

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

Конечно-элементный анализ прочности кости после хирургической операции

Студентка группы 4-33:

Ларионова У.О.

Научный руководитель: доц., д.ф.-м.н.

Маслов Л.Б.

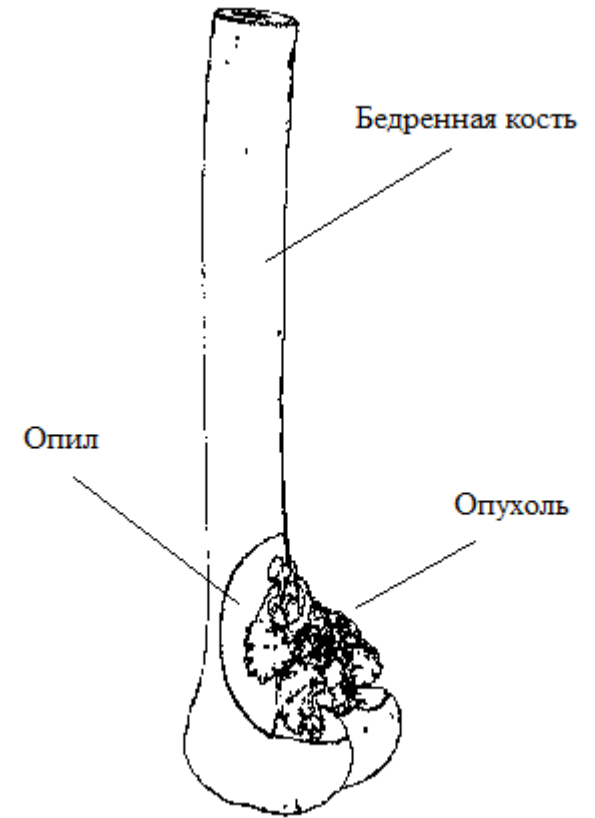
Цель работы – биомеханическая оценка работоспособности бедренной кости спустя некоторый период после хирургического вмешательства.

Задачи:

- Обработка КТ файлов и построение геометрической модели
- Создание конечно-элементной модели бедренной кости
- Проверка работоспособности модели
- Анализ результатов расчёта

Объект исследования

- В работе представлены 3D изображение бедренной кости, а также файлы компьютерной томографии в формате DICOM в послеоперационный период, полученные из НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина.
- У данного пациента выявлено злокачественное образование, растущее из костной ткани и продуцирующее эту ткань.
- В результате была проведена хирургическая операция, в ходе которой новообразование вырезается вместе с участком здоровой кости, чтобы предотвратить рецидив. Агрессивная опухоль удаляется вместе с сочленением, но сустав не заменяется протезом.



Изображение бедренной кости

Планирование операции



Опухоль



Направляющая деталь для резки
(опила)



Бедренная кость (опил)



Бедренная кость

Исходные данные

2019 г.



2021 г.



Вырезанная
опухоль



Регенерация кости



Изображения компьютерной томографии после операции 2019 -2021 гг.

Математическая постановка задачи

Планируется решать поставленную задачу, как задачу механики деформированного твердого тела, а именно статическую задачу теории упругости. Уравнения теории упругости:

- дифференциальное уравнение статического равновесия:

$$\nabla \sigma + \mathbf{f}_v = 0$$

- физические уравнения, связывающие компоненты тензора напряжений и деформации, в тензорном виде:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{1}{2} (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)$$

- геометрические связывающие компоненты тензора деформаций и вектора перемещений, в тензорном виде:

$$\boldsymbol{\sigma} = \lambda \theta \mathbf{E} + 2\mu \boldsymbol{\varepsilon}$$

Метод решения:

$$\text{СЛАУ МКЭ: } \mathbf{KU} = \mathbf{F}$$

где \mathbf{K} - матрица жесткости системы, \mathbf{U} - вектор узловых перемещений, \mathbf{F} - вектор внешних сил.

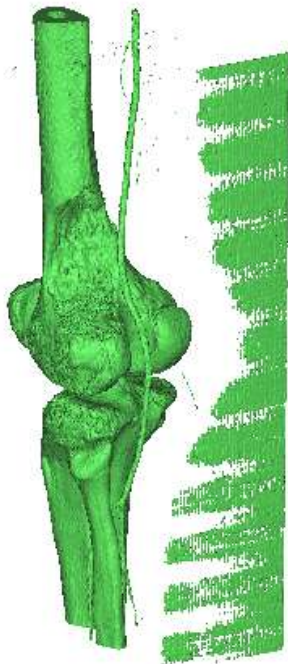
Программные обеспечения:

- Materialise Mimics - ПО для обработки данных медицинских снимков
- Meshmixer – ПО для обработки геометрической модели
- Bonemat – ПО для получения характеристик костной ткани
- ANSYS

Разработка геометрической модели



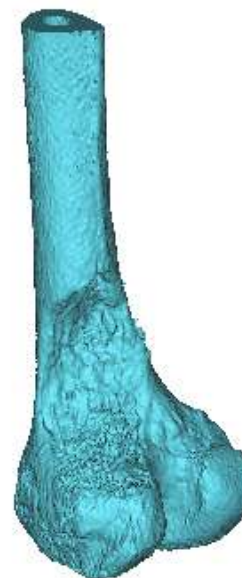
1 шаг



2 шаг



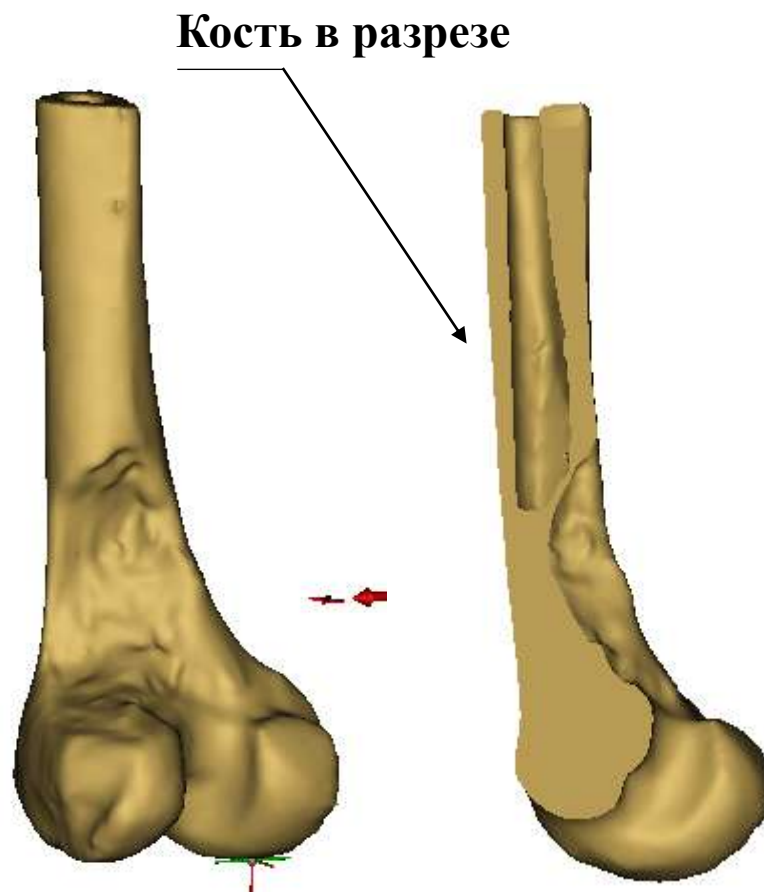
3 шаг



Полученные геометрические модели



3D модель бедренной кости до операции

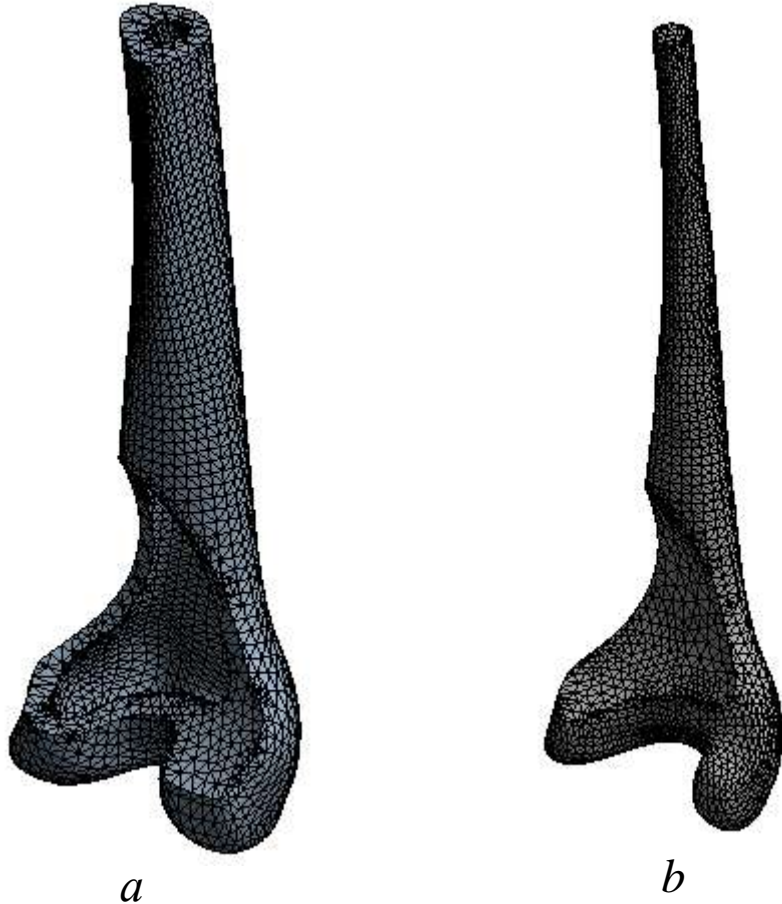


3D модель бедренной кости после операции



3D модель бедренной кости после операции (2)

Разработка конечно-элементной модели бедренной кости



a

b

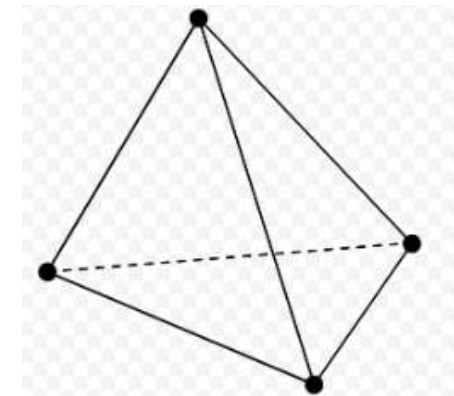
создание кортикального слоя (*a*)

создание губчатого слоя (*b*)

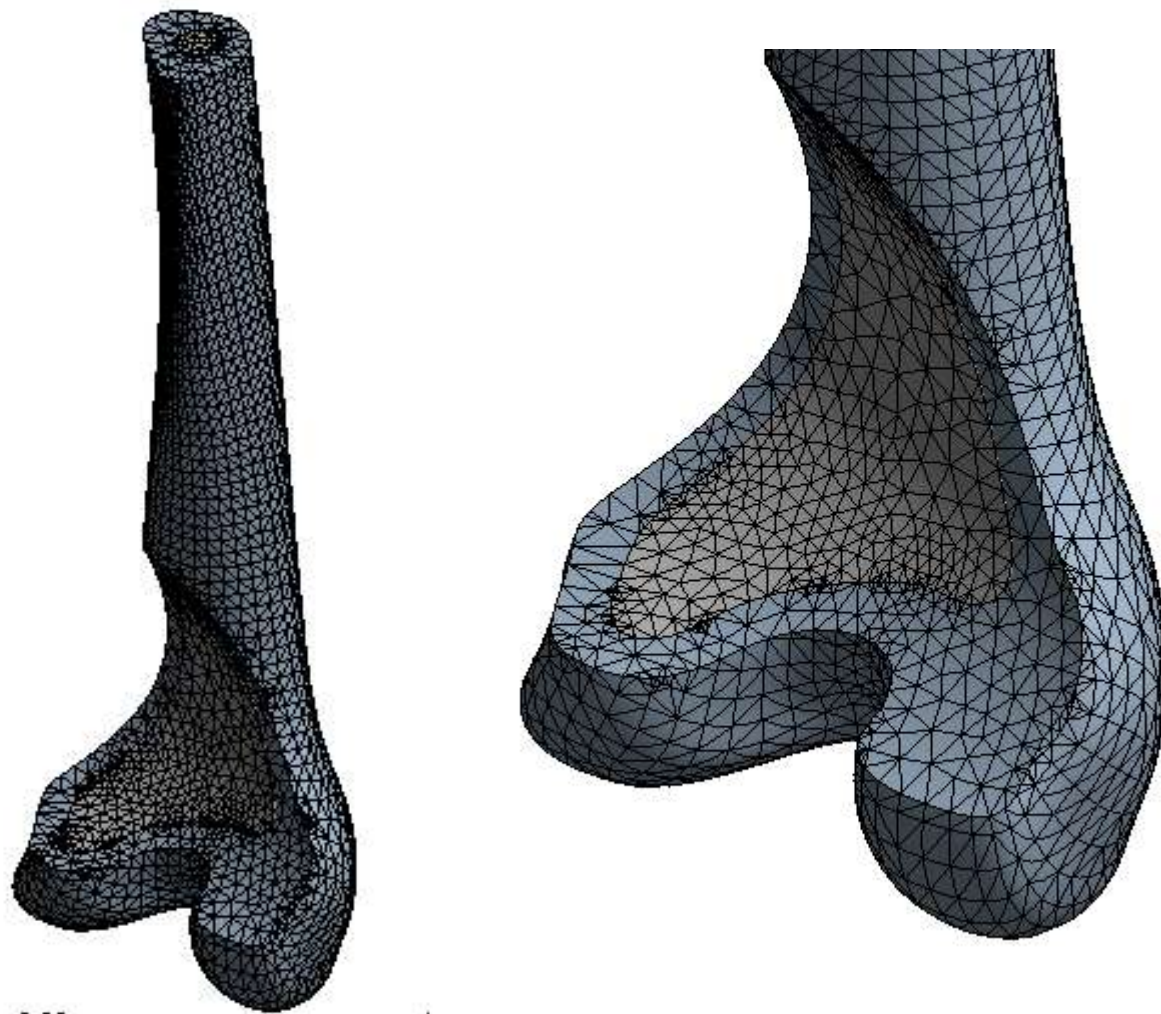
Процесс создания конечно-элементной сетки:

Проводится операция генерации тетраэдральной объемной сетки по существующей поверхностной.

Форма конечных элементов — тетраэдры.



Конечно-элементная модель бедренной кости



Statistics	
Nodes	42705
Elements	23940
Mesh Metric	None