

УДК 617.581

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫБОРА МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТА С ПЕРЕЛОМом ДИСТАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРЕННОЙ КОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА И ВТОРИЧНОГО СМЕЩЕНИЯ ОТЛОМКОВ

© О.Н. Ямщиков

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

При остеосинтезе переломов дистального отдела бедренной кости применяются разнообразные металлоконструкции. Приводится описание клинического случая успешного применения автоматизированного выбора металлоконструкции для остеосинтеза на основе компьютерного моделирования.

Лечение переломов бедренных костей является важной и социально значимой проблемой в травматологии. Переломы бедренных костей встречаются с частотой до 18 на 100000 жителей [1]. В распоряжении травматологов в современных условиях находятся различные металлофиксаторы. Наиболее часто используются накостные пластины, система динамического мышцелкового винта и интрамедуллярный блокируемый остеосинтез [1–2]. В связи с наличием нескольких металлоконструкций, подходящих для остеосинтеза переломов одной и той же локализации, могут возникать затруднения с выбором металлофиксатора, наиболее оптимального при данном переломе [2–4]. Вопрос выбора оптимальной металлоконструкции остается актуальным, особенно у пациентов с оскольчатыми переломами, остеопорозом, а также при повторном переломе и вторичном смещении отломков. При этом одним из наиболее значимых показателей является прочность фиксации отломков и минимизация подвижности костных отломков после остеосинтеза. Поэтому для детального расчета прочности фиксации, визуализации смещений и напряжений в зоне перелома при проведении остеосинтеза необходимо проведение математического и компьютерного моделирования. Применение данных расчетов облегчает проведение хирургических вмешательств и способствует улучшению их результатов [3–6].

Для достижения этих целей 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 [5]. Созданный программно-информационный комплекс позволяет провести предоперационное планирование и подбор металлоконструкции для остеосинтеза бедренной кости. В результате виртуального моделирования операции оцениваются данные качества остеосинтеза при различных переломах с применением имеющихся конструкций. При этом, благодаря наличию виртуальной базы данных моделей бедренных костей и остеофиксаторов,

существует возможность учитывать характер конкретного перелома, пол, возраст пациента [3].

Представляем клинический случай из собственной практики применения программно-информационного комплекса для травматологии и ортопедии для автоматизированного выбора метода лечения пациентки с вторичным смещением отломков дистального отдела бедренной кости в условиях остеосинтеза пластиной и винтами.

Пациентка М., 62 лет, поступила в травматологическое отделение спустя 4 часа после получения травмы: упала в быту с высоты собственного роста. Диагностирован закрытый оскольчатый перелом нижней трети левой бедренной кости со смещением отломков по длине и ширине, углом, открытым медиально. Сопутствующей хронической патологии не выявлено.

В соответствии с методикой обследования больногo проведено рентгенографическое исследование. После обследования и предоперационной подготовки произведена операция: открытая репозиция, остеосинтез левой бедренной кости накостной пластиной с ограниченной площадью контакта, 8 винтами.

Послеоперационное ведение пациентки осуществлялось согласно стандартам для данной категории больных. Проводилась антикоагулянтная терапия, инфузионная терапия, назначались антибиотики, анальгетики, сосудистые препараты. Пациентка активизирована на 2 сутки после операции. С 2–5 дня обучали ходьбе при помощи костылей, разрешалась ходьба с помощью костылей без нагрузки на оперированную нижнюю конечность. Проводилась дыхательная гимнастика, лечебная физкультура смежных суставов.

В раннем послеоперационном периоде осложнений, связанных с нестабильностью металлоконструкций, не наблюдалось.

В течение 12 недель пациентке разрешалась ходьба с помощью костылей без нагрузки на оперированную конечность. Частичная опора, равная 50 % массы тела пациентки, разрешалась спустя 12 недель после операции в период формирования незрелой костной мозоли. В этот же период производилась контрольная рентгенография. Во время начала нагрузки на оперированную

конечность через 3 месяца после операции стала отмечать усиление боли в области операции, отек. После занятий лечебной физкультурой через 2 дня возникло резкое усиление боли в области бедра и коленного сустава и нарушение движений в коленном суставе. Обратилась в Городскую больницу г. Котовска, где диагностировано вторичное смещение отломков в условиях остеосинтеза, миграция пластины и винтов.

Проведена рентгенография в стандартных и дополнительных (косых) проекциях, с помощью которой определили картину костных повреждений с детализацией, достаточной для подготовки оперативного вмешательства. Ключевым моментом в выборе металлоконструкции в данной ситуации было наличие у пациентки факторов, способствующих развитию остеопороза и ослаблению кости в области предполагаемой операции: проведение первичного остеосинтеза, длительное отсутствие нагрузки на конечность, возраст пациентки. Учитывали также данные объективного исследования, общее состояние больной, пол, состояние опорно-двигательной системы в целом и другие факторы, включая возможности лечебного учреждения в обеспечении хирургического пособия.

Для выбора метода лечения использовали методику компьютерного моделирования и подбора металлоконструкции для остеосинтеза.

Моделирование операции произведено на макете программно-информационного комплекса в соответствии с программой испытаний. Использовалась база данных бедренных костей, в которой приведены модели кости в зависимости от пола, возраста, конституции пациента. Для работы с программно-информационным комплексом использовался рабочий компьютер врача с доступом к Интернету через браузер Microsoft Internet Explorer 8.0. Для работы с программно-информационным комплексом производили авторизацию на сервере баз данных, выбирали в файловом хранилище файл 3D модели бедренной кости и файл 3D модели необходимого металлофиксатора и импортировали его на компьютер врача. Выбрана система динамического мышечного винта с длиной пластины 200 мм, 12 отверстиями, 8 винтами, шеенным винтом 8.0 мм. С помощью программы Salome Version 5.1.3 моделировался перелом бедренной кости в соответствии с данными рентгенографии, затем совмещали 3D изображения отломков бедренной кости и металлофиксатора. Проводили подключение к серверу высокопроизводительных вычислений. С помощью программы WinSCP 4.2.7 передали 3D модель «кость – фиксатор» с наложенной на нее расчетной сеткой с рабочего компьютера врача на сервер высокопроизводительных вычислений. С помощью модуля задания механических свойств модели в систему конечноэлементных расчетов Elmer 6.0 введены полученные морфометрические данные для 3D модели «кость – фиксатор» с наложенной расчетной сеткой. Получена модель системы «кость – фиксатор» с наложенной расчетной сеткой и введенными морфометрическими данными. Полученный файл с результатами моделирования травматологических и операционных процессов сохранили на сервере высокопроизводительных вычислений. В системе конечноэлементных расчетов Elmer 6.0 запустили модуль визуализации результатов расчетов и проведения виртуальных хирургических операций. Получили окно, показывающее результаты моделирования травматологических и опе-

рационных процессов на сервере высокопроизводительных вычислений. Аналогично провели исследование, где в качестве металлофиксатора использовали пластину с угловой стабильностью 200 мм, 12 отверстиями, 8 винтами.

При расчетах напряжений и полей смещений использовали нагрузку силой, соответствующей опоре на конечность в вертикальном положении до 50 % веса тела (нагрузка на конечность в момент активизации больной через 3 месяца после операции) и нагрузке при сгибании в положении сидя без опоры на конечность (вес конечности ниже уровня перелома).

Сначала провели виртуальное испытание модели с системой мышечного бедренного винта. При рассмотрении случая нагрузки модели в вертикальном положении (43 кг) 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. Затем анализировали случай нагрузки модели в положении сидя без опоры на стопу (8 кг). На скриншотах также получили визуализацию результатов расчета по параметру смещения и эквивалентному напряжению Мизеса. Проанализировав величины напряжений в межотломковом пространстве, сделали вывод о состоятельности виртуальной фиксации отломков, т. к. эти напряжения очень малы и не препятствуют возникновению костного регенерата.

В случае испытания модели, фиксированной пластиной с угловой стабильностью при нагрузке модели в вертикальном положении (43 кг), полученные результаты показали наличие смещения костных отломков в зоне перелома более 3 мм, что может препятствовать развитию регенерата и привести к повторной миграции пластины. Проанализировав случай нагрузки модели в положении сидя без опоры на стопу (8 кг), сделали вывод о большей величине напряжений в межотломковом пространстве по сравнению с фиксацией пластины с угловой стабильностью, однако эти напряжения также малы и не препятствуют возникновению костного регенерата.

Таким образом, для проведения операции данной пациентке выбрана система бедренного мышечного винта, т. к. применение данной металлоконструкции у пациентки М., 62 лет, можно считать оправданным.

После проведенной предоперационной подготовки пациентке М. проведена повторная операция: открытая репозиция, ревизионный остеосинтез левой бедренной кости системой динамического мышечного винта.

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

В послеоперационном периоде пациентке назначены препараты для лечения и профилактики остеопороза: алендроновая кислота, колекальциферол (вит. D<sub>3</sub>), кальция карбонат. На контрольной рентгенограмме положение отломков и металлоконструкции удовлетворительное. Активизация пациентки на 3 сутки после операции – ходьба с помощью костылей без нагрузки на оперированную нижнюю конечность. Укорочения конечности нет. Спустя 12 недель после повторной операции разрешена дозированная нагрузка на конечность в размере 50 % массы тела. Период реабилитации протекал без особенностей. Полная нагрузка на конеч-

ность спустя 6 месяцев после операции. Получены хорошие анатомо-функциональные результаты, восстановление функции конечности.

Таким образом, проведение компьютерного моделирования в предоперационном планировании ревизионного остеосинтеза бедренной кости позволило наиболее оптимально подобрать металлоконструкцию для остеосинтеза, учитывая индивидуальные особенности пациента и перелома, что привело к положительному результату лечения. Благодаря оптимальному подбору и установке металлоконструкции удалось избежать осложнений, связанных с нестабильностью остеосинтеза, приблизить сроки реабилитации пациентки после повторного остеосинтеза к таковым при применении первичного остеосинтеза и восстановить функцию конечности. Данный пример показывает целесообразность применения компьютерного моделирования в предоперационном планировании и полное соответствие данных проведенного лечения перелома бедренной кости результатам оперативного лечения.

Следовательно, для улучшения качества лечения переломов бедренной кости можно рекомендовать проведение автоматизированного выбора металлоконструкции для остеосинтеза на основе компьютерного моделирования на этапе предоперационного планирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анкин Л.Н., Анкин Н.Л. Травматология (Европейские стандарты). М., 2005. С. 372-373.
2. Катаев И.А., Лобко А.Я., Черныш В.Ю. и др. Выбор метода лечения закрытых диафизарных переломов бедренной кости // Ортопед., травматол. 1998. № 2. С. 53-55.
3. 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.
4. Ямщиков О.Н., Марков Д.А., Емельянов С.А. Применение компьютерного моделирования в предоперационном планировании лечения пациентов с переломами дистального отдела бедренной кости // Современные концепции развития науки: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2014. С. 323-326.
5. Симбирцев С., Стрельченя В., Лойт А., Трунин Е., Лебедев А., Кулаков А. Трехмерное моделирование строения человека и оперативных вмешательств с помощью системы DUCT5 // САПР и графика. 2000. № 3. С. 92-96.
6. 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.

Поступила в редакцию 18 февраля 2015 г.

Yamshchikov O.N. APPLICATION OF AUTOMATED SELECTION TECHNIQUES OF SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH FRACTURES OF THE DISTAL FEMUR IN THE CONDITIONS OF INCONSISTENCY OSTEOSYNTHESIS AND SECONDARY DISPLACEMENT OF THE FRAGMENTS

In the osteosynthesis of fractures of the distal femur used various metal structures. Was described a clinical case of a successful application of automated selection of metal structures for osteosynthesis based on computer modeling.

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

Ямщиков Олег Николаевич, Тамбовский государственный университет им. Г.П. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, кандидат медицинских наук, доцент, зав. кафедрой травматологии, ортопедии и медицины катастроф, e-mail: ser\_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, Orthopedics and Medicine of Catastrophe Department, e-mail: ser\_a@mail.ru