

## ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЛЕЧЕНИИ ДЕФЕКТОВ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ

Ш. М. Давиров<sup>1</sup>, П. У. Уринбаев<sup>2</sup>, К. И. Новиков<sup>3</sup>, О. В. Климов<sup>3</sup>, К. С. Сергеев<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Самаркандский филиал Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра травматологии и ортопедии, Самарканд,

<sup>2</sup>Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Узбекистан

<sup>3</sup>Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган,

<sup>4</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Тюмень, Россия

**Ключевые слова:** дефекты длинных трубчатых костей, лечение, чрескостный остеосинтез по Илизарову, металлоостеосинтез, аутопластика, аллопластика.

**Таянч сўзлар:** узун суякларнинг нуқсонлари, даволаш, Илизаров бўйича остеосинтез, металл остеосинтези, аутопластика, аллопластика.

**Key words:** defects of long tubular bones, treatment, transosseous osteosynthesis according to Ilizarov, metal osteosynthesis, autoplasty, alloplasty.

В работе обобщен многолетний опыт возмещения дефектов длинных трубчатых костей на основании анализа доступной отечественной и зарубежной литературы. Отражены классические подходы и современные технологии.

## УЗУН НАЙСИМОН СУЯКЛАР НУҚСОНЛАРИНИ ДАВОЛАШНИНГ ТАРИХИЙ РИВОЖЛАНИШИ ВА ЗАМОНАВИЙ ТЕНДЕНТСИЯЛАРИ

Ш. М. Давиров<sup>1</sup>, П. У. Уринбаев<sup>2</sup>, К. И. Новиков<sup>3</sup>, О. В. Климов<sup>3</sup>, К. С. Сергеев<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Республика ихтисослаштирилган травматология ва ортопедия илмий-амалий тиббиёт маркази Самарканд филиали, Самарканд,

<sup>2</sup>Самарканд давлат тиббиёт университети, Самарканд, Ўзбекистон

<sup>3</sup>Академик Г.А.Илизаров номидаги Травматология ва ортопедия миллий тиббиёт илмий маркази, Курган, Россия

<sup>4</sup>Россия Федерацияси Соғлиқни сақлаш вазирлигининг Тюмен давлат тиббиёт университети

Мақолада мавжуд маҳаллий ва хорижий адабиётларни таҳлил қилиш асосида узун найсимон суяклардаги нуқсонларни алмаштириш бўйича кўп йиллик тажриба умумлаштирилади. Классик ёндашувлар ва замонавий технологиялар ўз аксини топган.

## HISTORICAL ASPECTS AND CURRENT TRENDS IN THE TREATMENT OF DEFECTS OF LONG TUBULAR BONES

Sh. M. Davirov<sup>1</sup>, P. U. Urinbaev<sup>2</sup>, K. I. Novikov<sup>3</sup>, O. V. Klimov<sup>3</sup>, K. S. Sergeev<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Samarkand branch of the Republican specialized scientific and practical medical center of traumatology and orthopedics, Samarkand, Uzbekistan

<sup>2</sup>Samarkand state medical university, Samarkand, Uzbekistan

<sup>3</sup>National medical research center for traumatology and orthopedics named after academician G.A. Ilizarov, Kurgan, Russia

<sup>4</sup>Federal state budgetary educational institution of higher education "Tyumen state medical university" of the Ministry of Health of the Russian Federation

The current study summarizes the long-term experience of compensation for defects of long tubular bones based on the analysis of available domestic and foreign literature. Classical approaches and modern technologies are reflected.

На протяжении многих лет замещение дефектов длинных трубчатых костей является одним из самых важных направлений травматологии и ортопедии. Доказательством этого являются многочисленные публикации, в которых представлены результаты и обсуждение экспериментальных и клинических исследований. Актуальность данного направления обусловлена целым рядом проблем медицинского, социального и экономического характера, которые тесно связаны с оказанием помощи пациентам данной нозологической группы. Социальные проблемы заболевания обусловлены тем, что пациенты с данной патологией испытывают трудности практически во всех сферах жизнедеятельности, таких как быт, отдых, работа и образование. В целом, совокупность клинических проявлений заболевания, функциональных и анатомических нарушений взаимоотношают течение заболевания, что

влечет за собой весьма значительное снижение уровня и качества жизни [1, 2].

Экономические аспекты данного заболевания являются следствием того, что пациенты, как правило, имеют социальный статус инвалида со всеми вытекающими последствиями для экономики государства как структуры, обеспечивающей социальные гарантии гражданам.

Высокая частота и распространенность этой нозологии являются следствием того, что формирование дефекта длинных трубчатых костей носит полиэтиологический характер. Причиной формирования этого явления может быть целый ряд врожденных и приобретенных заболеваний, а также последствий полученных травм опорно-двигательной системы (ОДС). По данным различных литературных источников, причиной формирования дефекта длинных трубчатых костей могут быть аномалии развития ОДС, переломы, кистозные образования, опухоли, врожденные и приобретенные ложные суставы длинных трубчатых костей (ДТК), а также поражение костной ткани при локальном инфекционном процессе [3, 4, 5]. Приведенные в литературных источниках данные свидетельствуют о том, что в настоящее время последствия травм занимают одно из первых мест среди причин первичной инвалидности у граждан трудоспособного возраста, при этом динамика этого показателя имеет тенденцию к росту [6, 7]. Трудности лечения такого рода травм обусловлены тем, что зачастую повреждениям ОДС сопутствуют нарушение иннервации, кровоснабжения, дефекты мягких тканей и обширные дефекты костных структур, а также высокий риск присоединения инфекции. Помимо этого, течение лечебного процесса зачастую усугубляется по причине общего тяжелого состояния пациента [4, 8, 9]. Таким образом, тяжесть заболевания, вовлечение в патологический процесс многих органов и систем, на фоне высоких рисков осложнения, как правило, обуславливает хронический характер течения основного заболевания, что требует длительного и многоэтапного лечения [10, 11, 12]. В свою очередь, хронический характер течения заболевания сопровождается снижением компенсаторно – приспособительных реакций организма, что проявляется уменьшением регенеративной и репаративной возможности организма и повышением риска развития такого осложнения как дефекты длинных трубчатых костей (ДДТК).

Полиэтиологичность, полилокальность и структурное многообразие заболевания обусловили появление множества способов и методик оказания медицинской помощи больным с дефектами длинных костей [13, 14, 15].

По литературным данным, сегодня при лечении псевдоартрозов и дефектов ДТК предпочтение отдают открытым хирургическим методам с применением металлоостеосинтеза, костной аутопластики и микрохирургической техники.

На протяжении длительного времени ЗДДТК оставалось в большинстве случаев задачей, которая не имела решения. Новый этап в лечении пациентов данной нозологической группы появился с внедрением в широкую клиническую практику аппаратов наружной фиксации и компрессионно - дистанционного метода Илизарова, что позволило решать широкий круг проблем независимо от этиологии и конкретной клинической ситуации. Главные преимущества, которые обеспечивают применение данной методики, - это стабильная и управляемая фиксация костных фрагментов, а также возможность замещения дефекта длинных трубчатых костей путем создания условий для репаративного остеогенеза в ходе использования компрессионно-дистракционных усилий в аппарате внешней фиксации [15, 16].

В целом, важность и эффективность данной методики определена Соломиным Л.Н., который в своем руководстве по чрескостному остеосинтезу сформулировал вклад метода Илизарова в решение данного вопроса [17].

Авторы большинства публикаций сходятся во мнении, что из всех видов костной пластики наиболее биологическим видом являются методики, основанные на принципе компрессионно - дистракционного остеосинтеза, предложенного Г.А. Илизаровым.

Практически все варианты костной пластики, в основе которых лежит метод Илизарова, представляют собой методики несвободной косной пластики дефектов длинных трубчатых костей, которая осуществляется путем перемещения аутотрансплантата с формированием дистракционного регенерата и последующей органотипической перестройкой вновь сформированной костной ткани. Очевидно, что на современном уровне развития медицины,

как справедливо отмечают авторы публикаций, именно такой подход к ЗДТК является единственным способом сформировать собственную кость нормального анатомического строения в зоне утраченного фрагмента [18].

В зависимости от клинической ситуации данный вид аутопластики может быть как свободным, так и несвободным. Основной принцип несвободной костной пластики заключается в замещении дефекта путём дозированной тракции остеотомированного фрагмента кости до контакта с противолежащим костным фрагментом. При этой методике возможны варианты биллокального и полилокального дистракционно-компрессионного остеосинтеза с формированием одного или нескольких дистракционных и контактных регенератов [19, 20, 21]. Данный вид костной пластики можно рассматривать как вариант васкуляризованного трансплантата. Это в полной мере относится и к перемещению малоберцовой кости.

По мнению ряда авторов, замещение обширных дефектов берцовых костей полилокальным формированием регенератов обеспечивает эффективную реабилитацию пациентов с сокращением срока остеосинтеза в 1,5 раза по сравнению с его продолжительностью при использовании методик одноуровневого удлинения отломков [22]. Также авторы отмечают, что у пациентов с врожденной этиологией дефекта костной ткани следует ожидать низкую репаративную активность костной ткани, и при величине дефекта более 7-10 см нецелесообразно планировать одноэтапное замещение дефекта удлинением сегмента, в том числе с использованием технологий многоуровневого удлинения отломка. Лечение этой категории пациентов целесообразно проводить поэтапно. При незначительных по протяженности ДТК целесообразно двухэтапное лечение, в ходе которого на первом этапе лечения главной задачей является достижение опороспособности конечности путем консолидации костных фрагментов. После достижения целостности кости, вторым этапом проводят удлинение сегмента с целью ликвидации анатомического укорочения. У пациентов с приобретенными дефектами костной ткани дополнительная остеотомия удлиняемого отломка и последующая его дистракция могут вызывать усиление репаративных процессов в зоне формирующегося по «ишемическому» типу дистракционного регенерата с закрытием краевого дефекта новообразованной костной тканью и ускорением его органотипической перестройки [23].

Перспективным методом аутотрансплантации считается и перемещение в дефект фрагмента малоберцовой кости на сосудистой ножке [24]. Данный вид костной пластики позволяет замещать дефекты не только голени, но и утраченные фрагменты других длинных трубчатых костей, в частности костей плеча и предплечья. Тем не менее, ряд авторов отмечает, что использование массивных аваскулярных трансплантатов сопряжено с риском повторного инфицирования, длительной структурной перестройкой, остеолитом [11].

Комбинирование чрескостного остеосинтеза с ЗДТК васкуляризованным ауто-трансплантатом, несмотря на широкое применение в клинической практике, также имеет свои показания, противопоказания, достоинства и недостатки. К достоинствам метода авторы публикаций относят неограниченный круг сегментов, где можно выполнить данный вид костной пластики, однако они отмечают, что применение данной технологии сопряжено с риском развития несостоятельности анастомоза, тромбоза анастомоза, венозной недостаточности, а также с высокой вероятностью несращения костных фрагментов и риска возникновения патологических переломов.

О важной роли кровообращения конечности и трансплантата при ЗДТК позволяет судить значительное количество публикаций, в которых рассматриваются результаты изучения гемостаза, артериальной и венозной крови, а также особенности кровоснабжения конечности при замещении дефектов костей голени в эксперименте и клинической практике. Именно в отсутствии полноценного внутрикостного кровообращения видят причину некоторых неудовлетворительных результатов и авторы, описывающие свой опыт применения свободных алло- и ауто-трансплантатов [25, 26, 27, 28, 29].

Несмотря на широкий круг проблем, которые можно решить, применяя метод Илизарова, ряд авторов справедливо замечают, что метод также имеет свои ограничения и недостатки. К таковым большинство авторов относит длительность лечения, которое может быть многоэтапным. Ряд авторов видит недостаток метода в необходимости динамического врачебного контроля пациента на протяжении всего периода лечения, что требует его пребывания в лечебном учреждении. По мнению других авторов, неудобство применения мето-

да Илизарова состоит в необходимости манипуляций с аппаратом в послеоперационном периоде, регулярных перевязок, рентгенологических исследований, что требует наличия определенных навыков, внимания и опыта применения данной технологии как со стороны врача, так и со стороны всего медперсонала [30, 31, 32].

Совокупность этих проблем, а также длительный период лечебно-реабилитационных мероприятий, сопровождающихся снижением качества жизни пациентов во время остеосинтеза аппаратом наружной фиксации, остаются нерешенными проблемами - приходят к выводу авторы ряда публикаций. Зарубежные авторы также отмечают, что длительность, этапность лечения и субъективный дискомфорт – существенные недостатки применения методики замещения дефектов по Илизарову [33, 34].

Ряд авторов отмечает, что применение биологических аутооттрансплантатов не всегда позволяет заместить обширные дефекты, также они описывают случаи длительной перестройки вновь образованной кости, что обуславливает увеличение времени остеосинтеза и длительное снижение функциональной нагрузки на конечность, а также опасность инфицирования и рассасывания аутооттранспланта [35-41].

По данным разных авторов, в силу перечисленных обстоятельств, неудачи при лечении дефектов с применением традиционной костной пластики отдельно или в комбинации с другими методиками составляют от 2,6 до 53 %, при врожденных дефектах – до 60 %, что в 11,6-92 % случаев приводит к инвалидности [42, 43].

Исходя из этих недостатков, имеющих место в ходе применения нативных методик Илизарова, были экспериментально апробированы и предложены для использования в клинической практике различные модифицированные и комбинированные версии методик. Так, в качестве активно продвигаемых и перспективных направлений предложено сочетание аппаратов наружной фиксации и блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза, а также использование остеозамещающих и остеоиндуцирующих имплантов и эндопротезов, основанных на принципе остеоинтеграции [44].

Однако, как показывает анализ литературы, каждый из перечисленных методов ЗДТК, решая определённые клинические задачи, тем не менее, имеет свои недостатки и проблемы, требующие решения.

Так, одним из возможных путей частичного решения перечисленных выше проблем некоторые авторы видят в сочетании метода Илизарова с другими вариантами костной пластики. В частности, группа авторов приводит результаты успешного применения метода Илизарова и технологии «Маскуле» [45].

В ряде других публикаций сообщается о положительном опыте применения комбинированного метода компрессионно - дистракционного остеосинтеза в сочетании с интрамедуллярным блокируемым остеосинтезом, что позволяет кардинально сократить сроки аппаратного лечения и пребывания пациента в стационаре.

Отказ от аппаратной фиксации, по данным авторов, дал возможность перейти к более раннему восстановлению функции смежных суставов у пациентов. При этом пациенты не имели ограничений в физической активности и самообслуживании, свойственных лечению аппаратами внешней фиксации, что положительно влияло на качество жизни [46, 47, 48, 49, 50].

Авторы публикаций, посвященных анализу результативности методик комбинированного остеосинтеза, в частности отмечают существенное сокращение продолжительности периода аппаратной фиксации, количества воспалительных осложнений со стороны наружных фиксаторов (спиц, стержней), более раннее восстановление функции смежных суставов [9, 46, 51].

По причине того, что этиология, локализация и механизм формирования ДДТК имеют большую вариативность, в значительном количестве клинических случаев нет возможности восстановить анатомию кости путем компрессионно - дистракционного остеосинтеза. Ввиду этого обстоятельства существует значительная потребность в пластическом и искусственном материале для трансплантации и имплантации с целью замещения дефектов, о чем свидетельствует ряд публикаций [52].

На сегодняшний день сформировалось несколько основных направлений оперативной ортопедии, в рамках которых решается проблема замещения дефекта длинных трубчатых

костей. К этим направлениям можно отнести остеозамещающие операции, применение остеоиндуцирующих материалов, имплантов и эндопротезов.

Анализ полученных результатов применения в практике ЗДДТК биоактивных имплантов позволяет рассчитывать на решение некоторых непростых клинических задач в современной травматологии и хирургии.

В настоящее время для ЗДДТК наиболее широкое распространение получило применение различных трансплантатов и имплантов, в частности, применяют деминерализованный аллокостный материал, обладающий способностью стимулировать остеогенез, углеродный композитный материал и имплантаты на основе металлов и керамики [53, 54, 55, 56].

В ходе разработки этих направлений также выявлен ряд проблем, которые ждут своего решения. В случае применения аллотрансплантатов, одной из основных проблем является их биологическая совместимость [57, 58, 59]. Для повышения остеointegrативной возможности аллотрансплантатов применяют всевозможные комбинации материалов, а также биоактивные покрытия, в которых на данный момент чаще прочих используется гидроксипатит, что, по данным ряда авторов, показывает их эффективность при замещении костных дефектов как в эксперименте, так и в клинических условиях [60]. С целью сокращения сроков репаративного остеогенеза в случае применения аллотрансплантатов также используют поверхностный матрикс, содержащий плюропотентные мезенхимальные клетки или протеогликан [61].

На данный момент производство таких аллотрансплантатов требует сложного дорогостоящего оборудования, развитой технологии и индустрии клеточных технологий, отсутствие которых сдерживает широкое применение данных методик в клинической практике [62].

Искусственные материалы, применяемые для ЗДДТК, исключают нежелательные иммунные реакции и риск передачи инфекции. Для создания имплантов подобной категории применяются различные материалы. Наиболее популярные из них это керамика, металлы, композитные материалы, а также углеродосодержащие полимерные материалы. Данные импланты предназначены либо для замещения кости, либо для заполнения костной полости, при этом последние могут быть как биодеградируемые, так и небиодеградируемые.

Особое место в проблематике ЗДДТК занимает группа пациентов, у которых ДДТК сформировался в результате инфекционного гнойно-воспалительного поражения костей. По данным зарубежных литературных источников, процесс лечения и реабилитации пациентов данной нозологической группы связан со значительными финансовыми и психосоциальными расходами, а также высокой инвалидизацией, что делает проблему понимания инфекционных процессов первостепенной задачей для многих исследований [63, 64]. Этой проблеме посвящено значительное количество публикаций, содержащих результаты клинических и экспериментальных исследований, а также клинические примеры применения методик [41].

Наличие широкого спектра методик ЗДДТК потребовало создания классификации ДДТК с целью разработки показаний к их применению и стандартизации тактики лечения. Так, в РНИЦ «ВТО» им. акад. Илизарова была разработана и предложена к использованию в клинической практике классификация дефектов бедренной кости и костей голени, осложненных хроническим остеомиелитом. В комментариях к классификации авторы указывают на необходимость учета размеров имеющегося дефекта и локализации остеомиелитического очага, что позволяет проводить обоснованный выбор наиболее рациональных методик лечения и тем самым добиваться положительного исхода при их применении. При этом авторы классификации считают, что в условиях хронического остеомиелита для оценки клинической картины и выбора тактики лечебного процесса форма концов отломков существенной роли не играет. Гораздо более важное значение имеет локализация и распространенность очага поражения [66].

Во всем объеме литературы на тему ЗДДТК заметную часть составляют публикации, в которых предложены методики оценки тяжести патологии и эффективности реабилитации пациентов данной нозологической группы. В целом, в настоящее время в России и за рубежом в различных лечебных и реабилитационных учреждениях применяются более 140 разнообразных опросников, шкал и схем интегральных индексов для оценки состояния больных, включая вопросы жизнедеятельности и социальных ограничений до лечения, в процес-

се лечения и определения тактики и результатов реабилитации [67].

Для решения этой проблемы в литературе имеются предложения использовать логические экспресс-системы, которые, по мнению авторов, обладают достаточной объективностью и могут быть использованы с определенными вариациями в практическом здравоохранении [68].

Как показывает анализ литературы, в этом контексте предложен целый ряд скрининг-методик, в основу которых положена оценка актуального показателя функции конечности, оценка, которая проводится также в баллах. Предлагаемые скрининг-системы, как правило, не предусматривают оценку больным качества жизни, и в этом, по мнению ряда авторов, один из существенных недостатков такого подхода [69].

В публикациях, посвященных проблемам восстановительного лечения больных с ДДТК различного генеза, практически всеми авторами отмечается тот факт, что трудности реабилитации обусловлены наличием сопутствующих анатомо-функциональных нарушений конечности в виде недостаточности регионарного кровообращения, повреждения нервных структур, обширных рубцов мягких тканей, стойких контрактур суставов, остаточных деформаций или выраженного анатомического укорочения костного сегмента на этапах лечения. Анализ литературных данных показал, что отсутствие единого подхода к данному вопросу делает изучаемую проблему актуальной до настоящего времени [70].

#### Заключение

Таким образом, анализ современной литературы, посвященной проблематике вопроса, показывает, что на данный момент, при возможности выбора, предпочтение отдается методикам несвободной аутокостной пластики с применением компрессионно-дистракционного остеосинтеза и аппаратов внешней фиксации в качестве которого, как правило, используется аппарат и метод Илизарова. Это предпочтение обусловлено тем, что ЗДДТК по Илизарову, на сегодняшний день, по-прежнему остается самым биологическим методом, и альтернатив ему, в этом аспекте, в обозримом будущем нет. Следствием этого является тот факт, что данный вид костной пластики наиболее распространен в широкой клинической практике. Тем не менее, область применения данной методики имеет свои пределы и возможности, что создает потребность в разработке других видов костной пластики ДДТК. Основными проблемами применения данной методики, по совокупному мнению авторов публикаций, являются такие факторы как трудность или невозможность замещения обширных дефектов ДТК, длительное, а зачастую, и многоэтапное лечение с необходимостью длительного пребывания пациента в стационаре, невозможность восстановления дефектов суставных поверхностей и раннего начала ЛФК.

Анализ литературного массива показал, что применение искусственных материалов и аддитивных технологий является перспективным направлением для замещения дефектов длинных трубчатых костей. Однако применение данной технологии наряду с расширением технологических и методологических возможностей в оказании помощи пациентам данной нозологической группы ставит, в свою очередь, ряд проблем, которые необходимо решить для более широкого применения этих технологий в клинической практике.

В целом, по данным отечественных и зарубежных литературных источников, посвященных технологии ЗДДТК, основные вопросы, которые решает современная медицинская наука, направлены на сокращение продолжительности лечения и максимальное восстановление функции конечности для достижения стабильного результата.

В рамках этой научной парадигмы рассматривается целый ряд общих проблем, которые являются предметом для обсуждения, научных изысканий и дискуссий, независимо от применяемых методик ЗДДТК.

К таковым проблемам относятся предоперационное планирование ЗДДТК; оценка функционального состояния конечности и алгоритм выбора методики ЗДДТК; оценка реабилитационного потенциала пациента на этапах лечения с учетом факторов качества жизни; способы сокращения сроков лечения в ходе ЗДДТК; поиск остеозамещающих материалов с наибольшей биологической совместимостью с тканями человека; дизайн имплантов и повышение их стабильности; борьба с периимплантной инфекцией; ЗДДТК в условиях инфекции, остеомиелита и нарушения регионарного кровоснабжения конечности.

Как показывает ситуация, в настоящее время идет интенсивный поиск решения пере-

численных выше проблем. Предложенные новые перспективные технологии находятся на разных стадиях экспериментального испытания и внедрения в клиническую практику. Очевидно, что рано или поздно они займут свою нишу в клинической практике ЗДЦТК, но в обозримой перспективе не видно причин, по которым бы они смогли заменить применение аппаратов внешней фиксации и метод Илизарова.

#### Использованная литература:

1. Быков И.Ю. Военно-полевая хирургия: Национальное руководство / И.Ю. Быков, Н.А. Ефименко, Е.К. Гуманенко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.- 115 с.
2. Современное состояние проблемы травматизма / Р.У. Хабриев, С.Н. Черкасов, К.А. Егизарян, Л.Ж. Атаева // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2017. – Т. 25, № 1. – С. 4–7.
3. Борзунов Д.Ю. Несвободная костная пластика по Г.А. Илизарову в проблеме реабилитации больных с дефектами и ложными суставами длинных костей / Д.Ю. Борзунов // Гений ортопедии. – 2011. – № 2. – С. 21–26.
4. Нетелько Г.И. Экспериментальное моделирование костного дефекта со склерозированной стенкой / Г.И. Нетелько, В.П. Румакин, В.А. Конев // Гений ортопедии. – 2014. – № 3. – С. 72–76.
5. Шевцов В.И. Реабилитация пациентов с дефектами и ложными суставами длинных костей, современное состояние проблемы / В.И. Шевцов, Д.Ю. Борзунов // Гений ортопедии. – 2008. – № 4. – С. 48–54.
6. Современное комплексное лечение раненых и пострадавших с боевыми повреждениями конечностей / Л.К. Брижань, Д.В. Давыдов, В.В. Хоминец, А.А. Керимов, Ю.В. Арбузов, Ю.В. Чирва, И.В. Пыхтин // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. – 2016. – Т. 11, № 1. – С. 74–80.
7. Какорина Е.П. Информационное обеспечение статистики травматизма в Российской Федерации / Е.П. Какорина, Е.В. Огрызко, Т.М. Андреева // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 2. С. 67–73.
8. Агаджанян В.В. Актуальные проблемы интенсивной помощи при политравме / В.В. Агаджанян // Интенсивная помощь: проблемы и решения : материалы II Всерос. конф. - Ленинск-Кузнецкий, 2004. - С. 3–5.
9. Воронцова Т.Н. Социально-гигиеническая и клинико-диагностическая характеристики пациентов, пролеченных методом внеочаговой фиксации по поводу переломов костей скелета / Т.Н. Воронцова, Н.В. Тюляев, Л.Н. Соломин // Гений ортопедии. – 2011. – № 4. - С. 39–43.
10. Beals R.K. The treatment of chronic open osteomyelitis of tibia in adults / R.K. Beals, R.E. Bryant // Clin. Orthop. Relat. Res. - 2005. - No 433. - P. 212–217.
11. Infected tibia defect fractures treated with the Masquelet technique / J. Mühlhäusser, J. Winkler, R. Babst, F.J.P. Beeres // Medicine (Baltimore). 2017. Vol. 96, No 20. P. e6948. DOI: 10.1097/MD.0000000000006948.
12. Repair of tibial bone defects with fibular fragment and the induced membrane technique / A.I. Mitrofanov, O.K. Al Delamy, M.S. Al Harris // Гений ортопедии. 2019. Т. 25, № 2. – С. 239–242.
13. Diaphyseal long bone nonunions – types, aetiology, economics, and treatment recommendations / M. Rupp, C. Biehl, M. Budak, U. Thormann, C. Heiss, V. Alt // International Orthopaedics. – 2018. – Vol. 42, No 2. – P. 247–258.
14. Ключин, Н. М. Наш опыт лечения перипротезной инфекции коленного сустава / Н. М. Ключин, В. Абабков, А. М. Емаков // Гений ортопедии. – 2019. – Vol. 25, No 2. – P. 162–171.
15. Климов О. В. Клинико-биомеханические аспекты оперативной реконструкции опорно-двигательной системы у пациентов с ахондроплазией по методу Илизарова: диссертация доктора Медицинских наук: 14.01.15 / Климов О. В.; [Место защиты: ФГБОУ ВО Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера Министерства здравоохранения Российской Федерации], 2017.- 356 с. - Библиогр.: с.220–230.
16. Sh S. S., Raximov N. M. Improving the combined treatment tactics of many osteogen metastases of malignant tumors of the urinary-body system //Web of Scientist: International Scientific Research Journal. – 2022. – Т. 3. – №. 4. – С. 1145–1149
17. Соломин Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза: [в 3 т.] / Л.Н. Соломин. – М.: Бином, 2014. – Т. 1.- С. 9.
18. Solomin L.N. The basic principles of external skeletal fixation using the Ilizarov and other devices / L.N. Solomin. - Milan: Springer-Verlag, 2012.
19. ШШ Шаханова, НМ Рахимов. Мультиmodalный подход к лечению множественных остеогенных метастазов рака почки и предстательной железы. Клиническая и экспериментальная онкология 2020, №4 Стр 50–56.
20. Azzam W. Our experience in the management of segmental bone defects caused by gunshots / W. Azzam, A. Atef // Int. Orthop. - 2016. - Vol. 40, No 2. - P. 233–238. DOI: 10.1007/s00264-015-2870-z.
21. Borzunov D.Y. Ilizarov non-free bone plasty for extensive tibial defects / D.Y. Borzunov, A.V. Chevardin // Int. Orthop. - 2013. - Vol. 37, No 4. - P. 709–714. DOI: 10.1007/s00264-013-1799-3.
22. Статическая нагрузка оперированной конечности у больных с обширными дефектами костей голени / Т.И. Долганова, Д.Ю. Борзунов, Л.М. Куфтырев, Д.В. Долганов // Гений ортопедии 2002. - № 3. - С. 98–101.
23. Шевцов В.И. Комплексная рентгено-сонографическая оценка дистракционного остеогенеза при полило-

- кальном удлинении отломков у больных с дефектами длинных костей / В.И. Шевцов, Д.Ю. Борзунов, Т.И. Долганова // Гений ортопедии. – 2004. - № 3. - С. 36-41.
24. Шастов А.Л. Проблема замещения посттравматических дефектов длинных костей в отечественной травматолого-ортопедической практике (обзор литературы) / А.Л. Шастов, Н.А. Кононович, Е.Н. Горбач // Гений ортопедии. – 2018. – Т. 24, № 2. – С. 252–257.
  25. Hernigou P. Treatment of osteonecrosis with autologous bone marrow grafting / P. Hernigou, F. Beaujean // Clin Orthop Relat Res. – 2002. – Vol. 405. P. 14-23. doi: 10.1097/00003086-200212000-00003.
  26. Степанов М.А. Репаративная регенерация костной ткани при удлинении конечности методикой комбинированного distractionного остеосинтеза / М.А. Степанов, Н.А. Кононович, Е.Н. Горбач // Гений ортопедии. – 2010. – № 3. – С. 89-94.
  27. Крупаткин А.И. Функциональные исследования периферического кровообращения и микроциркуляции тканей в травматологии и ортопедии: возможности и перспективы / А.И. Крупаткин // Вестн. травматологии и ортопедии. - 2000. - № 1. - С. 67-69.
  28. Куприянов В.В. Ангиогенез: образование, рост и развитие кровеносных сосудов / В.В. Куприянов, В.А. Миронов. – М. :НИО «Квартет», 1993. – 170 с.
  29. Borzunov D.Y. Tibial Remodelling During Bone Defect Management Using Multilevel Fragment Lengthening (Experimental Findings) / D.Y. Borzunov // Modern Technologies in Medicine. – 2016. –Vol. 8, Issue 1. - P. 64-71.
  30. Возможности современных методов реконструктивно-пластической хирургии в лечении больных с обширными посттравматическими дефектами тканей конечностей (обзор литературы). / Р.М. Тихилов, А.Ю. Кошиш, Л.А. Радоманова, Д.И. Кутянов, А.О. Афанасьев // Травматология и ортопедия России. - 2011. - № 2. - С. 164-170.
  31. Замещение обширных диафизарных дефектов длинных костей / А.П. Барабаш, Л.А. Кесов, Ю.А. Барабаш, С.П. Шпиняк // Травматология и ортопедия России. - 2014. - № 2 (72). - С. 93-99.
  32. Соломин Л.Н. Осложнения, связанные с применением экстракортикальных фиксаторов при комбинированном и последовательном использовании чрескостного остеосинтеза и внутренней фиксации бедренной кости / Л.Н. Соломин, Ф.К. Сабилов // Травматология и ортопедия России. - 2015. - № 4 (78). - С. 103-110.
  33. Borzunov D.Y. Mechanical solutions to salvage failed distraction osteogenesis in large bone defect management / D.Y. Borzunov, A.L. Shastov // Int. Orthop. 2019. – Vol. 43, No 5. P. 1051-1059. doi: 10.1007/s00264-018-4032-6.
  34. Gaillard J. Perforators of the fibular artery and suprafascial network / J. Gaillard, L.M. Bourcheix, A.C. Masquelet // Surg. Radiol. Anat. - 2018. - Vol. 40, No 8. - P. 927-933. DOI: 10.1007/s00276-017-1927-7.
  35. Managing large bone defects in children: a systematic review of the ‘induced membrane technique’ / I. Morelli, L. Drago, D.A. George, D. Romanò, C.L. Romanò // J. Pediatr Orthop B. – 2018. –Vol. 27, No 5. – P. 443-455. doi: 10.1097/BPB.0000000000000456.
  36. Lengthening in Congenital Femoral Deficiency: A Comparison of Circular External Fixation and a Motorized Intramedullary Nail / S.R. Black, M.S. Kwon, A.M. Cherkashin, M.L. Samchukov, J.G. Birch, C.H. Jo // J. Bone Joint Surg Am. – 2015. – Vol. 97, No 17. - P. 1432-1440. doi: 10.2106/JBJS.N.00932.
  37. Метаболические нарушения костной ткани у больных с переломами длинных костей, осложненными хроническим остеомелитом / А.В. Цискарашвили, С.С. Родионова, С.П. Миронов, К.М. Бухтин, Д.С. Горбачук, А.Ю. Тараскин // Гений ортопедии.- 2019. – Vol. 25, No 2. - P. 149-155. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-149-155.
  38. Autologous bone graft in the treatment of post- traumatic bone defects: a systematic review and meta- analysis / M.L. Azi, A. Aprato, I. Santi, M.Jr. Kfuri, A. Masse, A. Joeris // BMC Musculoskelet Disord. – 2016. – Vol. 17, No 1. – P. 465. doi: 10.1186/s12891-016-1312-4.
  39. Faur C.I. Comparative biomechanical analysis of three implants used in bicondylar tibial fractures / C.I. Faur, B. Niculescu // Wien Med Wochenschr. – 2018. – Vol. 168, No 9-10. – P. 254-260. doi: 10.1007/s10354-017-0551-9.
  40. Restoration of long bone defects treated with the induced membrane technique: protocol and outcomes / P.V. Giannoudis, P.J. Harwood, T. Tosounidis, N.K. Kanakaris // Injury. – 2016. – Vol. 47, Suppl 6. – P. S53-S61. doi: 10.1016/S0020-1383(16)30840-3.
  41. Ирьянов Ю.М. Возмещение полостного дефекта кости в условиях имплантации сетчатых конструкций из никелида титана / Ю.М. Ирьянов, Д.Ю. Борзунов, О.В. Дюрягина // Новости хирургии. – 2017. – № 25(2). – С. 115–123.
  42. Ilizarov treatment of atrophic congenital pseudoarthrosis of the tibia: Refracture and importance of consideration for fibular pseudoarthrosis / I.-H. Choi, T.-J. Cho, S.-M. Lee, Ch.-Y. Chung, W.-J. Yoo // 4th Meeting of the A.S.A.M.I. International, held in conjunction with 12rd Meeting of A.S.A.M.I.: Program and Abstracts. - Kyoto, 2006. - P. 77.
  43. Богов А.А. Васкуляризованная кожная пластика несвободными осевыми лоскутами медиальной поверхности голени при сочетанных повреждениях голени и стопы у детей / А.А. Богов, Л.Я. Ибрагимов, Р.И. Муллин // Материалы симпозиума детских травматологов-ортопедов России с международным участием. - СПб., 2008. - С. 66-67.
  44. Митрофанов А.И. Особенности комбинированного остеосинтеза при лечении больных с дефектами длинных костей / А.И. Митрофанов, А.Ю. Чевардин, А.А. Еманов // ЭНИ Забайкальский медицинский вестник. - 2015. - № 1. - С. 24-31.
  45. Akgun U. Masquelet technique versus Ilizarov bone transport for reconstruction of lower extremity bone defects following posttraumatic osteomyelitis / U. Akgun, U. Canbek, N.H. Aydogan // Injury. - 2018. - Vol. 49, No 3. - P.

738. DOI: 10.1016/j.injury.2018.01.014.
46. Bone transport over an intramedullary nail for reconstruction of long bone defects in tibia / C.W. Oh, H.R. Song, J.Y. Roh, J.K. Oh, W.K. Min, H.S. Kyung, J.W. Kim, P.T. Kim, J.C. Ihn // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* - 2008. - Vol. 128, No 8. - P. 801-808.
  47. Borzunov D.Iu. Ispol'zovanie chreskostnogo i intramedulliarnogo blokiruемого osteosintezov pri lechenii patsientov s posledstviyami perelomov dlinnykh kostei / D.Iu. Borzunov, A.I. Mitrofanov, O.V. Kolchev // *J. Orthop. Trauma Surg. Relat. Res.* - 2011. - No 3. - P. 17-22.
  48. Борзунов Д.Ю. Использование чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтезов при лечении пациентов с последствиями переломов длинных костей / Д.Ю. Борзунов, А.И. Митрофанов, О.В. Колчев // *J. Orthop. Trauma Surg. & Relat. Res.* - 2011. - Vol. 3. - P. 17-22.
  49. Митрофанов А.И. Технология комбинированного остеосинтеза при лечении больных с последствиями травм длинных трубчатых костей (технология остеосинтеза) / А.И. Митрофанов, А.Ю. Чевардин // *Гений ортопедии.* - 2014. - № 3. - С. 13-15.
  50. Шевцов В.И. Лечение дефектов нижней конечности / В.И. Шевцов, В.Д. Макушин, Л.М. Куфтырев. - Курган, 1999. - 569 с.
  51. Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening / D. Paley, J.E. Herzenberg, G. Paremain, A. Bhave // *J. Bone Joint Surg. Am.* - 1997. - Vol. 79, No 10. - P. 1464-1480.
  52. Darouiche R.O. Treatment of infections associated with surgical implants / R.O. Darouiche // *N. Engl. J. Med.* - 2004. - Vol. 350, No 14. - P. 1422-1429.
  53. Резник Л.Б. Результаты применения различных видов имплантов при замещении остеомиелитических дефектов длинных костей в эксперименте / Л.Б. Резник, И.В. Стасенко, Д.А. Негров // *Гений ортопедии.* - 2016. - № 4. - С. 81-87.
  54. Экспериментальное исследование использования углеродных наноструктурных имплантатов при замещении циркулярных диафизарных дефектов длинных костей / Н.А. Кононович, В.И. Шевцов, Е.Н. Горбач, В.А. Медик, М.В. Стогов, Д.Ю. Борзунов, М.А. Степанов // *Journal of Bone Reports & Recommendations.* - 2015. - Т.1, № 1. - С. 7-14.
  55. Bone Grafting: sourcing, timing, strategies, and alternatives / K.A. Egol, A. Nauth, M. Lee, H.C. Pape, J.T. Watson, J. Borrelli Jr. // *J. Orthop. Trauma.* - 2015. - Vol. 29, No Suppl. 12. - P. S10-S14. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000460.
  56. Экспериментальное применение биокompозитных материалов в ветеринарной травматологии / Ю.В. Пичугин, А.В. Сапожников, В.А. Ермолаев, С.Н. Золотухин // *Вестн. Ульянов. гос. с.-х. академии.* - 2011. - № 3. - С. 78-80.
  57. Кирилова И.А. Костная ткань как основа остеопластических материалов для восстановления костной структуры / И.А. Кирилова // *Хирургия позвоночника.* - 2011. - № 1. - С. 68-74.
  58. Углеродные наноструктурные имплантаты инновационный продукт для травматологии и ортопедии. Часть 1. Результаты экспериментальных исследований / С.П. Миронов, В.И. Шевцов, Н.А. Кононович, М.А. Степанов, Е.Н. Горбач, Г.Ш. Голубев, К.С. Сергеев, В.И. Архипенко, А.А. Гринь, В.Л. Скрыбин, Л.Б. Резник, В.Д. Шатохин, А.А. Баймуратов // *Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова.* - 2015. - № 3. - С. 46-53.
  59. Interconnected porous hydroxyapatite ceramics for bone tissue engineering / H. Yoshikawa, N. Tamai, T. Murase, A. Myoui // *J. R. Soc. Interface.* - 2009. - Vol. 6, Suppl. 3. - P. S341-S348. doi: 10.1098/rsif.2008.0425.focus.
  60. Интеграция костной ткани в пористые титановые импланты с алмазоподобным нанопокрyтиями / Э.Б. Макарова, Ю.М. Захаров, А.П. Рубштейн, А.И. Исaiкин // *Гений ортопедии.* - 2011. - № 4. - С. 111-116.
  61. Имплантоситель клеточного материала из пористого проницаемого титана / В.И. Итин, Г.А. Прибытков, И.А. Хлусов, Л.В. Загребин, С.С. Шестов // *Клеточная трансплантология и тканевая инженерия.* - 2006. - № 3 (5). - С. 59-63.
  62. Ryan G. Fabrication methods of porous metals for use in orthopaedic applications / G. Ryan, A. Pandit, D.P. Aratsidis // *Biomaterials.* - 2006. - Vol. 27, No. 13. - P. 26512670.
  63. The use of biodegradable polymers for the replacement of bone cavities in chronic osteomyelitis / Yu.S. Vinnik, E.I. Shishatskaya, N.M. Markelova, A.A. Shageev, V.A. Horzhevskiy, O.V. Peryanova // *Herald of Experimental and Clinical Surgery.* - 2013. - Vol. 6, No 1. - P. 51-57.
  64. Infection in Orthopaedics / G.E. Cook, D.C. Markel, W. Ren, L.X. Webb, M.D. McKee, E. Schemitsch // *J. Orthop. Trauma.* - 2015. - Vol. 29, No 12. - P. 19-23.
  65. Хронический остеомиелит: Пластическая хирургия / Г.Д. Никитин, А.В. Рак, С.А. Линник, И.А. Агафонов. - Л.: Медицина, 1990. - 200 с.
  66. Ключошин Н.М. К классификации хронического остеомиелита / Н.М. Ключошин // *Травматология и ортопедия России.* - 1994. - № 2. - С. 42-45.
  67. Заболотных И.И. Болезни суставов / И.И. Заболотных. - СПб. : Спец. лит., 2005. - 220 с.
  68. Диспансерный контроль за больными гонартрозом / Г.М. Дубровин, П.В. Ковалев, Н.В. Стороженко, С.Н. Тихоненков // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова.* - 2001. - № 3. - С. 48-53.
  69. Шевцов В.И. Дефекты костей нижней конечности / В.И. Шевцов, В.Д. Макушин, Л.М. Куфтырев. - Курган: Зауралье, 1996. - 504 с.
  70. Корнилов Н.В. Организация и совершенствование травматолого-ортопедической службы России / Н.В. Корнилов, К.И. Шапиро // *Анналы травматологии и ортопедии.* - 1996. - № 3(9). - С. 5-7.