankle.* 8th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier, 2007. Vol. II, Pt. X, Ch. 36. Trauma: Pilon Fractures.
8. Souza T.R., Fonseca S.T., Goncalves G.G., et al. Prestress revealed by passive co-tension at the ankle joint. *J Biomech.* 2009; 42 (14): 2374–2380.
9. Zelle B.A., Bhandari M., Espiritu M., et al. Treatment of distal tibia fractures without articular involvement: a systematic review of 1125 fractures. *J Orthop Trauma.* 2006; 20: 76–79.
10. Helfet D.L., Koval K., Pappas J., et al. Intraarticular "pilon" fracture of the tibia. *Clin Orthop Relat Res.* 1994; 298: 221–228.
11. Pugh K.J., Wolinsky P.R., McAndrew M.P., Johnson K.D. Tibialpilon fractures: a comparison of treatment methods. *J Trauma.* 1999; 47 (5): 937–941.

12. Tarkin I.S., Clare M.P., Marcantonio A., Pape H.C. An update on the management of high-energy pilon fractures. *Injury*. 2008; 39 (2): 142–154.
13. Bedi A., Le T.T., Karunakar M.A. Surgical treatment of nonarticular distal tibia fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2006; 14 (7): 406–416.
14. Lee J., Baranowski A. *Long-term pain: a guide to practical management*. 1st ed. Oxford, UK: Oxford University Press, 2007. 88.
15. Mauffrey C., Vasario G., Battiston B., et al. Tibialpilon fractures: a review of incidence, diagnosis, treatment, and complications. *Acta Orthop Belg*. 2011; 77 (4): 432–440.
16. Rockwood Jr C.A., Green D.P., Buchholz R.W., eds. *Rockwood and Green's fractures in adults*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1991.
17. Rüedi T.P., Allgower M. The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia. *Clin Orthop Relat Res*. 1979; 138: 105–110.
18. Ovadia D.N., Beals R.K. Fractures of the tibial plafond. *J Bone Joint Surg Am*. 1986; 68 (4): 543–551.
19. Schatzker J., Tile M. *The Rationale for Operative Fracture Care*. 1st ed. New York, Springer-Verlag, 1987.
20. McFerran M.A., Smith S.W., Boulas H.J., Schwartz H.S. Complications encountered in the treatment of pilon fractures. *J Orthop Trauma*. 1992; 6 (2): 195–200.
21. Teeny S.M., Wiss D.A. Open reduction and internal fixation of tibial plafond fractures. Variables contributing to poor results and complications. *Clin Orthop Relat Res*. 1993; 292: 108–117.
22. Griffiths G.P., Thordarson D.B. Tibial plafond fractures: Limited internal fixation and a hybrid external fixator. *Foot Ankle Int*. 1996; 17 (8): 444–448.
23. Vives M.J., Abidi N.A., Ishikawa S.N., et al. Soft tissue injuries with the use of safe corridors for transfixion wire placement during external fixation of distal tibia fractures: An anatomic study. *J Orthop Trauma*. 2001; 15 (8): 555–559.
24. Hutson J.J. Jr, Zych G.A. Infections in periarticular fractures of the lower extremity treated with tensioned wire hybrid fixators. *J Orthop Trauma*. 1998; 12 (3): 214–218.
25. Sirkin M., Sanders R., DiPasquale T., Herscovici D. Jr. A staged protocol for soft tissue management in the treatment of complex pilon fractures. *J Orthop Trauma*. 1999; 13 (2): 78–84.
26. Calori G.M., Tagliabue L., Mazza E., et al. Tibialpilon fractures: which method of treatment? *Injury*. 2010; 41 (11): 1183–1190.
27. Othman M., Strzelczyk P. Results of conservative treatment of "pilon" fractures. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2003; 5 (6): 787–794.
28. Höntzsch D., Karnatz N., Jansen T. One- or two-step management (with external fixator) of severe pilon-tibial fractures. *Aktuelle Traumatol*. 1990; 20 (4): 199–204.
29. Dirschl D.R., Del Gaizo D. Staged management of tibial plateau fractures. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2007; 36 (4) Suppl: S12–S17.
30. Egol K.A., Tejwani N.C., Capla E.L., et al. Staged management of high-energy proximal tibia fractures (OTA types 41). The results of a prospective, standardized protocol. *J Orthop Trauma*. 2005; 19 (7): 448–456.
31. Bartlett G.S., Weiner L.S. Tibia and Pilon. Fractures in the Elderly. In: Howson M.P., Kerrigan, C.L. *Handy views: radiographic positioning of the hand and wrist*. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998. 217–232.
32. Thomas Ch., Athanasiov A., Wulschlegler M., Schuetz M. Current concepts in tibial plateau fractures. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2009; 76 (5): 363–373.
33. Ziran B.H., Hooks B., Pesantez R. Complex fractures of the tibial plateau. *J Knee Surg*. 2007; 20: 67–77.
34. Anglen J.O., Aleto T. Temporary transarticular external fixation of the knee and ankle. *J Orthop Trauma*. 1998; 12 (6): 431–434.
35. Berkson E.M., Virkus W.W. High-energy tibial plateau fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2006; 14: 20–31.
36. Kulkarni G.S. *Textbook of Orthopedics and Trauma (4 Vols Set)*. 2nd ed. Jaypee Brothers Medical Pub., 2009. 1090p.
37. Mankar S.H., Golhar A.V., Shukla M., et al. Outcome of complex tibial plateau fractures treated with external fixator. *Indian J Orthop*. 2012; 46 (5): 570–574.
38. Mikulak S.A., Gold S.M., Zinar D.M. Small wire external fixation of high energy tibial plateau fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1998; 356: 230–238.
39. Song J.S., Wang L. Preoperative traction of calcaneus in the treatment of Rüedi-Allgöwer II and III pilon fracture. *Zhongguo Gu Shang*. 2013; 26 (6): 512–514.
40. El-Sallab R.M., Bassiouni Y.E., El-Mwafi H.Z., Hammad A.A. Staged Management of Comminuted Intra-articular Pilon Fracture. *Pan Arab J Orth Trauma*. 2003; 7 (1): 83–94.
41. Nierengarten M.B., Webb L.X., Birkedal J. Open Tibial Pilon Fractures: Complications and Issues of Limb Salvage. *Medscape Orthop Sports Med*. 2001; 5 (3). Medscape Portals, Inc.
42. Leonard M., Magill P., Khayyat G. Minimally-invasive treatment of high velocity intra-articular fractures of the distal tibia. *Int Orthop*. 2009; 33 (4): 1149–1153.
43. Liao Q., Weng X., Li K., et al. One-stage management of open distal tibial Pilon fractures. *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2009; 34 (10): 1003–1007.
44. Browner B.D., Levine A.M., Jupiter J.B., et al. *Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction: 2 Vol. Set*. Elsevier Health Sciences, 2009. 2784 p.
45. Rüedi T.P., Allgower M. The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia. *Clin Orthop Relat Res*. 1979; 138 (105–110).
46. Furey A., Floyd J.C., O'Toole R.V. Treatment of tibial plateau fractures. *Curr Opin Orthop*. 2007; 18 (1): 49–53.
47. Borrelli J. Jr, Prickett W., Song E., et al. Extraosseous blood supply of the tibia and the effects of different plating techniques: A human cadaveric study. *J Orthop Trauma*. 2002; 16 (10): 691–695.
48. Collinge C.A., Sanders R.W. Percutaneous plating in the lower extremity. *J Am Acad Orthop Surg*. 2000; 8 (4): 211–216.
49. François J., Vandeputte G., Verheyden F., Nelen G. Percutaneous plate fixation of fractures of the distal tibia. *Acta Orthop Belg*. 2004; 70 (2): 148–154.
50. Krettek C., Müller M., Miocla T. Evolution of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the femur. *Injury*. 2001; 32 Suppl 3: S14–S23.
51. Zhao L., Li Y., Chen A., et al. Treatment of type C pilon fractures by external fixator combined with limited open reduction and absorbable internal fixation. *Foot Ankle Int*. 2013; 34 (4): 534–542.
52. Blauth M., Bastian L., Krettek C., et al. Surgical options for the treatment of severe tibialpilon fractures: a study of three techniques. *J Orthop Trauma*. 2001; 15 (3): 153–160.
53. Hulscher J.B., teVelde E.A., Schuurman A.H., et al. Arthrodesis after osteosynthesis and infection of the ankle joint. *Injury*. 2001; 32 (2): 145–152.
54. Atesok K., Doral M.N., Whipple T., et al. Arthroscopy-assisted fracture fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011; 19 (2): 320–329.
55. Laurencin C., Khan Y., El-Amin S.F. Bone graft substitutes. *Expert Rev Med Devices*. 2006; 3: 49–57.
56. Pollock R., Alcelik I., Bhatia C., et al. Donor site morbidity following iliac crest bone harvesting for cervical fusion: a comparison between minimally invasive and open techniques. *Eur Spine J*. 2008; 17 (6): 845–852.
57. Friedlaender G.E. Immune responses to osteochondral allografts. Current knowledge and future directions. *Clin Orthop Relat Res*. 1983; 174: 58–68.
58. Samartzis D., Shen F.H., Goldberg E.J., An H.S. Is autograft the gold standard in achieving radiographic fusion in one-level anterior cervical discectomy and fusion with rigid anterior plate fixation? *Spine*. 2005; 30: 1756–1761.
59. Bauer T.W., Muschler G.F. Bone graft materials: an overview of the basic science. *Clin Orthop Relat Res*. 2000; 371: 10–27.
60. Greenwald A.S., Boden S.D., Goldberg V.M., et al. American Academy of Orthopaedic Surgeons. The Committee on Biological implants. Bone-graft substitutes: facts, fictions, and applications. *J Bone Joint Surg Am*. 2001; 83-A Suppl 2: 98–103.
61. Finkemeier C.G. Bone-grafting and bone-graft substitutes. *J Bone Joint Surg Am*. 2002; 84A (3): 454–464.
62. Putzier M., Strube P., Funk J.F., et al. Allogenic versus autologous cancellous bone in lumbar segmental spondylolysis: a randomized prospective study. *Eur Spine J*. 2009; 18 (5): 687–695.
63. Connolly J.F. Injectable bone marrow preparations to stimulate osteogenic repair. *Clin Orthop Relat Res*. 1995; 313: 8–18.
64. Tiedeman J.J., Garvin K.L., Kile T.A., Connolly J.F. The role of a composite, demineralized bone matrix and bone marrow in the treatment of osseous defects. *Orthopdicts*. 1995; 18 (12): 1153–1158.
65. Habibovic P., de Groot K. Osteoinductive biomaterials-properties and relevance in bone repair. *J Tissue Eng Regen Med*. 2007; 1: 25–32.
66. Raimondi M.T., Bonacina E., Candiani G., et al. Comparative chondrogenesis of human cells in a 3D integrated experimental-computational mechanobiology model. *Biomech Model Mechanobiol*. 2011; 10 (2): 259–268.
67. Heir S., Nerhus T.K., Rotterud J.H., et al. Focal cartilage defects in the knee impair quality of life as much as severe osteoarthritis: a comparison of knee injury and osteoarthritis outcome score in 4 patient categories scheduled for knee surgery. *Am J Sports Med*. 2010; 38 (2): 231–237.
68. Hunziker E.B. Articular cartilage repair: basic science and clinical progress. A review of the current status and prospects. *Osteoarthritis Cartil*. 2002; 10 (6): 432–446.
69. Kusano T., Jakob R.P., Gautier E., et al. Treatment of isolated chondral and osteochondral defects in the knee by autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012; 20 (10): 2109–2115.
70. Behrens P. Matrixgekoppelte Mikrofrakturierung. *Arthroskopie*. 2005; 18 (3): 193–197.
71. Pollak A.N., McCarthy M.L., Bess R.S., et al. Outcomes after treatment of high-energy tibial plafond fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 2003; 85-A (10): 1893–1900.

Поступила 27.01.2015

Контактная информация:

Сластинин Владимир Викторович,

м.н.с. отделения неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата

НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы

e-mail: slastinin@gmail.com