

References (Литература)

- Istomina IS, Oganessian OV, Levin AN. Treatment of diseases and injuries of the foot by Volkov — Oganessian articulated articulations. Bulletin of traumatology and orthopedics n.a. N.N. Priorov 2002; (2): 81–6. Russian (Истомина И.С., Оганесян О.В., Левин А.Н. Лечение заболеваний и повреждений стопы шарнирно-дистракционными аппаратами Волкова — Оганесяна. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова 2002; (2): 81–6).
- Kallaev NO, Lyzhina EL, Kallaev TN. Comparative analysis of operative methods of treatment of near-and intra-articular fractures and ankle fracture-dislocations. Bulletin of traumatology and orthopedics n.a. N.N. Priorov 2004; (1): 32–5. Russian (Каллаев Н.О., Лыжина Е.Л., Каллаев Т.Н. Сравнительный анализ оперативных методов лечения около- и внутрисуставных переломов и переломовывихов голеностопного сустава. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова 2004; (1): 32–5).
- Krasnov AF, Miroshnichenko VF, Kotelnikov GP. Ankle Fractures. In: Traumatology: a textbook. M.: Meditsina, 1995; p. 259–66 Russian. (Краснов А.Ф., Мирошниченко В.Ф., Котельников Г.П. Переломы лодыжек. В кн.: Травматология: учебник. М.: Медицина, 1995; с. 259–66).
- Oganessian OV, Korshunov AV. The use of a modified hinge-distraction apparatus for chronic injuries of the ankle and foot. Bulletin of traumatology and orthopedics n.a. N.N. Priorov 2002; (3): 83–7. Russian (Оганесян О.В., Коршунов А.В. Применение модифицированного шарнирно-дистракционного аппарата при застарелых повреждениях голеностопного сустава и стопы. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова 2002; (3): 83–7).
- Epifanov VA, Epifanov AV. Rehabilitation in traumatology. SPb.: GEOTAR-Media, 2010; 336 p. Russian (Епифанов В.А., Епифанов А.В. Реабилитация в травматологии. СПб.: ГЭОТАР-Медиа, 2010; 336 с.).
- Yunaliyeva SA, Hasanova LG, Fajrullina TE, Halfiev NG. Reovasographic characteristic of the circulatory state of the lower extremities in injuries of the ankle joint. Kazan medical journal 1980; (4): 34–5. Russian (Юналиева С.А., Хасанова Л.Г., Файруллина Т.Е., Халфиев Н.Г. Реовазографическая характеристика состояния кровообращения нижних конечностей при травмах голеностопного сустава. Казанский медицинский журнал 1980; (4): 34–5).
- Device for the treatment of ankle fractures with a rupture of the distal tibiofibular syndesmosis: Patent 130831 (RU), МПК А61В17/58 / Barabash AP, Barabash YuA, Mandrov DV; applicant and patent holder FGBU SarNIITO of Ministry of Health of the Russian Federation. №2013118377; stated 19.04.2013; published by 10.08.2013. Newsletter 22. Russian (Устройство для лечения переломов лодыжек с разрывом дистального межберцового синдесмоза: патент 130831 (РФ), МПК А61В17/58 / А.П. Барабаш, Ю.А. Барабаш, Д.В. Мандров (РФ). №2013118377; заявитель и патентообладатель ФГБУ СарНИИТО Минздрава России; заявл. 19.04.2013; опублик. 10.08.2013. Бюл. №22).
- Device for the treatment of complicated ankle fractures: Patent 133715 (RU), МПК А61В17/58 / Mandrov DV, Barabash AP, Barabash YuA; applicant and patent holder FGBU SarNIITO of Ministry of Health of the Russian Federation. №2013126176; stated 06.06.2013; published by 27.10.2013. Newsletter 30. Russian (Устройство для лечения сложных лодыжечных переломов: Патент 133715 (РФ), МПК А61В17/00 / Д.В. Мандров, А.П. Барабаш, Ю.А. Барабаш (РФ). №2013126176; заявитель и патентообладатель ФГБУ СарНИИТО Минздрава России; заявл. 06.06.2013; опублик. 27.10.2013. Бюл. №30).

УДК 617–089.844:616–001.5:611.718.4

Оригинальная статья

ОБОСНОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ ИНТРАМЕДУЛЛЯРНЫХ ФИКСАТОРОВ И ПЕРВЫЙ ОПЫТ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ШТИФТОВ «САРНИИТО» ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА ДИАФИЗА БЕДРЕННОЙ КОСТИ

А.П. Барабаш — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, начальник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, профессор, доктор медицинских наук; **И.А. Норкин** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России, директор НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, профессор, доктор медицинских наук; **Ю.А. Барабаш** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, главный научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, доктор медицинских наук; **Д.В. Иванов** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, аналитик отдела интеллектуальной собственности и трансфера технологий, кандидат физико-математических наук; **П.П. Зувев** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, младший научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии; **С.П. Шпиняк** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, младший научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, кандидат медицинских наук.

JUSTIFICATION OF INTRAMEDULLARY FIXATION DEVICES MODIFICATION AND FIRST CLINICAL EXPERIENCE OF APPLICATION OF THE SARNIITO NAILS FOR FEMUR SHAFT OSTEOSYNTHESIS

A. P. Barabash — Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Head of Department of Innovative Projects in Traumatology and Orthopedics, Professor, DSc; **I. A. Norkin** — Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Director of Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Professor, DSc; **Yu. A. Barabash** — Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Chief Research Assistant of Department of Innovative Projects in Traumatology and Orthopedics, DSc; **D. V. Ivanov** — Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Analyst of Department of Intellectual Property and Transfer of Technology, PhD; **P. P. Zuev** — Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Junior Research Assistant of Department of Innovative Projects in Traumatology and Orthopedics; **S. P. Shpinyak** — Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Junior Research Assistant of Department of Innovative Projects in Traumatology and Orthopedics, PhD.

Дата поступления — 12.02.2019 г.

Дата принятия в печать — 28.02.2019 г.

Барабаш А.П., Норкин И.А., Барабаш Ю.А., Иванов Д.В., Зувев П.П., Шпиняк С.П. Обоснование модификации интрамедуллярных фиксаторов и первый опыт клинического применения штифтов «СарНИИТО» для остеосинтеза диафиза бедренной кости. Саратовский научно-медицинский журнал 2019; 15 (1): 52–57.

Цель: оценить изменения эффективных напряжений (по Мизесу) при трех видах нагрузок (осевой, поперечной и скручивающей) на разные типы интрамедуллярных стержней, синтезирующих смоделированные переломы типа A1; A3; B2 на уровне средней трети бедренной кости. **Материал и методы.** Для решения доклинических задач использовали компьютерное моделирование биомеханических систем «кость — фиксатор» и метод конечных элементов. **Результаты.** Оригинальные стержни «СарНИИТО» по биомеханическим характеристикам, показателям изнашивания и надежности фиксации при всех изученных типах переломов превосходят стержни ChM и Fixion на 12–23%. **Заключение.** Механические характеристики разработанных стержней «СарНИИТО» позволяют рекомендовать их к клиническому использованию у больных с диафизарными переломами бедра.

Ключевые слова: перелом, длинные кости, интрамедуллярный остеосинтез, биомеханика, системы фиксации.

Barabash AP, Norkin IA, Barabash YuA, Ivanov DV, Zuev PP, Shpinyak SP. Justification of intramedullary fixation devices modification and first clinical experience of application of the SarNIITO nails for femur shaft osteosynthesis. Saratov Journal of Medical Scientific Research 2019; 15 (1): 52–57.

Objective: to estimate the changes of effective stresses (by Mises) at three types of loads (axial, lateral and twisting) for various types of intramedullary nails synthesizing modeled fractures of A1; A3; B2 types at the level of femur bone middle third. **Material and Methods.** To solve the preclinical tasks computer simulation of biomechanical systems bone-fixing pin and method of finite elements were employed. **Results.** The nails developed by SarNIITO excel ChM and Fixion rods in stress-deformed condition, fatigue strength and stability of fixation of the examined types of fractures parameters of 12–23%. **Conclusion.** The mechanical characteristics of SarNIITO nails proved to be of clinical use and may be recommended for patients with femur bone diaphysis fractures.

Key words: fracture, long bones, intramedullary osteosynthesis, biomechanics, fixation systems.

Введение. Непрерывным ростом распространенности травм опорно-двигательной системы и увеличением их тяжести обуславливается частота неудовлетворительных результатов лечения данной патологии, несмотря на модернизацию системы здравоохранения и использование современных методик остеосинтеза [1, 2]. Одним из превалирующих проявлений травм скелета являются переломы бедренной кости, в том числе ее диафиза. В связи с этим актуальной становится задача по оптимизации хирургического лечения данного вида травм за счет сочетания индивидуального подбора типов фиксаторов с первичной стимуляцией костной регенерации и применения костно-пластических методик уже в раннем посттравматическом периоде [3–6].

В настоящее время наиболее распространенным и показавшим высокую эффективность в лечении переломов диафиза бедренной кости является метод интрамедуллярной фиксации, обеспечиваемый двумя типами стержней с блокированием (система «Cross samrf»). Одни стержни, располагаясь внутри длинной трубчатой кости, фиксируются к ней посредством вкручивания блокирующих винтов в поперечном направлении относительно продольной оси. Другие стержни, располагаясь аналогичным образом, фиксируются к кости посредством расширения или увеличения своего объема, а также изменения конфигурации ребер жесткости металлоконструкции, расположенных в продольном направлении. Для лечения диафизарных переломов, независимо от уровня повреждения и его типа, наиболее часто используется интрамедуллярный канюлированный стержень с поперечным блокированием его как дистально, так и проксимально от линии фрактуры [7–9]. Применение данного способа хирургического вмешательства дает возможность в короткие сроки надежно фиксировать зону фрактуры посредством применения мини-инвазивной методики имплантации металлоконструкции и восстановить травмированный сегмент нижней конечности, обеспечив его адекватную функцию [10, 11].

Серьезным недостатком технологии блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза является уход от так называемой физиологии кости; последний

повреждает систему микроциркуляции внутри кости, вызывает дисбаланс между костномозговой полостью и костным мозгом, шунтирует эффективные силовые воздействия, результатом чего является возникновение резорбционного диастаза отломков и замедление остеогенеза. Компьютерная модель «бедренная кость — имплантат» статичная, это лишает ее способности рационально управлять костеобразованием при потребности вновь осуществлять оперативные вмешательства по динамизации. Наряду с этим сохраняет актуальность вопрос возникновения скручивающих сил на вкручиваемые в поперечном направлении относительно оси кости блокировочных винтов. Слабыми звеньями клинического применения блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза следует признать технические трудности, возникающие в ходе оперативного вмешательства по блокированию стержня к кости (особенно дистально); необходимость риммирования всего канала под предполагаемый диаметр стержня; общая дороговизна конструкций и инструментария; необходимость повторных операций по переводу системы «кость — имплантат» в динамическое состояние; неравномерное распределение эффективных напряжений в системе «кость — имплантат» и контактного давления между отломками [12, 13]. Все перечисленные факторы приводят к замедленному сращению перелома с дальнейшим образованием ложного сустава кости в 4–13,3% случаев, к инфекционным осложнениям в 2,8–9,6%, контрактурам смежных суставов в 9,7%, переломам металлоконструкции в 1,4% [14, 15].

Необходимая оптимизация хирургического лечения с профилактикой компрометации остеогенеза связана с устранением имеющихся недостатков наиболее распространенных интрамедуллярных систем фиксации и максимальным использованием их положительных свойств.

Цель: оценить изменения эффективных напряжений (по Мизесу) при трех видах нагрузок (осевой, поперечной и скручивающей) на разные типы интрамедуллярных стержней, синтезирующих смоделированные переломы типа A1; A3; B2 на уровне средней трети бедренной кости.

Материал и методы. На этапе проведения доклинических испытаний металлоконструкции использовали метод конечно-элементного компьютерного моделирования биомеханических систем «кость —

Ответственный автор — Барабаш Юрий Анатольевич
Тел.: +7 (909) 3398952
E-mail: yubarabash@yandex.ru

фиксатор». Числовые расчеты эффективных напряжений (по Мизесу) проводили в системе ANSYS 15.0 с применением среды Workbench. Использовали разрешение численных условий о нагружениях модели «бедренная кость — имплантат» всеми типами приложения силы: осевой — 800 ньютонов (Н), скручивающей — 10 ньютонов-метров (Нм), поперечной — 100 ньютонов (Н), прикладываемой к головке бедра на моделях типов фрактур (A1, A3, B2 по AO/ASIF) в средней трети диафиза для имплантатов ChM, Fixion и «СарНИИТО». При решении статических задач учитывали большие деформации, имеющие вероятность возникновения их в кости и в фиксаторах.

После получения обнадеживающих биомеханических результатов и процедуры сертификации (регистрационное удостоверение на медицинское изделие №РЗН2015/3434 от 15.12.2015) начали клиническое применение разработанного нами стержня «СарНИИТО» (рис. 1).

Прослежены результаты лечения 8 пациентов с последствиями травм бедренной кости, средний возраст которых составил $64 \pm 1,2$ года. Срок наблюдения составил от 2,5 до 1,2 года.

Результаты. Полученные данные численных экспериментов по оценке механических свойств стержней ChM демонстрируют возникновение максимальных напряжений в блокирующих винтах, фиксирующих интрамедуллярно расположенный стержень в различных ситуациях приложения нагрузок, а еще и в проекции контактного региона винтов и стержней. Образование максимальных эффективных напряжений (по Мизесу) происходит как в самом стержне, так и по линии фрактуры бедра, но они не способствуют разрушению модели. Образование значительных эффективных напряжений в элементах модели «бедренная кость — имплантат» обусловлено тем, что фрагменты поврежденного бедра скрепляются стержнем, который в итоге ломается. Вместе с тем в оперированном бедре в местах вкручивания винтов для блокирования также появляются регионы высокого напряжения. При приложении нагрузки по оси максимальные эффективные напряжения (по Мизесу) приближаются к максимальному прочностному пределу медицинской стали; скручивающей нагрузкой — к 400 ± 10 МПа. Достижение этих величин определяет высокую вероятность критических деформаций и разрушения стержня и блокирующих винтов.

Математический анализ величин максимальных эффективных напряжений (по Мизесу), образующихся в стержне Fixion, свидетельствовал об уменьшении величины модуля упругости стали при воздействии силой по оси и при скручивании (до 200 ± 5 МПа), при действии силой в поперечном направлении максимальные эффективные напряжения стремились к 250 ± 10 МПа и были максимально выраженными в зоне фрактуры.

По сравнению со стержнем ChM новые стержни «СарНИИТО» показывали меньшие параметры максимальных эффективных напряжений (по Мизесу) на 11–36% на моделях фрактур (типов A1, A3, B2) на уровне средней трети диафиза бедренной кости. Аналогичные данные получены на моделях фрактур (типов A3, B2 по AO/ASIF) на уровне средней трети диафиза бедренной кости (рис. 2).

Чтобы полностью исключить возможность усталостного разрушения стержней, в испытательном лабораторном центре ФГБУН НИИ ФХМ ФМБА России проведены технические испытания, которые подтвердили соответствие стержней установленным

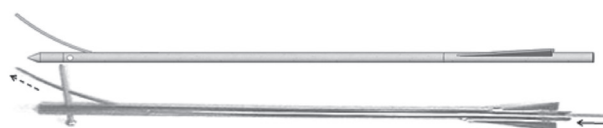


Рис. 1. Изометрическая модель и внешний вид стержня «СарНИИТО»

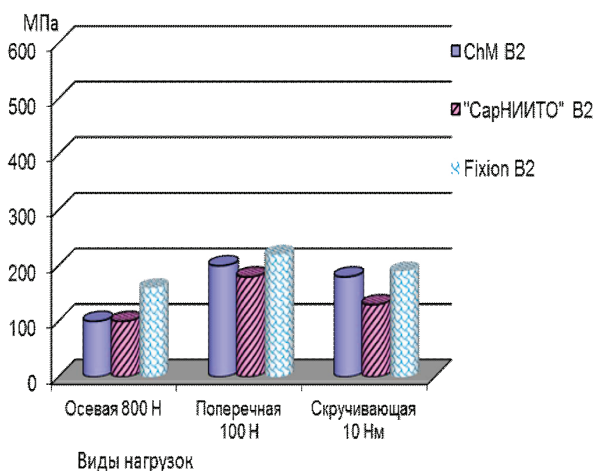
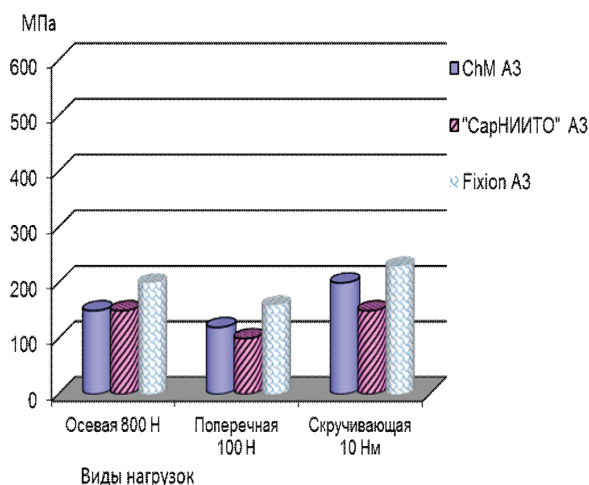
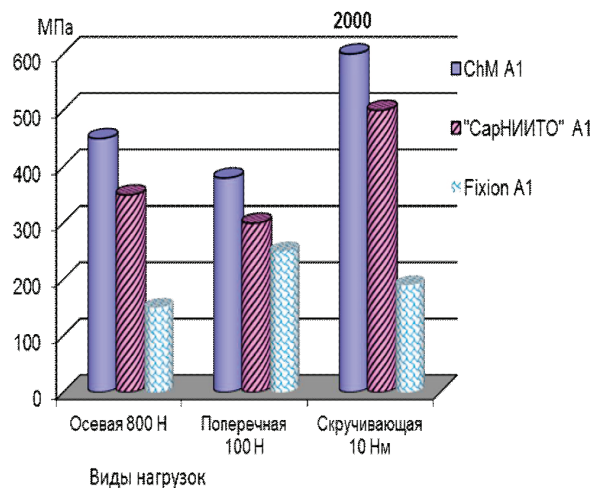


Рис. 2. Графическое отображение значений эффективных напряжений (по Мизесу) при трех видах нагрузок (осевой, поперечной и скручивающей) на разные типы стержней, синтезирующих смоделированные переломы типа A1; A3; B2 на уровне средней трети бедренной кости

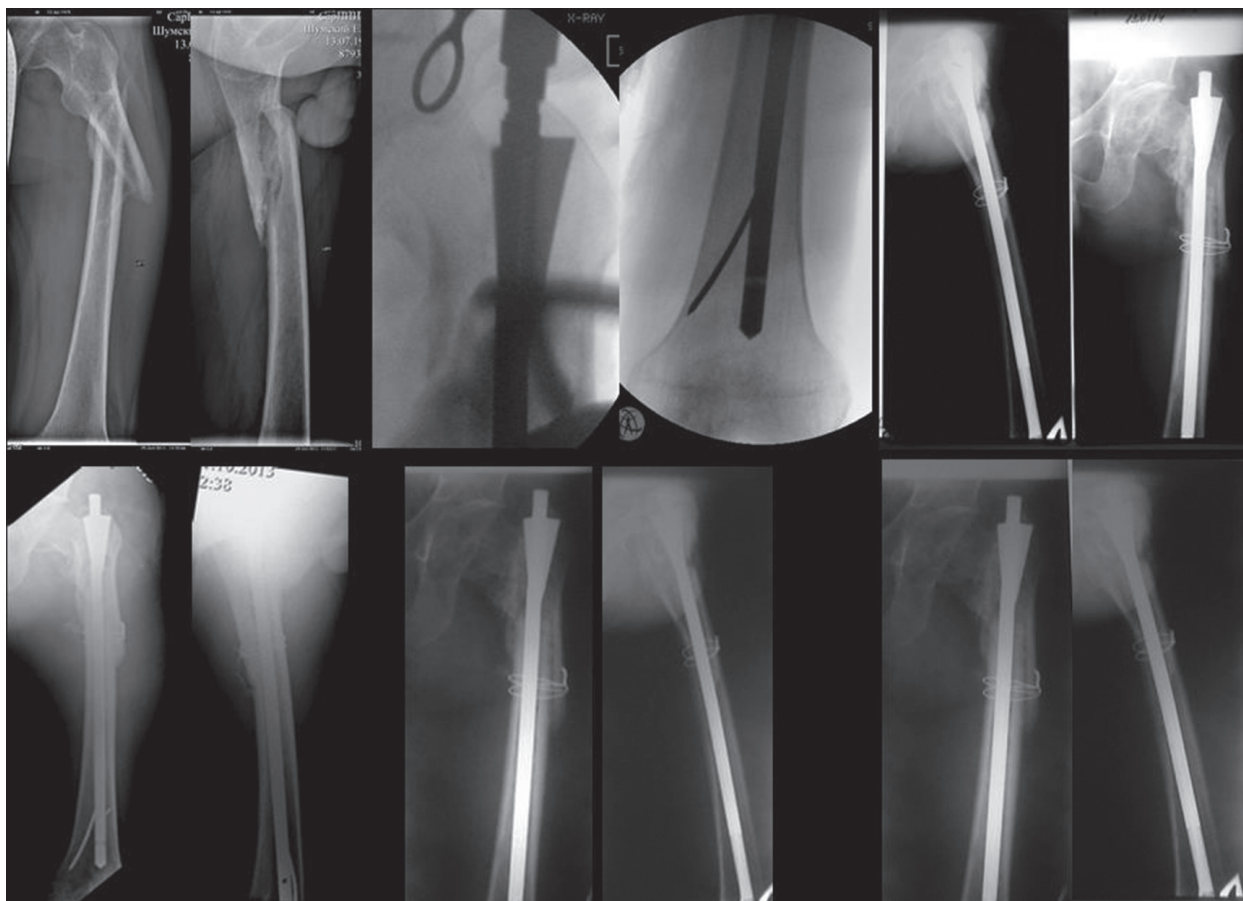


Рис. 3. Рентгенограммы пациента П. в процессе лечения: *первая* — при поступлении; *вторая* — во время операции (ЭОП); *третья* — после операции (1-е сутки); *четвертая* — через 1 месяц; *пятая* — через 3 месяца; *шестая* — через 6 месяцев после операции

нормативным техническим и эксплуатационным требованиям (акт №12.17ОРТИ/2015 от 29.01.2015).

После сравнительных биомеханических исследований интрамедуллярных систем и получения разрешения Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения сделан однозначный вывод о безопасности использования разработанного интрамедуллярного стержня, и мы приступили к его клиническому применению. Проведено лечение 8 пациентов с последствиями травм бедренной кости с использованием в качестве фиксатора стержня «СарНИИТО» производства ООО «Эндокарбон» (Пенза).

С целью демонстрации результатов клинических испытаний разработанного стержня «СарНИИТО» считаем возможным представить следующее наблюдение.

Больной П. госпитализирован в травматолого-ортопедическое отделение №1 НИИТОН СГМУ. Установлен диагноз: неправильно срастающийся перелом верхней трети диафиза левой бедренной кости (рис. 3).

После консервативного лечения, проводимого в течение 2,5 месяца, на рентгенограмме наблюдали варусную деформацию бедра до 30°, ротационную (наружу) до 25°, появление признаков регенерации. Клинически определялась тугая патологическая подвижность в пределах 20°.

Произведена операция: открытая адаптация отломков с предварительной стабилизацией серкляжным швом. Дальнейшая фиксация перелома осуществлялась из мини-доступа стержнем «СарНИ-

ИТО» по технологии антеградного интрамедуллярного остеосинтеза. Проксимальное блокирование стержня осуществляли за счет формы стержня (выступающих ребер), а дистальное — за счет гибкого упруго-эластичного элемента изнутри канала стержня под углом, в область внутреннего мыщелка бедра. Патологической подвижности после имплантации стержня выявлено не было, отмечали стабильную фиксацию. Время на фиксацию перелома стержнем «СарНИИТО» вместе с блокированием составило около 15 минут.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Нагрузка на конечность начата с дозированной ходьбы с весом на опоры 20–30 кг на 5-е сутки после операции, полноценное нагружение нижней конечности осуществлено к концу 1-го месяца. Рентгенологическое сращение перелома наступило к 4 месяцам. В это время нагрузка на конечность и движения в смежных суставах были восстановлены. Пациент вернулся к труду.

Обсуждение. Интрамедуллярная фиксация отломков при переломах бедренной кости широко распространена в мировой практике с 1940-х годов и постоянно совершенствовалась. Техника введения стержня, дизайн формы, а также блокирование направлены на снижение травматичности операции и скорейшее заживление перелома. Интрамедуллярное шинирование бедренной кости круглым стержнем сравнимо с восстановительной хирургией, когда приходится жертвовать либо функцией нижней конечности, либо полным ее анатомическим восстановле-

нием. Согласно данным литературы поперечное блокирование стержней при статическом остеосинтезе в течение двух месяцев усиливает резорбцию костной ткани на концах отломков, исходы заживления костной раны выражаются в несращении, ложном суставе и диастазе от 7,1 до 13,3% [16–17].

Выражая общее мнение, отмечаем, что улучшение качества лечения пациентов с переломами костей с использованием знаний биомеханики кости строится на биоинженерном подходе к видам остеосинтеза, который должен начинаться с доклинического исследования конструкций. Это не только проектирование шин (стержней), но и расчет их биомеханических характеристик, сравнение показателей для индивидуального подбора в конкретной клинической ситуации. Данная работа построена именно в этом ракурсе на примере переломов типа A1, A3, B2 (по AO/ASIF) в средней трети бедра.

Результаты расчетов нами проанализированы, выявлены особенности напряженно-деформированного состояния трехмерной модели систем «кость — имплантат». Принимая во внимание выносимость медицинской стали стержней (300 ± 30 МПа) [18], мы установили, что максимальные эффективные напряжения (по Мизесу), возникающие в стержне «СарНИИТО» в результате влияния различных видов силовых воздействий и типов фрактур, соответствовали значениям, не превышающим разрушающие. Это свидетельствует в пользу того, что циклические нагрузки, осуществляемые по оси, в поперечном направлении или в результате скручивания, не приведут к разрушению стержней при осуществлении 10^7 циклов нагружения.

Если анализировать максимальные эффективные напряжения, возникающие в стержне «СарНИИТО», то наиболее нагруженными являются его тело в месте перелома, а также проксимальные ребра. Дистальный винт в сочетании с упруго-эластичным элементом, оказывается менее нагруженным, хотя некоторое повышение эффективных напряжений в месте его контакта со стержнем присутствует.

В случае скручивающей нагрузки стержень «СарНИИТО» показал практически вдвое меньшие перемещения, чем стержень ChM, что вполне объясняется его конструкцией, имеющей продольные ребра, способной динамизироваться и, как следствие, способной закрепляться в кости.

Заключение. Механические характеристики разработанных стержней «СарНИИТО» позволяют рекомендовать их к клиническому использованию у больных с переломами диафиза бедренной кости. Дальнейшее исследование клинического плана определяет место и показания к выбору типу фиксаторов в зависимости от уровня и типа перелома.

Конфликт интересов. Работа выполнена в рамках инициативного плана НИР НИИТОН ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России №154018–08 «Совершенствование методов диагностики, лечения и профилактики травм и заболеваний опорно-двигательной и нервной систем». Регистрационное удостоверение АААА-А18-118060790019-0.

Авторский вклад: концепция и дизайн исследования — А.П. Барабаш; получение и обработка данных — Ю.А. Барабаш, Д.В. Иванов, П.П. Зуев, С. П. Шпиняк; анализ и интерпретация результатов — П.П. Зуев, Д.В. Иванов, С. П. Шпиняк; написание статьи — П.П. Зуев; утверждение рукописи для публикации — И.А. Норкин.

References (Литература)

1. Barabash AP, Kaplunov AG, Barabash YuA, et al. False joints of long bones (technologies of treatment and outcomes). Saratov: SSMU, 2010; 130 p. Russian (Барабаш А.П., Каплун А.Г., Барабаш Ю.А., и др. Ложные суставы длинных костей (технологии лечения, исходы). Саратов: Изд-во СГМУ, 2010; 130 с.).
2. Barabash AP, Norkin IA, Ivanov DA, Barabash YuA. Computer 3D simulations of human femur bone and osteosynthesis rods. In: Innovative implants in surgery (collected papers). Part 3. M.: A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, 2014; p. 214–21. Russian (Барабаш А.П., Норкин И.А., Иванов Д.А., Барабаш Ю.А. Компьютерное трехмерное моделирование бедренной кости человека и стержней для остеосинтеза. В сб.: Инновационные имплантаты в хирургии (сб. трудов). Ч. 3. М.: НЦССХ им. Бакулева РАМН, 2014; с. 214–21).
3. Verkhovod AYU, Ivanov DV. Application of finite elements method for comparative evaluation of osteosynthesis stability of tibia long bones comminuted diaphysal fractures blocked with intramedullary nails and external fixation apparatus. Modern problems of science and education 2012; 4. URL: www.science-education.ru/104–6905. Russian: (Верховод А.Ю., Иванов Д.В. Применение метода конечных элементов для сравнительной оценки стабильности остеосинтеза оскольчатых диафизарных переломов костей голени блокируемыми интрамедуллярными стержнями и аппаратами наружной фиксации. Современные проблемы науки и образования 2012; 4. URL: www.science-education.ru/104–6905).
4. Ivanov DV, Barabash AP, Barabash YuA. Intramedullary nail of new type for osteosynthesis of tibia diaphysal fractures. Russian biomechanics journal 2015; 19 (1): 52–64. Russian (Иванов Д.В., Барабаш А.П., Барабаш Ю.А. Интрамедуллярный стержень нового типа для остеосинтеза диафизарных переломов бедра. Российский журнал биомеханики 2015; 19 (1): 52–64).
5. Ilizarov GA. The importance of complex of optimal mechanical and biological factors in regeneration process at transosseous osteosynthesis. In: Abstracts of presentations of National symposium Experimental, theoretical and clinical aspects of the transosseous osteosynthesis method developed by Russian Ilizarov Scientific Centre "Restorative Traumatology and Orthopaedics". 1983; p. 5–15. Russian (Илизаров Г.А. Значение комплекса оптимальных механических и биологических факторов в регенераторном процессе при чрезкостном остеосинтезе. В сб.: Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума с участием иностранных специалистов «Клинико-теоретические и клинические аспекты разрабатываемого в КНИИЭКОТ метода чрезкостного остеосинтеза». 1983; 5–15).
6. Rublennik IM, Vasyuk VL, Kovalchuk PE. 30 years of application of blocking intramedullary metal-polymer osteosynthesis in treatment of long bones fractures in 1200 patients. Clinical medicine: Bulletin of VSNC SO RAMN 2011; 4 (80): 161–7. Russian (Рубленик И.М., Васюк В.Л., Ковальчук П.Е. 30-летний опыт применения блокирующего интрамедуллярного металлополимерного остеосинтеза в лечении переломов длинных костей у 1200 пациентов. Клиническая медицина: Бюллетень ВСНЦ СО РАМН 2011; 4 (80): 161–7).
7. Feodosyev VI. Resistance of materials. M.: Bauman MSTU Publishing house, 1999; 590 p. Russian (Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; 1999, 590 с.).
8. Bougherara H, Zdero R, Miric M, et al. The biomechanics of the T2 femoral nailing system: a comparison of synthetic femurs with finite element analysis. Proc Inst Mech Eng H 2009; 223 (3): 303–14.
9. Zysset PK, Guo XE, Hoffer CE, et al. Elastic modulus and hardness of cortical and trabecular bone lamellae measured by nanoindentation in the human femur. J Biomech. 1999; 32 (10): 1005–12.
10. Cheung G, Zalzal P, Bhandari M, et al. Finite element analysis of a femoral retrograde intramedullary nail subject to gait loading. Med Eng Phys 2004; 26 (2): 93–108.
11. Chen T-H, Lung C-Y, Cheng C-K. Biomechanical Comparison of A New Stemless Hip Prosthesis with Different — A Finite Element Analysis. J Med Biol Eng 2008; 29 (3): 108–13.
12. Liu XD, Wang XB, Wu ZD, et al. Minimally invasive percutaneous osteosynthesis with intramedullary nail and close

reduction by manipulation for the treatment of femoral shaft fractures. Zhongguo Gu Shang 2014; 27 (1): 67–9.

13. Dergachyov VV, Aleksandrov AN, Vankhalskiy SB, et al. Intramedullary blocking osteosynthesis: modern technique, new complications, complications. Trauma 2011; (4): 26–9. Russian (Дергачев В.В., Александров А.Н., Ванхальский С.Б. и др. Интрамедуллярный блокирующий остеосинтез: современная методика, новые сложности, осложнения. Травма 2011; (4): 26–9).

14. Nareliya R, Kumar V. Biomechanical analysis of human femur bone. International journal of engineering science and technology 2011; 3 (4): 3090–4.

15. Shapovalov VM, Khominets VV, Mikhaylov SV, et al. Mistakes and complications at performing internal osteosynthesis in patients with fractures of extremities long bones. Voenno-meditsinskiy journal 2014; (1): 29–32. Russian (Шаповалов В.М., Хоминец В.В., Михайлов С.В. и др. Ошибки и осложнения при выполнении внутреннего остеосинтеза у

больных с переломами длинных костей конечностей. Военно-медицинский журнал 2014; (1): 29–32).

16. Sokolov VA, Bialik EI, Fain AM, et al. Prevention and treatment of complications of the closed blocked osteosynthesis fractures of long bones in patients with polytrauma. Bulletin of traumatology and orthopedics n.a. N.N. Priorov 2008; (2): 29–32. Russian (Соколов В.А., Бялик Е.И., Файн А.М. и др. Профилактика и лечение осложнений закрытого блокируемого остеосинтеза переломов длинных костей у пострадавших с политравмой. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова 2008; (2): 29–32).

17. Celik A, Kovac H, Saka G, Kaymaz I. Numerical investigation of mechanical effects caused by various fixation positions on a new radius intramedullary nail. Comput Methods Biomech Biomed Engin. 2015; 18 (3): 316–24.

18. Kapoor SK, Kataria H, Boruah T, et al. Expandable self-locking nail in the management of closed diaphyseal fractures of femur and tibia. Indian J Orthop 2009; (43): 264–70.

УДК 616–72

Оригинальная статья

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРИГИНАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ УСТАНОВКЕ БЕДРЕННОГО КОМПОНЕНТА ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Д. И. Варфоломеев — ФГБОУ ВО «Воронежский ГМУ им. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, слушатель кафедры травматологии и ортопедии; **В. Г. Самодай** — ФГБОУ ВО «Воронежский ГМУ им. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, профессор, доктор медицинских наук.

THE USE OF ORIGINAL DEVICE FOR POSITIONING TOOLS DURING THE INSTALLATION OF FEMORAL COMPONENT OF HIP JOINT

D. I. Varfolomeev — Voronezh State Medical University n.a. N. N. Burdenko, Post-graduate of Department of Traumatology and Orthopedics; **V. G. Samoday** — Voronezh State Medical University n.a. N. N. Burdenko, Head of Department of Traumatology and Orthopedics, Professor, DSc.

Дата поступления — 12.02.2019 г.

Дата принятия в печать — 28.02.2019 г.

Варфоломеев Д. И., Самодай В. Г. Возможности использования оригинального устройства для позиционирования инструментов при установке бедренного компонента эндопротеза тазобедренного сустава. Саратовский научно-медицинский журнал 2019; 15 (1): 57–61.

Цель: провести оценку точности выполнения резекции шейки бедренной кости с использованием разработанного «Устройства для позиционирования инструментов при установке бедренного компонента эндопротеза тазобедренного сустава». **Материал и методы.** На базе кафедры травматологии и ортопедии Воронежского государственного медицинского университета им. Н. Н. Бурденко проведены экспериментальные исследования на 40 моделях пластиковых костей. В группе сравнения резекция выполнялась с использованием предложенного устройства, в контрольной группе — с помощью стандартного направителя. **Результаты.** Проведенные экспериментальные исследования продемонстрировали более высокую точность выполнения остеотомии шейки бедренной кости в группе сравнения. Среднее значение угла опилования шейки во фронтальной плоскости в группе сравнения было на 3,2° больше, чем в контрольной группе ($p < 0,05$), а в сагиттальной разнице составила 3,1°. Средние значения расстояния от линии остеотомии до верхушки большого вертела в обеих группах достоверно не отличались ($p = 0,62$). **Заключение.** Использование разработанного устройства позволяет с высокой точностью выполнять остеотомию шейки бедренной кости, а также контролировать положение ножки эндопротеза, что способствует снижению количества осложнений и улучшению качества жизни пациентов.

Ключевые слова: эндопротезирование, устройство для остеотомии, шейка бедренной кости.

Varfolomeev DI, Samoday VG. The use of original device for positioning tools during the installation of femoral component of hip joint. *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2019; 15 (1): 57–61.

Objective: to assess the accuracy of the femoral neck resection using the developed “Device for positioning tools for the installation of the femoral component of the hip prosthesis”. **Material and Methods.** On the basis of the Department of traumatology and orthopedics of Voronezh state medical University n.a. N. N. Burdenko conducted experimental studies on 40 models of plastic bones. In the comparison group resection was performed using the proposed device, in the control group — using a standard guide. **Results.** Experimental studies have demonstrated higher accuracy of femoral neck osteotomy in the comparison group. The average value of the neck filing angle in the frontal plane in the comparison group was 3.2° higher than in the control group ($p < 0.05$), and in the sagittal difference was 3.1°. The average distance from the line of the osteotomy to the apex of the greater trochanter in both groups was not significantly different ($p = 0.62$). **Conclusion.** The use of the developed device allows to perform osteotomy of the femoral neck with high accuracy, as well as to control the position of the leg endoprosthesis, which helps to reduce the number of complications and improve the quality of life of patients.

Key words: endoprosthesis, device for osteotomy, femoral neck.