

*На правах рукописи*

**ГИЛЕВ МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ**

**АУГМЕНТАЦИЯ КОСТНЫХ ВНУТРИСУСТАВНЫХ ДЕФЕКТОВ  
ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПОСТРАДАВШИХ  
С ИМПРЕССИОННЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ КОСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ**

**14.01.15 – травматология и ортопедия**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
доктора медицинских наук**

**Москва – 2018**

Работа выполнена на кафедре травматологии и ортопедии факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Екатеринбург)

**Научный консультант - Волокитина Елена Александровна**, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки.

**Официальные оппоненты:**

**Волошин Виктор Парфентьевич** - доктор медицинских наук, профессор, руководитель отделения травматологии и ортопедии ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского» МЗ РФ; главный внештатный специалист травматолог-ортопед Министерства здравоохранения Московской области.

**Лазарев Анатолий Федорович** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением травматологии взрослых ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова" МЗ РФ.

**Сергеев Константин Сергеевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии с курсом детской травматологии ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» МЗ РФ.

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится «20» мая 2019 года в 14:00 на заседании диссертационного совета Д 212.203.37 в Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, б).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, б) и на сайте <http://dissovet.rudn.ru>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019

Ученый секретарь диссертационного совета \_\_\_\_\_ Персов М.Ю.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность исследования

Создание новых материалов и технологий для функционального замещения части органа или системы, в связи увеличением продолжительности жизни людей и старением населения, является одним из ключевых направлений стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации №642 от 01.12.2016: «Переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения». Важная роль отводится разработке оптимальных конструкций аугментов и изучению процессов интеграции биоматериалов в аспекте тканеэквивалентности и биомиметики (Волошин В.П. и др., 2016; Alidadi, S. и др., 2017; Leventis, M.D. и др., 2014; Lu, W. и др., 2014). В последние годы технологии аддитивного прототипирования посредством 3D печати уверенно занимают свою нишу в современной имплантологии (Muzzarelli, R.A.A. и др., 2015; Wang, J. и др., 2015).

Проблема замещения дефектов костной ткани относится к приоритетным разделам травматологии и ортопедии (Загородний Н.В. и др., 2016; А.К. Рушай и др., 2013; Антониади, Ю.В. и др., 2016; Полупан, П.В., 2014). Особым видом внутрисуставного перелома является импрессионный перелом трабекулярной кости. Методы открытой репозиции и внутренней фиксации успешно используются при хирургическом лечении внутрисуставных переломов, однако, применение современных накостных металлофиксаторов не всегда обеспечивает достаточную стабильность, что можно объяснить снижением прочностных характеристик костной ткани в результате травмы, неадекватным выбором хирургического доступа и остеопластического материала (Лазарев А.Ф. и др., 2015; Matveev, R.P. и др., 2017; Metcalfe, D. и др., 2015; Кутепов, С.М. и др., 2015). Неудовлетворительные исходы лечения импрессионных внутрисуставных переломов составляют от 9,4% до 37,7% случаев, в зависимости от локализации внутрисуставной травмы (Karimi Nasab, M.H. и др., 2015; Лантух, Т.А. и др., 2013; Савгачев, В.В., 2016; Сергеев К.С. и др., 2013; Aspenberg, P., Sandberg, O., 2014; Kramer, W.C. и др., 2015; Metcalfe, D. и др., 2015; Sindel, A. и др., 2017).

Таким образом, на сегодняшний день, несмотря на актуальность проблематики хирургического лечения внутрисуставных импрессионных переломов костей конечностей, отсутствует комплексный научно обоснованный подход к аугментации костных дефектов, недостаточно изучены прочностные параметры трабекулярной кости, дискуссионными остаются вопросы выбора и клинического применения костнопластического материала с позиции биоэквивалентности, в частности пористых титановых аугментов, полученных на основе аддитивного прототипирования. Существующие хирургические доступы к дистальному отделу лучевой кости, проксимальному и дистальному отделам большеберцовой кости не обеспечивают адекватную визуализацию зоны повреждения, что затрудняет

выполнение репозиции суставной поверхности и стабильного остеосинтеза. Особого внимания требует проблема послеоперационной реабилитации, основными направлениями которой должны стать полное восстановление движений в травмированном суставе и профилактика развития посттравматического остеоартроза.

### **Цель исследования**

На основе комплексного экспериментального и клинического подходов к изучению клинико-морфологических особенностей внутрисуставных импрессионных переломов разработать научно обоснованную концепцию аугментации дефектов трабекулярной кости для улучшения результатов хирургического лечения пострадавших.

### **Задачи исследования**

1. Исследовать прочностные свойства трабекулярной костной ткани человека околосуставной локализации методами физического материаловедения.
2. Исследовать в эксперименте особенности репаративной регенерации трабекулярной костной ткани при аугментации внутрисуставного импрессионного дефекта основными группами остеозамещающих материалов.
3. Исследовать в эксперименте особенности влияния пористого титанового имплантата, полученного на основе технологий 3D печати и аддитивного прототипирования, на костный интерфейс в качестве перспективного аугмента для замещения дефектов костной ткани.
4. Изучить анатомо-функциональные особенности внутрисуставных импрессионных переломов крупных суставов костей конечностей при помощи клинического, рентгенологического, рентгенометрического и функционального методов исследований.
5. Разработать технологические подходы к хирургическому лечению импрессионных внутрисуставных переломов крупных суставов костей конечностей, включающие новые хирургические доступы, комбинированное применение методов наружной и внутренней фиксации, аугментацию импрессионного дефекта с использованием аутокости и современных остеозамещающих материалов.
6. Провести оценку ближайших и отдаленных результатов лечения пострадавших основной и контрольной групп с импрессионными внутрисуставными переломами крупных суставов костей конечностей, проанализировать встретившиеся ошибки и осложнения, разработать меры их профилактики.

### **Научная новизна**

Изучены *in vitro* прочностные свойства трабекулярной костной ткани околосуставной локализации (субхондральная область дистального отдела лучевой кости (ДОЛК), проксимального отдела большеберцовой кости (ПОББК) и пяточной кости (ПК) в области задней таранной суставной

поверхности), определена статистическая корреляционная зависимость между модулем Юнга, максимальным напряжением, упругой деформацией, и радиоденситометрической и физической плотностью. Определены отдельные аспекты патомеханики внутрисуставного импрессионного перелома. Введено понятие «импрессионной деформации» трабекулярной кости. В эксперименте показано, что трабекулярная костная ткань субхондральной локализации обладает значительной необратимой деформацией, не приводящей к разрушению, что характеризует ее как упруго-пластичный материал. В эксперименте показано, что разрушение субхондральной трабекулярной костной ткани не происходит даже после достижения деформации в 30% и более от высоты изучаемого образца, при этом обратимая деформация находится в пределах 3%.

В эксперименте *in silico*, на основе полученных данных по физико-прочностным параметрам трабекулярной костной ткани околоуставной локализации, методами конечных элементов рассчитана элементарная ячейка для синтеза пористого титанового имплантата аддитивными технологиями 3D печати, спрогнозированы биоэквивалентные прочностные параметры титановых аугментов для обеспечения остеоинтеграции.

В эксперименте на лабораторных животных (кролики) *in vivo* изучены морфологические и прочностные особенности регенерации костной ткани при аугментации резорбируемых (ксенопластический материал и синтетический  $\beta$ -трикальций фосфат) и нерезорбируемых (углеродный наноструктурный материал и пористый титановый имплантат, полученный на основе аддитивных технологий 3D печати) аугментов в костный интерфейс. Разработан способ моделирования внутрисуставного импрессионного перелома ПОББК (Патент РФ №2669047); предложен способ создания модели посттравматического остеоартроза (заявка на изобретение РФ №2017136912). Определены некоторые механизмы репаративной остерегенерации при аугментации данных остеопластических материалов в костные дефекты, возникшие в результате импрессионного перелома; изучены морфологические, биохимические, прочностные, радиоденситометрические и химические закономерности репаративной регенерации; выявлено увеличение прочности новообразованной трабекулярной костной ткани в интерфейсе «костное ложе – имплантат» при имплантации синтетического  $\beta$ -трикальция фосфата и пористого титанового имплантата, исследована динамика Ca/P отношения в периимплантной области. Введено понятие «критических зон» для аттестации периимплантной костной ткани. Предложен способ подготовки поверхности образцов костной ткани для изучения её микроструктуры при помощи сканирующего электронного микроскопа (Патент РФ №2668879).

### **Практическая значимость**

В результате открытого контролируемого одноцентрового клинического исследования изучены анатомо-функциональные особенности

внутрисуставных импрессионных переломов костей конечностей у 257 пострадавших. Определены наиболее важные референтные рентгенометрические параметры лучезапястного, коленного, голеностопного и подтаранного суставов, динамическая оценка восстановления которых необходима для нормального функционирования опорно-двигательного аппарата верхней и нижней конечностей (Патент РФ №2626375). Усовершенствована тактика аутотрансплантации за счет применения оригинального устройства, которое обеспечивает малоинвазивный и быстрый забор костной ткани (Патент РФ на полезную модель №160622). Разработан способ последовательного использования наружного и внутреннего остеосинтеза с интраоперационным использованием дистракционного модуля аппарата внешней фиксации при лечении сложных внутрисуставных переломов ДОЛК (Патент РФ №2601850) и ДОББК (Патент РФ №2623298). Разработаны способы остеартропластики сложных полифокальных внутрисуставных импрессионных переломов ДОЛК (Патент РФ №2641379) и ПОББК (Патент РФ №2647618). Разработана система новых хирургических доступов для ДОЛК, включающая передненааружный L-образный доступ (Патент РФ №2625647) и доступ с сохранением мышечной части квадратного пронатора (Патент РФ №2668478); разработан хирургический фасциопластический доступ к латеральному мыщелку большеберцовой кости с остеотомией бугорка Жерди (Патент РФ №2654593).

Разработаны алгоритмы хирургического лечения импрессионных внутрисуставных переломов дистального отдела лучевой кости, проксимального отдела большеберцовой кости, дистального отдела большеберцовой кости и пяточной кости.

На основе метода математического моделирования разработаны конструкции новых имплантатов из пористого титана для аугментации трабекулярных дефектов: имплантат для замещения костных трабекулярных дефектов (международная заявка на патент PCT/RU2017/001015) и имплантат для остеотомии (международная заявка на патент PCT/RU2017/001012).

Разработана концепция остеoaугментации при хирургическом лечении пострадавших с внутрисуставными импрессионными переломами, которая заключается в выборе остеoэквивалентного костнопластического материала, оптимального хирургического доступа, в интраоперационном восстановлении структуры опорной области субхондрального участка кости в условиях аппаратной дистракции и движений в суставе. Использование новых знаний и технологий лечения способствовало улучшению результатов, повышению эффективности процесса реабилитации и повышению качества жизни пациентов с импрессионными внутрисуставными переломами костей конечностей.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Импрессионная деформация, возникающая при внутрисуставных переломах, характеризует трабекулярную костную ткань субхондральной локализации как упруго-пластичный материал, разрушение которого не

происходит даже после достижения деформации в 30% и более от высоты изучаемого образца, при этом обратимая деформация находится в пределах 3%.

2. Аугменты на основе  $\beta$ -трикальций фосфата и пористого титана, полученного аддитивными технологиями, обладают лучшими остеоинтегративными свойствами, что выражается в отсутствии перифокальной остеорезорбции и увеличении прочностных параметров периимплантной костной ткани, напротив, аугменты на основе углеродного наноструктурного имплантата, обладают низкими остеоинтегративными свойствами, что выражается в наличии перифокальной остеорезорбции и уменьшении прочностных параметров периимплантной костной ткани; аугменты на основе ксенопластического материала подвергаются быстрой резорбции в костном интерфейсе, прочностные свойства которого остаются низкими на ранних сроках наблюдения.
3. Научно обоснованная концепция остеоаугментации при хирургическом лечении пострадавших с внутрисуставными импрессионными переломами заключается в выборе остеоэквивалентного костно-пластического материала, оптимального хирургического доступа и восстановлении структуры опорного комплекса эпиметафизарной области в условиях аппаратной дистракции, стабильного остеосинтеза и движений в пораженном суставе.

### **Реализация результатов исследования**

Результаты исследования внедрены в курсы тематического усовершенствования ДПОП по травматологии и ортопедии в ФГБОУ ВО «УГМУ Минздрава РФ» (г. Екатеринбург), в практическую работу травматологического отделения МАУ ЦГКБ №24 г. Екатеринбурга, в практическую работу отделений хирургического профиля МАУ «Городская больница № 36 «Травматологическая» Управления здравоохранения Администрации г. Екатеринбурга. Материалы исследования используются для преподавания курса травматологии и ортопедии ординаторам и аспирантам, проходящим обучение в ФГБОУ ВО «УГМУ МЗ РФ»; студентам лечебно-профилактического и педиатрического факультетов на кафедре оперативной хирургии и топографической анатомии ФГБОУ ВО «УГМУ Минздрава РФ». Результаты работы используются в научно-исследовательской деятельности института травматологии и ортопедии ЦНИЛ ФГБОУ ВО «УГМУ Минздрава РФ». Результаты работы используются в научно-исследовательской деятельности лаборатории медицинского материаловедения и биокерамики ФГБУН «ИВТЭ» УрО РАН; Института Иммунологии и Физиологии ФГБУН УрО РАН.

Результаты исследования остеоинтеграции пористого титанового аугмента, полученного на основе аддитивных технологий 3D печати, позволили предложить его в качестве нового перспективного имплантата в комплексной программе Министерства образования и науки Российской Федерации по созданию высокотехнологичного производства в рамках

реализации постановления Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года № 218, очередь 8 по теме «Создание высокотехнологичного цифрового производства прецизионных металлических комплексов для имплантации на базе аддитивных технологий», номер соглашения 03.G25.31.0234 от 03.03.2017г.

### **Апробация и публикация основных положений исследования**

Основные положения диссертационного исследования представлены на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора А.Н. Горячева «Риски в современной травматологии и ортопедии» (Омск, 2015, 2017); на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Чаклинские чтения» (Екатеринбург, 2015); на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современная травматология, ортопедия и хирургия катастроф» (Москва, 2015); на Всероссийской научно-практической конференции «Приоровские чтения» (Москва, 2015); на Международной конференции «Травма 2016» Применение современных технологий лечения в Российской травматологии и ортопедии (Москва, 2016); на втором Всероссийском конгрессе по травматологии с международным участием «Медицинская помощь при травмах: новое в организации и технологиях» (Санкт-Петербург, 2017); на второй Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения» (Екатеринбург, 2017); на LXIII Международной конференции «Актуальные проблемы прочности» (Пермь, 2017); на VI Евразийский конгрессе травматологов-ортопедов (Казань, 2017); на Международной конференции «Травма 2017: Мультидисциплинарный подход» (Москва, 2017); на Научно-практической конференции с международным участием «Прототипирование и аддитивные технологии в травматологии и ортопедии, нейрохирургии и челюстно-лицевой хирургии» (Санкт-Петербург, 2018); на Научно-практической конференции с международным участием «XI Всероссийский съезд травматологов-ортопедов» (Санкт-Петербург, 2018); на III Международной научно-практической конференции молодых учёных (Екатеринбург, 2018); на Всероссийской научной конференции «Современные проблемы гистологии и патологии скелетных тканей» (Рязань, 2018); на Международной конференции SICOT 38 Orthopaedic World Congress (Монреаль, 2018); на объединенном Международном конгрессе «Congress on Open Issues in Thrombosis and Hemostasis совместно с 9-ой Всероссийской конференцией по клинической гемостазиологии и гемореологии» (Санкт-Петербург, 2018).

По теме диссертации опубликовано 77 печатных работ во Всероссийских и региональных изданиях, из них 13 - в изданиях, рекомендованных ВАК, одна научная монография, получено 10 патентов на изобретения РФ, один патент на полезную модель РФ. Подготовлена и подана одна заявка на изобретения РФ, 2 заявки на изобретения международного уровня.



Получены звания Лауреата конкурса «Ученые УГМУ – Здравоохранению Урала» за научную монографию «Хирургическое лечение внутрисуставных переломов ПОББК» (Екатеринбург, 2016); номинанта Премии Губернатора Свердловской области для молодых ученых за работу «Хирургическое лечение внутрисуставных импрессионных переломов костей конечностей» (Екатеринбург, 2017); номинанта Премии имени В.Н. Татищева и Г.В. де Геннина за научно-исследовательскую работу «Новые методы хирургического лечения сложных внутрисуставных переломов костей нижних конечностей» (Екатеринбург, 2017); Лауреата конкурса (гран-при) молодых ученых III Международной научно-практической конференции «Оценка параметров костноуставной консолидации в зависимости от типа остеозамещающего материала» (Екатеринбург, 2018).

Диссертация выполнена по плану научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «УГМУ Минздрава РФ», номер государственного учета НИОКТР АААА-А17-117122890050-8. Исследования были проведены в рамках реализации государственного задания №056-00151-18-00 (номер реестровой записи 730000Ф.99.1.БВ10АА00006) МЗ РФ по теме: «Новые технологии хирургического лечения пострезекционных, посттравматических несращений, дефектов и деформаций костей конечностей на базе аддитивного прототипирования с направленным наноструктурированием поверхности имплантатов»; государственного задания по теме: «Разработка остеозамещающих материалов с тканэквиалентными свойствами для возмещения костных дефектов у онкологических и травматологических больных». Исследование поддержано Министерством образования и науки Российской Федерации, субсидия на реализацию комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства в рамках реализации постановления Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года № 218, очередь 8 по теме “Создание высокотехнологичного цифрового производства прецизионных металлических комплексов для имплантации на базе аддитивных технологий”, номер соглашения 03.G25.31.0234 от 03.03.2017г.

### **Личный вклад автора**

Автором разработан дизайн экспериментального и клинического исследований, проанализированы результаты хирургического лечения. Разработаны новые методы хирургического лечения внутрисуставных импрессионных переломов. Все представленные результаты лабораторных исследований получены лично автором, либо при его непосредственном участии. Автор самостоятельно прооперировал, применяя новые методики, 70% пациентов с внутрисуставными импрессионными переломами костей конечностей, принимал активное участие в курации 90% тематических пациентов.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 350 страницах компьютерного печатного текста. Состоит из введения, 7 глав, заключения, выводов, практических

рекомендаций, списка сокращений, списка литературы, приложений. Список литературы состоит из 386 источников, из них: 82 работы отечественных и 304 работы иностранных авторов. Работа иллюстрирована 47 таблицами и 113 рисунками, содержит клинические наблюдения.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертационная работа основана на результатах экспериментального и клинического исследований. Экспериментальное исследование включает два последовательных этапа: (1) физико-механическое исследование трабекулярной костной ткани околоуставной локализации (условно «морфологический этап») и (2) изучение влияния типа остеозамещающего материала на основные параметры консолидации при аугментации импрессионного внутрисуставного перелома на модели лабораторных животных (условно «экспериментальный этап»). Клиническое исследование основано на проведении открытого контролируемого одноцентрового клинического испытания 257 пострадавших с импрессионными внутрисуставными переломами костей конечностей.

### **Физико-механическое исследование трабекулярной костной ткани околоуставной локализации (морфологический этап)**

Исследование выполнено на базе кафедры физики конденсированного состояния УРФУ при участии д.ф.-м.н. Зайцева Д.В.; лаборатории физико-химических методов исследования ФГБУН «Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого» УрО РАН (директор - академик РАН Вотяков С.Л.); одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО УГМУ. Материал для исследования набирался в ПАО МАУ «ЦГКБ №24» г. Екатеринбурга и на кафедре оперативной хирургии и топографической анатомии ФГБОУ ВО УГМУ. Исследования проведены на образцах трабекулярной костной ткани околоуставной локализации, полученной от 40 трупов мужского (N=24; 60,0%) и женского (N=16; 40,0%) полов, умерших в возрасте от 30 до 60 лет (средний возраст  $47,5 \pm 5,6$  лет). Были использованы метод одноосного сжатия, радиоденситометрия методом компьютерной томографии, метод сканирующей электронной микроскопии и статистический метод.

#### ***Оценка деформационного поведения образцов при одноосном сжатии.***

Механические испытания проводились на разрывной машине Shimadzu AG-X 50kN. Анализ механической прочности выполняли с использованием методики оценки деформационного поведения материала при одноосном сжатии. Все образцы деформировались до максимального напряжения ~30%. Было определено, что максимальное напряжение в группе ПК в 2,06 раз превышает показатель группы ПОББК ( $p = 0.012$ ) и в 2,09 раз превышает аналогичный показатель в группе ДОЛК ( $p = 0.025$ ). Модуль Юнга в группе ПК в 2,2 раз превышает аналогичный показатель в группе ПОББК ( $p = 0,004$ ) и в 2,7 раз превышает аналогичный показатель для группы ДОЛК ( $p = 0,024$ ).

Максимальная упругая деформация, наблюдаемая в образцах из группы ПОББК, превосходила значения в других группах.

**Измерение физической и денситометрической плотности и ее влияние на основные физико-прочностные характеристики.** Физическую плотность определяли по формуле  $\rho = m/V$  [г/мм<sup>3</sup>]; где  $\rho$  – плотность искомого костного образца, [г/мм<sup>3</sup>];  $m$  – масса искомого костного образца [г];  $V$  – объем искомого костного образца [мм<sup>3</sup>]. Для образцов ДОЛК значение физической плотности составило  $0.936 \pm 0.073$ ; для ПОББК –  $0.912 \pm 0.097$ ; для ПК –  $1,092 \pm 0,092$  [г/мм<sup>3</sup>].

Радиоденситометрическую плотность измеряли в единицах Хаунсфилда методом компьютерной томографии аппаратом Toshiba Aquilion 64. Для образцов ДОЛК [HU] составило  $204,9 \pm 7,2$ ; для ПОББК –  $256,0 \pm 7,0$ ; для ПК –  $318,0 \pm 3,0$  [HU]. Для множественного сравнения внутригрупповых различий был применен тест Краскела-Уоллиса, при этом различия были статистически значимыми ( $p = 0,0062$ ). Значимо отличались плотность ДОЛК и ПОББК ( $p = 0,028$ ), таким образом, что плотность ПОББК в 1,15 раз превосходила плотность ДОЛК; а плотность ПК превосходила плотность ДОЛК в 1,66 раз ( $p = 0,018$ ). Наблюдалось повышение механических свойств костной ткани с увеличением ее физической плотности ( $r=0.678$ ; при  $p=0.002$ ); повышение механических свойств костной ткани с увеличением ее радиоденситометрической плотности ( $r=0.508$ ; при  $p=0.012$ ); Показана прямая пропорциональная зависимость денситометрической и физической плотностей ( $r=0.704$ ; при  $p=0.032$ ).

**Оценка морфоструктурных характеристик образцов методом сканирующей электронной микроскопии.** Исследование топологии и микроструктуры поверхности проводилось с использованием сканирующего электронного микроскопа JSM-6390LV фирмы Jeol. При аттестации образцов до и после одноосного сжатия обращало на себя внимание отсутствие видимых микропереломов костных трабекул и увеличение последних в поле зрения после проведения одноосного сжатия. В процессе диссертационного исследования был разработан и внедрен в практику способ подготовки поверхности образцов костной ткани для изучения ее микроструктуры при помощи сканирующего электронного микроскопа (Патент РФ №2668879), позволивший упростить технологию методики, сократить время и материальные затраты на подготовку образцов костной ткани для исследования при помощи сканирующего электронного микроскопа.

**Методы математического моделирования пространственной архитектуры пористого титанового имплантата, полученного на основе 3D печати.** Титановый имплантат являлся экспериментальным изделием медицинского назначения и представлял собой цилиндрические образцы ( $d = 5$  мм,  $h = 5$  мм), изготовленные прямым лазерным спеканием на установке EOSINT 280. В качестве сырья использовался порошок из  $(\alpha+\beta)$ -титанового сплава Ti-6Al-4V ELi.

Учитывая данные, полученные в морфологическом этапе диссертационного исследования, в программном пакете Solid Works были

построены 3D модели элементарной ячейки с разной долей пор. Моделирование осуществлялось в модуле Mechanical Structure комплекса программ ANSYS. Нагружение осуществлялось абсолютно жесткой плитой с распределенной нагрузкой 10 МПа. По данным перемещения деформации вдоль оси Y был рассчитан модуль упругости образцов с различной пористостью. Было показано, что изменение пористости от 50 до 80% приводило к изменению модуля упругости от 19,6 до 1,8 ГПа, по сравнению с 110 ГПа для сплошного сплава Ti-6-4, что соответствовало уровню нативной костной ткани, то есть модель биоэквивалентности была соблюдена. Перемещение вдоль осей x, y и z было исключено (рисунок 1).

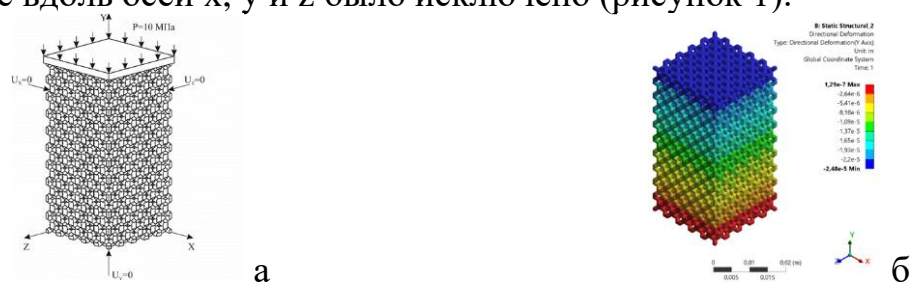


Рисунок 1. Схема моделирования нагружения пористого титанового имплантат, полученного на основе 3D печати: (а) граничные условия; (б) результаты моделирования методом конечных элементов в программной среде ANSYS

Натурные испытания одноосного сжатия, с целью подтверждения данных моделирования, проводились на установке EOSINT 280, на ячеистом цилиндрическом образце из сплава Ti-6-4 с заданной в CAD - модели.

В первом этапе исследования (физико-механическое исследование трабекулярной костной ткани околосуставной локализации) нами предложено понятие **импрессионной деформации трабекулярной кости**, которое обусловлено высокой деформируемостью и компактизацией без разрушения вследствие ее упруго-эластичных характеристик и свойств.

**Влияние типа остеозамещающего материала на основные параметры консолидации при аугментации импрессионного внутрисуставного перелома (экспериментальный этап).** Экспериментальный этап выполнен при участии профессора, д.м.н. Базарного В.В. (ЦНИЛ УГМУ); доцента, к.м.н. Медведевой С.Ю. (ФГБУН «Институт физиологии и иммунологии» УрО РАН), профессора, д.т.н. Попова А.А. (кафедра термообработки и физики металлов УРФУ), доцента, д.ф.-м.н. Зайцева Д.В. (кафедр физики конденсированного состояния УРФУ), академика РАН, профессора Вотякова С.Л. (ФГБУН «Институт геологии и геохимии» УрО РАН).

Эксперименты проводили на 45 кроликах женского пола породы Шиншилла массой 3–3,5 кг в виварии ФГБОУ ВО «УГМУ» Минздрава России. Все манипуляции над животными проводили в соответствии с Хельсинкской декларацией о гуманном обращении с животными. Животным моделировался билатеральный перелом ПОББК (Патент РФ №2669047). В

основной группе (N=36; 80,0%) использовали четыре вида остеозамещающих материалов (четыре подгруппы): (1) синтетический  $\beta$ -трикальций фосфат; (2) ксенопластический материал; (3) углеродный наноструктурный имплантат; (4) пористый титановый имплантат, полученный на базе аддитивных технологий 3D печати. В контрольной группе (N=9; 20,0%) животные были интактны по методам аугментации. Согласно дизайну эксперимента, по 3 особи (6 образцов ПОББК) каждой подгруппы основной группы и 3 особи (6 образцов ПОББК) контрольной группы выводились из эксперимента на сроке 6, 12 и 25 недель после аугментации.

Применяли метод одноосного сжатия, радиоденситометрия методом компьютерной томографии, метод индентирования по Виккерсу, метод сканирующей электронной микроскопии, микрорентгеноспектральный анализ, лабораторный метод (определение маркеров костного метаболизма и воспаления), метод математического моделирования конечными элементами в среде ANSYS и статистический метод.

**Оценка деформационного поведения образцов ПОББК при одноосном сжатии.** В ходе механических испытаний определяли максимальную нагрузку ( $F_{max}$ ) и величину упругой деформации (%). Процесс сжатия образца отображали в виде деформационной кривой. УНИ и  $\beta$ ТСР по прочности превышали ксенопластический материал (в 9,8 раз  $\beta$ ТСР и в 39,7 раз для УНИ,  $p = 0,025$ ) и разрушались при достижении максимального напряжения в  $28,01 \pm 7,18$  МПа и  $113,7 \pm 14,6$  МПа соответственно. Значение модуля Юнга составило  $5,87 \pm 1,87$  ГПа для  $\beta$ ТСР и  $6,56 \pm 1,17$  ГПа для УНИ;  $p = 0,189$ .

Для образцов ПОББК с аугментированным  $\beta$ ТСР к 25 неделе наблюдалось увеличение физико-прочностных параметров, что свидетельствовало о полноценной интеграции материала. Для образцов ПОББК с ксенопластическим материалом к 25 неделе наблюдали незначительное увеличение физико-прочностных параметров; для образцов ПОББК с УНИ к 12 и 25 неделям наблюдали уменьшение обоих параметров механической прочности, что было обусловлено отсутствием остеоинтеграции на границе кости и материала.

**Оценка морфоструктурных характеристик образцов ПОББК методом сканирующей электронной микроскопии.** Исследование проводили с использованием сканирующего микроскопа JSM-6390LV фирмы Jeol. Было установлено, что для образцов ПОББК с имплантированными нерезорбируемыми материалами, пористый титановый аугмент показал лучшие, по сравнению с УНИ, остеопластические свойства, которые выражались в значительном приросте новообразованной костной ткани в перифокальной области и в отсутствии границы периимплантной резорбции. Для образцов ПОББК с имплантированными резорбируемыми материалами, ксенопластический материал подвергался остеолизису на ранних сроках наблюдения (6 недель после аугментации), что, однако, сопровождалось пролиферацией и образованием собственной кости; к отдаленному сроку

наблюдения морфологическая картина не отличалась от таковой при нативной кости у группы кроликов положительного контроля. Для образцов ПОББК с имплантированным  $\beta$ -трикальций фосфатом, последний медленно резорбировался, однако, процесс остеорезорбции сопровождался образованием полноценной высокоорганизованной кости (рисунок 2).

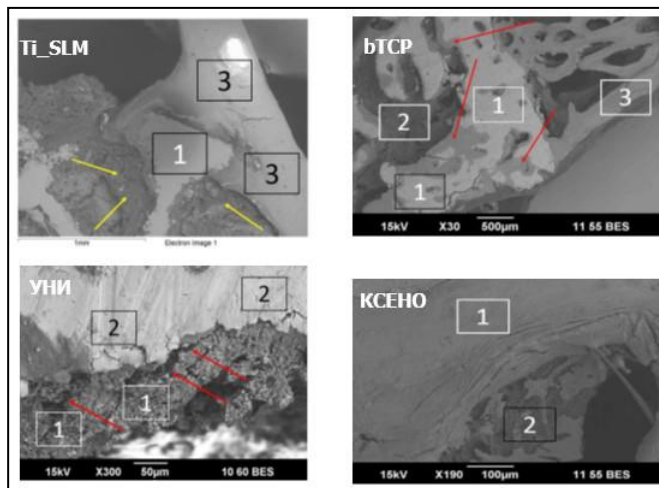


Рисунок 2. Микроструктура ПОББК с различными типами аугментов через 25 недель после имплантации

**Аттестация Ca/P соотношения образцов ПОББК кролика методом микрорентгеноспектрального анализа.** Аттестация элементного состава методом микрорентгеноспектрального анализа на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV фирмы Jeol. с микроанализатором Camca SX100 и FEG SEM ZEISS CrossBeam AURIGA с использованием приставки Oxford Inca. Для стратификации перифокальной костной ткани была предложена схема периимплантных критических зон. По аттестованным точкам были составлены соответствующие электронные таблицы Excel, в которых рассчитывался безразмерный критерий Ca/P-соотношения, характеризующий интенсивность минерального обмена костной ткани.

Для нерезорбируемых материалов максимальное соотношение Ca/P наблюдалось для группы пористого титанового аугмента -  $2.39 \pm 0.74$ , а минимальное – для группы животных, которым был имплантирован УНИ ( $1.11 \pm 0.12$ ); при этом в перифокальной области, по сравнению с дистантной, соотношение уменьшалось для животных, которым был аугментирован пористый титан и увеличивалось для группы с УНИ. Данная картина может указывать на развитие остеорезорбции вблизи самого УНИ к отдаленному периоду наблюдения и вследствие этого уменьшение Ca/P соотношения; увеличение же данного параметра к отдаленному сроку для группы титана свидетельствовало о высокой остеointegrативной активности самого материала. Для резорбируемых материалов максимальное соотношение Ca/P встретилось при аугментации  $\beta$ ТСР ( $2.15 \pm 0.02$  для 25 недель) для всех временных точек наблюдения, что также свидетельствовало о высокой степени остеointegrации с нативной костной тканью. Для ксенопластического

материала соотношение было минимальным для 6 недель наблюдения, но в последующем возрастало и достигало искомым референтных значений к 6 месяцам, не отличающимся статистически от контрольной группы ( $2.09 \pm 0.02$ ).

**Определение микротвердости по Виккерсу образцов трабекулярной костной ткани с аугментированным пористым титановым имплантатом, полученным на основе 3D печати.** Определение микротвердости по Виккерсу проводили на Микротвердомере ПМТ-3. В сроке наблюдения 6 недель значение микротвердости периимплантной трабекулярной костной ткани в 1.57 раз было меньшим, по сравнению с группой контроля ( $66.91 \pm 3.14$  HV против  $105.01 \pm 2.14$ ,  $p = 0.0023$ ). К 12 неделям наблюдения значение микротвердости периимплантной трабекулярной костной ткани в 1.18 раз было меньшим, по сравнению с группой контроля ( $82.17 \pm 8.25$  против  $97.24 \pm 8.05$ ,  $p = 0.0130$ ). К 25 неделям наблюдения значение микротвердости периимплантной трабекулярной костной ткани статистически не отличалось от значения микротвердости в контрольной группе ( $100.09 \pm 4.15$  против  $96.89 \pm 7.45$ ,  $p = 0.1420$ ). Была установлена тенденция увеличения среднего значения микротвердости по Виккерсу с возрастанием срока наблюдения ( $p = 0.0001$ ). При сравнении межгруппового параметра локализации (принимает бинарное значение: «трабекулярная» или «кортикальная») выявились статистически значимые различия на сроках 6 и 25 недель). Тест ранговой корреляции Спирмена между значением микротвердости и категориальным параметром «времени» составил 0.77 – что соответствует прямой положительной связи высокой силы (Bonferroni-adjusted test,  $p = 0.000$ ).

**Лабораторные методы исследования периферической крови.** Гематологические исследования выполнялись на автоматических анализаторах МЕК - 6400. Мазки окрашивали по Романовскому в модификации Филипсона. Подсчитывали процентное содержание лейкоцитов (на 100 клеток) в периферической крови. Иммуноферментный анализ проводили с использованием наборов Cloud-Clone Corp. Enzyme-linked Immunosorbent Assay Kit. Organism Species. Для оценки параметров костного метаболизма определяли концентрацию: N-MID Остеокальцин; ВАР Костный изофермент щелочной фосфатазы; СІСР Карбокси пропептид проколлагена I типа; С-реактивный белок кролика.

Картина параметров гематологического анализа крови, в целом, походила на общую картину течения послеоперационного периода при операциях на костно-мышечной системе. Однако, для подгруппы УНИ, к отдаленному периоду сохранялся относительный лейкоцитоз (при  $p = 0.0258$  для срока наблюдения 6 месяцев); на всех временных точках послеоперационного периода наблюдалось относительное увеличение тромбоцитов (при  $p = 0.0412$  для срока наблюдения 6 месяцев), однако, последнее не выходило за верхние референтные точки ( $130-900 \cdot 10^9/l$ ).

Исходя из различных значений маркеров костного метаболизма, bTCP и пористый титан показали себя оптимальными материалами, способными

индуцировать остеогенез и минимизировать явления перифокальной остеорезорбции (увеличение остеокальцина ( $35.14 \pm 6.98$  ng/ml) и костной формы щелочной фосфатазы ( $41.24 \pm 8.39$  ng/ml) на сроках до 45 дней после аугментации). Напротив, углеродный наноструктурный имплантат, не обладал подобными индуцирующими остеогенез свойствами (повышение маркеров метаболизма остеобластов было сопоставимо с верхними границами референтных значений), а процессы остеорезорбции встретились в период костноуставной консолидации (увеличение С-концевых телопептидов проколлагена I типа к 45 суткам после имплантации до  $0.208 \pm 0.082$  ng/ml), что можно объяснить низкой интеграцией материала и рассасыванием периимплантной костной ткани. Ксенопластический материал вызывал индукцию остеогенеза, но, как и углеродный наноструктурный имплантат, обуславливал повышенную остеорезорбцию; последний факт можно объяснить самой природой имплантата – нативной костью, которая должна подвергаться остеокластической резорбции при процессе остеорегенерации. Значение параметра С-реактивного протеина было повышено только для группы УНИ на искомым временных точках ( $1.79 \pm 0.52$  ng/ml для точки в 45 суток после имплантации).

***Измерение радиоденситометрической плотности ПОББК кролика методом компьютерной томографии.*** Аттестация проводилась на сроках 1, 6, 12 и 25 неделях на аппарате Toshiba Aquilion 64. На томографических срезах измеряли коэффициент абсорбции костной ткани в единицах Хаунсфилда (НУ). Для образцов ПОББК с bTCP и пористого титана с увеличением срока наблюдения было отмечено достоверное увеличение денситометрической плотности ( $500.2 \pm 5.8$  и  $420.8 \pm 3.2$  [НУ] соответственно), что можно объяснить полноценной остеointеграцией при реализации осевой нагрузки. Для образцов ПОББК с ксенопластическим материалом, последний резорбировался уже к 6-12 неделям после аугментации ( $315.1 \pm 8.2$  [НУ]) и дальнейшая интеграция происходила, по-видимому, по типу репаративного остеокластического ремоделирования. Для образцов ПОББК с имплантированным углеродным наноструктурным имплантатом с увеличением срока наблюдения было отмечено снижение периимплантной плотности ( $280.1 \pm 6.9$  [НУ]), что могло свидетельствовать о неполноценной интеграции материала и перифокальной остеорезорбции.

## **КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

Были проанализированы ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения 257 пациентов с внутрисуставными импрессионными переломами ДОЛК (N=69; 26,8%), ПОББК (N=89; 34,6%), ДОББК (N=45; 17,5%) и ПК (N=54; 21,1%), поступивших в травматологическое отделение МАУ ЦГКБ №24 в период с 2012 по 2015 годы, мужчин было 138 (53,7 %), женщин – 119 (46,3 %). Распределение пациентов по локализации перелома, полу и среднему возрасту представлено в таблице 1.



Таблица 1.

Распределение пациентов по локализации перелома, полу и возрасту  
(кол-во больных и возраст в годах)

Локализация перелома	Мужчины, N/возраст	Женщины, N/возраст	Общее число, N/возраст
ДОЛК	14/39,4±3,3	55/48,4±2,3	69/48,9±2,0
ПОББК	40/43,9±1,9	49/50,1±2,7	89/48,9±1,7
ДОББК	35/38,3±2,3	10/47,7±2,2	45/38,7±2,1
ПК	49/40,7±1,9	5/40,6±5,0	54/41,5±1,8
Всего	138/40,8±1,1	119/46,7±2,8	257/44,5±1,9

**Материал и методы клинического исследования.** В группе больных с внутрисуставными переломами ДОЛК мужчин было 14 (20,3%), женщин – 55 (79,7%). Переломы ДОЛК чаще всего (30 больных – 43,5%) встречались в старшей возрастной группе – от 50 до 74 лет. К категории работающих относились 38 (55,0%) пациентов, еще 10 пациентов (14,5%) были трудоспособного возраста, но не были трудоустроены. Пенсионеров было 18 (26,0%) человек; учащихся – 3 (4,4%) человек. Гипоэргическая (падение с высоты собственного роста с упором на кисть) травма преимущественно наблюдалась в старшей возрастной группе (59,4% для лиц, старше 51 года), гиперэргическая (ДТП, падение с высоты более 1,5 м, спортивная травма) травма, преимущественно наблюдалась у молодых пациентов (75,1% для лиц, младше 31 года). По классификации D.L. Fernandez преобладали переломы типа III (внутрисуставной импрессионный перелом, возникающий при действии сил компрессии на эпиметафизарную субхондральную костную ткань) и типа II (внутрисуставной перелом, возникающий в результате действия вектора срезающих сил во фронтальной плоскости) – у 56 (81,2%).

В группу больных с внутрисуставными переломами ПОББК мужчин было 40 (40,9%), женщин – 49 (50,1%). Переломы ПОББК одинаково часто встречались в трех возрастных группах: 31-40 лет, 41-50 лет, 61-70 лет (19,1%); реже переломы ПОББК встретились у больных более старшей возрастной группы (старше 70 лет) – 11,2%. Большая часть (N=54; 60,7%) относились к категории работающих, еще 7 пациентов (7,9%) были трудоспособного возраста, но не были трудоустроены. Пенсионеров было 26 (29,2%) человек; учащихся – 2 (2,2%) человек. По классификации J. Schatzker в большинстве случаев, имели место переломы типа II (внутрисуставной импрессионный оскольчатый перелом латерального мыщелка большеберцовой кости – 28 (31,5%) человек) и типа V (перелом обоих мыщелков большеберцовой кости без метадиафизарной диссоциации – 23 (25,8%) человек).

В группу больных с внутрисуставными переломами ДОББК мужчин было 35 (77,8%), женщин – 10 (22,2%). Переломы ДОББК одинаково часто встречались у пациентов до 50 лет; реже переломы ДОББК встречались у больных более старшей возрастной группы (старше 70 лет) – 4,4%. Большая часть (25 пациентов – 55,6%) относились к категории работающих, еще 12

пациентов (26,7%) были трудоспособного возраста, но не были трудоустроены. Пенсионеров и учащихся было по 4 (8,9%) пациента соответственно. Необходимо отметить, что в большинстве случаев (N=41, 91,1%), внутрисуставные переломы ДОББК были получены в результате гиперэргической травмы. Преобладали монофокальные переломы типа В2.3 (N=12; 26,7%) и полные внутрисуставные переломы типа С2.2 (N=11; 24,4%), что косвенно отражает гиперэргический механизм получения травмы при внутрисуставных переломах ДОББК.

В группу больных с внутрисуставными ПК мужчин было 50 (92,6%), женщин – 4 (7,4%). Переломы ПК одинаково чаще встречались у лиц молодого возраста до 30 лет (N=22; 40,7%); в возрастных группах 31-40, 41-50 и 51-60 лет переломы встречались относительно с одинаковой частотой (16,7%, 16,7% и 18,5% соответственно); 32 (59,3%) пациента относились к категории работающих, еще 18 пациентов (33,3%) были трудоспособного возраста, но не были трудоустроены. Пенсионеров было 3 (5,6%) человека и учащихся – 1 (1,9%) человек. Необходимо отметить, что в большинстве случаев (N=50, 92,6%), внутрисуставные переломы ПК были получены в результате гиперэргической кататравмы. Преобладали монофокальные импрессионные переломы типа В2.3 (N=17; 31,5%) и полные внутрисуставные переломы типа С3.1 (N=9; 16,7%), что косвенно отражало гиперэргический механизм получения травмы при внутрисуставных переломах ПК.

Применены клинический, рентгенологический, рентгенометрический, компьютерно-томографический, лабораторный, физиологический и статистические методы исследования.

**Оценка результатов лечения.** Для пациентов с внутрисуставными переломами ДОЛК использовали шкалу DASH, 1996; с переломами ПОББК использовали опросник R.S. Rasmussen, 1973; с переломами ДОББК использовали опросник E. Mazur, 2006; с переломами ПК использовали опросник AOFAS, 2006.

Для оценки адекватности репозиции, ее сохранения в ближайшем и отдаленном периоде после остеосинтеза изучали разницу в референтных параметрах: угол лучевой инклинации (УЛИ) и угол ладонного наклона лучевой кости (УЛН), бедренно-большеберцовый (ББУ), плато-диафизарный (ПДУ) и дистальный эпифизарно-диафизарный угол большеберцовой кости в прямой (ДЭДУпр) и боковой (ДЭДУбок) проекциях, угол Беллера и угол Гиссана для ПК (Патент РФ №2626375).

При анализе данных использовали параметрические (тест Стьюдента) и непараметрические методы анализа для зависимых (тесты Вилкоксона, Фридман ANOVA) и независимых (тесты Манна-Уитни, Краскела-Уоллиса) групп с применением технологии множественной проверки гипотез на основе поправки Бонферрони, а также тест Шапиро-Уилка для проверки нормальности распределений. Степень взаимосвязи признаков оценивалась с помощью линейного коэффициента корреляции Пирсона и непараметрического рангового критерия Спирмена. Различия считали

статистически достоверными при уровне  $p < 0,05$ . Использовался пакет Stata MP, Microsoft Excel 2010

**Дизайн клинического исследования.** Было проведено проспективное открытое контролируемое одноцентровое исследование, дизайн которого утвержден и одобрен локальным этическим комитетом УГМУ. Были сформированы четыре группы, каждая из которых подразделена на две подгруппы – основную и контрольную, в зависимости от вида применяемых технологий хирургического лечения: ДОЛК ( $N_{\text{основная группа}} = 35$ ;  $N_{\text{контрольная}} = 34$ ), ПОББК ( $N_{\text{основная группа}} = 39$ ;  $N_{\text{контрольная}} = 50$ ), ДОББК ( $N_{\text{основная группа}} = 20$ ;  $N_{\text{контрольная}} = 25$ ), ПК ( $N_{\text{основная группа}} = 29$ ;  $N_{\text{контрольная}} = 25$ ). Статистически значимых различий по полу, возрасту и типу перелома между подгруппами не получено при  $p < 0,05$ . Основную подгруппу ( $N=123$ ) составили пострадавшие, пролеченные с использованием новых технологий. В контрольную подгруппу ( $N=133$ ) вошли пациенты, пролеченные с использованием традиционных методов хирургического лечения. Проведен сравнительный анализ результативности лечения основной и контрольной подгруппах в ближайший (3 и 6 месяцев) и отдаленный период наблюдения (12, 24 и 36 месяцев).

Основным критерием включения являлось наличие импрессионного внутрисуставного дефекта эпиметафизарной или метадиафизарной локализации и/или выполнение хирургического пособия, с аугментацией или без при операции ORIF. Основными критериями исключения являлись открытый и билатеральный характер переломов, дегенеративно-дистрофические заболевания сустава.

**Сравнительный анализ хирургического лечения пациентов контрольной и основной подгрупп с переломами ДОЛК.** Лечение пациентов контрольной подгруппы проведено согласно общепринятым методам: первым этапом выполняли закрытую ручную репозицию и гипсовую фиксацию, вторым этапом – ORIF (пластинами LCP). Использовали стандартный передний доступ по Henry; дистракционный модуль интраоперационно и костную пластику не применяли.

Лечение пациентов основной подгруппы проведено согласно разработанным в клинике новым хирургическим методам: первым этапом выполняли монтаж дистракционного модуля, что позволяло провести осевую репозицию перелома. Вторым этапом выполняли ORIF в сочетании с остеопластикой импрессионного дефекта. В качестве остеозамещающего материала использовали аутопластику гребнем подвздошной кости у 8 (22,9%) пациентов, синтетический b-трикальций фосфат – у 16 (45,7%) пациентов, ксенопластический материал – у 9 (25,7%) пациентов и углеродный наноструктурный Имплантат – у 2 (5,7%) пациентов.

Разработанный способ открытой репозиции и остеосинтеза переломов ДОЛК (Патент РФ №2601850) являлся безопасным и экономичным, позволял достигнуть полной анатомической репозиции и стабильной фиксации костных фрагментов. Предложенная полезная модель T-образного остеотома (Патент

РФ №160622) позволяла использовать малотравматичную методику взятия костного аутотрансплантата заданного диаметра. Предложенный способ L-образного передненааружного хирургического доступа к дистальному отделу лучевой кости при переломах (Патент РФ №2625647) обеспечивал оптимальную визуализацию перелома, особенно участка лучевой кости в области локтевой вырезки и шиловидного отростка лучевой кости; хирургический доступ к с сохранением мышечной части мышцы квадратного пронатора (Патент РФ №2668478) позволял сохранить мышечную часть мышцы квадратного пронатора, что обеспечивало максимально раннюю функциональную реабилитацию больного и позволяло избежать проблем с заживлением послеоперационной раны. Предложенный способ артропластики ДОЛК при многооскольчатых внутрисуставных переломах (Патент РФ №2641379) при множественных импрессионных полифокальных дефектах являлся безопасным и экономичным методом хирургического лечения внутрисуставных переломов ДОЛК, позволял достигнуть восстановления анатомии ДОЛК для обеспечения ранней функции в лучезапястном суставе и являлся полноценной более экономически выгодной альтернативой тотальному эндопротезированию лучезапястного сустава.

**Оценка сохранения репозиции.** У пациентов из основной группы в 3,7 раз чаще наблюдается значение  $\Delta$ УЛИ от  $0^\circ$  до  $2^\circ$  в сроке 3 месяцев после операции, при этом к 18 месяцам после операции значение  $\Delta$ УЛИ большее  $4^\circ$  встречается в 2,8 раз чаще у пациентов контрольной группы. Параметр  $\Delta$ УЛН оказался менее чувствительным и статистической разницы в обеих группах не показал. Максимальная потеря репозиции наблюдалась в сроке 3 месяца после операции у пациентов контрольной группы для параметра угла лучевой инклинации. Среднее значение УЛИ для пациентов основной группы после операции составило  $15,71 \pm 0,54$  [95% ДИ 15,17 – 16,25]; для контрольной –  $14,74 \pm 0,71$  [95% ДИ 14,03 – 15,45], при этом статистической разницы для УЛИ в обеих группах не обнаружили ( $p = 0,203$ ). Напротив, в сроке наблюдения 3 месяца после операции среднее значение УЛИ для пациентов основной группы составило  $13,34 \pm 0,43$  [95% ДИ 12,92 – 13,78]; для контрольной –  $9,33 \pm 0,51$  [95% ДИ 8,82 – 9,84] ( $p = 0,003$ ). В сроке наблюдения 3 месяца различия между группами по типу остеопластического материала были статистически значимыми ( $p = 0,0051$ ), при этом  $\Delta$ УЛИ было минимальным в группе bTCP и составило  $1,33^\circ \pm 0,11^\circ$ ; в группе УНИ  $\Delta$ УЛИ составило  $2,06^\circ \pm 0,14^\circ$ . В группе аутопластического замещения,  $\Delta$ УЛИ составило  $3,36^\circ \pm 0,44^\circ$ . В группе ксенопластического замещения  $\Delta$ УЛИ составило  $5,23^\circ \pm 0,71^\circ$  и в группе без проведения костной пластики  $\Delta$ УЛИ было максимальным  $5,40^\circ \pm 0,54^\circ$ . При этом в другие временные точки изменение параметров угла лучевой инклинации статистически не отличались между группами ( $p > 0,05$ ). Таким образом, для контрольной группы пациентов в 3 месяца после операции наблюдалось статистически значимое уменьшение параметра УЛИ ( $\Delta$ УЛИ =  $3,71 \pm 0,31$ ), при этом в другие временные точки изменение параметров угла лучевой инклинации и угла ладонного наклона

статистически не отличались в обеих группах ( $p > 0,05$ ). Уменьшение параметра УЛИ для пациентов контрольной группы к 3 месяцам после операции можно косвенно объяснить вторичной импрессией («коллапсированием») суставной поверхности ДОЛК при отсутствии остеопластического возмещения импрессионного дефекта.

**Бальная оценка результатов лечения по шкале DASH.** В сроке наблюдения 3 месяца после операции процент отличных и хороших результатов лечения (94,1%; средний балл  $57,6 \pm 2,3$ ) в основной группе превалировал над группой сравнения (82,4%, средний балл  $48,5 \pm 2,3$ ); различия были статистически достоверны ( $p < 0,05$ ). Процент удовлетворительных результатов для основной группы составил 5,9%, для контрольной группы – 17,6%. Неудовлетворительных результатов лечения в обеих группах встречено не было. В сроке наблюдения 36 месяцев после операции процент отличных и хороших результатов лечения (94,1%, средний балл 53,2) в основной группе по-прежнему превалировал над группой сравнения (61,8%, средний балл 52,6); различия были статистически достоверны ( $p < 0,05$ ). Процент удовлетворительных результатов для контрольной группы превышал в 4,9 раз процент удовлетворительных результатов для основной группы (29,4% и 5,9% соответственно). Неудовлетворительные результаты по-прежнему встречались только в контрольной группе в 8,8%.

Таким образом, в отдаленном периоде наблюдения процент отличных и хороших результатов лечения превалировал в основной группе. На основании изложенных выше статистически достоверных данных доказано, что усовершенствованная технология хирургического лечения больных с внутрисуставными импрессионными переломами ДОЛК имела существенные преимущества перед традиционной технологией хирургического лечения.

**Сравнительный анализ хирургического лечения пациентов контрольной и основной подгрупп с переломами ПОББК.** Лечение пациентов с внутрисуставными импрессионными переломами ПОББК контрольной подгруппы проведено согласно общепринятым методам: стремились к точной репозиции перелома в области суставной поверхности для обеспечения условий формирования гиалинового хряща, восполняли дефекты в субхондральной кости аутопластическим материалом из гребня крыла подвздошной кости. Для остеосинтеза применяли накостные опорные Т- и L-образные пластины и пластины с угловой стабильностью. При традиционной методике лечения в большинстве случаев применяли стандартный переднелатеральный бедренно-большеберцовый доступ; при переломах медиальной части плато – внутренний бедренно-большеберцовый доступ.

Лечение пациентов основной подгруппы проведено согласно разработанным в клинике новым хирургическим методам, при этом предпочтение отдавали опорным пластинам без угловой стабильности, которые обеспечивали адекватную межфрагментарную компрессию

импрессионного перелома. В качестве остеозамещающего материала использовали синтетический b-трикальций фосфат – у 19 (48,7%) пациентов, ксенопластический материал – у 18 (46,2%) пациентов и углеродный наноструктурный имплантат – у 2 (5,1%) пациентов. В качестве хирургического доступа использовали разработанные в клинике фасциопластический доступ к наружному мыщелку большеберцовой кости с остеотомией бугорка Жерди и L-образный наружный (Патент РФ №654593) и L-образный внутренний доступы (Патент РФ №2525211) и их комбинации. Предложенный хирургический фасциопластический доступ позволял увеличить обзорность раны, позволял полноценно укрыть металлофиксатор прочным фасциальным лоскутом, восстановить необходимые анатомический баланс фасциально-связочного аппарата коленного сустава в наружном его отделе, что нивелировало возможность развития нестабильности сустава и, тем самым, профилактировало развитие посттравматического гонартроза. Разработан и внедрен в клиническую практику способ остеопластики импрессионного полифокального перелома периферической части плато большеберцовой кости (Патент РФ № 2647618), который позволял достигнуть восстановления анатомии и конгруэнтности коленного сустава для обеспечения ранней функции. Во всех случаях интраоперационно использовали дистракционный шарнирный модуль АВФ, что позволяло в условиях селективной дистракции суставной щели выполнять адекватное хирургическое пособие по внутрисуставной репозиции.

**Оценка сохранения репозиции.** У пациентов из основной группы в 1,17 раз реже наблюдалось значение  $\Delta$ ББУ от  $0,0^\circ$  до  $2^\circ$  в сроке 3 месяцев после операции; значение  $\Delta$ ББУ от  $2^\circ$  до  $4^\circ$  в сроке 3 месяцев после операции в 3,5 раза чаще наблюдалось у пациентов основной группы. К 18 месяцам после операции значение  $\Delta$ ББУ в значение от  $2^\circ$  до  $4^\circ$  у пациентов основной группы встречалось в 2 раза чаще, а в значении  $\Delta$ ББУ более  $4^\circ$  у обеих групп встречалось примерно с одинаковой частотой (71,8% и 86,0% соответственно,  $p = 0,041$ ). Параметр  $\Delta$ ПДУ оказался более динамичным, но менее чувствительным на искомых сроках наблюдения ( $p = 0,209$ ). Как для контрольной, так и для основной группы пациентов в 6 месяцев после операции наблюдалось статистически значимое уменьшение параметра ББУ, что связано с реализацией осевой нагрузки на оперированную конечность; параметр ПДУ оказался менее чувствительным и менее динамичным и уменьшался до 18 месяцев после операции, что, по-видимому, также связано с осевой нагрузкой или развитием начальных признаков остеоартроза. Внутригрупповой статистической разницы мы не обнаружили, так как всем пациентам проводилась костная пластика. Как для контрольной, так и для основной группы пациентов в 6 месяцев после операции наблюдалось статистически значимое уменьшение параметра ББУ, что связано с реализацией осевой нагрузки на оперированную конечность. Параметр ПДУ оказался более чувствительным и динамичным и уменьшался до 18 месяцев

после операции, что, по-видимому, также обусловлено осевой нагрузкой и/или развитием начальных признаков остеоартроза.

Максимальное уменьшение параметра ББУ происходит к сроку 6 месяцев ( $p < 0,05$ ), при этом ДББУ была минимальной в группе вТСП и составила  $1,71^\circ \pm 0,71^\circ$ ; в группе УНИ ДББУ составила  $2,51^\circ \pm 0,47^\circ$ . В группе аутопластического замещения, ДББУ составила  $6,19^\circ \pm 0,44^\circ$ . В группе ксенопластического замещения ДББУ составила  $7,3^\circ \pm 0,71^\circ$ , при этом интерквартильный хронологический размах для Остеоматрикса был наибольшим. Приближенное хронологическое поведение сходно для группы вТСП и УНИ, как оно сходно и для аутопластического и ксенопластического замещения. Отмечено, что наибольшее снижение параметра для всех групп характерно в первые шесть месяцев, после чего снижение замедляется; при этом в группе с Остеоматриксом общая потеря ББУ максимальна  $7,3^\circ$ . Параметр плато-диафизарного угла статистически не различался после выполнения операции, вне зависимости от типа костнопластического замещения ( $p = 0,4041$ ).

**Бальная оценка результатов лечения по шкале P.S. Rasmussen.** В сроке наблюдения 3 месяца после операции процент отличных и хороших результатов лечения ( $94,8\%$ ; средний балл  $57,6 \pm 2,3$ ) в основной группе примерно не отличался от контрольной группы ( $86,0\%$ , средний балл  $48,5 \pm 2,3$ ); различия были статистически не достоверны ( $p > 0,05$ ). Процент удовлетворительных результатов для основной группы составил  $5,1\%$ , для контрольной группы –  $14,0\%$ . Неудовлетворительных результатов лечения в обеих группах встречено не было. В сроке наблюдения 36 месяцев после операции процент отличных и хороших результатов лечения ( $43,6\%$ , средний балл  $53,2 \pm 5,3$ ) в основной группе по-прежнему превалировал над группой сравнения ( $12,0\%$ , средний балл  $42,6 \pm 4,3$ ); различия были статистически достоверны ( $p < 0,05$ ). Процент удовлетворительных результатов для контрольной группы превышал в 1,33 раз процент удовлетворительных результатов для основной группы ( $48,7\%$  и  $60,0\%$  соответственно). Неудовлетворительные результаты в основной группе встретились в  $7,7\%$ , в контрольной – в  $28\%$  случаях.

Таким образом, в отдаленном периоде наблюдения процент отличных и хороших результатов лечения преобладал в основной группе. На основании изложенных выше статистически достоверных данных доказано, что, усовершенствованная технология хирургического лечения больных с внутрисуставными импрессионными переломами ПОББК имела существенные преимущества перед традиционной технологией хирургического лечения.

**Сравнительный анализ хирургического лечения пациентов контрольной и основной подгрупп с переломами ДОББК.** Лечение пациентов с внутрисуставными импрессионными переломами ДОББК контрольной подгруппы проведено согласно общепринятым методам:

первичная стабилизация повреждения проводилась скелетным вытяжением, вторым этапом выполняли открытую репозицию и внутреннюю фиксацию пластинами; костная пластика выполнялась аутооттрансплантатом из гребня крыла подвздошной кости. При традиционной методике лечения применяли отдельные доступы на большеберцовую и малоберцовую кости; дистракционный модуль интраоперационно не использовали.

Лечение пациентов основной подгруппы проведено согласно разработанным в клинике новым хирургическим методам: первым этапом при поступлении пострадавшего выполняли монтаж дистракционного модуля, что позволяло провести осевую репозицию перелома ДОББК и устранить грубые смещения отломков. Вторым этапом выполняли открытую репозицию перелома и накостную фиксацию пластиной в сочетании с остеопластикой импрессионного дефекта. В качестве заменителя костной ткани использовали синтетический  $\beta$ -трикальций фосфат – у 8 (40,0%) пациентов, ксенопластический материал – у 9 (45,0%) пациентов и углеродный наноструктурный имплантат – у 3 (15,0%) пациентов. Предложенный способ открытой репозиции и остеосинтеза переломов дистального отдела костей голени (Патент РФ №2623298) из одного доступа являлся безопасным и экономичным и позволял достигнуть полной анатомической репозиции и стабильной фиксации костных фрагментов, произвести остеосинтез обеих костей голени из одного доступа и укрыть металлофиксаторы достаточным объемом мягких тканей.

**Оценка сохранения репозиции.** У пациентов основной группы в 2,2 раз чаще наблюдается значение  $\Delta$ ДЭДУпр от  $0^\circ$  до  $2^\circ$  в сроке 3 месяцев после операции, при этом к 18 месяцам после операции значение  $\Delta$ ДЭДУпр большее  $4^\circ$  встречается в 2,9 раз чаще у пациентов контрольной группы; аналогичная картина складывалась с параметром дистального эпифизарно-диафизарного угла в боковой проекции: у пациентов из основной группы в 2,08 раз чаще наблюдается значение  $\Delta$ ДЭДУбок от  $0^\circ$  до  $2^\circ$  в сроке 3 месяцев после операции, при этом к 18 месяцам после операции значение  $\Delta$ ДЭДУпр большее  $4^\circ$  встречается в 2,9 раз чаще у пациентов контрольной группы. Максимальная потеря репозиции наблюдалась в сроке 3 месяца после операции у пациентов контрольной группы для параметра ДЭДУпр. Среднее значение ДЭДУпр для пациентов основной группы после операции составило  $90,45 \pm 1,54$  [95% ДИ 91,99 – 88,91]; для контрольной –  $87,74 \pm 2,71$  [95% ДИ 90,45 – 85,03], при этом статистической разницы для ДЭДУпр в обеих группах не обнаружили ( $p = 0,6903$ ), напротив, в сроке наблюдения 3 месяца после операции среднее значение ДЭДУбок для пациентов основной группы составило  $87,41 \pm 2,43$  [95% ДИ 89,45 – 84,98]; для контрольной –  $82,02 \pm 0,51$  [95% ДИ 82,53 – 81,51] ( $p = 0,043$ ). Таким образом, для контрольной группы пациентов в 3 месяца после операции наблюдалось статистически значимое уменьшение параметра ДЭДУпр ( $\Delta$ ДЭДУпр =  $5,72 \pm 1,31$ ). В сроке наблюдения 6 месяца после операции среднее значение ДЭДУбок для пациентов основной группы составило  $85,21 \pm 2,43$ ; для контрольной –  $78,02 \pm 3,51$  – таким образом потеря



репозиции по параметру ДЭДУпр для пациентов контрольной группы была максимальной в сроке 6 месяцев –  $9,72 \pm 3,51$  ( $p = 0,843$ ). Необходимо отметить, что на искомым сроках наблюдения различия между группами по типу остеопластического материала были статистически значимыми ( $p = 0,0121$ ), при этом  $\Delta$ ДЭДУпр было минимальным в группе УНИ и составило  $1,45^\circ \pm 0,15^\circ$ ; в группе bTSP  $\Delta$ ДЭДУпр составило  $1,14^\circ \pm 0,24^\circ$ . В группе аутопластического замещения, как золотого стандарта,  $\Delta$ ДЭДУпр составило  $5,12^\circ \pm 1,44^\circ$ . В группе ксенопластического замещения  $\Delta$ ДЭДУпр составило  $3,45^\circ \pm 0,74^\circ$ . Таким образом, в контрольной группе пациентов в 3 месяца после операции наблюдали статистически значимое уменьшение параметра ДЭДУбок ( $\Delta$ ДЭДУбок =  $5,72 \pm 1,31$ ). В другие временные точки изменение параметров референтных углов статистически не отличались в обеих группах ( $p > 0,05$ ). Уменьшение параметра ДЭДУпр и ДЭДУбок для пациентов основной группы (в меньшей степени) и для пациентов контрольной группы (в большей степени) к 3 и 6 месяцам после операции можно косвенно объяснить вторичной импрессией («коллапсированием») при реализации осевой нагрузки на ногу, частичными дефектами операционной техники.

**Бальная оценка результатов лечения по шкале E. Mazur.** В сроке наблюдения 3 месяца после операции процент отличных и хороших результатов лечения (85,0%; средний балл  $92,2 \pm 1,1$ ) в основной группе превалировал над группой контроля (68,0%, средний балл  $90,0 \pm 1,3$ ); различия были статистически достоверны ( $p < 0,05$ ). Процент удовлетворительных результатов для основной группы составил 15,0%, для контрольной группы – 28,0%. Неудовлетворительные результаты встретились в группе контроля (N=1; 4%). В сроке наблюдения 36 месяцев после операции процент отличных и хороших результатов лечения (85,0%, средний балл  $89,7 \pm 1,9$ ) в основной группе превалировал над группой контроля (24,0%, средний балл  $87,7 \pm 1,4$ ) в 3,54 раза, различия были статистически достоверны ( $p < 0,05$ ). Процент удовлетворительных результатов для основной группы составил 15,0%, для контрольной группы – 68,0%. Неудовлетворительные результаты встретились в группе контроля (N=2; 8,0%).

Таким образом, в отдаленном периоде наблюдения процент отличных и хороших результатов лечения превалировал в основной группе. На основании изложенных выше статистически достоверных данных доказано, что, усовершенствованная технология хирургического лечения больных с внутрисуставными импрессионными переломами ДОББК имели существенные преимущества перед традиционной.

**Сравнительный анализ хирургического лечения пациентов контрольной и основной подгрупп с переломами ПК.** Лечение пациентов с внутрисуставными импрессионными переломами ПК контрольной подгруппы проведено согласно общепринятым методам: первичная стабилизация повреждения проводилась закрытой ручной репозицией и последующей гипсовой фиксацией, вторым этапом выполняли открытую репозицию и

внутреннюю фиксацию пяточными пластинами; костная пластика выполнялась аутотрансплантатом из гребня крыла подвздошной кости.

Лечение пациентов основной подгруппы отличалось проведением пластики импрессионного дефекта современными остеозамещающими материалами: использовали синтетический  $\beta$ -трикальций фосфат – у 17 (58,6%) пациентов (производство Science & Bio Materials, Франция), ксенопластический материал – у 8 (27,6%) пациентов (производство «Коннектбиофарм», Россия) и углеродный наноструктурный имплантат – у 4 (13,8%) пациентов (производство «Нанотехмедплюс», Россия).

**Оценка сохранения репозиции.** Среднее значение угла Беллера для пациентов, где замещение костного дефекта проводилось  $\beta$ ТСР после операции составило  $30,18 \pm 1,72$  [95% ДИ 26,73 – 33,62]; для группы аутопластического замещения  $30,30 \pm 1,41$  [95% ДИ 27,47 – 33,14], для группы углеродного наноструктурного имплантата  $27,17 \pm 2,54$  [95% ДИ 22,08 – 32,25], для группы ксенопластического замещения  $34,66 \pm 2,40$  [95% ДИ 29,84 – 39,47]. При этом параметр угла Беллера статистически не различался после выполнения операции вне зависимости от типа костнопластического возмещения ( $p = 0,2228$ ). Среднее значение угла Гиссана для пациентов, где замещение костного дефекта проводили  $\beta$ ТСР после операции составило  $130,42 \pm 1,74$  [95% ДИ 126,92 – 133,92]; для группы аутопластического замещения  $130,33 \pm 1,82$  [95% ДИ 126,67 – 133,99], для группы УНИ  $128,75 \pm 1,22$  [95% ДИ 126,30 – 131,21], для группы ксенопластического замещения Остеоматриксом  $135,09 \pm 2,40$  [95% ДИ 130,26 – 139,91]. При этом параметр угла Беллера статистически не различался после выполнения операции вне зависимости от типа костнопластического возмещения ( $p = 0,2286$ ).

Для контрольной группы пациентов в первые 12 месяцев после операции наблюдалось статистически значимое уменьшение параметра угла Беллера и угла Гиссана, что связано с реализацией осевой нагрузки на оперированную конечность.

**Бальная оценка результатов лечения по шкале AOFAS.** В сроке наблюдения 3 месяца после операции процент отличных и хороших результатов лечения (62,0%; средний балл  $92,6 \pm 2,4$ ) в основной группе на 10% был выше, чем в контрольной (разница статистически не достоверна,  $p = 0,584$ ) группе (52,0%, средний балл  $94,9 \pm 4,3$ ). Процент удовлетворительных результатов для основной группы составил 51,7%, для контрольной группы – 64,0%. Неудовлетворительные результаты в основной группе встретились в 6,9% (N=2); в контрольной – в 4,0% (N=1). В сроке наблюдения 36 месяцев после операции процент отличных и хороших результатов лечения значительно снизился и составил 6,9%, средний балл 92,3 для в основной группы и (8,0 %, средний балл 91,2); различия были статистически не достоверны ( $p = 0,2147$ ). Процент удовлетворительных результатов для основной группы составил 55,2%, для контрольной группы – 52,0%. Неудовлетворительные результаты в основной группе встретились в 24,1% (N=7); в контрольной – в 40,0% (N=10).



переломами позволяет добиться отличных и хороших результатов лечения в периоде 36 месяцев после операции у 94,1% пострадавших с переломами ДОЛК; у 61,8% пострадавших с переломами ПОББК и у 85,0% пострадавших с переломами ДОЛК.

## ВЫВОДЫ

1. Импрессионная деформация, возникающая при внутрисуставных переломах, характеризует трабекулярную костную ткань субхондральной локализации как упруго-пластичный материал, разрушение которого не происходит даже после достижения деформации в 30% и более от высоты изучаемого образца, при этом обратимая деформация находится в пределах 3%; модуль Юнга, максимальное напряжение, упругая деформация, радиоденситометрическая и физическая плотность трабекулярной костной ткани околоуставной локализации являются критериями биоэквивалентного выбора остеозамещающего материала для устранения структурного дефекта, возникшего в результате импрессионного перелома.
2. b-Трикальций фосфат, аугментированный в костный интерфейс, подвергается медленной резорбции, что сопровождается образованием полноценной высокоорганизованной костной ткани, основные физико-прочностных параметры которой градиентно увеличиваются с увеличением срока наблюдения, что свидетельствует о полноценной интеграции остеопластического материала в область импрессионного костного дефекта.
3. Ксенопластический материал, аугментированный в костный интерфейс, подвергается быстрой резорбции, что сопровождается образованием незрелой костной ткани, основные прочностные характеристики которой уменьшаются к 6 и 12 неделям наблюдения; к 25 неделе параметры механической прочности не отличаются от контрольной группы.
4. Углеродный наноструктурный имплантат, аугментированный в костный интерфейс, вызывает перифокальную остеорезорбцию и отсутствие остеоинтеграции, что обуславливает уменьшение параметров механической прочности к 12 и 25 неделям наблюдения.
5. При аугментации пористого титанового имплантата, полученного на основе технологии аддитивной 3D печати, к отдаленному сроку наблюдения отмечается полноценная его интеграция с костной тканью за счет ее прироста в перифокальной области, отсутствии остеорезорбции и увеличения микротвердости и Ca/P отношения; пористый титановый имплантат, полученный на основе технологии аддитивной 3D печати, является перспективным аугментом для замещения импрессионных дефектов при внутрисуставных переломах.
6. К значимым клинико-рентгенологическим критериям диагностики внутрисуставных импрессионных переломов относится невозможность функционального использования конечности, гемартроз, наличие жира в суставном содержимом, переход линии перелома на суставную щель, ее дисконгруэнтность, разница в референтных рентгенометрических

параметрах с контрлатеральной стороной, визуализация на КТ импакции суставной поверхности, полифокальность ее дефектов.

7. Разработанные способы L-образного передненаружного доступа и хирургического доступа с сохранением мышечной части квадратного пронатора к ДОЛК, фасциопластический хирургический доступ с остеотомией бугорка Жерди для ПОББК, новые способы артропластики ДОЛК и ПОББК при мультифокальных импрессионных повреждениях, специальный инструментарий для забора аутотрансплантата позволяют, за счет значительного улучшения обзорности раны, качественно выполнить репозицию, пластику дефектов и остеосинтез опорными конструкциями.
8. Эффективность разработанных в процессе исследования новых технологий достоверно выше ( $p < 0,05$ ) по сравнению с традиционно применяемым лечением: сумма отличных и хороших результатов хирургического лечения при переломах ДОЛК в основной группе (94,1%) в 1,52 раза выше контрольной (61,8%); сумма отличных и хороших результатов хирургического при переломах ПОББК в основной группе (43,6%) в 3,63 раза выше контрольной (12,0%); сумма отличных и хороших результатов хирургического при переломах ДОББК в основной группе (85,0%) в 3,54 раза выше контрольной (24,0%); сумма отличных и хороших результатов хирургического при переломах ПК достоверно не отличалась в основной и контрольной группах.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. В качестве предоперационной подготовки обязательно проводить прецизионную оценку морфологии внутрисуставного импрессионного костного дефекта на КТ с трехмерной мультипланарной реконструкцией с последующим определением размера аугмента.
2. В случаях мультифокального мелкооскольчатого внутрисуставного импрессионного перелома ДОЛК и/или ПОББК при невозможности проведения адекватной внутрисуставной репозиции и надежной фиксации предпочтение следует отдавать методу остеартропластики.
3. При доступе к поврежденному наружному мыщелку большеберцовой кости рекомендуется использование фасциопластического доступа с остеотомией бугорка Жерди.
4. При доступе к поврежденному дистальному отделу лучевой кости рекомендуется использование передненаружного L-образного доступа при преимущественном повреждении средней и медиальной частей ДОЛК или хирургического доступа с сохранением мышечной части квадратного пронатора при преимущественном повреждении латеральной части (шиловидного отростка) ДОЛК.
5. Хирургический доступ к дистальному отделу большеберцовой кости, особенно в случае сочетанного перелома обеих костей голени, следует проводить по заднелатеральной поверхности голени в условиях дистракционного аппарата внешней фиксации.

6. Хирургические доступы к коленному и голеностопному суставу рекомендуется проводить в условиях аппаратной distraction для максимальной визуализации костнотравматической патологии.
7. При стабильном оптимальном накостном остеосинтезе внутрисуставного перелома с аугментацией импрессионного дефекта необходимо с первых дней проводить активную реабилитацию с ранними движениями в пораженном суставе, использование послеоперационной гипсовой фиксации не рекомендуется;
8. Ксенопластический материал рекомендуется применять при аугментации импрессионных переломов неопорных суставов (суставов верхней конечности).
9. Синтетический b-трикальций фосфат рекомендуется применять в качестве аугмента при любых импрессионных внутрисуставных переломах.
10. Углеродный наноструктурный имплантат не рекомендуется использовать в качестве аугмента при хирургическом лечении внутрисуставных импрессионных переломов ДОЛК, ПОББК, ДОББК и ПК.
11. Аутопластическое замещение импрессионных дефектов при хирургическом лечении внутрисуставных переломов рекомендуется применять при отсутствии других остеопластических материалов; процедуру забора аутотрансплантата рекомендуется проводить малоинвазивными способами.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Кутепов, С.М. Хирургическое лечение монокондиллярных переломов тибиаляного плато с использованием L-образного наружного и L-образного внутреннего доступов / С.М. Кутепов, М.В. Гилев, Е.А. Волокитина Е.А., Ю.В. Антониади // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2015. № 1 (52). – С. 66-71.

2. Антониади, Ю.В. Ошибки и осложнения при хирургическом лечении переломов ДОЛК / Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, И.А. Цыбулько // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора А.Н. Горячева «Риски и осложнения в современной травматологии и ортопедии». – Омск, 2015, - С. 65-66.

3. Антониади, Ю.В. Хирургическое лечение больных с переломами дистального эпиметафиза лучевой кости / Ю.В. Антониади, Е.А. Волокитина, М.В. Гилев, Д.Н. Черницын, И.А. Цыбулько // Материалы IV научно-практической конференции хирургов кисти Урала «Современные проблемы хирургии верхней конечности». – Екатеринбург, 2015, - С. 7-9.

4. Гилев М.В., Осложнения хирургического лечения импрессионных монокондиллярных переломов тибиаляного плато / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, Д.Н. Черницын // Материалы Всероссийской

научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора А.Н. Горячева «Риски и осложнения в современной травматологии и ортопедии». – Омск, 2015, - С. 79.

5. Гилев, М.В. Тактика хирургического лечения импрессионных монокондилярных переломов тибиаляного плато / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Современная травматология, ортопедия и хирургия катастроф». – Москва, 2015, - С. 95-96.

6. Гилев, М.В. Хирургическое лечение внутрисуставных импрессионных переломов костей конечностей с применением углеродных наноструктурных имплантатов / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, Е.В. Помогаева, Ф.Н. Зверев, Д.Н. Черницын, Д.Л. Жиряков // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Чаклинские чтения-2015». – Екатеринбург, 2015, - С. 34-35.

7. Волокитина, Е.А. Оперативное лечение двухмышечковых переломов проксимального отдела большеберцовой кости в условиях городского хирургического стационара / Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, Ф.Н. Зверев, Д.Н. Черницын, Д.Л. Жиряков // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Чаклинские чтения-2015». – Екатеринбург, 2015, - С. 31-32.

8. Антониади, Ю.В. Тактика лечения сложных около- и внутрисуставных переломов дистального эпиметафиза лучевой кости / Ю.В. Антониади, Е.А. Волокитина, М.В. Гилев, И.А. Цыбулько // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Чаклинские чтения-2015». – Екатеринбург, 2015, - С. 9-11.

9. Гилев, М.В. Оперативное лечение внутрисуставных импрессионных переломов с применением b-трикальцийфосфата / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади // Сборник работ всероссийской научно-практической конференции «Использование искусственных биодеградируемых Имплантатов в травматологии и ортопедии». – Москва, 2015, - С. 32-34

**10. Кутепов, С.М. Первый клинический опыт применения углеродных наноструктурных имплантатов в лечении внутрисуставных импрессионных переломов / С.М. Кутепов, Е.А. Волокитина, М.В. Гилев, Ю.В. Антониади // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2015. № 4 (55). – С. 46-50.**

11. Кутепов, С.М. Внутрисуставные переломы проксимального отдела большеберцовой кости. Диагностика, систематизация, лечение / С.М. Кутепов, М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади // Учебное пособие. УГМУ. 2015. 32 с. ISBN: 978-5-89895-755-1

12. Кутепов, С.М. Диагностика и лечение переломов дистального эпиметафиза лучевой кости / С.М. Кутепов, Е.А. Волокитина, М.В. Гилев, Ю.В. Антониади, И.А. Цыбулько // Учебное пособие. УГМУ. 2015. 24 с. ISBN: 978-5-89895-754-4

13. Кутепов, С.М. Современные классификации переломов костей верхней конечности / С.М. Кутепов, Е.А. Волокитина, Е.В. Помогаева, Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, Ф.Н. Зверев // Учебное пособие. УГМУ. 2015. 40 с. ISBN: 978-5-89895-752-0

14. Кутепов, С.М. Аугментация костных дефектов дистального отдела большеберцовой кости синтетическим b-трикальций фосфатом и ксенопластическим материалом «Остеоматрикс» при хирургическом лечении внутрисуставных импрессионных переломов / С.М. Кутепов, Е.А. Волокитина, М.В. Гилев, Ю.В. Антониади, Е.В. Помогаева // Гений ортопедии. 2016. № 3. С. 14-20.

15. Кутепов, С.М. Двухэтапный метод лечения внутрисуставных переломов дистального отдела костей голени / С.М. Кутепов, Е.А. Волокитина, Е.В. Помогаева, Ю.В. Антониади, М.В. Гилев // Гений ортопедии. 2016. № 3. С. 21-26.

16. Волокитина, Е.А. Оперативное лечение внутрисуставных переломов дистального отдела бедренной кости в условиях городского хирургического стационара / Е.В. Волокитина, Ю.В. Антониади, М.В. Гилев // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2016. № 2. – С. 3-7.

17. Антониади, Ю.В. Ошибки и осложнения при хирургическом лечении переломов дистального отдела лучевой кости / Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, Цыбулько И.А. // Материалы научно-практической конференции с международным участием «Илизаровские чтения» – Курган, 2016. – С. 43

18. Гилев, М.В. Предоперационные ошибки при хирургическом лечении внутрисуставных переломов проксимального отдела большеберцовой кости / М.В. Гилев, Ю.В. Антониади, Ф.Н. Зверев // Материалы научно-практической конференции с международным участием «Илизаровские чтения» – Курган, 2016. – С. 433-434

19. Волокитина, Е.А. Повышение качества и система оказания специализированной помощи при внутрисуставных переломах костей нижних конечностей / Е.А. Волокитина, М.В. Гилев, Ю.В. Антониади // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции «От качества медицинского образования – к качеству медицинской помощи» - Екатеринбург, 2016. – С. 90-95

20. Антониади, Ю.В. Костная пластика при хирургическом лечении импрессионных переломов дистального отдела лучевой кости / Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, И.А. Цыбулько, Ф.Н. Зверев // Тезисы Юбилейной научно-практической конференции «Чаклинские чтения», – Екатеринбург, 2016. – С. 7-9

21. Волокитина, Е.А. Анализ методик оперативного лечения переломов ПК в условиях городского хирургического стационара ЦГКБ №24 г. Екатеринбурга / Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, Г.И. Липин // Тезисы Юбилейной научно-практической конференции «Чаклинские чтения», – Екатеринбург, 2016. – С. 43-45



22. Цыбулько, И.А. Двухэтапная тактика хирургического лечение переломов дистального эпиметадиафиза лучевой кости / И.А. Цыбулько, С.М. Кутепов, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, Ф.Н. Зверев // Тезисы Юбилейной научно-практической конференции «Чаклинские чтения», – Екатеринбург, 2016. – С. 137-140
23. Гилев, М.В. Хирургическое лечение двухмышечковых переломов большеберцовой кости / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, Д.Н. Черницын, Ф.Н. Зверев, Д.Л. Жиряков // Сборник тезисов международной конференции «Применение современных технологий лечения в российской травматологии и ортопедии» - Москва, 2016. – С. 49
24. Волокитина Е.А. Двухэтапный метод хирургического лечения переломов дистального отдела лучевой кости / Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, И.А. Цыбулько // Тезисы конференции молодых ученых Северо-Западного Федерального округа «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии», - Санкт-Петербург, 2016, - С. 24
25. Гилев, М.В. Остеопластика внутрисуставных импрессионных переломов ксенотрансплантатом «Остеоматрикс» / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади // Тезисы конференции «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии», - Санкт-Петербург, 2016, - С. 29
- 26. Гилев, М.В. Новые подходы к систематизации и лечению импрессионных монокондилярных переломов плато большеберцовой кости / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, С.М. Кутепов // Вестник травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова. – 2016, №4. – С.**
27. Волокитина Е.А. Оперативное лечение внутрисуставных переломов мышечков бедренной кости в условиях городского травматологического стационара / Е.А. Волокитина, М.В. Гилев, Ю.В. Антониади, В.Д. Гвоздевич // Сборник тезисов «Медицинская помощь при травмах: новое в организации и технологиях», - Санкт-Петербург, 2017, - С. 25.
- 28. Гилев М.В. Хирургическое лечение внутрисуставных переломов проксимального отдела большеберцовой кости / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади // Научная монография. Издательство УГМУ. 2016. с. 208. ISBN: 978-5-89895-810-7**
29. Гилев М.В. Остеопластика импрессионных внутрисуставных переломов костей верхней и нижней конечностей / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади // Сборник тезисов «Медицинская помощь при травмах: новое в организации и технологиях», - Санкт-Петербург, 2017, - С. 26.
30. Кутепов С.М. Оперативное лечение бикондилярных переломов проксимального отдела большеберцовой кости / С.М. Кутепов, Е.А. Волокитина, М.В. Гилев, Ю.В. Антониади, Ф.Н. Зверев, В.Д. Гвоздевич // Сборник тезисов «Медицинская помощь при травмах: новое в организации и технологиях», - Санкт-Петербург, 2017, - С. 51.

31. Помогаева Е.В. Аугментация импрессионных внутрисуставных дефектов дистального отдела большеберцовой кости при переломах/ Е.В. Помогаева, М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, Ф.Н. Зверев // Сборник тезисов «Медицинская помощь при травмах: новое в организации и технологиях», - Санкт-Петербург, 2017, - С. 77.
32. Волокитина Е.А. Двухэтапный протокол лечения: метод выбора при внутрисуставных переломах дистального отдела костей голени / Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, Е.В. Помогаева, М.В. Гилев // Материалы Всероссийской научно-образовательной конференции, посвященной памяти профессора А.Н. Горячева, - Омск, 2017, С. 84
33. Гилев М.В. Костная аутопластика участком гребня крыла подвздошной кости в хирургии внутрисуставных переломов костей конечностей. Анализ встретившихся осложнений / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, // Материалы объединенной Всероссийской научно-образовательной конференции, посвященной памяти профессора А.Н. Горячева, - Омск, 2017, С. 86
34. Липин Г.И. Оперативное лечение внутрисуставных импрессионных переломов пяточной кости / Г.И. Липин, М.В. Гилев, Ю.В. Антониади, И.А. Цыбулько // Материалы Всероссийской научно-образовательной конференции, посвященной памяти профессора А.Н. Горячева - Омск, 2017, С. 101
35. Цыбулько И.А. Оптимизация тактики хирургического лечения переломов дистального эпиметафиза лучевой кости / И.А. Цыбулько, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, М.В. Гилев // Материалы Всероссийской научно-образовательной конференции, посвященной памяти профессора А.Н. Горячева, - Омск, 2017, С. 122
36. Измоденова М.Ю. Механические характеристики трабекулярной кости околосуставной локализации / М.Ю. Измоденова, М.В. Гилев, Д.В. Зайцев // Материалы II Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения», - Екатеринбург, 2017, С. 774-778
37. Кошелев В.С. Морфометрическая характеристика межмышцелковой ямки по данным магнитно-резонансной томографии / В.С. Кошелев, М.В. Гилев // Материалы II Международной (72 Всероссийская) научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения», - Екатеринбург, 2017, Т. 1, С. 798-802
- 38. Кутепов С.М. Хирургическое лечение двухмышцелковых переломов большеберцовой кости / С.М. Кутепов, Е.А. Волокитина, М.В. Гилев, Ю.В. Антониади // Травматология и ортопедия России. 2017;23(1):81-88. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-81-88**
39. Кошелев В.С. Морфометрическая характеристика межмышцелковой ямки по данным магнитно-резонансной томографии / В.С. Кошелев, М.В. Гилев // Сборник материалов Пироговского форума с международным участием «Хирургия повреждений, критические состояния. Спаси и сохрани», - Москва, 2017, С. 369

40. Гилев М.В., Волокитина Е.А., Антониади Ю.В., Гвоздевич В.Д., Зверев Ф.Н., Черницын Д.Н. Костная аутопластика участком гребня крыла подвздошной кости в хирургии внутрисуставных переломов костей конечностей. Анализ встретившихся осложнений. Вестник уральской медицинской академической науки. 2017, Том 14, №1, с. 5–11, DOI: 10.22138/2500-0918-2017-14-1-5-11

41. Гилев М.В., Волокитина Е.А., Антониади Ю.В., Кутепов С.М. Опорная остеопластика внутрисуставных импрессионных оскольчатых переломов пяточной кости. Вестник уральской медицинской академической науки. 2017, Том 14, №2, с. 123–130, DOI: 10.22138/2500-0918-2017-14-2-123-130

42. Кошелев В.С., Гилев М.В. Морфометрическая характеристика межмышцелковой ямки по данным магнитно-резонансной томографии. Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2017, №5, специальный выпуск, с. 127-129.

43. Зайцев Д.В. Прочностные свойства трабекулярной кости околосуставной локализации в сравнении с остеозамещающими материалами / Д.В. Зайцев, М.В. Гилев, Г.И. Липин, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, М.Ю. Измоденова // Сборник тезисов LXIII международной конференции «Актуальные проблемы прочности», - Пермь, 2017, С. 94

44. Кошелев В.С., Гилев М.В., Гвоздевич В.Д. Характеристика основных морфологических параметров межмышцелковой ямки при помощи метода магнитно-резонансной томографии и их зависимость от пола и возраста. Современная медицина. 2017, №2, Травматология / Ортопедия. Хирургия, с. 138-140.

45. Гилев М.В. Хирургическое лечение двухмышцелковых переломов большеберцовой кости / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади // Тезисы VI Евразийского конгресса травматологов-ортопедов, - Казань, 2017, С.47

46. Гилев М.В. Механические свойства костной ткани околосуставной локализации / М.В. Гилев, Д.В. Зайцев, Д.В. Киселева, М.Ю. Измоденова, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, Г.И. Липин // Тезисы VI Евразийского конгресса травматологов-ортопедов, - Казань, 2017, С.48

47. Кутепов С.М. Новые технологии хирургического лечение внутрисуставных переломов костей нижних конечностей / С.М. Кутепов, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, Е.В. Помогаева, Ф.Н. Зверев // Тезисы VI Евразийского конгресса травматологов-ортопедов, - Казань, 2017, С.48

48. Липин Г.И. Оперативное лечение внутрисуставных импрессионных переломов пяточной кости / Г.И. Липин, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, И.А. Цыбулько // Тезисы VI Евразийского конгресса травматологов-ортопедов, - Казань, 2017, С.48

49. Помогаева Е.В. Опыт применения интрамедуллярного остеосинтеза при переломах дистального отдела большеберцовой кости с внутрисуставной локализацией / Е.В. Помогаева, Е.А. Волокитина, Ю.В.

Антониади, Д.Н. Черницын, М.В. Гилев, Ф.Н. Зверев // Тезисы VI Евразийского конгресса травматологов-ортопедов, - Казань, 2017, С.48

50. Зайцев Д.В., Гилев М.В., Волокитина Е.А., Антониади Ю.В., Измоденова М.Ю., Липин Г.И. Особенности деформационного поведения трабекулярной кости околоуставной локализации при сжатии в сборнике материалов LIX Международной конференции "Актуальные проблемы прочности", Тольятти, 5-8 сентября 2017 г., стр. 178.

51. Кошелев В.С. Морфометрическая характеристика межмышцелковой ямки по данным магнитно-резонансной томографии / В.С. Кошелев, М.В. Гилев // Вестник Уральского государственного медицинского университета. 2017, №1. С. 109-111

52. Гилев М.В. Тактико-диагностические ошибки при лечении переломов плато большеберцовой кости, меры их профилактики / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади // Сборник тезисов Международной конференции «Травма 2017: Мультидисциплинарный подход», - Москва, 3-4 ноября 2017 г., С.27

53. Гилев М.В. Оперативное лечение импрессионных внутрисуставных переломов проксимального сегмента большеберцовой кости / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, Ф.Н. Зверев // Сборник тезисов Международной конференции «Травма 2017: Мультидисциплинарный подход», - Москва, 3-4 ноября 2017 г., С. 27-28

54. Гилев М.В. Аугментация костных внутрисуставных дефектов ячеистыми титановыми остеозамещающими материалами, полученными на базе 3D печати. Экспериментальное исследование / М.В. Гилев, Ф.Н. Зверев, Е.А. Волокитина // Сборник тезисов Международной конференции «Травма 2017: Мультидисциплинарный подход», - Москва, 3-4 ноября 2017 г., С. 28

55. Гилев М.В. Пластика костных околоуставных дефектов пористыми титановыми аугментами, полученными на базе аддитивных технологий. Экспериментальное исследование / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ф.Н. Зверев, // Сборник работ Всероссийской конференции, Москва, 7 – 8 декабря 2017 года. – М., 2017. – 143 С.

**56. Гилев М.В., Волокитина Е.А., Логинов Ю.Н., Голоднов А.И., Степанов С.И., Антониади Ю.В., Измоденова М.Ю., Зверев Ф.Н. Оптимизация аугментации костных дефектов титановыми ячеистыми имплантатами в оперативной травматологии и ортопедии. Вестник уральской медицинской академической науки. 2017, Том 14, №4, с. 435–442, DOI: 10.22138/2500-0918-2017-14-4-435-442**

**57. Илларионов А.Г., Гриб С.В., Юровских А.С., Волокитина Е.А., Гилев М.В., Азорина Т.С. Применение металлических материалов для медицинских имплантатов. Вестник Ивановской медицинской академии. 2017, Том 22, №4, с. 46-50**

58. Гилев М.В., Зайцев Д.В., Измоденова М.Ю., Волокитина Е.А., Антониади Ю.В., Липин Г.И. Прочностные свойства трабекулярной костной ткани околоуставной локализации в сравнении с остеозамещающими материалами В сборнике: Новые горизонты травматологии и ортопедии

Сборник научных статей, посвященный 150-летию со дня рождения Р.Р. Вредена. Санкт-Петербург, 2017. С. 62-64.

59. Борисов С.А. Макроскопическая и лабораторная оценка аугментации костных дефектов в эксперименте / С.А. Борисов, М.В. Гилев // Материалы III Международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов [Электронный ресурс], Екатеринбург, 3-5 апреля 2018 г. — Екатеринбург: Изд-во УГМУ, 2018. — Том 3. — с. 568-572

60. Борисов С.А. Оценка системного влияния аугментов костных дефектов различной природы в эксперименте / С.А. Борисов, С.Ю. Медведева, М.В. Гилев // Материалы III Международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов [Электронный ресурс], Екатеринбург, 3-5 апреля 2018 г. — Екатеринбург: Изд-во УГМУ, 2018. — Том 3. — с. 572-577

61. Кошелев В.С. Изучение влияния основных остеопластических материалов на денситометрические параметры костной ткани / В.С. Кошелев, М.В. Гилев // Материалы III Международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов [Электронный ресурс], Екатеринбург, 3-5 апреля 2018 г. — Екатеринбург: Изд-во УГМУ, 2018. — Том 3. — с. 825-830

62. Казакова Я.Е. Динамика гематологических показателей при аугментировании трабекулярной кости различными остеозамещающими материалами / Я.Е. Казакова, М.В. Гилев, Л.Г. Полушина, В.В. Базарный // Материалы III Международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов [Электронный ресурс], Екатеринбург, 3-5 апреля 2018 г. — Екатеринбург: Изд-во УГМУ, 2018. — Том 2. — с. 217-131

63. Измоденова М.Ю. Оценка параметров костносуставной консолидации в зависимости от типа остеозамещающего материала. Экспериментальное исследование / М.Ю. Измоденова, М.В. Гилев, Д.В. Зайцев, Д.В. Киселева // Материалы III Международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов [Электронный ресурс], Екатеринбург, 3-5 апреля 2018 г. — Екатеринбург: Изд-во УГМУ, 2018. — Том 1. — с. 1083-1088

64. Антониади Ю.В. Хирургическое лечение внутрисуставных импрессионных оскольчатых переломов ПК / Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, Е.А. Волокитина // Материалы XI Всероссийского съезда травматологов-ортопедов: в 3 т. СПб., 2018. — Т. 2. — с. 118 -122

65. Антониади Ю.В. Хирургическая коррекция импрессионных внутрисуставных переломов костей конечностей с применением b-трикальций фосфата / Ю.В. Антониади, М.В. Гилев, Е.А. Волокитина // Материалы XI Всероссийского съезда травматологов-ортопедов: в 3 т. СПб., 2018. — Т. 2. — с. 122 -123

66. Гилев М.В. Хирургическая коррекция импрессионных монокондилярных переломов большеберцовой кости / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади // Материалы XI Всероссийского съезда травматологов-ортопедов: в 3 т. СПб., 2018. — Т. 2. — с. 214 – 216

67. Гилев М.В. Механические свойства губчатой костной ткани периартикулярной области / М.В. Гилев, Д.В. Зайцев, Е.А. Волокитина, М.Ю. Измоденова // Материалы XI Всероссийского съезда травматологов-ортопедов: в 3 т. СПб., 2018. — Т. 2. — с. 780 – 782
68. Гилев М.В. Аугментация костных внутрисуставных дефектов ячеистыми титановыми остеозамещающими материалами, полученными на базе 3d печати. Экспериментальное исследование / М.В. Гилев, Ф.Н. Зверев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, С.В. Беликов, С.И. Степанов, Ю.Н. Логинов // Материалы XI Всероссийского съезда травматологов-ортопедов: в 3 т. СПб., 2018. — Т. 2. — с. 782 – 783
- 69. Гилев М.В. Хирургическое лечение внутрисуставных импрессионных переломов дистального отдела лучевой кости / М.В. Гилев // Гений ортопедии. 2018. Т. 24. № 2. С. 134-141. DOI 10.18019/1028-4427-2018-24-2-134-141**
70. Гилев М.В. К вопросу о патомеханике внутрисуставных импрессионных переломов костей конечностей / М.В. Гилев, Д.В. Зайцев, Д.В. Киселева, М.Ю. Измоденова // Российский журнал биомеханики. 2018. Т. 22, № 2. С. 154–165. DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2018.2.02
71. Arkhipova A. Mean platelet volume and blood loss during major orthopedic surgery / A. Arkhipova, E. Volokitina, I. Antropova, M. Gilev // The Book Of Abstracts of The Congress on Open Issues in Thrombosis and Hemostasis 2018 jointly with the 9th Russian Conference on Clinical Hemostasiology and Hemorheology. Saint Petersburg. 2018. P. 19-20.
72. Gilev M. Platelets at the trabecular bone defect augmentation with modern graft materials / M. Gilev, I. Antropova, E. Volokitina, V. Bazarny, Y. Kazakova // The Book Of Abstracts of The Congress on Open Issues in Thrombosis and Hemostasis 2018 jointly with the 9th Russian Conference on Clinical Hemostasiology and Hemorheology. Saint Petersburg. 2018. P. 81-82.
73. Gilev M. Surgical treatment of severe bicondylar tibial fractures using combined Ilizarov and internal fixation technique / M. Gilev, E. Volokitina, Ju. Antoniadi, F. Zverev, S. Kutepov // SICOT International Abstract book. Posters. Montreal. 2018. P. 855
74. Gilev M. Microindentation and Ca/P ratio of trabecular bone augmented with porous titanium implants using microindentation system and energy-dispersive x-ray spectroscopy / M. Gilev, S. Stepanov, S. Belikov, E. Volokitina, F. Zverev, M. Karabamalov, I. Naschetnikova, Ju. Loginov, Ju. Antoniadi // SICOT International Abstract book. Free papers. Montreal. 2018. P. 180
75. Гилев М.В. Определение микротвердости по Виккерсу образцов трабекулярной костной ткани с аугментированным пористым титановым имплантатом, полученным на основе 3D печати / М.В. Гилев, С.И. Степанов, И.А. Насчетникова // Материалы Всероссийской научной конференции "Современные проблемы гистологии и патологии скелетных тканей". Издательство ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. – Рязань: ОТСиОП, 2018. – С. 40 -42.

76. Гилев М.В. Механические свойства трабекулярной костной ткани околоуставной локализации при импрессионной деформации / М.В. Гилев, Д.В. Зайцев, М.Ю. Измоденова, Е.А. Волокитина, С.М. // Материалы Всероссийской научной конференции "Современные проблемы гистологии и патологии скелетных тканей". Издательство ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. – Рязань: ОТСиОП, 2018. – С. 17 - 18.

77. Гилев М.В. Оценка остеointegrации керамических аугментов на основе  $\beta$ -трикальция фосфата в экспериментальной модели импрессионного внутрисуставного перелома методами микрорентгеноспектрального и радиоденситометрического анализа / М.В. Гилев // Материалы Всероссийской научной конференции "Современные проблемы гистологии и патологии скелетных тканей". Издательство ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. – Рязань: ОТСиОП, 2018. – С. 38 - 39.

### **Технические решения, выполненные на уровне изобретений и рационализаторских предложений**

1. Т-образный остеотом: пат. 160622 Рос. Федерация: МПК А61В 17/16 / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади; заявитель и патентообладатель: М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади - №2015139504/14; заявл. 17.09.2015; опубл. 27.03.2016, Бюл. №9.

2. Способ открытой репозиции и остеосинтеза переломов дистального отдела лучевой кости: пат. 2601850 Рос. Федерация: МПК А61В 17/56 / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади Ю.В. и [др]; заявитель и патентообладатель: М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, Д.Н. Черницын, И.А. Цыбулько - №2015145503/14; заявл. 22.10.2015; опубл. 10.11.2016, Бюл. №31.

3. Способ хирургического доступа к дистальному отделу лучевой кости при переломах: пат. 2625647 Рос. Федерация: МПК А61В 17/00 / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади Ю.В. и [др]; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО УГМУ - №2016119447; заявл. 19.05.2016; опубл. 17.07.2017, Бюл. №20.

4. Способ оценки сохранения репозиции переломов костей: пат. 2626375 Рос. Федерация: МПК А61В 6/00 / М.В. Гилев, Ю.В. Антониади Ю.В., Е.А. Волокитина и [др]; заявитель и патентообладатель: М.В. Гилев, Ю.В. Антониади Ю.В., Е.А. Волокитина - № 2016115983; заявл. 22.04.2016; опубл. 26.07.2017, Бюл. №21.

5. Способ артропластики дистального отдела лучевой кости при многооскольчатых внутрисуставных переломах дистального отдела лучевой кости: пат. 2641379 Рос. Федерация: МПК А61В 17/00 / М.В. Гилев, Ю.В. Антониади, Е.А. Волокитина и [др]; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО УГМУ - № 2017103399; заявл. 01.02.2017; опубл. 17.01.2018, Бюл. №2.

6. Способ остеартропластики импрессионного полифокального перелома периферической части плато большеберцовой кости: пат. 2647618 Рос. Федерация: МПК А61В 17/56 / М.В. Гилев, Ю.В. Антониади, Е.А. Волокитина

и [др]; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО УГМУ - № 2017103399; заявл. 01.02.2017; опубл. 16.03.2018, Бюл. №8.

7. Способ открытой репозиции и остеосинтеза переломов дистального отдела костей голени: пат. 2623298 Рос. Федерация: МПК А61В 17/56 / М.В. Гилев, Ю.В. Антониади, Е.А. Волокитина и [др]; заявитель и патентообладатель: М.В. Гилев, Ю.В. Антониади, Е.А. Волокитина и [др] - № 2016123794; заявл. 15.06.2016; опубл. 23.06.2017, Бюл. №18.

8. Хирургический доступ к латеральному мышцелку большеберцовой кости фасциопластический с остеотомией бугорка Жерди: пат. 2654593 Рос. Федерация: МПК А61В 17/00 (2006.01) / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади и [др] заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО УГМУ – №2017121962/14; заявл от 21.06.2017; опубл. 21.05.2018, Бюл. №15.

9. Способ моделирования внутрисуставного импрессионного перелома проксимального отдела большеберцовой кости: пат. 2669047 Рос. Федерация: МПК А61В 17/00 (2006.01) / М.В. Гилев, С.М. Кутепов, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, В.С. Кошелев и [др.] заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО УГМУ – №2017136912/14; заявл. 19.10.2017; опубл. 05.10.2018, Бюл. №28.

10. Способ подготовки поверхности образцов костной ткани для изучения её микроструктуры при помощи сканирующего электронного микроскопа: пат. 2668879 Рос. Федерация: МПК G01N 1/28 (2006.01) / М.В. Гилев, С.М. Кутепов, Д.В. Зайцев, Д.В. Киселева, П.Е. Панфилов и [др.] заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО УГМУ - №2017138725/15; заявл. 07.11.2017; опубл. 04.10.2018, Бюл. №28.

11. Хирургический доступ к дистальному отделу лучевой кости при переломах с сохранением мышечной части квадратного пронатора: пат. 2668478 Рос. Федерация: МПК А61В 17/56 (2006.01) / М.В. Гилев, С.М. Кутепов, Е.А. Волокитина, Ю.В. Антониади, Ф.Н. Зверев, заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО УГМУ - №2017121960/14; заявл. 21.06.2017; опубл. 01.10.2018, Бюл. №28.

12. Имплантат для замещения костных трабекулярных дефектов / Ю.Н. Логинов, М.В. Гилев, С.И. Степанов и [др]. Заявка на международный патент. PCT/RU2017/001015 от 29.12.2017

13. Имплантат для остеотомии / М.В. Гилев, С.И. Степанов, Ю.Н. Логинов и [др]. Заявка на международный патент. PCT/RU2017/001012 29.12.2017

14. Способ создания модели остеоартроза коленного сустава кролика травматического генеза: заявка №2017136773 (064098) на пат. Рос. Федерация / М.В. Гилев, Е.А. Волокитина, С.М. Кутепов и [др], заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО УГМУ; заявл от 18.10.2017

**Гилев Михаил Васильевич (Россия)**



Работа посвящена созданию концепции аугментации дефектов трабекулярной кости для улучшения результатов хирургического лечения пострадавших с внутрисуставными импрессионными переломами.

В результате проведения комплексного экспериментального и клинического исследования разработана научно обоснованная концепция биоэквивалентной остеоаугментации дефектов трабекулярной костной ткани при хирургическом лечении пострадавших с внутрисуставными импрессионными переломами, заключающаяся в выборе остеоэквивалентного костнопластического материала, оптимального хирургического доступа, в интраоперационном восстановлении целостности суставной поверхности, восстановлении структуры опорного комплекса эпиметафизарной области в условиях аппаратной дистракции, стабильного накостного остеосинтеза и начале ранних движений в пораженном суставе.

Эффективность разработанных в процессе исследования новых технологий была достоверно выше по сравнению с традиционно применяемым лечением: в периоде 36 месяцев после операции процент отличных и хороших результатов лечения составил 94,1% для пострадавших с переломами дистального отдела лучевой кости (против 61,8% для контрольной группы); 43,6% для пострадавших с переломами проксимального отдела большеберцовой кости (против 12,0% для контрольной группы) и 85,0% для пострадавших с переломами дистального отдела большеберцовой кости (против 24,0% для контрольной группы).

#### **Gilev Mikhail Vasilievich (Russia)**

This study is dedicated to the creation of the concept of trabecular bone defect's augmentation for improving the treatment results of patients with intraarticular impressional fractures. As a result of an integrated experimental and clinical studies the bioequivalent trabecular bone defect's concept was developed in the surgical treatment of patients with intraarticular impressional fractures, consisting in choosing osteoequivalent bone graft materials, optimal surgical approach, intraoperative restoring the integrity of the joint surface, restoring X-ray reference for complex area in terms of hardware distraction, stable osteosynthesis and beginning early movements.

The effectiveness of developed in the process of researching new technologies was significantly higher compared with the traditionally used treatment: in the period of 36 months after the operation, the percentage of excellent and good results of treatment amounted to 94.1% for patients with fractures of the distal radial bone (versus 61.8% for the control group); 43.6% for patients with fractures of the proximal tibia (versus 12.0% for the control group) and 85.0% for patients with fractures of the distal tibia (versus 24.0% for the control group).