

ЗУЕВ ПАВЕЛ ПАВЛОВИЧ

**ИНТРАМЕДУЛЛЯРНЫЙ ОСТЕОСИНТЕЗ
ПРИ НЕСРОСШИХСЯ ПЕРЕЛОМАХ СРЕДНЕЙ ТРЕТИ
ДИАФИЗА БЕДРЕННОЙ КОСТИ
(экспериментально – клиническое исследование)**

14.01.15 – Травматология и ортопедия

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук**

Самара 2019

Работа выполнена на базе Научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор

Барабаш Анатолий Петрович

Официальные оппоненты:

Борзунов Дмитрий Юрьевич, доктор медицинских наук, доцент, федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова" Министерства здравоохранения Российской Федерации, заместитель директора по научной работе;

Иванов Павел Анатольевич, доктор медицинских наук, государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского» Департамента здравоохранения города Москвы, научное отделение сочетанной и множественной травмы, заведующий отделением.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «__» _____ 2019 г. в 1_.00 часов на заседании диссертационного совета Д 208.085.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (443079, г. Самара, пр. К. Маркса, 165 Б).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке (443001, г. Самара, ул. Арцыбушевская, 171) и на сайте (<http://www.samsmu.ru/scientists/science/referats/>) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Автореферат разослан "___" _____ 2019 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат медицинских наук

Долгушкин Дмитрий Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В настоящее время наблюдается изменение структуры травматизма в пользу увеличения среди лиц молодого и трудоспособного возраста диафизарных переломов длинных трубчатых костей в результате высокоэнергетической травмы, полученной при дорожно-транспортных происшествиях и кататравме [Селивестров П.А. с соавт., 2013; Ульянченко М.И. с соавт., 2014; Миронов С.П. с соавт., 2014; Борзунов Д.Ю. с соавт., 2016; Ларцев Ю.В. с соавт., 2017; Измалков С.Н. с соавт., 2018; Ma Y.G. et al., 2016]. В структуре переломов длинных трубчатых костей на долю бедренной кости приходится до 25% случаев, в том числе с повреждениями средней трети диафиза – до 60% [Котельников Г.П. с соавт., 2008; Ямщиков О.Н., 2015; Weiss R.J. et al., 2009; Streubel P.N. et al., 2011].

Учитывая изначально нестабильный характер диафизарных переломов бедренной кости, их хирургическое лечение при отсутствии противопоказаний является основным. В структуре выполняемых операций – погружной металлоостеосинтез занял лидирующие позиции, а блокируемый интрамедуллярный остеосинтез (БИОС) рассматривается как предпочтительный способ при лечении данной категории больных. Шинирование бедра при блокировании стержня внутри костномозгового канала даёт возможность для скорейшего восстановления функции повреждённой конечности, обеспечивая дальнейшую активизацию и более раннюю социальную адаптацию пациентов. Наиболее полно, с точки зрения технологии выполнения, этому способствует БИОС, обеспечивающий жёсткую стабильность костных отломков сразу после операции [Ricci W.M. et al., 2009; Ramseier L.E. et al., 2010; Li L. et al., 2016]. Однако количество осложнений в виде несращения перелома бедренной кости при этом методе остеосинтеза достигает 11,5% [Metsemakers W.J. et al., 2015; Mohammad T. et al., 2015].

Ещё более сложной задачей является хирургическое лечение пациентов с несросшимися переломами диафиза бедренной кости после ранее выполненного БИОС. По данным литературы, доля несращения костных отломков после ревизионного БИОС может достигать 22% [Челноков А.Н. с соавт., 2009; Барабаш А.П. с соавт., 2013; Marti R.K. et al., 2011; Yang K.H. et al., 2012; Metsemakers W.J. et al., 2015; Tsang S. T. et al., 2015; Bell A. et al., 2016]. Среди причин развития данного

осложнения выделяют нестабильность в системе «бедренная кость – имплантат» и несвоевременную динамизацию, что обусловлено конструктивными особенностями, заложенными в концепцию БИОС. Особенно эти факторы негативно влияют при хирургическом лечении пациентов с несросшимися переломами диафиза бедренной кости. Поэтому приоритетным направлением дальнейшего развития способа БИОС видится в совершенствовании конструкции интрамедуллярных стержней.

Одним из перспективных путей совершенствования стержней для БИОС является изучение биомеханических условий, создающихся в системе «кость – имплантат». Прочность металлоконструкций, используемых при разных видах остеосинтеза, недостаточно оценивалась с позиции возникающих напряжений в стержнях [Иванов Д.В. с соавт., 2015]. Естественно, это вызывает необходимость совершенствования технологий интрамедуллярного остеосинтеза, в которых реализация нормального процесса сращения костных отломков будет осуществляться за счёт биомеханически обоснованных конструктивных особенностей имплантата.

Степень разработанности темы диссертации

Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез остаётся наиболее часто применяемым способом хирургического лечения больных с несросшимися переломами бедренной кости [Иванов П.А. с соавт., 2013; Naeem-ur-Razaq M. et al., 2010; Wu C.C., 2011; Yang K.H. et al., 2012]. Повышение эффективности БИОС при ревизионных операциях связано с выполнением обязательного рассверливания костномозгового канала, что усиливает влияние механических и биологических факторов регенерации костной ткани. Продукты рассверливания кости обладают способностью стимулировать формирование костной ткани за счёт наличия в них факторов роста и стволовых клеток, а перераспределение кровотока из эндостальной зоны в периостальную инициирует клетки надкостницы к формированию костной мозоли [Shroeder J.E. et al., 2009; Park J. et al., 2010; Metsemakers W.J. et al., 2015]. Установка интрамедуллярного фиксатора большего диаметра в сочетании с элементами аутопластики повышает стабильность остеосинтеза и стимулирует процессы ремоделирования костной ткани [Gao K.D. et al., 2009; Marti R.K. et al., 2011].

Эволюция способов остеосинтеза при диафизарных несросшихся переломах бедренной кости характеризовалась чередованием использования накостного и

интрамедуллярного остеосинтеза, лидирующие позиции которых менялись или были равноценными. Серьёзным недостатком современных конструкций для БИОС является шунтирование силовых нагрузок на зону повреждения, что создаёт прецедент для формирования резорбционного диастаза между отломками. В результате этого возрастает риск замедления процессов ремоделирования кости в посттравматическом периоде. Кроме того возникает проблема ротационных перегрузок на поперечно введённые блокирующие винты. В условиях статичности системы «кость-имплантат», управлять репаративным процессом невозможно без повторных операций по её динамизации [Барабаш А.П. с соавт., 2015].

Цель исследования: улучшение результатов лечения пациентов с несросшимися переломами средней трети диафиза бедренной кости за счет совершенствования стержней для интрамедуллярного остеосинтеза.

Задачи исследования:

1. Провести анализ результатов лечения пациентов с несросшимися переломами средней трети диафиза бедренной кости после ревизионного блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза стержнем «ChM».

2. Усовершенствовать конструкцию интрамедуллярных стержней для обеспечения стабильности в системе «кость-имплантат» с учетом анатомических особенностей бедренной кости.

3. На изометрических 3 D моделях исследовать взаимодействия в системе «кость-имплантат» при переломах типа A2 и A3 (по классификации AO/ASIF) в средней трети диафиза бедренной кости, фиксированных интрамедуллярными стержнями «ChM», «СарНИИТО» и «BNB».

4. Провести сравнительный анализ результатов лечения пациентов с несросшимися переломами средней трети диафиза бедренной кости с использованием стержней «СарНИИТО» и «BNB» и стандартной методики блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза стержнем «ChM».

5. С позиции доказательной медицины оценить результаты лечения пациентов с несросшимися переломами средней трети диафиза бедренной кости после интрамедуллярного остеосинтеза стержнем «ChM» и с использованием имплантатов «СарНИИТО» и «BNB».

Научная новизна работы

Впервые выполнены биомеханические исследования металлофиксаторов для интрамедуллярного остеосинтеза – стержня «СарНИИТО» (патент РФ на полезную модель № 115 646 от 10.05.2012), «BNB» (патент РФ на изобретение № 2 526 242 от 20.08.14). Доказано, что данные конструкции стержней эффективно обеспечивают стабильную фиксацию отломков бедренной кости

Усовершенствован стержень «СарНИИТО» (патент РФ на полезную модель № 166858 от 10.12.2016), что упростило и снизило травматичность его установки при выполнении остеосинтеза.

Теоретическая и практическая значимость исследования

В ходе проведения сравнительного компьютерного трёхмерного моделирования интрамедуллярных стержней доказано, что конструкции «СарНИИТО» и «BNB» по биомеханическим параметрам стабильности системы «бедренная кость-имплантат» превосходят таковые у стержня «ChM» за счёт равномерного распределения напряжения по всей протяжённости контакта имплантатов с костью. При воздействии сил в продольном, поперечном и торсионном направлениях стержень «BNB» минимизирует ротационные смещения костных отломков по сравнению с фиксаторами «ChM» и «СарНИИТО».

Установлено, что разработанные с учётом внутреннего строения костно-мозгового канала бедренной кости конструкции интрамедуллярных стержней «СарНИИТО» и «BNB» обеспечивают стабильность костных отломков, исключают необходимость в дополнительной операции для динамизации системы «кость-имплантат» с целью стимуляции процесса репаративного моделирования костной ткани, что позволило применить данные фиксаторы в клинической практике.

При клинической апробации интрамедуллярных стержней «СарНИИТО» и «BNB» выявлено, что при их использовании снижается травматизация тканей, сокращается время хирургического вмешательства и продолжительность реабилитационного периода у пациентов, уменьшаются экономические затраты на лечение пациента.

Методология и методы исследования

Методология диссертационного исследования предусматривала изучение источников литературы по хирургическому лечению пациентов с несросшимися

переломами диафиза бедренной кости с последующим выбором пути совершенствования способа БИОС, что позволило определить цель и задачи исследования, дизайн научного поиска и методы его реализации. Объектами исследования явились пациенты с несросшимися переломами диафиза бедренной кости после интрамедуллярного остеосинтеза. Анализ исходов их лечения определил направление совершенствования конструкций интрамедуллярных стержней с использованием компьютерного моделирования.

В процессе исследования были использованы клинические, рентгенологические, биомеханические, социологические и статистические методы. Результаты лечения пациентов оценены с учетом критериев доказательной медицины.

Статистическую обработку полученных цифровых данных проводили с использованием надстройки к Microsoft Excel – AtteStat 12.0.5. на персональном компьютере SONY в среде Windows 7 с использованием пакета программ «Microsoft Office 2016».

Положения, выносимые на защиту

1. Компьютерное 3D моделирование системы «бедренная кость-имплантат» выявило преимущества интрамедуллярных стержней «СарНИИТО» и «BNB» по сравнению со стержнями «ChM» по биомеханическим показателям стабильности фиксации под воздействием ротационных сил и распределению эффективных напряжений в интрамедуллярных фиксаторах и костных отломках.

2. Интрамедуллярный остеосинтез стержнями «СарНИИТО» и «BNB», основанный на сочетании жёсткой фиксации отломков бедренной кости с возможностью аутокомпрессии под воздействием мышечной силы и дозированной нагрузки на конечность, улучшает реабилитационный потенциал пациентов.

3. Реостеосинтез несросшихся переломов средней трети диафиза бедренной кости интрамедуллярными стержнями «СарНИИТО» и «BNB» снижает риск развития осложнений в послеоперационном периоде.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность научных выводов и положений основана на достаточном по количеству клиническом материале, современных методах исследования и статистической обработке данных. Полученные результаты проанализированы при помощи традиционных методов описательной статистики с использованием

вариационного анализа с применением критериев доказательной медицины и четырёхпольной таблицы сопряжённости с вычислением критерия χ^2 Пирсона.

Апробация результатов диссертационной работы

Фрагменты диссертационного исследования доложены на: заседаниях Саратовского отделения общественной организации «Ассоциация травматологов-ортопедов России» (г. Саратов, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 гг.); Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием «Практическая биомеханика» (г. Саратов, 2015 г.); конференции «Биофизика - 2015» (г. Саратов, 2015 г.); научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 75-летию проф. В.Г. Нинеля (г. Саратов, 2015 г.); Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию проф. А.П. Барабаша (г. Саратов, 2016 г.); конгрессе «Медицина чрезвычайных ситуаций. Современные технологии в травматологии и ортопедии» (г. Москва, 2016 г.); Международной научно-практической конференции «Илизаровские чтения» (г. Курган, 2017 г.); на VI Евразийском конгрессе травматологов-ортопедов (г. Казань, 2017 г.).

Внедрение результатов исследования

Результаты исследования внедрены в работу травматолого-ортопедического отделения № 1 Научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Личный вклад автора

Автор самостоятельно провел анализ современной отечественной и зарубежной литературы по теме диссертации, разработал план научной работы. Диссертант лично проводил отбор пациентов с несросшимися переломами диафиза бедренной кости после интрамедуллярного остеосинтеза, а также принимал участие в их клиническом обследовании и хирургическом лечении. Автор выполнил сбор данных методов исследования в послеоперационном периоде и динамическое наблюдение за пациентами. Диссертант провёл подробный анализ полученных результатов и их статистическую обработку, сформулировав выводы и практические рекомендации.

Связь темы диссертации с планом основных научно-исследовательских работ университета

Диссертационная работа выполнена в соответствии с инициативным планом НИР Научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации. «Интрамедуллярный остеосинтез при несросшихся переломах средней трети диафиза бедренной кости» (номер государственной регистрации темы АААА-Б17-217102410070-Б).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует отрасли науки: 14.01.15 – травматология и ортопедия; области исследования по паспорту специальности: «Экспериментальная и клиническая разработка методов лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы и внедрение их в клиническую практику».

Публикации по теме диссертации

По материалам диссертации опубликовано 23 работы, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования РФ. Получен 1 патент РФ на полезную модель № 166858 от 10.12.2016 г.

Объём и структура диссертации

Диссертация изложена на 143 страницах машинописного текста, иллюстрирована 14 таблицами, 30 рисунками. Диссертационное исследование состоит из введения, обзора литературы, четырех глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, который состоит из 72 отечественных и 117 зарубежных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Дизайн исследования

Работа включала клиническое и биомеханическое экспериментальное исследования системы «бедренная кость-имплантат». Клиническая часть представляла собой моноцентровое, рандомизированное, проспективное, продольное, открытое исследование. Сбор и обработку информации проводили с января 2009 г. по

ноябрь 2016 г. Все больные проходили лечение в травматолого-ортопедическом отделении № 1 НИИТОН СГМУ (г. Саратов). Средний срок наблюдения составил 22 месяца (от 10 до 49 месяцев). Обследовано и пролечено 65 пациентов с несросшимися переломами средней трети диафиза бедренной кости после интрамедуллярного остеосинтеза.

Критериями включения пациентов в исследование были: возраст от 18 до 65 лет; добровольное информированное согласие на участие в исследовании; несросшийся изолированный односторонний перелом типа A2 или A3 средней трети диафиза бедренной кости после интрамедуллярного остеосинтеза; отсутствие гнойных осложнений после предшествующего хирургического вмешательства; укорочение конечности не более 3 см; отсутствие хронических заболеваний внутренних органов в стадии суб- и декомпенсации. Критериями исключения из исследования были: дефицит костной ткани, образовавшийся в ходе предшествующего хирургического вмешательства, приводящий к укорочению конечности более 3 см; наличие хронических заболеваний внутренних органов в стадии суб- и декомпенсации; невозможность и нежелание больного дать добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Для рандомизации использовали временной фактор. Всем пациентам, поступавшим в период с сентября 2015 г. по ноябрь 2016 г., реостеосинтез выполняли разработанными имплантатами.

Больные были разделены на две группы в зависимости от применяемых способов интрамедуллярного остеосинтеза. В каждой подгруппе были лица с несросшимися поперечными и косыми переломами средней трети диафиза бедренной кости, которым условно были присвоены литеры А (косой перелом с линией излома под углом $\geq 30^\circ$ к плоскости, перпендикулярной оси бедра) и Б (поперечный перелом с линией излома под углом $< 30^\circ$ к плоскости, перпендикулярной оси бедра).

Основную группу составили 25 пациентов, которым был выполнен реостеосинтез интрамедуллярными стержнями «СарНИИТО» и «BNB». В соответствие с типом металлофиксатора в основной группе выделяли подгруппы: подгруппа I – интрамедуллярный реостеосинтез стержнем «СарНИИТО» (у 10 пациентов - 40% от 25 основной группы). Среди этих пациентов у 4 линия перелома проходила под углом $\geq 30^\circ$ к поперечной плоскости оси бедренной кости (подгруппа

IA). Оставшиеся 6 больных с линией перелома $<30^\circ$ вошли в подгруппу IB; подгруппа II – интрамедуллярный реостеосинтез стержнем «BNB» (у 15 пациентов - 60% от 25 основной группы). Больные были разделены на подгруппы IIA (7 пациентов) и IIB (8 пациентов) в зависимости от линии перелома.

В группу сравнения вошли 40 больных, которым был выполнен ревизионный БИОС в период с января 2009 г. по февраль 2015 г. по единой методике с использованием стержня с поперечным блокированием фирмы «ChM». В зависимости от линии перелома, больные были разделены на подгруппы IIIA (18 пациентов) и IIIB (22 пациента).

Среди всех больных было 43 мужчины (66,2%) и 22 женщины (33,8%) в возрасте от 18 до 65 лет. Средний возраст пациентов составил $36,1 \pm 15,1$ лет. По половому и возрастному признакам группы были сопоставимы между собой: вычисление критерия χ^2 в зависимости от распределения по возрасту в группах показало однородность групп среди мужчин ($\chi^2 = 1,154$, степень свободы – 4, $p=0,886$) и женщин ($\chi^2 = 3,529$, степень свободы – 4, $p=0,474$). В ходе работы из группы IIIB было исключено 3 пациента.

Экспериментальное исследование заключалось в биомеханическом испытании стабильности фиксации отломков бедренной кости при использовании стержней «ChM», «СарНИИТО» и «BNB». Построение компьютерной модели «кость-имплантат» осуществляли в отделе компьютерного моделирования в биомедицине и материаловедении образовательно-научного института наноструктур и биосистем Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского при участии кандидата физико-математических наук Д. В. Иванова. С помощью математического моделирования изучали систему «бедренная кость-стержень» с переломом диафиза типа A2 и A3 по AO/ASIF. Последние были выполнены путем «распила» диафиза в средней трети под углом 45° (при A2 типе) и 25° (при A3 типе) к плоскости, перпендикулярной оси бедренной кости. В качестве имплантатов использовали модели стержней «ChM», «СарНИИТО» и «BNB». Исследовали 6 моделей системы «бедренная кость-стержень».

Методы исследования

Для оценки общего состояния пациентов и контроля эффективности лечебных мероприятий применяли общие клинические, рентгенологические, ультразвуковые,

биомеханические, социологические и статистические методы. Для унификации исследования нами была разработана карта пациента, которая включала в себя паспортные данные, сведения анамнеза, диагноз в соответствии с Международной классификацией болезней (МКБ-10), результаты физикального осмотра, результаты клинических, рентгенографических и лабораторных исследований, протоколы хирургических операций, а также формы «информация для пациента (участника исследования)», данные стандартизированной оценки исходов повреждений опорно-двигательной системы (СОИ-1) [Миронов С.П. с соавт., 2008] и опросника Освестри [Черепанов Е.А., 2009], «информированное согласие пациента» и «протокол клинического исследования». Обследования пациентов проводили до операции и на 2, 6 и 12-е месяцы послеоперационного периода.

Степень консолидации костных отломков в послеоперационном периоде определяли при помощи модифицированной балльной оценки рентгенологического сращения (The modified radiographic union score – mRUS) кортикального слоя длинной трубчатой кости во фронтальной и сагиттальной плоскостях [Litrenta J. et al., 2015]. Минимальный балл «4» указывал на отсутствие признаков сращения, а максимальный балл «16» – на полную консолидацию костных отломков. Результаты хирургического лечения пациентов с несросшимися переломами диафиза бедренной кости проводили по методике стандартизированной оценки исходов повреждений опорно-двигательной системы (СОИ-1), которая включала в себя 16 параметров анатомо-функционального состояния конечности после операции. Общая сумма баллов в зависимости от исхода лечения составляла от 20 до 100% [Миронов С.П. с соавт., 2008] .

Для оценки качества жизни пациента после проведённого оперативного вмешательства применяли опросник Освестри [Черепанов Е.А., 2009].

Для создания трёхмерных моделей бедренной кости использовали компьютерные томограммы бедра 20 условно здоровых человек в возрасте от 30 до 40 лет. Отбор больных для проведения данного исследования выполняли с учетом следующих критериев: отсутствие в анамнезе переломов костей нижних конечностей и заболеваний опорно-двигательной системы; отсутствие хронических и острых соматических заболеваний, влияющих на структуру костной ткани. В работе использовали спиральный компьютерный томограф Toshiba Aquilion 64 (Нидерланды) (рег. удостоверение МЗ РФ № 2007/00891 от 24.12.2007 г.).

Трёхмерная модель бедренной кости была создана при помощи системы автоматизированного проектирования SolidWorks. Срезы томограммы обрабатывали в полуавтоматическом режиме. В результате по поперечным срезам бедренной кости были восстановлены модели кортикального и трабекулярного слоев кости. Расстояние между срезами варьировало и составило от 0,5 до 5 мм в зависимости от отдела бедренной кости.

Трёхмерные модели стержней «ChM» (фирмы «ChM Sp.z.o.o.», Польша), стержня «СарНИИТО» (патент РФ на полезную модель № 115 646 от 10.05.2012 г.) и трёхлопастного стержня «BNB» (патент РФ на изобретение № 2 526 242 от 20.08.2014 г.) были созданы на основе чертежей в программе SolidWorks. В том же программном продукте осуществляли построение системы «бедренная кость – имплантат», устанавливая модели стержней в модель бедренной кости.

Численные расчёты проводили в системе ANSYS версии 15.0 с использованием среды Workbench. Решали статические задачи о результатах воздействия на систему «кость-имплантат» трёх типов нагрузок (осевой – с силой 700 Н, поперечной – с силой 100 Н, торсионной – с усилением 10 Нм), прикладываемых к головке кости при моделировании разных типов переломов (A2, A3 по АО/ASIF) в средней части диафиза кости; при этом дистальный конец кости жёстко закрепляли.

Для расчёта необходимого объёма выборки использовали метод М. Bland (2000) – формула расчёта размера выборки при сравнении двух частот. Статистическую обработку полученных цифровых данных проводили с использованием надстройки к Microsoft Excel – AtteStat 12.0.5. на персональном компьютере SONY в среде Windows 7 с использованием пакета программ «Microsoft Office 2016». Об эффективности проведённого реостеосинтеза в группах судили по показателям доказательной медицины (Г.П. Котельников, А.С. Шпигелем, 2012).

Методы лечения

Пациентам выполняли остеосинтез с применением стержней «ChM» и разработанных нами имплантатов «СарНИИТО» и «BNB» с использованием стандартного инструментария.

Интрамедуллярное блокирующее устройство для остеосинтеза «СарНИИТО» (патент РФ на полезную модель № 115 646 от 10.05.2012; авторы: А.П. Барабаш, Ю.А. Барабаш, И.А. Норкин) представляет собой протяжённый цилиндрический

корпус с заострённым дистальным концом. В корпусе имеется центральный канал, соединённый с размещённым со стороны дистального его конца косопоперечным каналом, через который проходит фиксирующий упругий элемент, при выходе внедряющийся в костную ткань дистального отломка. На наружной поверхности проксимальной части стержня размещены три плоские лопасти треугольной формы. Их взаимное расположение продиктовано внутренней архитектурой проксимального отдела бедренной кости и, в первую очередь, калькаром, продолжением которого является костная балка, выдающаяся в просвет костномозгового канала. В дистальной части стержня имеется сквозное отверстие для обеспечения дополнительного поперечного блокирования устройства при необходимости (Рисунок 1).

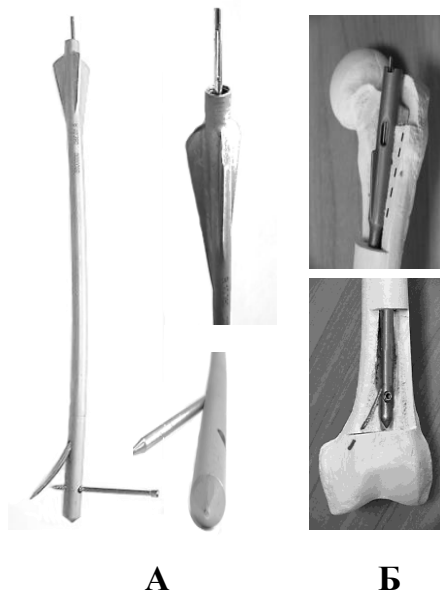


Рисунок 1 – Внешний вид интрамедуллярного стержня «СарНИИТО» (А) и его положение в канале бедренной кости (Б)

Сложность введения интрамедуллярного стержня в дистальный отломок бедренной кости потребовала его усовершенствования (патент РФ на полезную модель № 166858 10.12.2016 г. Авторы: А.П. Барабаш, Ю.А. Барабаш, П.П. Зуев, А.В. Вертаев, Д.А. Фокин) в виде канюлизации по всей длине, что позволяет устанавливать стержень по проводнику, снижает травматичность и упрощает операцию. Для правильной пространственной ориентации фиксатора в дистальном отделе бедренной кости нами разработано лекало (Барабаш А.П., Зуев П.П., Барабаш Ю.А.), которое представляет собой прозрачную пленку с нанесённой решеткой со

стороной квадрата, равной 1 см, и контурами дистальной части стержня с упругим блокирующим элементом. Лекало позволяет в ходе предоперационного планирования подобрать наиболее оптимальную глубину имплантации стержня с тем, чтобы гибкий блокирующий элемент внедрялся в костную ткань наружного мыщелка бедренной кости (Рисунок 2).

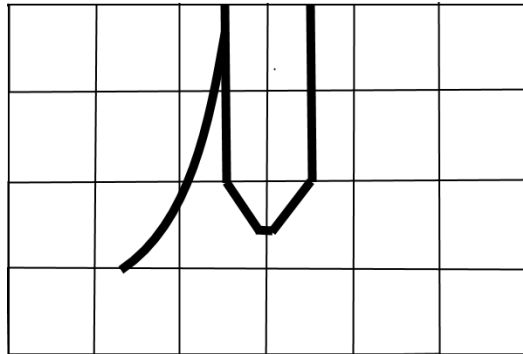


Рисунок 2 - Лекало для предоперационного планирования остеосинтеза бедренной кости интрамедуллярным стержнем «СарНИИТО»

Основной конструктивной особенностью стержня «BNB» (патент РФ на изобретение № 2 526 242 от 20.08.2014 г.; авторы: А.П. Барабаш, И.А. Норкин, Ю.А. Барабаш) является его трёхрёберная форма со сквозным каналом внутри, которая позволяет увеличить диаметр фиксатора без увеличения занимаемого им объёма костномозговой полости. В проксимальной части стержня рёбра принимают форму лопастей. (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Внешний вид интрамедуллярного стержня «BNB» (А) и его положение в канале бедренной кости (Б)

Эту особенность также необходимо учитывать в ходе предоперационного планирования и, в частности, для подбора диаметра интрамедуллярного стержня. При

получении значений ширины костномозгового канала, равной 10 мм в самой узкой части, необходимо выбирать диаметр стержня в диафизарной части по вершинам его граней, равный 12 мм. Особенностью имплантации стержня «BNB» являлось то, что после выполнения репозиции и рассверливания костномозгового канала до необходимого диаметра, имплантация стержня сопровождается формированием борозд по всей протяжённости внутреннего коркового слоя благодаря насечкам по типу рашпиля, выполненных на рёбрах в дистальном отделе фиксатора. Этим достигается ротационная стабильность костных отломков.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При выполнении экспериментального биомеханического исследования отмечено, что показатели стабильности фиксации – перемещение головки бедренной кости при переломе типа A2 и A3 в момент действия осевой и поперечной нагрузки схожи для трёх рассмотренных стержней. Наибольших значений в 1,2 мм они достигали при осевой нагрузки на систему «кость-стержень «СарНИИТО»» при моделировании перелома типа A2. При поперечной нагрузке наибольшие перемещения были в диапазоне 1,8-2,2 мм. Однако, торсионная нагрузка на систему «кость-стержень «BNB»» выявила наиболее высокую стабильность фиксации по сравнению с двумя другими стержнями. При этом перемещения в случае установки стержня «BNB» составили 0,2-0,3 мм в зависимости от рассмотренного перелома, что примерно в 3 раза ниже аналогичных значений для стержней «ChM» и «СарНИИТО».

Наше исследование эффективных напряжений, возникающих в изучаемых интрамедуллярных фиксаторах при осевых нагрузках на систему «кость-имплантат» со смоделированным переломом, показало, что наибольшие значения (320 МПа) концентрируются в области перелома и дистальной части стандартного стержня с блокирующими винтами. Что касается предлагаемых фиксаторов, то напряжения в них, хотя и концентрируются в области перелома (313 МПа и 328 МПа соответственно для стержней «СарНИИТО» и «BNB»), но распределяются равномерно по всей длине, что отдаляет их от критических значений разрушения металлов, из которых изготовлены эти имплантаты.

Воздействие в поперечном направлении силой 100 Н на систему «кость-имплантат» показало схожие результаты. Обращает на себя внимание концентрация напряжений на дистальных блокирующих винтах стандартного фиксатора (431 МПа)

и на лопастях, расположенных в проксимальной части стержня «СарНИИТО» (162 МПа) при переломе типа А2. В стержне «BNB» напряжение равномерно распределяется по всей длине трёхреберного фиксатора, демонстрируя максимальные значения (570 МПа) на вершине ребер.

Показательны результаты при воздействии ротационной силы (10 Нм). Возникающие напряжения на дистальных блокирующих винтах стандартного фиксатора равны 389 МПа при переломе А3, а для стержня «СарНИИТО» эти значения достигают 515 МПа в области контакта лопастей в проксимальном отделе. В условиях торсионных нагрузок стержень «BNB» показывает себя с наилучшей стороны, а наибольшие концентрации напряжений (190 МПа) далеки от предела разрушения металла и в основном концентрируются на рёбрах, особенно на уровне линии перелома типа А3.

Напряжения в костных отломках при установке стержней «СарНИИТО» и «BNB» были в пределах 156 МПа при всех рассмотренных вариантах нагрузок и переломов. В этих же условиях стержень «ChM» показал более высокие напряжения в костных отломках – от 98 до 170 МПа. Все стержни обеспечивали равномерное давление на кость на протяжении всего диафиза за счёт конструкций. Таким образом, биомеханическое исследование показало высокую надёжность стержней нового дизайна «СарНИИТО» и «BNB», которые способны обеспечить не только необходимую стабильность перелома наравне со стандартным фиксатором, но и длительное функционирование без усталостных разрушений в условиях осевых, поперечных и ротационных нагрузок.

При анализе результатов клинического исследования выявлено, что данные анкеты Освестри и СОИ-1 свидетельствуют о хорошем функциональном восстановлении повреждённой конечности у больных после ревизионного БИОС стержнем «ChM» к 12 месяцам, слабой степени консолидации (mRUS) через 6 месяцев после операции (Таблица 1).

Так, через 12 месяцев после остеосинтеза результаты опроса и оценки исходов в подгруппе IIБ соответствовали данным, зарегистрированным через 6 месяцев после операции (ODI, $P_3 > 0,05$; СОИ-1, $P_3 > 0,05$), в то время как в подгруппе IIIА имеется динамика этих показателей в пользу продолжающегося восстановления функции конечности (ODI, $P_3 = 0,05$; СОИ-1, $P_3 < 0,05$). Данный факт, на наш взгляд, не связан со

степенью консолидации перелома, а является следствием наиболее благоприятной для опороспособности поперечной линии излома.

Таблица 1 – Результаты оценки состояния пациентов после проведённого ревизионного БИОС стержнем «ChM» до и после операции в динамике ($M \pm m$)

Сроки наблюдения	Подгруппа IIIA (n=18)			Подгруппа IIIB (n=19)		
	ODI, баллы	СОИ-1, %	mRUS, баллы	ODI, баллы	СОИ-1, %	mRUS, баллы
до операции	38,9±0,5	68,1±0,7		39,6±0,6 $P_4 > 0,05$	69,5±1,0 $P_4 > 0,05$	
через 2 мес. после операции	42,4±0,6 $P_1 < 0,001$	75±0,9 $P_1 < 0,001$	4,7±0,21	42,7±0,4 $P_1 < 0,001$ $P_4 > 0,05$	73,4±0,6 $P_1 < 0,01$ $P_4 > 0,05$	4,8±0,19 $P_4 > 0,05$
через 6 мес. после операции	44,7±0,7 $P_2 < 0,05$	79,7±1,4 $P_2 < 0,05$	8,6±0,37 $P_2 < 0,001$	45,2±0,6 $P_2 < 0,001$ $P_4 > 0,05$	79,3±1,8 $P_2 < 0,01$ $P_4 > 0,05$	8,5±0,32 $P_2 < 0,001$ $P_4 > 0,05$
через 12 мес. после операции	47,0±0,9 $P_3 = 0,05$	85±1,8 $P_3 < 0,05$	13,9±0,61 $P_3 < 0,001$	46,2±0,9 $P_3 > 0,05$ $P_4 > 0,05$	81,8±1,7 $P_3 > 0,05$ $P_4 > 0,05$	13,7±0,57 $P_3 < 0,001$ $P_4 > 0,05$

Примечание: P_1 – статистически значимая разница по отношению к данным до операции; P_2 – статистически значимая разница по отношению к данным через 2 месяца после операции; P_3 – статистически значимая разница по отношению к данным через 6 месяцев после операции; P_4 – статистически значимая разница между подгруппами в одни и те же сроки наблюдения.

Статистически значимой разницы между подгруппами больных группы сравнения по изучаемым показателям процесса восстановления функциональной способности травмированной нижней конечности (ODI, $P_4 > 0,05$; СОИ-1; $P_4 > 0,05$), степенью консолидации перелома (mRUS, $P_4 > 0,05$) через 12 месяцев после интрамедуллярного реостеосинтеза стержнем «ChM» не выявлено. Время хирургического вмешательства у пациентов группы сравнения составило в среднем 126,5±36,4 минут.

Анализ результатов реостеосинтеза стержнями «СарНИИТО» и «BNB» выявил, что анатомо-функциональные показатели состояния повреждённых конечностей пациентов подгрупп I и II основной группы сопоставимы. Учитывая это, решено рассматривать исходы реостеосинтеза разработанными фиксаторами в целом, тем более, что в основе технического усовершенствования этих стержней лежит единый принцип – обеспечение аутокомпрессии на стыке отломков в результате

возрастающей нагрузки на конечность в процессе послеоперационной реабилитации.

К 6 месяцу после операции клинико-рентгенологические признаки отличия были обнаружены между основной группой и группой сравнения. Так, показатели СОИ-1 ($82,6 \pm 1,0\%$ и $79,5 \pm 0,9\%$; $p < 0,01$, соответственно, основная группа и группа сравнения) и mRUS ($12,9 \pm 0,6$ и $8,5 \pm 0,2$ баллов; $p < 0,001$, соответственно, основная группа и группа сравнения) свидетельствовали о более благоприятном протекании репаративного процесса у пациентов основной группы. (Таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительная оценка состояния пациентов основной группы и группы сравнения до и в динамике после операции в течение 12 месяцев ($M \pm m$)

Сроки наблюдения	Основная группа (n=25)			Группа сравнения (n=37)		
	ODI, баллы	СОИ-1, %	mRUS, баллы	ODI, баллы	СОИ-1, %	mRUS, баллы
до операции	$39,6 \pm 0,7$	$69,1 \pm 0,7$		$39,2 \pm 0,4$ $P_4 > 0,05$	$68,2 \pm 0,7$ $P_4 > 0,05$	
через 2 мес. после операции	$42,9 \pm 0,5$ $P_1 < 0,01$	$74,5 \pm 0,5$ $P_1 < 0,001$	$4,7 \pm 0,2$	$42,5 \pm 0,3$ $P_1 < 0,001$ $P_4 > 0,05$	$74,1 \pm 0,6$ $P_1 < 0,001$ $P_4 > 0,05$	$4,7 \pm 0,1$ $P_4 > 0,05$
через 6 мес. после операции	$45,5 \pm 0,7$ $P_2 < 0,01$	$82,6 \pm 1,0$ $P_2 < 0,001$	$12,9 \pm 0,6$ $P_2 < 0,001$	$44,9 \pm 0,5$ $P_2 < 0,001$ $P_4 > 0,05$	$79,5 \pm 0,9$ $P_2 < 0,001$ $P_4 < 0,01$	$8,5 \pm 0,2$ $P < 0,001$ $P_4 < 0,001$
через 12 мес. после операции	$47,5 \pm 1,0$ $P_3 > 0,05$	$88,8 \pm 2,2$ $P_3 < 0,05$	$14,4 \pm 0,7$ $P_3 > 0,05$	$46,6 \pm 0,6$ $P_3 < 0,05$ $P_4 > 0,05$	$83,3 \pm 1,2$ $P_3 < 0,05$ $P_4 < 0,05$	$13,8 \pm 0,4$ $P_3 < 0,001$ $P_4 > 0,05$

Примечание: P_1 – статистически значимая разница по отношению к данным до операции; P_2 – статистически значимая разница по отношению к данным через 2 месяца после операции; P_3 – статистически значимая разница по отношению к данным через 6 месяцев после операции; P_4 – статистически значимая разница между подгруппами в одни и те же сроки наблюдения.

Вероятно, благодаря возможности аутокомпрессии, которую обеспечивают стержни «СарНИИТО» и «BNB», объективные признаки заживления костной раны проявляются у больных основной группы раньше, чем в группе сравнения. Вместе с тем, необходимо отметить, что к 12 месяцу наблюдения общая картина локального статуса и функциональных возможностей пациентов была одинаковой в обеих группах. Отсутствие необходимости блокирования стержней «СарНИИТО» и «BNB» винтами сокращало время выполнения хирургического вмешательства на 17,6 минуты, что также снижает лучевую нагрузку на пациента и операционную бригаду.

Критерием неудовлетворительного исхода лечения считали несращение перелома бедренной кости после реостеосинтеза. Следует отметить, что неудовлетворительные результаты в группе сравнения были зарегистрированы в 7 случаях из 37 (18,9%), а в основной группе – только в 2 из 25 (8,0%) (Таблица 3).

Таблица 3 – Количество удовлетворительных и неудовлетворительных результатов реостеосинтеза в основной группе и группе сравнения

Группы	Результаты		Всего
	удовлетворительные	неудовлетворительные	
Основная	23 (A)	2 (B)	25 (A+B)
Сравнения	30 (C)	7 (D)	37 (C+D)
Итого	53	9	62

Следуя современным требованиям к оценке результатов клинических исследований, нами были рассчитаны стандартные показатели доказательной медицины (Таблица 4).

Таблица 4 – Показатели эффективности лечения пациентов с несросшимися переломами средней трети бедренной кости при применении стержней «СарНИИТО» и BNB» (основная группа) и стержня «ChM» (группа сравнения)

Показатели доказательной медицины					
ЧИЛ, %	ЧИК, %	СОР, %	САР, %	ЧБНЛ, абс. к-во	ОШ, усл.ед.
92	81	14	11	9	2,67

Таким образом, наиболее значимые позитивные показатели эффективности хирургического лечения были у пациентов, прооперированных с помощью предлагаемых интрамедуллярных стержней «СарНИИТО» и «BNB». Это доказывает целесообразность их применения в практическом здравоохранении.

ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов ревизионного блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза стержнем «ChM» при несросшихся переломах средней трети диафиза бедренной кости показал, что у 43,2% больных возникают послеоперационные осложнения, связанные с металлоконструкцией. Через 6 месяцев после остеосинтеза

показатель шкалы mRUS возрос только до $8,5 \pm 0,2$ ($P_2 < 0,001$) баллов; индекс ODI до $44,9 \pm 0,5$ баллов ($P_2 < 0,001$), СОИ-1 до $79,5 \pm 0,9\%$ ($P_2 < 0,001$).

2. Усовершенствованные стержни «СарНИИТО» и «BNB» для интрамедуллярного остеосинтеза бедренной кости при отсутствии блокирующих винтов позволяют обеспечить ротационную стабильность за счёт рёбер, что сокращает время хирургического вмешательства на 17,6 минуты, исключает повторные операции по динамизации системы «кость-имплантат» и уменьшает вероятность образования резорбционных дефектов на стыке отломков.

3. Сравнительное биомеханическое исследование с трехмерным моделированием системы «кость-имплантат» при переломе типа А2 и А3 показало, что концентрация напряжений в стержне «ChM» отмечается в зоне перелома, блокирующих винтах и приближается к критическим значениям (431 МПа). В то время как конструктивные особенности стержней «СарНИИТО» и «BNB» обеспечивают равномерное распределение напряжений.

4. При интрамедуллярном реостеосинтезе стержнями «СарНИИТО» и «BNB» несросшихся переломов средней трети диафиза бедренной кости уже к 6-му месяцу послеоперационного периода завершается процесс консолидации костных отломков ($mRUS = 12,9 \pm 0,6$ баллов ($P_4 < 0,001$)), происходит практически полная реабилитация и социальная адаптация больных ($ODI = 45,5 \pm 0,5$ баллов ($P_4 > 0,05$) и $СОИ-1 = 82,6 \pm 1,0\%$ ($P_4 < 0,01$)).

5. Основные показатели доказательной медицины свидетельствуют о более низком риске развития осложнений после хирургического лечения несросшихся переломов диафиза бедренной кости по предлагаемой технологии интрамедуллярного остеосинтеза у пациентов основной группы относительно больных группы сравнения ($СОР = 65,9\%$), и снижении риска развития неблагоприятного исхода ($СОР = 14\%$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для повышения стабильности интрамедуллярного остеосинтеза рекомендуется использовать металлоконструкции, которые исключают не только движения между отломками вдоль оси бедренной кости, но и их ротацию на большем протяжении диафиза кости. Такому условию отвечают предлагаемые стержни «СарНИИТО» и «BNB».

2. Для правильного позиционирования интрамедуллярного стержня «СарНИИТО» в дистальном отделе бедренной кости рекомендуется использовать лекало с целью упрощения этапа предоперационного планирования.

3. С целью снижения трудоемкости и травматичности остеосинтеза рекомендуется использовать усовершенствованный стержень «СарНИИТО» (патент РФ на полезную модель № 166858 от 10.12.2016).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшая разработка темы должна быть направлена на использование инновационных технологий в сфере создания материалов, применяемых для изготовления металлофиксаторов, обладающих наряду с высокими прочностными свойствами биосовместимостью и биodeградируемостью. Они должны иметь способность депонировать антибактериальные препараты, с возможностью пролонгировано и равномерно выделять их в окружающие ткани. Кроме того, не менее интересен подход с включением в имплантаты ростовых факторов, способствующих формированию костной мозоли и консолидации отломков.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Кауц, О.А. Применение малоинвазивных технологий при остеосинтезе переломов бедренной кости / О. А. Кауц, Ю.А. Барабаш, А.П. Барабаш, В.Д. Балаян, П.П. Зуев // Малоинвазивные технологии в травматологии-ортопедии и нейрохирургии: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. - Саратов, 2013. - С. 26-27.

2. Зуев, П.П. Предоперационное планирование и особенности остеосинтеза перелома бедренной кости интрамедуллярным стержнем СарНИИТО / П.П. Зуев // Малоинвазивные технологии в травматологии-ортопедии и нейрохирургии: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. - Саратов, 2013. - С. 24-26.

3. Норкин, И.А. Новые хирургические приемы, обеспечивающие условия успешного сращения отломков длинных костей / И.А. Норкин, А.П. Барабаш, Ю.А. Барабаш, П.П. Зуев // В сборнике: Технологии оптимизации процесса репаративной регенерации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии Всерос. науч.-практ. конф.: сб. материалов. под ред. И.А. Норкина. - 2013. - С. 3-4.

4. Зуев, П.П. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез в лечении диафизарных переломов бедренной кости и их последствий / П.П. Зуев, А.П. Барабаш // X юбилейный съезд травматологов-ортопедов: материалы. М., - 2014. - С. 110.

5. Барабаш, А.П. Инновационный проект интрамедуллярной фиксации отломков бедренной кости / А.П. Барабаш, Ю.А. Барабаш, Д.В. Иванов, П.П. Зуев,

А.В. Вертаев, М.А. Демин // X юбилейный съезд травматологов-ортопедов: материалы. М., - 2014. - С. 131-132.

6. Барабаш, Ю.А. Механическая оценка погружных фиксаторов при синтезе нестабильных переломов костей / Ю.А. Барабаш, А.П. Барабаш, С.П. Шпиняк, Д.В. Иванов, П.П. Зуев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2014. - № 10, ч. 3. - С. 124-128.

7. Барабаш, А.П. Доклиническое исследование надежности интрамедуллярных стержней для остеосинтеза диафизарных переломов бедренной кости / А.П. Барабаш, Д.В. Иванов, П.П. Зуев, И.А. Норкин // Амурский мед. журнал. - 2015. - № 4 (12). - С. 195-196.

8. Барабаш, Ю.А. Эффективные напряжения в системах «кость-интрамедуллярный фиксатор» при компьютерном моделировании остеосинтеза бедра / Ю.А. Барабаш, А.П. Барабаш, И.А. Норкин, Д.В. Иванов, П.П. Зуев // Травматология и ортопедия в России: традиции и инновации: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф., посв. 70-летию СарНИИТО. - Саратов, 2015. - С. 34-37.

9. Барабаш, Ю.А. Биомеханические особенности интрамедуллярных блокированных фиксаторов для остеосинтеза диафизарных переломов бедренной кости / Ю.А. Барабаш, А.П. Барабаш, И.А. Норкин, Д.В. Иванов, П.П. Зуев // Травматология и ортопедия в России: традиции и инновации: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф., посв. 70-летию СарНИИТО. - Саратов, 2015. - С. 37-39.

10. Зуев, П.П. Лечение несросшихся переломов и ложных суставов диафиза бедренной кости методом блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза / П.П. Зуев, А.П. Барабаш, Ю.А. Барабаш // Травматология и ортопедия в России: традиции и инновации: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф., посв. 70-летию СарНИИТО. - Саратов, 2015. - С. 119-121.

11. Зуев, П.П. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез в лечение диафизарных переломов бедренной кости / П.П. Зуев // Вклад молодых ученых в развитие травматологии, ортопедии и нейрохирургии: сб. тез. науч.-практ. конф. - Саратов, 2015. - С. 40-41.

12. Зуев, П.П. Идеологические факторы интрамедуллярного остеосинтеза / П.П. Зуев, Н.С. Япрынцева, К.А. Гражданов // Вклад молодых учёных в развитие травматологии, ортопедии и нейрохирургии: материалы науч.-практ. конф. мол. учен., посв. 75-летию проф. В.Г. Нинеля. - Саратов, 2015. - С. 41.

13. Зуев, П.П. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез при лечении пациентов с несросшимися переломами и ложными суставам диафиза бедренной кости / П.П. Зуев // Цивьяновские чтения: материалах VIII Всерос. науч.-практ. конф. мол. учен. с междунар. участ.: в 2 т. - Новосибирск, 2015. - Т. 1. - С. 225-229.

14. Барабаш, А.П. Доклиническое исследование надёжности интрамедуллярных стержней для остеосинтеза диафизарных переломов бедренной кости человека / А.П. Барабаш, Ю.А. Барабаш, П.П. Зуев // Вестник Дагестанской государственной медицинской академии. - 2016. - № 1 (18). - С. 42-49.

15. Зуев, П.П. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез при лечении диафизарных несросшихся переломов и ложных суставов бедренной кости / П.П. Зуев // Классика и инновации в травматологии и ортопедии: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф., посв. 75-летию проф. А.П. Барабаша. - Саратов, 2016. - С. 147-151.

16. Барабаш, Ю.А. Биомеханические особенности интрамедуллярных блокированных фиксаторов для остеосинтеза диафизарных переломов бедренной кости / Ю.А. Барабаш, А.П. Барабаш, И.А. Норкин, Д.В. Иванов, П.П. Зуев // Классика и инновации в травматологии и ортопедии: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф., посв. 75-летию проф. А.П. Барабаша. - Саратов, 2016. - С. 39-42.

17. Зуев, П.П. Эффективность применения стержней для интрамедуллярного остеосинтеза при диафизарных переломах бедренной кости / П.П. Зуев // Цивьяновские чтения: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. мол. учен. с междунар. участ.: в 2 т. - Новосибирск, 2016. Т. 1. - С. 540-545.

18. Зуев, П.П. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез при лечении последствий переломов бедренной кости / П.П. Зуев, А.П. Барабаш, Ю.А. Барабаш // Современные проблемы науки и образования. - 2017. - № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26736>.

19. Зуев, П.П. Современные тенденции развития интрамедуллярного остеосинтеза диафизарных переломов бедренной кости / П.П. Зуев, О.Н. Ямщиков // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. - 2017. - Т. 22, вып. 1. - С. 183-186.

20. Зуев, П.П. Современные тенденции и проблемы интрамедуллярного остеосинтеза перелома диафиза бедренной кости / П.П. Зуев // Сборник научных трудов НИИТОН СГМУ. - Саратов, 2017. - С. 107-111.

21. Гражданов, К.А. Исследование жёсткости фиксации меж- и подвертельных переломов бедренной кости интрамедуллярным фиксатором / К.А. Гражданов, П.П. Зуев // Сборник научных трудов НИИТОН СГМУ. - Саратов, 2017. - С. 68-71.

22. Зуев, П.П. Хирургическое лечение несросшихся переломов диафиза бедренной кости / Зуев П.П. // В сборнике: Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики сборник материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. 2018. - С. 93-95.

23. Кауц, О.А. Замещение диафизарных дефектов при лечении последствий травм длинных костей / О.А. Кауц, П.П. Зуев, П.Е. Ермолаев, С.П. Шпиняк // В сборнике: Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики сборник материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. - 2018. С. - 98-100.

АВТОРСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА, ПАТЕНТЫ

1. Пат. RU 166858. U1A 61B 17/00, A 61 B 17/72 Российская Федерация Интрамедуллярное блокирующее устройство для остеосинтеза / Барабаш А.П., Барабаш Ю.А., Зуев П.П., Вертаев А.В., Фокин Д.А. - № 2016114179, заявл. 13.04.2016, опубл. 10.12.16., Бюл. № 34. -12 с.