

- экологические системы и комплексы: Сб. трудов: Рязанский государственный радиотехнический университет. – Рязань, 2008. – С. 217-223.
6. Kelly R.P. Non-invasive determination of age-related changes in the human arterial pulse [Текст]/R.P. Kelly, M.F. O'Rourke//Circulation. – 2003. – Vol. 80. – P. 1652-1659.

Калакуцкий Лев Иванович

Самарский аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева.

E-mail: bme@ssau.ru.

443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, тел.: (846)2674549.

Профессор, д.т.н.

Kalakutsky Lev Ivanovich

Samara State Aerospace University.

E-mail: bme@ssau.ru.

34 Moscow highway, Samara, 443086, Russia, Phone: (846)2674549.

Professor, Doct. Eng. Sci.

Федотов Александр Александрович

Самарский аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева.

E-mail: fedoaleks@yandex.ru.

443114, г. Самара, пр-т Кирова, 303-11, тел.: (846)9277668.

Инженер, аспирант.

Fedotov Aleksandr Aleksandrovich

Samara State Aerospace University.

E-mail: fedoaleks@yandex.ru.

303-11, Kirova avenue, Samara, 443114, Russia, Phone: (846)9277668.

Engineer, Post graduate.

007:57+007:573

**Д.В. Ковалевская, О.Н. Боблак, С.В. Яблоков, Е.А. Стрельченко,
И.А. Овчинников**

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА ОСТЕОСИНТЕЗА ПЕРЕЛОМОВ ПРОКСИМАЛЬНОГО
ОТДЕЛА БЕДРА**

Существующие компьютерные технологии позволяют прогнозировать операции благодаря симбиозу биомеханического компьютерного моделирования и анализу по данным клинических томографических исследований.

Остеосинтез; компьютерное моделирование; Mimics; МКЭ.

**D.V. Kovalevskaya, O.N. Bablak, S.V. Yablokov, E.A. Strelchenko,
I.A. Ovchoinnikov**

**COMPUTER TECHNOLOGIES FOR BIOMECHANICAL ANALYSIS OF
OSTEOSYNTHESIS OF PROXIMAL THIGH PART FRACTURE**

Existing computer technologies allow to predict operations thanks to symbiosis of biomechanical computer modelling and the analysis according to clinical tomographic researches.

Osteosynthesis; computer simulation; FEM.

Лечение больных с переломами проксимального отдела бедра является серьезной проблемой. Тактика лечения подобных повреждений в нашей стране и за рубежом окончательно не выработана. Сложности лечения усугубляются тяжестью контингента пострадавших. Как правило, это лица преклонного возраста с массой сопутствующих общесоматических заболеваний [1].

Анализ литературы показал, что проблема лечения переломов проксимального отдела бедра как была, так и остается актуальна. По результатам исследований 3382 историй болезней установили, что частота переломов проксимального отдела бедренной кости составила 1,8 % по отношению ко всем травмам, 3,7 % и 7,1 % ко всем переломам костей скелета и нижних конечностей соответственно. [2]. Эти повреждения составляют 17 % в структуре травм опорно-двигательной системы, из них 50-55 % приходится на шейку бедра, 35-40 % – на вертельный массив и 5-10 % – на подвертельную область [3].

За последние 10-15 лет в связи с созданием и внедрением в практику новых имплантатов для остеосинтеза переломов проксимального отдела бедренной кости большинство травматологов склоняется в пользу оперативного метода лечения. [4]. Остеосинтез с применением интра- и экстрамедуллярных устройств обычно ведет к прочному костному сращению и хорошим клиническим результатам в большинстве случаев [5]. Однако кости скелета человека каждый день подвергаются различным нагрузкам. В зависимости от состояния костной ткани и характера нагрузок может произойти перелом кости. Процесс совершенствования методов лечения переломов представляет собой важную практическую задачу. Возможности проведения прямых экспериментов в этой области существенно ограничены. Появляется необходимость использовать возможности математического моделирования [6].

Современные средства визуализации позволяют констатировать изменения в структурах костной ткани, на различных этапах остеосинтеза. Существующий компьютерный метод исследования состояния структур представляет собой симбиоз биомеханического компьютерного моделирования и анализа по данным клинических томографических исследований.

Интерактивный программный пакет Mimics позволяет визуализировать и сегментировать изображения биологических объектов, полученные при томографии и позволяет с высокой точностью воссоздать объемные модели органов человеческого тела (рис. 1), т.е. строить геометрические 3D модели, импортируемые в CAD – систему SolidWorks.

Точная репозиция переломов шейки бедра и введение фиксатора на должную глубину строго по срединной оси головки бедра осуществляется в программном пакете Mimics (рис. 2):

- с выполненной репозицией (а, в);
- остеосинтеза с телескопическим бедренным винтом FN (б);
- остеосинтеза с проксимальным интрамедуллярным гвоздем PFN.

Вычисление напряжений, деформаций и перемещений выполняется в программе COSMOS Works методом конечных элементов (МКЭ). МКЭ – один из наиболее эффективных методов расчета напряжений и деформаций и позволяет с высокой точностью описать геометрию объектов сложной конфигурации и их напряженно-деформированное состояние в зонах больших градиентов напряжений [7]. В программе Mimics значения модулей нормальной упругости биологических структур устанавливаются по связи между плотностью и градиентами серого.



Рис. 1. Томографический снимок чрезвертельного перелома проксимального отдела бедра и 3D геометрическая компьютерная модель, построенная в программе Mimics



Рис. 2. 3D геометрические модели

При построении содержательных моделей введены следующие допущения: 1) материалы костей и имплантатов однородные и изотропные; 2) среда сплошная, начальные напряжения в структурах отсутствуют; 3) усилие начального натяжения винта P_v .

Значения модулей нормальной упругости E и коэффициентов Пуассона ν : 1) для кортикального слоя $E_{kc} = 20$ ГПа, $\nu_{kc} = 0,4$; 2) спонгиозной части $E_c = 2$ ГПа, $\nu_c = 0,45$; 3) гиалиновой хряща $E_r = 2,43$ МПа, $\nu_c = 0,4$; 4) элементов конструкции им-

плантатов $E_n = 2 \cdot 10^{11}$ Па, $\nu_c = 0,3$; 5) усилие начального натяжения винта $P_v = 2 \cdot 10^3$ Н. Задано жесткое защемление по нижней поверхности сегмента бедренной кости. К головке бедренной кости приложена нагрузка 0,5 МПа.

Таким образом, программный пакет Mimics позволяет проводить тщательный анализ данных томографии, реконструировать модели органов, экспортировать модели в различных форматах для дальнейшей обработки. Mimics применяется как мощное связующее звено между данными томографии и различными областями применения, такими как SolidWorks, COSMOS Works.

Компьютерное моделирование освобождает врача от принятия решений прямо на операции, позволяет предугадать «поведение» перелома, оценить целесообразность и последствия остеосинтеза и более тщательно подойти к выбору имплантата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Загородний Н.В., Митбрэйт И.М., Цытин И.С., Семенистый А.Ю., Голубенко Г.Н., Шумилов Б.А., Спесивцев И.В.* Опыт лечения больных с переломами проксимального отдела бедренной кости; Сб. научных трудов к 60 летию ГКБ. №13 "Актуальные вопросы практической медицины". – М.: РГМУ, 2000. – С. 363-365.
2. *Войтович А.В., Аболин А.Б., Парфеев С.Г., Дзахов А.О., Зураев О.А., Шубняков И.И., Гончаров М.Ю., Парфеев Д.Г.* Лечение больных с переломами проксимального отдела бедренной кости. – Матер. Конгр. Человек и его здоровье. – СПб., 1996. – С. 68.
3. *Охотский В.П., Сергеев С.Б.* Клинико-социальная тактика лечения медиальных переломов шейки бедренной кости // Восстановительное лечение повреждений и заболеваний конечностей. – М., 1993. – С. 87-89.
4. *Корнилов Н.В.* Тактика оперативного лечения больных с переломами проксимального отдела бедренной кости. – СПб., 2000, – С. 16.
5. *Котельников Г.П., Безруков А.Е., Нагова А.Е.* Новое в хирургическом лечении переломов вертельной области у лиц пожилого и старческого возраста. – 2000. – №4. – С. 13-17.
6. *Золотко Ю.Л.* Атлас топографической анатомии человека. Часть III. Верхняя и нижняя конечности. – М.: Медицина, 1976. – С. 294.
7. *Измайлова З.Т.* Компьютерное моделирование при чрезкостном остеосинтезе бедренной кости. – СПб.: Материалы конференции «Современные компьютерные технологии в биомеханике и медицине», 2009. – 18 с.

Ковалевская Дарья Васильевна

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ».

E-mail: darvask@gmail.com.

197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5, тел.: (965)0070259.

Студент.

Kovalevskaya Daria Vasilievna

Saint-Petersburg Electrotechnical University «LETI».

E-mail: darvask@gmail.com.

5, Professora Popova Str., 197376, Saint-Petersburg, Russia, Phone: (965)0070259.

Student.

Боблак Ольга Николаевна

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ».

E-mail: olgaboblak@yandex.ru.

197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5, тел.: (962)6865339.

Студент.

Boblak Olga Nikolaevna

Saint-Petersburg Electrotechnical University «LETI».

E-mail: olgaboblak@yandex.ru.

5, Professora Popova Str., Saint-Petersburg, Russia, 197376, Phone: (965)0070259.
Student.**Яблоков Сергей Викторович**

ООО «П.Т. Групп».

E-mail: trak@trak-on.ru

197348, Россия, г. Санкт-Петербург, Коломяжский пр., 10, тел.: (812)3290734.

Ведущий конструктор.

Yablokov Sergey Victorovich

P.T. Group LLC.

E-mail: trak@trak-on.ru

10, Kolomyazkiy pr., Saint-Petersburg, 197348, Russia, Phone: (812)3290734.

Project engineer.

Стрельченко Евгений Александрович

Materialise Украина.

E-mail: yevgeny.strelchenko@materialize.kiev.ua.

02002, Украина, г. Киев, ул. Раисы Окипной, 8А, тел.: +380 50 4557446.

Региональный менеджер по продажам страны СНГ и Балтии.

Strelchenko Yevgeny Alexandrovich

Materialise Ukraine.

E-mail: yevgeny.strelchenko@materialize.kiev.ua.

8A, Raisy Okipnoi Str., 02002, Kiev, Ukraine, Phone: +380 50 4557446.

Sales area manager RP&M CIS and Baltic States.

Овчинников Иван Александрович

Materialise Украина.

E-mail: yevgeny.strelchenko@materialize.kiev.ua.

02002, Украина, г. Киев, ул. Раисы Окипной, 8А, тел.: +380 50 4557446.

Инженер.

Ovchinnikov Ivan Alexandrovich

Materialise Ukraine.

E-mail: ivan.ovchinnikov@materialize.kiev.ua.

8A, Raisy Okipnoi Str., 02002, Kiev, Ukraine, Phone: +380 50 45574 6.

Application engineer.

УДК 681.883

В.Т. Коваль, П.А. Волков**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ
ПРОЦЕССОВ В МИОКАРДЕ**

Комплексное использование различных методов функциональной диагностики позволяет полнее и более точно диагностировать заболевания сердечно-сосудистой системы. Миокардит; ЭКГ метод; УЗИ метод; диагностический комплекс.