

УДК 617.581:004.94

## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫБОРА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТА С ПЕРЕЛОМОМ БЕДРЕННОЙ КОСТИ В УСЛОВИЯХ ОСТЕОПОРОЗА

© О.Н. Ямщиков, И.А. Норкин, С.А. Емельянов, Д.А. Марков

*Ключевые слова:* бедренная кость; остеосинтез; компьютерное моделирование; предоперационное планирование.

Лечение переломов бедренной кости остается одной из самых трудных задач в травматологии. Еще более сложной задачей является проведение остеосинтеза при наличии у пациента остеопороза. Наиболее часто используется система динамического бедренного винта и система динамического мышечкового винта, наkostный остеосинтез с применением пластин с ограниченной площадью контакта и угловой стабильностью, а также интрамедуллярный блокируемый остеосинтез. Для подбора необходимой для остеосинтеза металлоконструкции возможно применение компьютерного моделирования. В результате виртуального моделирования остеосинтеза оценивается его качество в различных условиях с применением имеющихся конструкций. Приведен пример подбора металлоконструкции для лечения диафизарного перелома бедренной кости в условиях остеопороза с применением компьютерного моделирования в предоперационном планировании. Применяется программно-информационный комплекс, основывающийся на использовании математических методов компьютерного моделирования и технологий параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных системах для прогнозирования травм, их последствий и хирургических вмешательств. Согласно результатам компьютерного моделирования подобрана наиболее оптимальная металлоконструкция и проведено оперативное лечение пациента. При анализе результатов лечения выявлено полное соответствие результатов предоперационного планирования клинической картине, что отражает правильность подбора металлофиксатора.

Лечение переломов бедренной кости остается одной из самых трудных задач в травматологии. Переломы бедренных костей встречаются с частотой до 18 на 100 000 жителей [1]. Еще более сложной задачей является проведение остеосинтеза при наличии у пациента остеопороза. Наиболее часто данная ситуация встречается у пожилых ослабленных больных, а также у пациентов после длительного восстановительного периода после других переломов, когда из-за длительного отсутствия нагрузки снижается минеральная плотность костной ткани [2–4]. Для лечения переломов бедренных костей применяются разнообразные металлоконструкции. В распоряжении травматологов в современных условиях находятся различные металлофиксаторы. Наиболее часто используется система динамического бедренного винта и система динамического мышечкового винта, наkostный остеосинтез с применением пластин с ограниченной площадью контакта и угловой стабильностью, а также интрамедуллярный блокируемый остеосинтез [1; 5]. В связи с этим для подбора наиболее оптимального при данном переломе металлофиксатора могут возникать затруднения [6–7]. Одним из наиболее значимых показателей является прочность фиксации отломков и минимизация травмирования окружающей кости, ограничение подвижности костных отломков после остеосинтеза. Это тем более актуально при наличии у пациента остеопороза [3]. Качество остеосинтеза с применением одних и тех же металлоконструкций для определенной локализации перелома может значительно отличаться в зависимости от состояния поврежденной кости. Качество костной ткани, в свою очередь, зависит от пола, возраста паци-

ента, физической активности, наличия сопутствующих заболеваний, общего состояния пациента. Все эти факторы должны учитываться в предоперационном планировании. Поэтому для детального расчета прочности фиксации, визуализации смещений и напряжений в зоне перелома при остеосинтезе необходимо проведение математического и компьютерного моделирования. Применение данных методик облегчает проведение хирургических вмешательств и напрямую влияют на их результат [6–8].

Для более оптимального подбора металлоконструкции в предоперационном периоде разработан программно-информационный комплекс, основывающийся на использовании математических методов компьютерного моделирования и технологий параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных системах для прогнозирования травм, их последствий и хирургических вмешательств [6]. Данный комплекс позволяет провести предоперационное планирование и подбор металлоконструкции для остеосинтеза бедренной кости с учетом антропометрических данных конкретного пациента. В результате виртуального моделирования остеосинтеза оценивается его качество в различных условиях с применением имеющихся конструкций. Благодаря наличию виртуальной базы данных моделей бедренных костей и остеофиксаторов создана возможность учесть характер конкретного перелома, пол, возраст пациента [7].

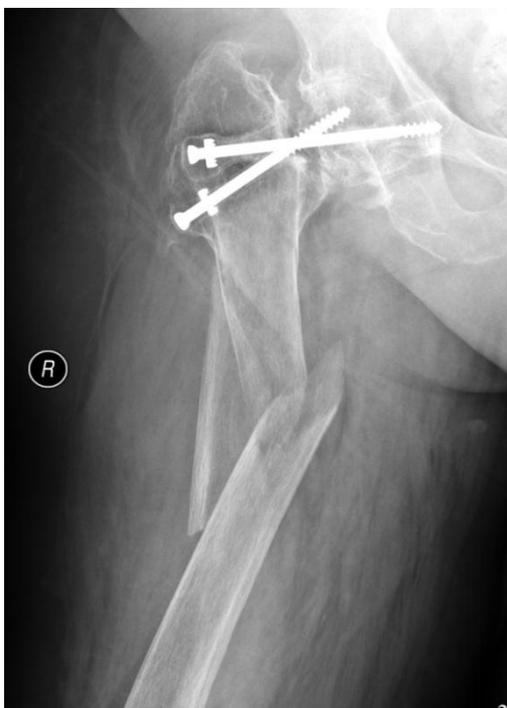
Представляем клинический случай из собственной практики применения программно-информационного комплекса для травматологии и ортопедии для автоматизированного подбора металлоконструкции для

остеоинтеза бедренной кости пациентки с остеопорозом.

Пациентка Б., 77 лет. Поступила в травматологическое отделение Городской больницы г. Котовска спустя 3 часа после получения бытовой травмы: упала с высоты собственного роста. Диагностирован закрытый оскольчатый перелом диафиза правой бедренной кости на уровне средней и верхней трети со смещением отломков по длине и ширине. Из анамнеза известно, что 11 лет назад пациентка получила травму – перелом шейки правой бедренной кости. Проводился остеосинтез винтами. Консолидации перелома не наступило, однако пациентка передвигалась с помощью трости с ограниченной нагрузкой на правую нижнюю конечность. Из сопутствующих заболеваний выявлены варикозное расширение вен нижних конечностей, полиартроз суставов нижних конечностей, полисегментарный остеохондроз, артериальная гипертония. Наблюдались у хирурга и терапевта амбулаторно. Препараты кальция не получала.

При анализе рентгенограмм выявлены признаки явного остеопороза правой бедренной кости, оскольчатый перелом диафиза бедренной кости со смещением отломков, несросшийся перелом шейки правой бедренной кости в условиях остеосинтеза винтами, явления артроза правого тазобедренного сустава 3 ст. (рис. 1).

Таким образом, у пациентки выявлены различные факторы риска остеопороза: длительное ограничение нагрузки на правую нижнюю конечность, малоподвижный образ жизни, пожилой возраст, женский пол, наличие сопутствующих заболеваний и отсутствие профилактики остеопороза. Диагноз остеопороза подтвержден денситометрией.



**Рис. 1.** Рентгенограмма до лечения: признаки явного остеопороза правой бедренной кости, оскольчатый перелом диафиза бедренной кости со смещением отломков, несросшийся перелом шейки правой бедренной кости в условиях остеосинтеза винтами, явления артроза правого тазобедренного сустава 3 ст.

Подбор металлоконструкции для данной больной должен проводиться с учетом всех индивидуальных параметров пациентки, состояния костной ткани в месте имплантации, возможностей репарации.

Для выбора метода лечения использовали методику компьютерного моделирования и подбора металлоконструкции для остеосинтеза с применением программно-информационного комплекса для травматологии и ортопедии.

Моделирование операции произведено на макете программно-информационного комплекса в соответствии с программой испытаний. Применялась база данных бедренных костей, в которой представлены модели кости в зависимости от возраста, пола, конституции пациента. Для проведения компьютерного моделирования при предоперационном планировании на компьютере врача включили браузер Microsoft Internet Explorer 8.0. Подключились к серверу баз данных ws100a-05.main.sgu.ru. Произвели авторизацию. Выбрали в файловом хранилище файл 3D модели бедренной кости и в окне с базами данных перешли в антропометрическую базу данных бедренных костей. Подобрали модель с подходящими для данной пациентки антропометрическими данными с учетом всех выявленных особенностей. Выбрали в файловом хранилище файл 3D модели испытуемого металлофиксатора и импортировали его. Выбрана пластина с ограниченной площадью контакта с 10 отверстиями, 8 винтами. С помощью программы Salome Version 5.1.3 смоделировали перелом бедренной кости согласно данным рентгенографии, совместили 3D изображения отломков бедренной кости и металлоконструкции. Подключившись к серверу высокопроизводительных вычислений с помощью программы WinSCP и системы конечноэлементных расчетов Elmer 6.0 получили модель системы кость-фиксатор с наложенной расчетной сеткой и введенными морфометрическими данными. Полученный файл с результатами моделирования травматологических и операционных процессов сохранен на сервере высокопроизводительных вычислений. Запустив модуль визуализации результатов расчетов и проведения виртуальных хирургических операций в системе конечноэлементных расчетов Elmer 6.0, получили окно, показывающее результаты моделирования травматологических и операционных процессов на сервере высокопроизводительных вычислений.

Аналогично проводили моделирование, где в качестве металлофиксатора использовали интрамедуллярный штифт с блокированием и стержневой аппарат внешней фиксации.

При расчетах напряжений и полей смещений применяли нагрузку силой в вертикальном положении до 50 % веса тела и нагрузку при сгибании в положении сидя без опоры на конечность. Данные нагрузки соответствуют весу конечности ниже уровня перелома и нагрузке на конечность в момент активизации пациента через 8–10 недель после операции. При рассмотрении случая моделирования нагрузки с пластиной с ограниченной площадью контакта на скриншотах получили визуализацию результатов расчета по параметру смещения и эквивалентному напряжению Мизеса. Полученные результаты показывают практически полное отсутствие смещения костных отломков в зоне перелома. Сделан вывод о состоятельности виртуальной фиксации отломков, т. к. напряжения в зоне перелома очень малы и не препятствуют возникновению костного

регенерата. Затем анализировали случаи нагрузки модели, фиксированной интрамедуллярным штифтом с блокированием и стержневым аппаратом внешней фиксации. Полученные результаты показали наличие смещения костных отломков в зоне перелома более 5 мм, что может препятствовать развитию регенерата и привести к миграции металлоконструкции. Сделан вывод о большей величине напряжений в межотломковом пространстве по сравнению с фиксацией пластиной, однако эти напряжения также малы и не препятствуют возникновению костного регенерата.

Согласно результатам компьютерного моделирования для проведения операции данной пациентке выбрана пластина с ограниченной площадью контакта с 10 отверстиями и 8 винтами, т. к. применение данной металлоконструкции у пациентки Б., 77 лет, можно считать оправданным.

После проведенной предоперационной подготовки пациентке Б. проведена операция: открытая репозиция, остеосинтез правой бедренной кости пластиной с ограниченной площадью контакта с 10 отверстиями и 8 винтами.

Послеоперационный период без осложнений. На контрольной рентгенограмме положение отломков и металлоконструкции удовлетворительное.

В послеоперационном периоде пациентке назначены препараты для лечения остеопороза: алендроновая кислота, колекальциферол (вит. D<sub>3</sub>), кальция карбонат. Проводилась антикоагулянтная терапия. Активизирована пациентка на 3 сутки после операции – разрешена ходьба с помощью костылей без нагрузки на оперированную конечность. Спустя 8 недель после операции



**Рис. 2.** Рентгенограмма после операции с использованием автоматизированного выбора металлоконструкции: консолидация перелома

проведена контрольная рентгенография и в связи с отсутствием вторичного смещения отломков и начальными признаками консолидации перелома разрешена дозированная нагрузка на конечность в размере 50 % массы тела. Период реабилитации протекал без осложнений. Полная нагрузка на оперированную конечность разрешена спустя 5 месяцев после операции. На контрольной рентгенограмме спустя год после операции – консолидированный в условиях остеосинтеза перелом правой бедренной кости. Спустя год после операции пациентка передвигается с тростью с полной нагрузкой на оперированную нижнюю конечность. Получены хорошие анатомо-функциональные результаты, восстановление функции конечности. Рентгенологически – консолидация перелома (рис. 2).

Данный пример показывает правильность применения компьютерного моделирования с применением программно-информационного комплекса для травматологии и ортопедии в предоперационном планировании и отражает полное соответствие данных предоперационного планирования результатам оперативного лечения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анкин Л.Н., Анкин Н.Л. Травматология (Европейские стандарты). М., 2005. С. 372-373.
2. Карев Д.Б., Карев Б.А., Болтрукевич С.И. Опыт реабилитации пациентов с переломами бедренной кости // Новости хирургии. 2009. № 17 (2). С. 58-64.
3. Лазарев А.Ф., Солод Э.И., Рагозин А.О., Какабадзе М.Г. Лечение переломов проксимального отдела бедренной кости на фоне остеопороза // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2004. № 1. С. 27-31.
4. Мурадянц А.А., Березенко М.Н. Переломы, связанные с остеопорозом, в пожилом и старческом возрасте: профилактика и тактика ведения // Клиницист. 2007. № 1. С. 63-66.
5. Разработка вычислительно-информационных технологий компьютерного моделирования на параллельных вычислительных комплексах травматологических и операционных процессов для оперативной выработки диагностических и лечебных рекомендаций: отчет о научно-исследовательской работе по Государственному контракту от 30.09.2009 г. № 02.514.11.4121. Этап № 2 «Теоретические и экспериментальные исследования поставленных перед НИР задач». Ч. 2. Приложения.
6. Симбирцев С., Стрельченя В., Лойт А., Трушин Е., Лебедев А., Кулаков А. Трехмерное моделирование строения человека и оперативных вмешательств с помощью системы DUCT5 // САПР и графика. 2000. № 3.
7. Ямщиков О.Н., Киреев С.Н., Марков Д.А., Емельянов С.А. Макет программно-информационного комплекса для травматологии и ортопедии // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2011. Т. 16. Вып. 1. С. 336-338.
8. Caon M., Mohyla J. Automating the segmentation of medical images for the production of voxel tomographic computational models // Australas. Phys. Eng. Set. Med. 2001. № 24. P. 166-172.

**БЛАГОДАРНОСТИ:** Благодарим за предоставленный макет программно-информационного комплекса для травматологии и ортопедии сотрудников Поволжского регионального центра научных и информационных технологий, руководителя проекта Соловьева Владимира Михайловича.

Поступила в редакцию 20 мая 2014 г.

Yamshchikov O.N., Norkin I.A., Emelyanov S.A., Markov D.A. CLINICAL CASE OF USE OF AUTOMATED SELECTION OF METAL STRUCTURES FOR SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH HIP FRACTURES IN OSTEOPOROSIS CONDITIONS

Treatment of femoral fractures remains one of the most difficult tasks in traumatology. Even more challenging is holding osteosynthesis when the patient has osteoporosis. The most commonly used system of dynamic hip screw and the system dynamic condylar screw, osteosynthesis using plates with limited contact area and angular stability, as well as the locked intramedullary osteosynthesis. Necessary for the selection of metal structures osteosynthesis is possible to use computer simulation. As a result, virtual simulation osteosynthesis valued quality in different conditions using existing structures. The article provides an example of selection for metal structures treatment of diaphyseal fractures of the femur in the conditions of osteopo-

rosis using computer simulation in preoperative planning. Applicable software and information complex, based on the use of mathematical methods and computer simulation technology of parallel computing on multiprocessor computer systems to predict injuries, their consequences and surgical interventions. According to the results of computer simulation to find the most optimal metal construction and operative treatment of the patient. When analyzing the results of treatment showed complete agreement between the results of pre-clinical planning that reflects the proper selection metal construction.

*Key words:* femur; osteosynthesis; computer modeling; preoperative planning.

Ямщиков Олег Николаевич, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, кандидат медицинских наук, доцент, зав. кафедрой травматологии, ортопедии и медицины катастроф, e-mail: cep\_a@mail.ru

Yamshchikov Oleg Nikolayevich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Candidate of Medicine, Associate Professor, Head of Traumatology and Orthopedics and Medicine of Catastrophe Department, e-mail: Yamschikov.oleg@yandex.ru

Норкин Игорь Алексеевич, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, г. Саратов, Российская Федерация, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой травматологии и ортопедии, e-mail: cep\_a@mail.ru

Norkin Igor Alekseyevich, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, Russian Federation, Doctor of Medicine, Professor of Traumatology and Orthopedics Department, e-mail: cep\_a@mail.ru

Емельянов Сергей Александрович, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, e-mail: cep\_a@mail.ru

Emelyanov Sergey Aleksandrovich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Assistant of Traumatology and Orthopedics and Medicine of Catastrophe Department, e-mail: cep\_a@mail.ru

Марков Дмитрий Александрович, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, г. Саратов, Российская Федерация, кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, e-mail: cep\_a@mail.ru

Markov Dmitriy Aleksandrovich, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, Russian Federation, Candidate of Medicine, Associate Professor of Traumatology and Orthopedics Department, e-mail: m-makar@yandex.ru