

УДК 616.71-001.5-089.84-611.982

ИНТРАМЕДУЛЛЯРНЫЙ СТЕРЖЕНЬ ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА ВНЕСУСТАВНЫХ ПЕРЕЛОМОВ ВЕРХНЕЙ ТРЕТИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

Кауц О. А.¹, Барабаш А. П.¹, Иванов Д. В.², Барабаш Ю. А.¹, Гражданов К. А.¹, Русанов А. Г.¹

¹ФГБУ «СарНИИТО» Минздрава России, Саратов, e-mail: Oandreevich2009@yandex.ru;

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Саратов, e-mail: ivanovdv@gmail.com

Работа посвящена разработанному нами интрамедуллярному стержню для остеосинтеза внесуставных переломов верхней трети бедренной кости (патент РФ №146659), освещению конструктивных особенностей и эффективности его применения в травматологии и ортопедии. Для объективного доказательства эффективности разработанного интрамедуллярного стержня была построена трехмерная модель стержня в системе автоматизированного проектирования SolidWorks и произведено изучение жёсткости и стабильности фиксации перелома в зависимости от разных типов нагрузок: осевой (700 Н), поперечной (100 Н) и скручивающей (10 Н) при подвертельном переломе бедренной кости (тип 32-1А). При исследовании стабильности системы «кость-фиксатор» выявлено, что при рассчитанных нагрузках разработанный интрамедуллярный стержень имеет достаточную жесткость и стабильность фиксации переломов проксимальной трети бедренной кости.

Ключевые слова: интрамедуллярный стержень, остеосинтез, перелом, бедренная кость, моделирование.

INTRAMEDULLARY NAIL FOR OSTEOSYNTHESIS EXTRA-ARTICULAR FRACTURES OF THE UPPER THIRD OF THE FEMUR

Kauts O. A.¹, Barabash A. P.¹, Ivanov D. V.², Barabash Yu. A.¹, Grazhdanov K. A.¹, Rusanov A. G.¹

¹ Federal Government-Financed Institution «Saratov Research Institute of Traumatology and Orthopaedics» of Ministry of Public Health of the Russian Federation, Saratov, e-mail: Oandreevich2009@yandex.ru;

² National Research Saratov State University n.a. N. G. Chtrnyshevsky, Russia, e-mail: ivanovdv@gmail.com

This work is devoted to our developed intramedullary nail fixation for extra-articular fractures of the upper third of the femur (RF patent №146659), lighting design features and the effectiveness of its application in traumatology and orthopedics. For no objective evidence of the effectiveness of the developed intramedullary nail it was built three-dimensional model of the rod in the CAD system SolidWorks and made the study of rigidity and stability of fracture fixation, depending on the different types of loads: axial (700 N), transverse (100 N) and torque (10 N) at subtrochanteric fractures of the femur (type 32-1A). In the study of the stability of "bone-lock" system revealed that the calculated loads developed by intramedullary rod has sufficient rigidity and stability of fixation of fractures of the proximal third of the femur.

Keywords: intramedullary nail fixation, osteosynthesis, fracture, femur, modeling.

Проблема хирургического лечения внесуставных (околосуставных) переломов проксимальной трети бедренной кости продолжает оставаться актуальной для травматологов-ортопедов. Это обусловлено, прежде всего, тем, что по данным разных авторов, частота их в настоящее время составляет от 9 % до 45 % в структуре повреждений опорно-двигательного аппарата и от 20 до 38 % от всех переломов бедра [1,7]. Остеопоретические изменения костей скелета после 60-ти лет достигают 72 %, что обуславливает истончение кортикального слоя костей и приводит к хрупкости кости и переломам даже при незначительной травме [6].

Консервативное лечение утратило свою актуальность в связи с неудовлетворительными результатами в 70–75 % наблюдений [4,5]. Однако, несмотря на использование активной хирургической тактики, неудовлетворительные исходы лечения наблюдаются у 16–40,1 % больных [8]. Улучшение исходов лечения больных, повышение социальной адаптации и качества их жизни являются основной задачей, стоящей перед хирургами.

Каждый вид остеосинтеза (чрескостный, накостный и интрамедуллярный) активно применяется в клинике, и у каждого имеются как преимущества, так и недостатки перед другими. Оптимальной выбор вида остеосинтеза и типа фиксатора определяет не только исходы лечения пациентов, но и качество их жизни [9,10].

В настоящее время наибольшую популярность среди хирургов приобрёл интрамедуллярный остеосинтез с блокированием. Известны различные конструкции интрамедуллярных устройств для остеосинтеза проксимального отдела бедренной кости (авторские свидетельства SU на изобретения №662082, №405543, 1595494, патент RU на изобретение №2289351), а также интрамедуллярных устройств, широко используемых в нашей стране, выпускаемых зарубежными производителями (PFN, PFN-A, Gamma Nail, Affixus). Все они имеют схожую конструкцию, включающую протяженный цилиндрический корпус и блокирующие элементы фиксации. Среди преимуществ выделяют малоинвазивность метода, возможность осуществления остеосинтеза закрыто, возможность применения при многооскольчатых переломах подвертельной области, при застарелых переломах и псевдоартрозах, высокую прочность фиксации, обеспечивающую раннюю мобильность пациентов [2,3].

Решение проблемы видится нам в совершенствовании конструкций для остеосинтеза, использовании малоинвазивных методик, сокращении времени операции за счёт упрощения и уменьшения её этапов, а при наличии застарелых или несросшихся переломов использование методов стимуляции остеогенеза.

Цель исследования. Улучшение лечения пациентов с околоуставными переломами верхней трети бедренной кости за счёт использования разработанного интрамедуллярного стержня.

Материалы и методы

При разработке нового интрамедуллярного устройства ставились задачи избежать неудобства укладки пациента и трудоёмкости репозиции перелома, упростить подходы к введению стержня, исключить внутрисуставное введение блокирующих элементов, уменьшить

число этапов оперативного вмешательства и тем самым сократить время пребывания пациента на операционном столе.

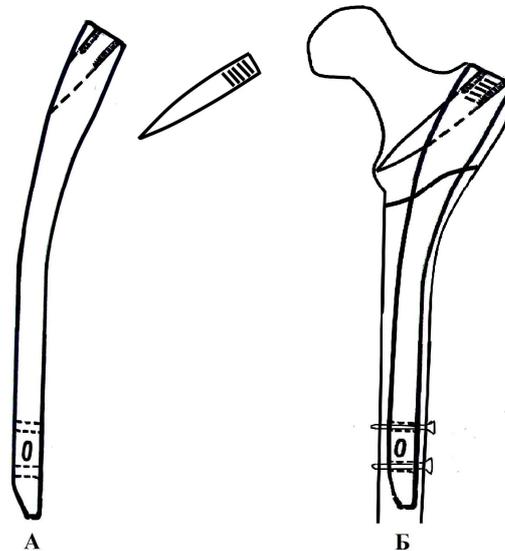


Рис. 1. А – общий вид интрамедуллярного устройства, Б – вид устройства, установленного в бедренную кость

Разработанное интрамедуллярное устройство для остеосинтеза околоуставных переломов верхней трети бедренной кости состоит из протяженного цилиндрического корпуса. Проксимальный конец корпуса выполнен изогнутым под углом порядка $20\text{--}30^\circ$ к продольной оси устройства. Корпус выполнен с плавно увеличивающимся до 1,5–2 раз диаметром в сторону проксимального конца на протяжении $1/3$ длины устройства. Со стороны проксимального конца расположен сквозной косопоперечный канал, через который вводится стержень-шило для проксимальной блокировки устройства. Сквозной косопоперечный канал расположен под углом $40\text{--}45^\circ$ к продольной оси корпуса и соединен с его центральным каналом. В дистальном конце стержня предусмотрены поперечные каналы для обеспечения дистального блокирования устройства.

Возможность смещения точки введения устройства на область большого вертела за счет изгиба проксимального конца корпуса и выполнения косопоперечного канала под определенными углами к продольной оси устройства упрощает процесс установки стержня-шила и устройства в костномозговой канал бедренной кости. Стержень-шило выполняет роль проксимального блокирующего элемента и одновременно винта-заглушки, что уменьшает число разборных деталей устройства и снижает трудоемкость хирургического вмешательства, а также экономит время его проведения. Конструктивные особенности выполнения блокирующего

элемента в виде стержня-шила позволяет осуществить дополнительную компрессию по линии перелома при его упоре на дугу Адамса, являющейся наиболее прочной зоной бедренной кости, за счет перемещения корпуса устройства в краниальном направлении, что способствует уменьшению диастаза между фрагментами перелома, и ускорению сроков формирования костного регенерата.

Для подтверждения жёсткости и стабильности фиксации перелома разработанным интрамедуллярным фиксатором было проведено исследование напряженно-деформированного состояния системы кость-фиксатор при разных типах нагрузений.

При моделировании предполагалось, что имплантаты изготовлены из нержавеющей стали с модулем Юнга $1.93 \cdot 10^{11}$ Па и коэффициентом Пуассона 0.33. Разброс модулей упругости костной ткани достаточно велик. Это объясняется различием в методах исследования, способом подготовки образцов и т.п. Тем не менее большинство исследователей приходят к выводу, что модуль упругости трабекулярной кости на 20–30 % ниже модуля упругости кортикальной кости. Механические параметры трабекулярного и кортикального слоев были взяты из литературы. Считалось, что материалы фиксаторов и костной ткани являлись изотропными идеально-упругими. Такое предположение оправдано и используется другими авторами, когда проводится сравнительный анализ различных имплантатов с точки зрения механики. При расчетах учитывались большие деформации, которые могут возникать как в костной ткани, так и в фиксаторах, то есть постановка задачи включала геометрическую нелинейность.

Численные расчеты проводились в системе Ansys (ANSYS, Inc.) 15.0 с использованием среды Workbench. Решались статические задачи о нагружении систем кость-фиксатор тремя типами нагрузок, прикладываемых к головке кости. Дистальный конец кости жестко закреплялся. При постановке и решении задач о взаимодействии костных отломков и фиксаторов между ними учитывалось контактное взаимодействие без трения. Резьба винтов не моделировалась. Между блокирующими винтами и костными отломками задавался контакт типа «bonded», исключающий их взаимное перемещение и скольжение.

Трехмерная модель стержня с проксимальным блокирующим винтом-шилом была построена на основе чертежей и текстового описания патента РФ №146659 «Интрамедуллярное устройство для остеосинтеза переломов верхней трети бедренной кости» в системе автоматизированного проектирования SolidWorks.

Основные размеры стержня, его внешний вид показаны на рисунке 2.

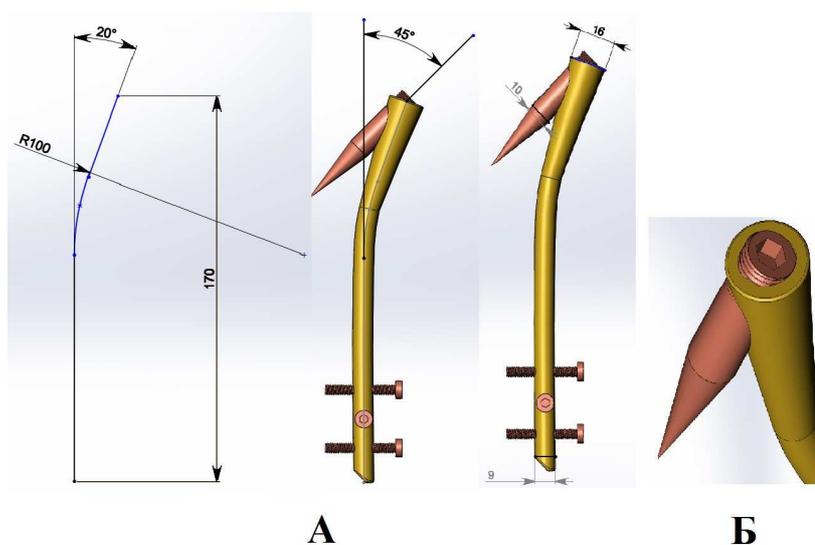


Рис. 2. А – линейные размеры и углы модели предлагаемого стержня, Б – трехмерное изображение проксимальной части модели стержня

Длина стержня составила 170 мм, диаметр в дистальном отделе 9 мм, диаметр проксимального торца равнялся 16 мм.

Этот стержень применим для остеосинтеза следующих типов переломов по классификации АО: межвертельные переломы (31-А3), высокие подвертельные переломы (32-А1).

Результаты и их обсуждение. Произведён расчет статических задач теории упругости, описывающих контактное взаимодействие систем кость-фиксатор при трех видах нагрузок: осевая (700 Н), поперечная (100 Н) и скручивающая (10 Н) при подвертельном переломе (тип 32-1А). Приведем результаты для напряженно-деформированного состояния системы кость-стержень разработанного интрамедуллярного фиксатора при трех исследованных нагрузках (рисунок 3).

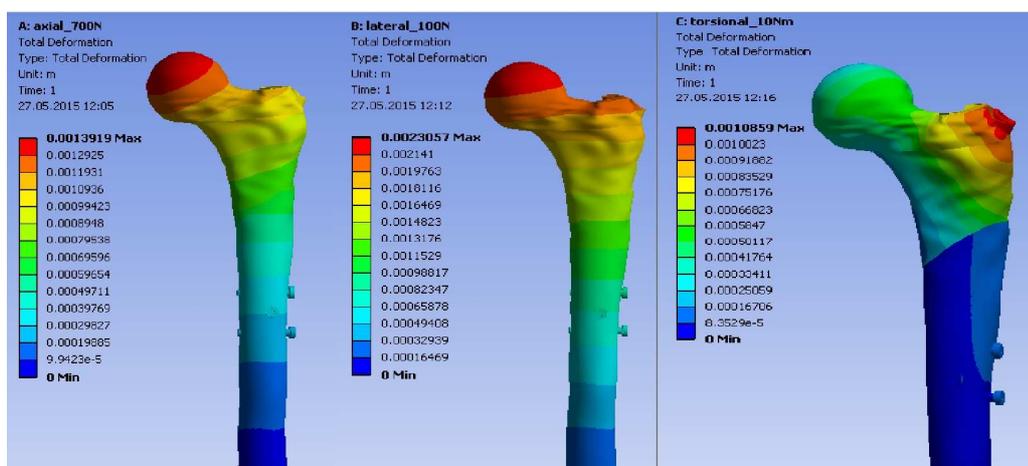


Рис. 3. Поля перемещений для разработанного интрамедуллярного стержня трех рассмотренных нагрузок (слева-направо: осевая, поперечная сила и скручивающий момент)

При анализе максимального перемещения костных отломков для каждого вида нагрузки можно отметить достаточную стабильность перелома при осевой и поперечной нагрузках (1,4 и 2,3 мм соответственно). В случае скручивающего момента максимальные перемещения головки бедра для нового стержня составляют 1,1 мм.

Далее были проанализированы эффективные напряжения, возникающие в анализируемом интрамедуллярном стержне (рисунок 4).

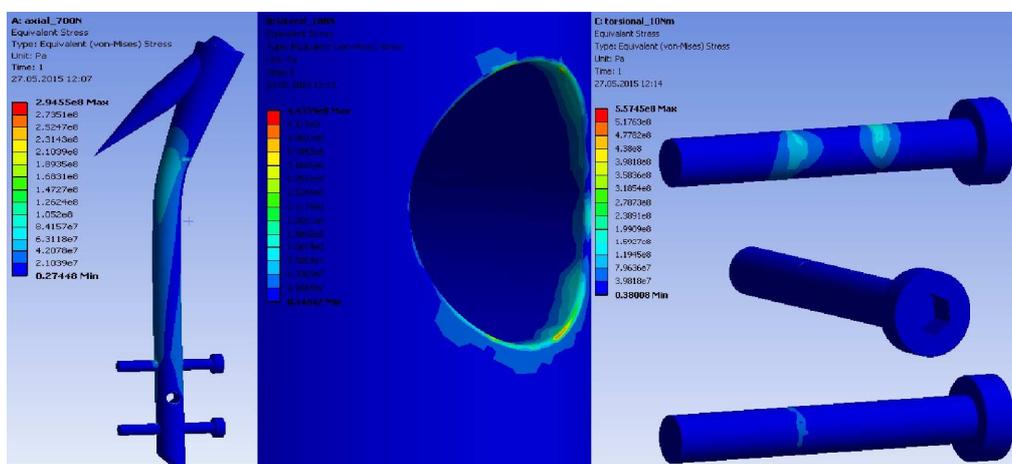


Рис. 4. Эффективные напряжения в интрамедуллярном стержне с проксимальным винтом-шлом (слева-направо: осевая сила, поперечная сила, скручивающий момент)

При анализе эффективных напряжений можно отметить следующие закономерности. Для исследуемого нового интрамедуллярного стержня наибольшие напряжения обнаруживаются на блокирующих винтах, а также в теле стержня. Максимальные эффективные напряжения

выявлены при скручивающей нагрузке и составили 557 Мпа. При осевой и поперечной нагрузке максимальные напряжения составили 443 Мпа и 295 Мпа соответственно.

Выводы

1. Компьютерное трёхмерное моделирование с использованием специализированных программных продуктов оказывает значительную помощь в определении стабильности и жёсткости фиксации вновь предлагаемых металлоконструкций для остеосинтеза переломов.

2. При анализе цифровых данных, полученных в результате компьютерного трёхмерного моделирования и исследования стабильности системы «кость-фиксатор», выявлено, что при рассчитанных нагрузках разработанный интрамедуллярный стержень имеет достаточную жесткость и стабильность фиксации переломов проксимальной трети бедренной кости и после прохождения сертификации может быть рекомендован для использования в клинической практике.

Список литературы

1. Загородний Н. В., Жармухамбетов Е. А. Хирургическое лечение вертельных переломов бедренной кости // Рос. мед. журнал. – 2006. – № 2. – С. 18-19.
2. Интрамедуллярный стержень нового типа для остеосинтеза диафизарных переломов бедра / Д. В. Иванов, А. П. Барабаш, Ю. А. Барабаш // Российский журнал биомеханики. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 52–64.
3. Исходы интрамедуллярного остеосинтеза околосуставных переломов проксимального отдела бедренной кости / О. А. Кауц, Ю. А. Барабаш, А. П. Барабаш [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10 (3). – С. 484-487.
4. Котельников Г. П. Новое в хирургическом лечении переломов вертельной области у лиц пожилого и старческого возраста / Г. П. Котельников, А. Е. Безруков, А. Г. Нагота // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2000. – № 4. – С. 13-17.
5. Лечение больных пожилого и старческого возраста с вертельными переломами проксимального отдела бедренной кости / А. Г. Русанов, А. П. Барабаш, О. А. Кауц [и др.]. // Медицинский альманах. – 2012. – № 5 (24). – С.157-160.
6. Лечение переломов проксимального отдела бедренной кости на фоне остеопороза / А. Ф. Лазарев, Э. И. Солод, А. О. Рагозин, М. Г. Какабадзе // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2004. – № 1. – С. 27-31.

7. Современное состояние проблемы лечения больных с внесуставными переломами проксимального отдела бедренной кости (обзор литературы) / Р. М. Тихилов, А. Ю. Кочин, А. Н. Мироненко [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2009. – № 4 (54). – С. 113.
8. Сравнительный анализ различных методов лечения больных с переломами вертельной области бедренной кости / В. М. Шаповалов [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2006. – № 2 (40). – С. 326.
9. Чрескостный остеосинтез переломов вертельной области бедренной кости у пациентов пожилого и старческого возраста. / А. И. Городниченко, В. Н. Боровков, О. Н. Усков, Г. В. Сорокин // Травматология и ортопедия России. – 2006. – № 2. – С. 83.
10. Proximal fracture of the femur in elderly patients. The influence of surgical care and patient characteristics on post-operative mortality / F. Geiger, K. Schreiner, S. Schneider et al. // Der Orthopede. 2006. №35 (6). P. 651-657.