

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСТЕОСИНТЕЗА ШЕЙКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

Ямщиков О.Н.¹, Емельянов С.А.¹

¹ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина Минздравсоцразвития России», Медицинский институт, Тамбов, Россия, e-mail: cep_a@mail.ru.

Переломы шейки бедра остаются одними из самых распространенных травм, особенно у лиц пожилого и старческого возраста. При отсутствии противопоказаний переломы шейки бедра целесообразно лечить оперативно. Наиболее распространенной методикой оперативного лечения переломов шейки бедра в настоящее время остается остеосинтез тремя винтами АО. На результаты лечения оказывают влияние особенности кровоснабжения и структура костной ткани данного сегмента кости. В значительном числе случаев перелом шейки бедра происходит у пациентов со сниженной минеральной плотностью костной ткани. Данное обстоятельство может приводить не только к нарушению консолидации перелома, но и возникновению новых переломов на фоне нагрузок в послеоперационном периоде. Проведено компьютерное моделирование остеосинтеза переломов шейки бедра на основе конечно-элементных расчетов. Моделирование перелома и остеосинтеза проведено на виртуальной модели бедренной кости человека с различными показателями минеральной плотности костной ткани. В результате численного эксперимента была проведена оценка напряженно-деформированного состояния — распределение значений деформации и эквивалентных напряжений тканей бедренной кости при наличии перелома с установленной металлоконструкцией. У всех пациентов выявлены аналогичные картины распределения значений деформации и эквивалентных напряжений, однако наибольшие значения имеются у пациента с остеопорозом. Кроме этого, у пациента с остеопорозом выявлены критические значения деформации и эквивалентных напряжений в дистальном отделе бедренной кости, что повышает риск переломов в этой зоне при стандартных рассчитанных нагрузках.

Ключевые слова: бедренная кость; остеосинтез; компьютерное моделирование

COMPUTER SIMULATION OSTEOSYNTHESIS CERVICAL FEMUR

Yamshikov O.N.¹, Emelyanov S.A.¹

¹Tambov State University n.a. G.R. Derzhavin, Medical Institute, Tambov, Russia, e-mail: cep_a@mail.ru.

Hip fractures are among the most common injury, especially in elderly and senile age. In the absence of contraindications, it is advisable to hip fractures treated operatively. The most common method of surgical treatment of hip fractures is currently fixation with three screws SA. On the results of the treatment affect the blood supply, and especially the structure of the bone tissue of the bone segment. In a significant number of cases, hip fracture occurs in patients with decreased bone mineral density. This circumstance can lead not only to a violation of the fracture consolidation, but also the emergence of new fractures on the background load in the postoperative period. Computer modeling of osteosynthesis of hip fractures on the basis of finite element calculations. Modeling fracture and osteosynthesis performed on a virtual model of a human femur with different indices of bone mineral density. As a result of numerical experiment assessed the stress-strain state - the distribution of values of equivalent stress and deformation of tissue in the presence of femoral fractures with fixed steel structures. It was found that all patients had similar patterns of distribution of values of deformation and equivalent stress, however, the highest values were found in patients with osteoporosis. Furthermore patient with osteoporosis identified critical strain values and equivalent stress in the distal femur, which increases the risk of fractures in the area calculated under standard loads.

Keywords: femur; osteosynthesis; computer modeling

Переломы шейки бедра являются одними из самых распространенных [5]. Наиболее часто переломы шейки бедра наблюдаются у лиц пожилого и старческого возраста. В значительном числе случаев перелом шейки бедра происходит у пациентов со сниженной минеральной плотностью костной ткани. Данное обстоятельство может приводить не только к нарушению консолидации перелома, но и к возникновению новых переломов на фоне

нагрузок в послеоперационном периоде. При отсутствии противопоказаний переломы шейки бедра целесообразно лечить оперативно. Наиболее распространенной методикой оперативного лечения переломов шейки бедра в настоящее время остается остеосинтез тремя винтами АО. На результаты лечения оказывают влияние особенности кровоснабжения и структура костной ткани данного сегмента кости. Наиболее благоприятны для консолидации трансцервикальные и базальные переломы шейки бедренной кости. На протяжении многих лет предлагаются новые методики оперативного лечения и профилактики переломов шейки бедра. Возрастает интерес к методикам компьютерного моделирования остеосинтеза и исправления последствий травм [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Цель исследования

Проанализировать результаты компьютерного моделирования остеосинтеза при переломе шейки бедра у пациентов с различной минеральной плотностью костной ткани.

Материалы и методы

Компьютерное моделирование перелома и остеосинтеза винтами АО проводилось на моделях бедренных костей 3 пациентов с переломами шейки бедра, построенных по данным компьютерной томографии поврежденного сегмента.

Характеристика больных

Пациент № 1: возраст 76 лет, масса 57 кг, диагностировано наличие остеопороза по данным денситометрии.

Пациент № 2: возраст 60 лет, масса 92 кг, диагностировано наличие остеопении по данным денситометрии.

Пациент № 3: возраст 37 лет, масса 74 кг, минеральная плотность костной ткани соответствует норме по данным денситометрии.

Способ построения модели был автоматизированным и осуществляется с использованием программного пакета Mimics. В начале создания 3D-модели в программный продукт загружали срезы томограммы в формате DICOM. После этого выбирали диапазон оттенков серого, который соответствует разнице плотности кости, и на основе этих данных автоматически воспроизводилась геометрическая модель объекта. Полученную модель сохраняли в формате .STL и в дальнейшем импортировали ее в CAD-систему для сглаживания геометрии, т.е. устранения неровностей и искажений. После создания .STL-файла, содержащего геометрию кости, данные импортировались в программный пакет SolidWorks. После выполнения ряда операций в программном пакете SolidWorks была получена модель бедренной кости, пригодная для дальнейших расчетов методом конечных элементов.

Построение моделей винтов для остеосинтеза шейки бедра также осуществляли в системе автоматизированного проектирования SolidWorks.

Для импортированных моделей для каждого материала были заданы механические свойства, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Механические свойства материалов

Тип материала		Модель Юнга, Па	Плотность, кг/м ³	Коэффициент Пуассона
Компактное костное вещество	Норма	1,8*10 ¹⁰	2027	0,4
	Остеопения	1,6*10 ¹⁰	1930	
	Остеопороз	1,5*10 ¹⁰	1837	
Губчатое костное вещество	Норма	1,2*10 ⁹	1113	0,44
	Остеопения	1,2*10 ⁹	1037	
	Остеопороз	1*10 ⁹	970	
Сталь		1,93*10 ¹¹	7750	0,3

К поверхности головки бедренной кости прилагали нагрузку, соответствующую половине массы пациента, для которого были проведены расчеты, что соответствовало начальным нагрузкам на конечность в период формирования костной мозоли.

В результате численного эксперимента была проведена оценка напряженно-деформированного состояния — распределение значений деформации и эквивалентных напряжений тканей бедренной кости при наличии перелома с установленной металлоконструкцией.

Результаты

У всех пациентов выявлены аналогичные картины распределения значений деформации и эквивалентных напряжений (рис.1–5). Однако наибольшие значения выявлены у пациента с остеопорозом (рис.1–3).

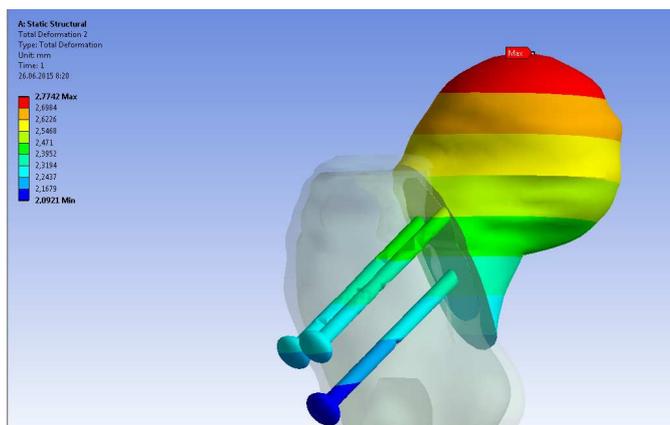


Рис. 1. Визуализация результатов моделирования бедренной кости пациента № 1 с винтами АО, распределение значений деформации в зоне перелома

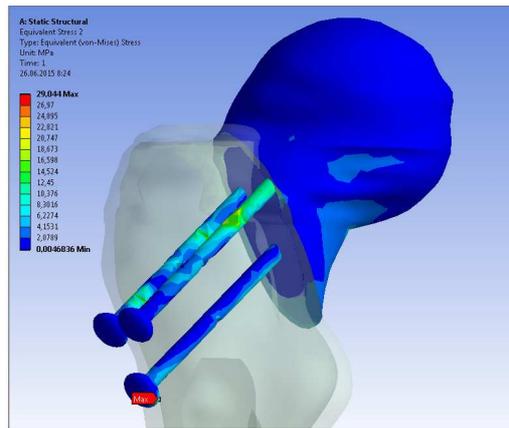


Рис. 2. Визуализация результатов моделирования бедренной кости пациента № 1 с винтами АО, распределение значений эквивалентного напряжения в зоне перелома

У пациента № 1 выявлены критические значения деформации и эквивалентных напряжений в дистальном отделе бедренной кости (рис. 3).

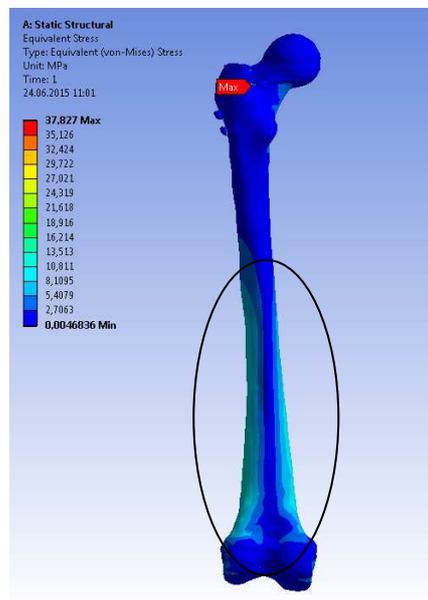


Рис. 3. Визуализация результатов моделирования бедренной кости пациента № 1 с винтами АО, распределение значений эквивалентного напряжения всей модели бедренной кости

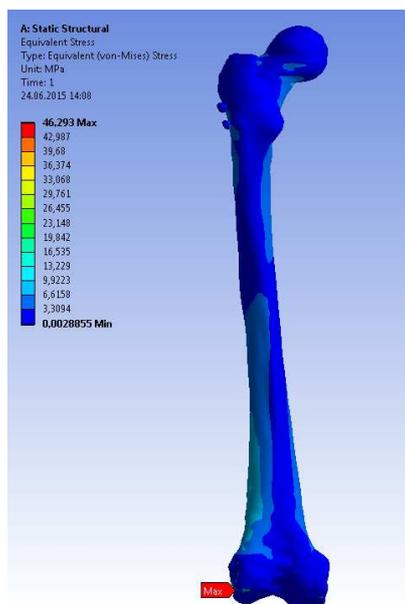


Рис. 4. Визуализация результатов моделирования бедренной кости пациента № 2 с винтами АО, распределение значений эквивалентного напряжения модели бедренной кости

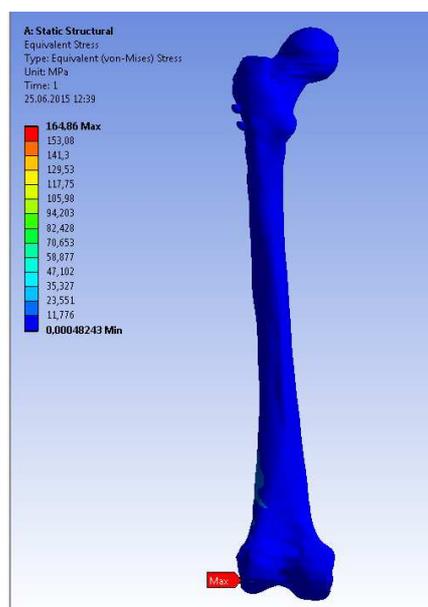


Рис. 5. Визуализация результатов моделирования бедренной кости пациента № 3 с винтами АО, распределение значений эквивалентного напряжения всей модели бедренной кости

Выводы

Принимая во внимание данные компьютерного моделирования, можно говорить о том, что у пациентов с остеопорозом более высоки значения деформации и напряжений в зоне перелома после остеосинтеза по сравнению с пациентами с нормальной минеральной плотностью костной ткани. Также у пациента с остеопорозом после остеосинтеза шейки бедра наблюдаются высокие значения деформации и напряжений в дистальном отделе бедренной кости, что повышает риск переломов в этой зоне при стандартных рассчитанных

нагрузках. Данное обстоятельство целесообразно учитывать при разработке программы послеоперационного ведения пациентов.

Список литературы

1. Голядкина А.А., Полиенко А.В., Левченко К.К., Киреев С.И. Конечно-элементное моделирование длинных трубчатых костей с учетом внешних взаимосвязей // Тезисы докладов XI Всероссийской конференции с международным участием и школы-семинара «Биомеханика – 2014» / Пермь, 2014. – С. 38.
2. Летов А.С., Бахтеева Н.Х., Воскресенский О.Ю., Марков Д.А., Ямщиков О.Н., Юсупов К.С., Абдулнасыров Р.К. Хирургическое лечение пациентов с анкилозами тазобедренного сустава // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. — 2010. — Т. 15. № 5. — С. 1511–1514.
3. Ямщиков О.Н., Марков Д.А., Абдулнасыров Р.К. и др. Компьютерное моделирование в предоперационном планировании при лечении переломов бедренной кости // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. — 2010. — Т. 15. № 5. — С. 1508–1510.
4. Ямщиков О.Н., Норкин И.А., Марков Д.А., Емельянов С.А. Использование автоматизированного выбора металлоконструкции для остеосинтеза переломов проксимального отдела бедренной кости на основе компьютерного моделирования // Врач-аспирант. — 2014. — Т. 65. № 4. — С. 26–30.
5. Ямщиков О.Н., Марков Д.А., Емельянов С.А. Предоперационное планирование с применением компьютерного моделирования в лечении переломов дистального отдела бедренной кости // Медицинская наука и образование Урала. — 2014. — Т. 15. № 3 (79). — С. 81–84.

Рецензенты:

Левченко К.К., д.м.н., доцент, доцент кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, г.Саратов.

Савилов П.Н., д.м.н., профессор, врач анестезиолог-реаниматолог ТОГБУЗ «Тамбовская ЦРБ», г.Тамбов.